

Tasas retrospectivas de crecimiento del coral hermatípico *Montastrea annularis* (Scleractinia: Faviidae) en arrecifes al sur del Golfo de México

Juan P. Carricart-Ganivet¹, Guillermo Horta-Puga², Miguel A. Ruiz-Zárate¹ y Ernesto Ruiz-Zárate¹

¹ Departamento de Biología Marina, Instituto de Investigación Oceanográfica del Golfo y Mar Caribe, Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. A.P. 979-B, Col. Zaragoza, Veracruz, Ver. 91911. México.

² Museo de Zoología, UNAM *Campus* Iztacala. A.P. 314, Tlalnepantla, Estado de México. 54000. México.

(Rec. 31-I-1994. Acep. 12-V-1994)

Abstract: Colonies of *Montastrea annularis* were collected from 10 m depth at Triángulo Oeste, Alacrán, Cayo Arcas, Cayo Arenas, Isla Verde and Anegada de Adentro coral reefs, in the south of the Gulf of Mexico. Growth rates were determined retrospectively, using the conventional radiographic technique (sclerochronology). Contact prints with good definition of the growth bands were obtained from 53 colonies. The general averages per year showed the lowest growth rate for 1972 (0.72 cm/yr) and the highest for 1991 (1.02 cm/yr), with an average of 0.86 cm/yr for the 53 colonies. This growth rate is similar to those reported for the same species and depth in other Atlantic sites.

Key words: Coral reefs, Gulf of Mexico, growth rates, sclerochronology.

En la porción mexicana del Golfo de México existen formaciones arrecifales que se pueden diferenciar en tres zonas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993): Veracruz norte, Veracruz sur y Banco de Campeche.

La zona de Veracruz sur está representada por un complejo de 20 arrecifes, en su mayoría de tipo plataforma, conocido como Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993). En el SAV las condiciones ambientales son poco propicias para el desarrollo arrecifal dado que: 1) se localiza frente al Puerto de Veracruz (uno de los más importantes en México), 2) está influenciado por las descargas fluviales de los ríos La Antigua, Jamapa-Atoyac y Papaloapan, presentando en la época de lluvias gran cantidad de sólidos en suspensión, lo que disminuye notablemente la penetración de la luz (Horta-Puga y Carricart-Ganivet 1990) y 3) las bajas temperaturas invernales del agua, que llegan a ser de 16°C (Anónimo 1978).

El Banco de Campeche se puede considerar una extensión sumergida de la Península de Yucatán de 200 km hacia el oeste y norte. En esta zona se localizan los arrecifes Alacrán, Cayo Arenas, Cayo Arcas, Triángulo Oeste, Este y Sur, Bancos Ingleses y Obispo (Ferre-D'Amaré 1985, Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993).

Para arrecifes mexicanos no existen trabajos publicados sobre crecimiento (extensión esquelética) de corales hermatípicos; se cuenta sólo con los trabajos a nivel de tesis de Rannefeld (1972), quien registró la tasa de crecimiento de *Acropora palmata* usando la técnica de tinción con rojo de alizarina y el de Lipstein-Dawson (1989), quien registró la tasa de crecimiento por técnica radiográfica en *Montastrea annularis*. Ambos estudios fueron realizados en el Arrecife de Isla de Enmedio, en el SAV.

Observando esta panorámica, el presente trabajo se realizó para determinar las tasas de extensión esquelética, de manera retrospectiva

(utilizando la técnica radiográfica), del coral *M. annularis* (Ellis y Solander, 1786), en los arrecifes de Triángulo Oeste, Alacrán, Cayo Arcas y Cayo Arenas (Banco de Campeche) y en Isla Verde y Anegada de Adentro (SAV).

MATERIAL Y METODOS

Numerosos ejemplares del coral hermatípico *M. annularis* fueron recolectados a 10 m de profundidad en seis arrecifes al sur del Golfo de México (Fig. 1). Todos los ejemplares correspondían al Morfotipo 1 (Knowlton *et al.* 1992) y medían por lo menos 10 cm de largo. La recolección se realizó a principios de agosto de 1991 en los arrecifes del Banco de Campeche, y entre mayo y julio de 1991, y junio y agosto de 1992, en los pertenecientes al SAV.

