

# Efecto del tamaño de las colonias en el crecimiento de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Claudia Padilla y Mario Lara

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.  
Estación Puerto Morelos. Apdo. Postal 1152, Cancún 77501, Quintana Roo, México.

---

Padilla, C. y M. Lara, 1996. Efecto del tamaño de las colonias en el crecimiento de *Acropora palmata* en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 6(1-2): 17-24.

## RESUMEN

El tamaño de las colonias ha sido considerado como un factor importante que determina el destino demográfico de los organismos modulares. En el caso del crecimiento en corales escleractinios, se ha demostrado que la extensión lineal es independiente del tamaño inicial en colonias con formas masivas y foliares (crecimiento horizontal), mientras que el incremento por unidad de área disminuye conforme la colonia aumenta de tamaño. El presente estudio analiza el crecimiento en función del tamaño del coral ramificado *Acropora palmata* (Lamarck, 1816). Se obtuvieron tres estimaciones de crecimiento: Incremento apical (IA), incremento basal (IB) e incremento en tejido vivo (IT). El IA fue de 6.8 cm/año, mostrando una correlación positiva con el tamaño de la colonia, a diferencia de otras especies con crecimiento horizontal. El IB fue independiente de la talla de la colonia, con una tasa de 2.3 mm/mes; mientras que el IT depende del tamaño de las colonias, produciendo en promedio 200cm<sup>2</sup> de tejido mensual. La estimación del IT relativo (nuevo tejido producido por unidad de área) muestra que en promedio una colonia produce el 50% de su tejido inicial anualmente, con una tendencia a disminuir conforme crece la colonia, debido a las restricciones geométricas impuestas por su morfología, y a la pérdida frecuente de tejido en las colonias grandes.

**Palabras clave:** Crecimiento, *Acropora palmata*, tamaño de la colonia.

## ABSTRACT

Colony size has been recognized as an important factor that determines the demographic fate of the modular organisms. In the case of the scleractinian corals growth, it has been demonstrated that the lineal extension is independent to the initial size of massive and foliaceous colonies (horizontal growth), while the increment by unit area decrease with the colony size. The present study analyzes the size dependent growth of the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck, 1816). Three estimates of growth were obtained: Lineal extension (IA), basal extension (IB) and tissue increment (IT). The IA was 6.8 cm/ year, showing a positive correlation with the colony size, at difference to other species with horizontal growth. The IB was independent of the colony size with a rate of 2.3 mm/month; while the IT depends on the size of the colonies, producing on average 200cm<sup>2</sup> of tissue monthly. The relative IT estimation (new produced tissue per unit of area) shows that a colony produces on average a 50% of the initial tissue per year, with a tendency to decrease in accordance with the size of the colony increases, due to the geometric constraints imposed by its morphology and to the frequent loss of tissue in the large colonies.

**Key words:** Growth, *Acropora palmata*, colony size.

## INTRODUCCIÓN

Los corales escleractinios son organismos modulares cuyo crecimiento se lleva a cabo por la iteración asexual de los pólipos, con el consecuente incremento y modificación de la masa esquelética, a través de la depositación de  $\text{CaCO}_3$  (Barnes, 1973). Muchos estudios han analizado el efecto de diferentes factores sobre el crecimiento coralino, pero la mayoría de ellos se han centrado en la influencia de los factores ambientales, obteniendo resultados diversos y hasta contradictorios. En cambio, existe un menor número de estudios que analizan la importancia de factores endógenos para determinar las tasas de crecimiento en los corales.

Connell (1973) concluyó que a lo largo del ciclo de vida de los corales, las variaciones están dadas de manera similar a otros organismos, siendo acelerado en colonias jóvenes (pequeñas) y después constante a una tasa más baja (Connell, 1973). Wellington y Glynn (1983) observaron que las bandas de diferente densidad en el esqueleto corresponden al período de producción de gametos y propusieron que el crecimiento coralino está determinado por procesos endógenos. Del mismo modo, Loya (1985) encontró que las colonias pequeñas e inmaduras sexualmente crecen más que las grandes durante la época reproductiva, por lo que concluyó que la reproducción sexual puede limitar el crecimiento.

En trabajos más recientes, el tamaño de las colonias ha sido considerado como el principal factor que determina diferencias demográficas en estos organismos, por lo que los procesos de fecundidad, sobrevivencia y crecimiento de los corales, se han analizado mediante una estructura de tamaños (Hughes y Jackson, 1985; Hughes y Connell, 1987; Babcock, 1991; Soong, 1993). Así, se ha observado que la mortalidad es dependiente del tamaño, de manera que las colonias pequeñas mueren completamente o escapan a lesiones, mientras que las grandes tienen alta sobrevivencia, pero sufren daños por mortalidad parcial (Hughes y Jackson, 1985; Babcock, 1991). La fecundidad de una colonia es mayor en los organismos grandes, pero la madurez sexual se alcanza a una cierta edad/talla (Szmant, 1986; Babcock, 1991). En cuanto al crecimiento, se ha encontrado que la extensión lineal es independiente del tamaño en corales masivos y foliares (Hughes y Jackson, 1985; Babcock, 1991). Esta tasa de extensión lineal, independiente del tamaño de la colonia, explica la disminución del crecimiento relativo (expresado como el incremento en área en función del tamaño inicial) que se observa conforme la colonia aumenta de talla, ya que la colonia debería acumular tejido periférico a un ritmo cada

vez mayor para mantener una tasa de crecimiento constante (Hughes y Connell, 1987).

Sin embargo, el efecto del tamaño de las colonias no se ha analizado en corales ramificados, los cuales presentan diferencias en sus tasas de calcificación, dependientes de la posición del pólipo dentro de la colonia. Se estima que en los pólipos apicales, esta tasa es de 4 a 8 veces mayor en comparación con aquellos que se localizan en las regiones laterales y basales (Goreau, 1959), existiendo un gradiente a lo largo de las ramas, con altas tasas de respiración y división celular de las zooxantelas en las puntas y una menor producción primaria (Gladfelter *et al.*, 1989). Esto sugiere un transporte de moléculas orgánicas del tallo de las colonias hacia las partes apicales (Fang *et al.*, 1989).

En cuanto a los factores ambientales, se ha determinado que en los corales ramificados la sedimentación no limita el crecimiento (Glynn y Stewart, 1973; Yap y Gómez, 1981; Charuchinda y Hylleberg, 1984), al igual que otros factores, como la abundancia de plancton (Gladfelter, 1984), la cantidad de materia en suspensión y la precipitación pluvial (Charuchinda y Hylleberg, 1984). Por otro lado, la variación anual de los parámetros químicos como el oxígeno disuelto en el agua, la salinidad y el pH no se correlacionan con el crecimiento coralino (Yap y Gómez, 1981). Probablemente los dos factores ambientales que tienen mayor influencia en el crecimiento son: la temperatura del agua, la cual se ha relacionado principalmente con variaciones en el incremento lineal (Yap y Gómez, 1981; Charuchinda y Hylleberg, 1984) y la cantidad de luz, que altera la tasa a la que se deposita el  $\text{CaCO}_3$  (Goreau, 1959; Barnes, 1973; Gladfelter, 1984; Guzmán y Cortés, 1989).

De esta manera, la intención del presente estudio, es analizar las variaciones en el crecimiento en el coral ramificado *A. palmata*, en función del tamaño de las colonias. Para ello, se estimó el crecimiento de tres maneras: El Incremento Apical (IA) que se refiere al crecimiento en longitud de las ramas o extensión lineal, el Incremento Basal (IB) que es el crecimiento del tejido de la base de las colonias hacia el sustrato y el Incremento en Tejido (IT) que se refiere al aumento en el área de tejido vivo de cada colonia. Adicionalmente, se analizaron las variaciones anuales en el crecimiento y se compararon con los datos de temperatura del agua y del fotoperíodo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el arrecife de Puerto Morelos, situado en la parte noreste de la península de

Yucatán, en el Caribe mexicano. Su localización geográfica se encuentra entre los 20°48' y 20°52' de latitud norte y los 86°54' de longitud oeste. El sitio de muestreo se localizó en la subzona del arrecife posterior (Fig. 1). La estructura de este arrecife y la comunidad coralina han sido descritas por Jordán (1979; 1980), Jordán *et al.*, (1981) y Castañares y Soto (1982).

Los principales aspectos climáticos y meteorológicos de Puerto Morelos se presentan en Merino y Otero (1991). Durante el año se pueden distinguir tres temporadas: la de nortes (octubre a febrero) que se caracteriza por una dominancia de viento frío proveniente del norte; la temporada de secas (marzo a junio) de relativa calma con vientos del este y del sureste; y la de lluvias (julio a septiembre) con alta temperatura ambiente y rachas de viento del este y del sureste, intercaladas con algunas de calma.