En cada ejemplar se siguió la técnica radiográfica convencional para evaluar el crecimiento de manera retrospectiva, midiendo las

bandas anuales (Knutson *et al.* 1972, Baker y Weber 1975, Hudson 1981). Siguiendo el eje mayor de crecimiento y para obtener lajas de 5 ± 1 mm de espesor, los ejemplares fueron cortados con una sierra de filo diamantado y lubricada con agua, a excepción de los recolectados entre junio y agosto de 1992 en Isla Verde y Anegada de Adentro, en los que se utilizó una sierra para cortar roca.

De cada laja se obtuvo una radiografía utilizando Rayos-X; las de los especímenes recolectados en los arrecifes de Isla Verde y Anegada de Adentro entre mayo y julio de 1991 se radiografiaron utilizando un Mastógrafo CGR con las siguientes condiciones de exposición: 30 KVP, 25 MA, 1 ± 0.3 s y 36 cm de distancia focal; las demás lajas se radiografiaron usando un equipo convencional CGR con las siguientes condiciones de exposición: 41 KV, 7 MAS, 50 MA, 0.15 s y 96 cm de distancia focal; en todos los casos se utilizó Casset Kodak 8x10 In, Lanex Fast X-Omatic. De las radiografías se

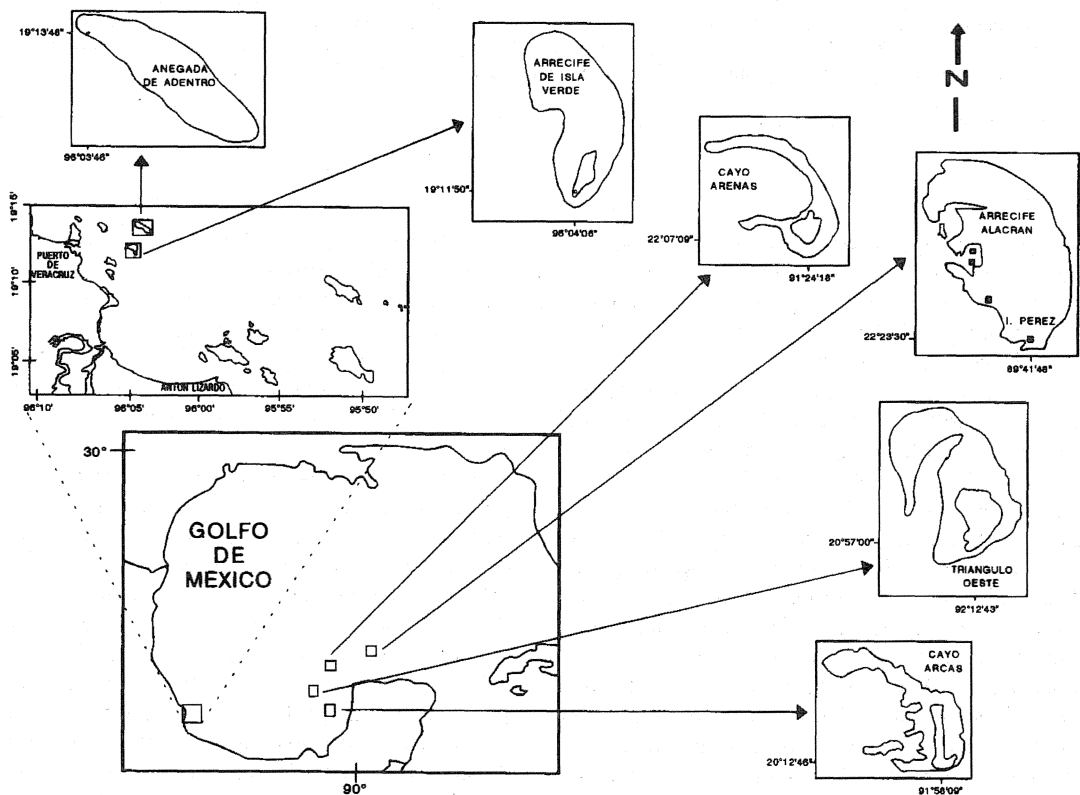


Fig. 1. Localización de los arrecifes de Triángulo Oeste, Alacrán, Cayo Arcas, Cayo Arenas, Isla Verde y Anegadas de Adentro.

elaboraron contactos en papel fotográfico blanco y negro para poder apreciar las bandas alternadas claras y oscuras (de baja y alta densidad, respectivamente), representando cada par un año de crecimiento (Knutson *et al.* 1972); éstas se midieron con una precisión de 0.1 mm, utilizando un Vernier, bajo el microscopio estereoscópico.

RESULTADOS

De 53 colonias se obtuvieron contactos fotográficos que mostraron buena definición de las bandas de crecimiento: seis en Triángulo Oeste (talud oeste), cuatro en Alacrán (dos en el talud sureste de Isla Pájaros y dos en el talud suroeste de Isla Pérez), siete en Cayo Arcas (dos en el talud oeste y cinco en el talud este), quince en Cayo Arenas (doce en el talud noroeste y tres en el talud sureste), nueve en Isla Verde (ocho en el talud oeste y una en el talud este) y doce en la Anegada de Adentro (ocho en el talud oeste y cuatro en el talud este). En la Fig. 2 se ejemplifica el contacto fotográfico de un ejemplar recolectado el 22 de mayo de 1991 en el talud de sotavento del Arrecife Anegada de Adentro, dicho contacto muestra la banda de baja densidad en su extremo terminal.

El número promedio de bandas anuales de crecimiento entre los especímenes fue de 9.4, variando de 4 a 23 años. En el Cuadro 1 se presentan las 496 medidas de crecimiento anual, que fluctuaron desde 0.40 hasta 1.41 cm/año. En el mismo cuadro se encuentran los valores promedio por año para cada arrecife y para los seis arrecifes en conjunto (con mínimos y máximos resaltados en negrillas), así como las tasas promedio para cada arrecife y la tasa promedio general para los seis arrecifes.

DISCUSION

Hudson *et al.* (1976) registraron que en Florida *M. annularis* forma su banda anual de alta densidad de julio a septiembre. En el presente estudio, los especímenes recolectados antes del mes de julio mostraron la banda de baja densidad en su extremo terminal (Fig. 2) y aquellos que se recolectaron después de este mes, mostraron el inicio de la banda oscura, por lo que es posible que lo mismo suceda en el sur del

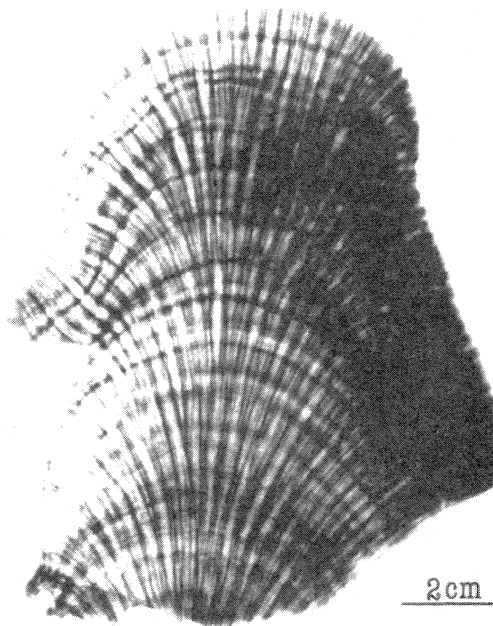


Fig. 2. Contacto fotográfico de un ejemplar de *Montastrea annularis* recolectado en el talud de sotavento del Arrecife Anegada de Adentro.

Golfo de México, así el "año-coral" inicia a fines de septiembre.

M. annularis presenta diferentes tasas y formas de crecimiento dependiendo de la profundidad (debido principalmente a la disminución de la intensidad luminosa) y de la posición latitudinal (Baker y Weber 1975, Grauss y Macintyre 1982, Huston 1985). En el Cuadro 2 se muestran las tasas de crecimiento registradas para *M. annularis*, por otros autores, para varias localidades del Atlántico a 10 m de profundidad o profundidades cercanas. Como se puede apreciar la tasa de crecimiento promedio obtenida en el presente estudio es muy similar, a excepción de Florida (Hudson 1981, Leder *et al.* 1991) en donde se presentan tasas inferiores, lo que es debido, probablemente, a su posición latitudinal más alta, como fue señalado por Huston (1985). La tasa inferior registrada en corales normales por Goreau y Macfarlane (1990) para Jamaica, durante el evento de blanqueamiento coralino 1987-1988, puede deberse a la poca profundidad en que obtuvieron sus ejemplares.

Para el caso de la alta tasa registrada en Islas Vírgenes por Baker y Weber (1975), ésta se considera un caso aleatorio de crecimiento

CUADRO 1

Tasas retrospectivas de crecimiento de *Montastrea annularis* en el sur del Golfo de México

A ñ o s
Tasas de crecimiento en cm/año

Loc.	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	
TW		0.95	0.92	0.80	0.80	0.90	0.86	0.76	0.64	0.92															
TW		1.11	0.97	0.97	0.97	0.92	0.90	0.88	0.89	0.81															
TW		0.97	0.91	0.70	0.60	0.88	0.92	0.70	0.85																
TW		0.93	1.09	0.54	0.69	0.94	0.94	0.90																	
TW		1.10	0.90	0.77	0.72	0.92	0.90	0.77																	
TW		0.81	0.96	0.67	0.63	0.66	0.71																		
Prom./año		0.98	0.96	0.74	0.73	0.87	0.87	0.80	0.81	0.86															
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife= 0.85																									
PA		0.96	0.92	0.87	0.76	0.90	0.90	0.69	1.20	0.80	0.71	0.99	0.91	0.60	0.82										
PA		0.94	0.55	0.68	0.71	0.71																			
PE		0.80	0.53	0.50	1.01	0.62	0.61	0.69	0.72	1.03	0.88	0.80	0.79	0.79											
PE		0.92	0.64	0.50	0.73	0.61																			
Prom./año		0.90	0.66	0.64	0.80	0.71	0.75	0.69	0.96	0.91	0.79	0.90	0.85	0.69											
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife = 0.78																									
AcW		0.82	1.08	0.89	0.99	0.90	1.22	0.85	0.94	1.01															
AcW		0.77	0.72	1.12	0.92	0.92	0.92																		
AcE		1.05	1.01	0.93	1.02	0.91	0.83	0.85	0.72	1.04	0.92	0.77	0.81	0.84	0.83	0.99	0.98	0.86	1.20	0.52	0.91	0.97	0.82	0.85	
AcE		0.75	0.73	0.77	0.84	0.78	0.68	0.64	0.73	0.81	0.81	0.73	0.82	0.94	0.73										
AcE		0.97	0.82	0.92	0.96	0.80	1.02	0.92	1.07	1.14	0.95	0.88	0.86												
AcE		0.68	0.81	0.92	0.70	0.64	0.71	0.52	0.75	0.61	0.66	0.65	0.48												
AcE		0.89	0.95	0.90	0.69	0.80																			
Prom. /año		0.85	0.87	0.92	0.87	0.82	0.90	0.76	0.84	0.92	0.84	0.76	0.74	0.88	0.78										
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife= 0.85																									
ArNW		0.92	0.91	0.76	0.88	0.82	0.81	0.90	0.92	1.00	0.93	0.44													
ArNW		0.78	1.29	0.64	0.85	0.88	0.91	0.65	0.68	0.98	1.12														
ArNW		0.92	0.87	0.90	1.00	0.79	0.74	0.79	1.00	0.62															
ArNW			0.65	0.92	0.94	0.92	0.81	1.10	0.95	0.64															
ArNW		0.44	0.62	0.83	0.91	0.64	0.86	0.94	0.87																
ArNW		1.28	1.12	1.01	1.22	1.18	1.20	0.90	1.19																
ArNW		0.75	0.53	0.80	0.82	0.86	0.80	0.95																	
ArNW		1.38	0.88	0.90	0.85	0.98	1.01	0.95																	
ArNW		0.86	0.64	0.94	0.84	0.77	0.62	1.15																	
ArNW		1.07	0.84	1.05	0.62	0.82	0.71																		

Continúa

ArNW	0.99	0.68	0.80	0.93															
ArNW	0.83	0.46	1.12	0.67															
ArSE	1.21	0.95	1.05	1.03	1.10	1.10	0.97	0.91	1.03	0.97									
ArSE	0.55	0.82	1.00	0.93	0.63	0.92													
ArSE	1.24	0.84	0.54	0.86	0.77														

Prom./año 0.94 **0.81** 0.88 0.89 0.86 0.87 0.93 0.93 0.85 **1.00**
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife = 0.88

VW	1.00	1.07	0.88	1.05	0.95	0.89	0.79	0.55	1.41	0.88	1.27	0.88	1.04	0.82	0.88				
VW	0.85	0.84	1.09	1.10	0.81	1.04	1.04	0.87	1.10	0.65	0.68	1.06	0.70	0.85	0.67				
VW	0.85	0.54	0.88	1.05	1.37	0.99	0.93	0.89	0.99	0.80	0.79	1.17							
VW		0.74	0.79	0.70	0.71	0.74	0.75	0.74	0.83	1.03	0.67	0.75							
VW	0.67	0.84	0.95	1.19	0.92	0.91	1.36	0.93	1.08	0.84									
VW		0.56	0.60	0.59	0.49	0.92	0.70	0.89	0.63	0.64									
VW		0.70	0.62	0.73	0.86	0.62	0.57	0.85	1.20										
VW	0.88	0.79	0.94	0.84	0.85														
VE		0.96	0.79	1.02	0.97	0.80													

Prom./año 0.81 0.77 0.86 0.90 0.89 0.87 0.89 0.85 0.91 0.89 0.76 **1.06** 0.79 0.95 **0.75**
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife = 0.87

AnW	1.07	0.82	0.82	0.90	0.84	0.86	0.85	0.85	1.00	0.80	0.76	0.76	0.78	0.93	1.10	0.68	0.77	0.80	0.79	0.88
AnW	1.11	1.00	0.95	0.93	0.80	0.81	0.81	0.86	0.82	0.94	0.70	0.76	0.73	0.92	0.60	0.71	0.66	0.76	0.63	0.76
AnW	1.28	0.95	0.95	1.03	1.01	1.05	10.75	0.73	0.95	0.93	0.81	0.76								
AnW	0.93	1.15	1.21	0.69	0.68	1.07	1.17	0.93	1.02	0.90	1.00									
AnW	1.19	0.82	0.85	0.85	0.79	0.81	0.61	0.65	0.90	0.81										
AnW	1.03	0.72	1.20	1.25	1.17	0.96	0.80	1.13	1.01											
AnW	1.27	1.12	1.00	1.03	1.11	1.23														
AnW	1.09	1.02	0.81	0.93	0.82															
AnE		1.05	1.23	0.74	1.15	0.92	0.55	1.01	0.40	0.93	1.35	1.21	1.21	0.95						
AnE		0.65	1.00	0.80	0.80	0.95	0.60	0.43	0.42	0.84	0.63	0.93								
AnE		0.55	1.14	0.83	1.09	0.62	0.93	0.88	0.71	0.70										
AnE		0.53	0.42	0.50	0.63	0.80	0.93													

Prom./año **1.12** 0.86 0.97 0.87 0.90 0.92 0.80 0.83 0.80 0.86 0.88 0.88 0.90 0.93 0.85 **0.70** 0.72 0.78 0.71 0.82
Tasa promedio de crecimiento en el arrecife = 0.88

Promedio por año para los seis arrecifes
1.02 0.88 0.87 0.85 0.85 0.86 0.86 0.84 0.87 0.88 0.85 0.87 0.82 0.87 0.78 0.82 0.80 0.80 0.87 **0.72**

Tasa promedio de crecimiento en los seis arrecifes = 0.86

Arrecifes) TW = Triángulo Oeste, talud oeste; PA= Alacrán, Isla Pájaros, talud sureste; PE=Alacrán, Isla Pérez, talud suroeste; AcW= Cayo Arcas, talud oeste; AcE= Cayo Arcas, talud este; ArNW= Cayo Arenas, talud noroeste; ArSE= Cayo Arenas, talud sureste; VW= Isla Verde, talud oeste; VE= Isla Verde, talud este; AnW= Anegada de Adentro, talud oeste; AnE= Anegada de Adentro, talud este.

Cuadro 2

Tasas de crecimiento, en cm/año, obtenidas para *Montastrea annularis* en varias localidades del Atlántico

Autor	Localidad	n	Tasa crecimiento			
			Prof. m	Prom.	Mín.	Máy.
Baker & Weber 1975	St. Croix, V.I.	12	9	1.04		
Dustan 1975 +	Discovery Bay, Jam.	3	10	0.68		
Bak 1976 *	Piscadera Bay, Cur.	14	10	0.70	0.68	0.73
Gladfelter <i>et al.</i> 1978 +	St. Croix, V.I.	20	10	0.76		
Hudson 1981	Key Largo, Fla. USA	10	7-11	0.63		
Grauss & Macintyre 1982 @	Carrie Bow Cay, Bel.		10	0.78		
Hubbard & Scaturro 1985	St. Croix, V.I.	12	9	0.82		
Huston 1985	Discovery Bay, Jam.	5	10	0.86	0.59	1.13
Tomascik & Sander 1985	Barbados	10	5-7	0.82	0.58	1.23
Lipstein-Dawson 1989	Veracruz, Méx.	30	10	0.87	0.82	0.91
Goreau & Macfarlane 1990*	Discovery Bay, Jam.	25	2-5	0.57		
Leder <i>et al.</i> 1991	Carysfort, Fla. USA	6	10-15	0.57	0.44	0.68
Presente estudio	Sur Golfo de México	53	10	0.86	0.40	1.41

Datos obtenidos: * utilizando colonias marcadas; + utilizando tinción con rojo de alizarina; @ cálculos matemáticos.

máximo ya que Gladfelter *et al.* (1978) y Hubbard y Scaturro (1985) señalaron tasas inferiores para esa misma región.

Por otro lado, en el presente estudio se observó que, en el promedio para los seis arrecifes, la tasa de crecimiento más alta corresponde a 1991 con 1.02 cm/año, y la más baja a 1972 con 0.72 cm/año. Al parecer no existe ninguna explicación para este hecho y seguramente se trata de algo aleatorio.

Tomando en consideración lo anterior, se puede concluir que *M. annularis* crece tan vigorosamente al sur del Golfo de México, como en otras regiones del Atlántico, aun cuando en esa zona las condiciones ambientales son poco propicias para el desarrollo arrecifal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a A.U. Beltrán-Torres y a E. Partida por la ayuda en la recolección de los especímenes y en los cortes de los mismos; a G. Barba, R. Ramírez y J.L. Tello por la ayuda en el trabajo de laboratorio; a J. Sánchez-Juárez, a M. Román, M. Rodríguez, N. Ferriz y R. Pérez por la ayuda en la recolección de los especímenes; a J.I. Malo por las facilidades otorgadas para utilizar el equipo radiográfico del Hospital Naval de Veracruz (SECMAR) y a A.J. Perdomo, a J. Barriola y a B.S. Gaytán por el trabajo

radiográfico; a C. Herrera por la elaboración de los contactos fotográficos; a J. Rivera por la Fig. 1. El manuscrito original fue notablemente mejorado con los comentarios de dos revisores anónimos. Este estudio fue financiado por el proyecto DGON-05/93-EEFCP y por el apoyo otorgado por CONACYT (México), Proyectos D112-903578 y CIRCAM-I.

RESUMEN

En los arrecifes de Triángulo Oeste, Alacrán, Cayo Arcas, Cayo Arenas, Isla Verde y Anegada de Adentro, localizados al sur del Golfo de México, se recolectaron colonias del coral hermatípico *Montastrea annularis* a 10 m de profundidad. A cada colonia recolectada se le determinaron las tasas de crecimiento de manera retrospectiva, utilizando la técnica radiográfica convencional (esclerocronología). De 53 colonias se obtuvieron contactos fotográficos que mostraron buena definición de las bandas de crecimiento. Los promedios generales por año mostraron la tasa de crecimiento más baja para 1972 (0.72 cm/año) y la más alta para 1991 (1.02 cm/año), con un promedio de 0.86 cm/año para las 53 colonias. Esta tasa de crecimiento es similar a las registradas en la misma especie a la misma profundidad para otras localidades del Atlántico.

REFERENCIAS

- Anónimo. 1978. Temperatura y salinidad en los Puertos de México en el Golfo de México y Mar Caribe. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. México, D.F. 34 p.
- Bak, R.P.M. 1976. The growth of coral colonies and the importance of crustose coralline algae and burrowing sponges in relation with carbonate accumulation. Netherlands J. Sea Res. 10: 285-337.
- Baker, P.A. & J.N. Weber. 1975. Coral growth rate: Variation with depth. Earth Planet. Sci. Lett. 27: 57-61.
- Carricart-Ganivet, J.P. & G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral en México, p. 80-90. In: S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, D.F.
- Dustan, P. 1975. Growth and form in the reef building coral *Montastrea annularis*. Mar. Biol. 33: 101-107.
- Ferre-D'Amaré, A.R. 1985. Coral reefs of the Mexican Atlantic: A review. Proc. 5th Int. Coral Reef Symp., Tahiti 6: 349-354.
- Gladfelter, E.H., R.K. Monahan & W.B. Gladfelter. 1978. Growth rates of five reef-building corals in the North-eastern Caribbean. Bull. Mar. Sci. 28: 728-734.
- Goreau, T.J. & A.H. Macfarlane. 1990. Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987-1988 coral-bleaching event. Coral Reefs 8: 211-215.
- Grauss, R.R. & I.G. Macintyre. 1982. Variation in growth forms of the reef coral *Montastrea annularis* (Ellis and Solander): A quantitative evaluation of growth response to light distribution using computer simulation. Smith. Contr. Mar. Sci. 12: 441-464.
- Horta-Puga, G. & 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: 575-576.
- Hubbard, D.K. & D. Scaturro. 1985. Growth rates of seven species of scleractinian corals from Cane Bay and Salt River, St. Croix, USVI. Bull. Mar. Sci. 36: 325-338.
- Hudson, J.H. 1981. Growth rates in *Montastrea annularis*: A record of environmental change in Key Largo Coral Reef Marine Sanctuary, Florida. Bull. Mar. Sci. 31: 444-459.
- Hudson, J.H., E.A. Shinn, R.B. Halley & B. Lidz. 1976. Sclerochronology: A tool for interpreting past environments. Geol. 4: 361-364.
- Huston, M. 1985. Variation in coral growth rates with depth at Discovery Bay, Jamaica. Coral Reefs 4: 19-25.
- Knowlton, N., E. Weil, L.A. Weigt & H.M. Guzmán. 1992. Sibling species in *Montastrea annularis*, coral bleaching, and the coral climate record. Science 255: 330-333.
- Knutson, D.W., R.W. Buddemeier & S.V. Smith. 1972. Coral chronometers: Seasonal growth bands in reef corals. Science 177: 270-272.
- Leder, J.L., A.M. Szmant & P.K. Swart. 1991. The effect of prolonged "bleaching" on skeletal banding and stable isotopic composition in *Montastrea annularis*. Preliminary observations. Coral Reefs 10: 19-27.
- Lipstein-Dawson, A.P. 1989. Análisis retrospectivo del crecimiento de *Montastrea annularis* (Ellis y Solander, 1786) del Arrecife De Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México. 155 p.
- Rannefeld J.W. 1972. The stony corals of Enmedio Reef. Master Thesis, Texas A&M University. Galveston, Texas. 104 p.
- Tomascik, T. & F. Sander. 1985. Effects of eutrophication on reef-building corals. I. Growth rate of the reef-building coral *Montastrea annularis*. Mar. Biol. 87: 143-155.