### Mediciones

Se delimitaron dos áreas permanentes de muestreo de 25 m<sup>2</sup> cada una, con estacas clavadas en el sustrato. Se consideraron únicamente aquellas colonias en buen estado que presentaban la forma ramificada típica de la especie, marcándose 52 colonias con un número grabado en cinta plástica atado con hilo alquitrinado.

Para estimar el IA y el IB se utilizaron marcas fijas en las ramas y en la base de las colonias respectivamente. En el primer caso se usaron ligas plásticas, a una distancia entre 3 y 5 cm del borde de las ramas y para el IB se colocó un alfiler con plastilina epóxica en el sustrato, cerca de la base de la colonia, a una distancia de 2 a 5 cm. La distancia entre la marca y el borde apical o basal se midió en varios períodos con un vernier de plástico. Para el IA se hicieron 6 mediciones entre mayo de 1993 y mayo de 1994, y para el IB se realizó un primer marcaje en mayo 1993 con dos mediciones posteriores en junio y julio del mismo año.

El IT se basó en mediciones periódicas del área de tejido vivo (ATV) de cada colonia. Para estimar el ATV se calculó el área de un cono con base elipsoidal a partir de 3 medidas: el diámetro mayor "D" (longitud entre el borde de las ramas más distantes de una colonia), el diámetro menor "d" (eje perpendicular al largo) y la altura máxima "h" de cada una. Estos registros se llevaron a cabo en 7 períodos trimestrales a partir de marzo de 1993 y hasta diciembre de 1994. La diferencia en ATV entre un período y otro se consideró como el nuevo tejido producido (NTP), que se utilizó para calcular el IT relativo (definido como el NTP en un año dividido entre el ATV inicial), que permite estimar el porcentaje del área de una colonia que representa el NTP anulamente.

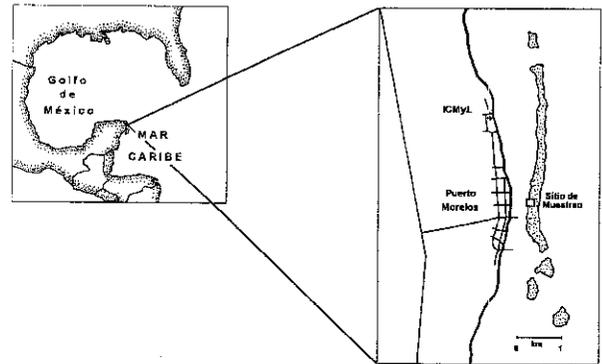


Fig. 1. Ubicación del área de estudio. Arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

La temperatura del sitio de estudio se obtuvo con un termómetro de registro continuo programado para registrar cada hora. El número de horas de luz diarias (fotoperíodo) se obtuvo con un programa de computadora que calcula la hora de la salida y de la puesta del sol para cada día del año, según la posición geográfica del lugar.

### Análisis

El error en la estimación del tamaño utilizada en este trabajo (superficie de un cono con base elipsoidal), se determinó cubriendo con papel aluminio el tejido vivo de 5 colonias y determinando el área de cada una, a partir de una curva patrón de peso (gr)/área de papel (cm<sup>2</sup>). Se compararon ambos estimadores con una prueba de "t".

La correlación entre el tamaño y las variables de crecimiento se analizaron mediante la prueba de Pearson y la de rangos de Spearman, según si los datos presentaron o no una distribución normal (Zar, 1984; Siegel y Castelan, 1988).

## RESULTADOS

### Error en la estimación del tamaño

La estimación del tamaño de una colonia, con la técnica empleada en este trabajo, presentó una sobreestimación con respecto al área calculada a partir de la técnica del papel aluminio (Tabla 1). Sin embargo, las diferencias entre ambas estimaciones no fueron significativas ( $t = -0.181$ ; g.l. = 8;  $p = 0.8609$ ).

La curva patrón de peso/área de papel aluminio tiene como ecuación:  $\text{área del papel} = 0.0 + (255 \cdot \text{peso})$ . Comparando el peso del papel que cubrió cada colonia, con el área calculada a partir de un cono de base elipsoidal, se obtiene la ecuación:  $\text{superficie del cono} = 326.6 + (248.7 \cdot \text{peso})$ . La

Tabla 1. Área de 5 colonias estimada a partir de un cono con base elipsoidal (Cono) (medidas: D=diámetro mayor; d=diámetro menor, y h=altura), comparada con el área del papel aluminio con que se cubrió cada una (Papel), calculada a partir del peso del papel.

Medidas (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )		Peso (gr)
D	d	h	Cono	Papel	
29	27	22	1761.88	1367.26	5.3618
53	20	18	2302.18	2014.04	7.8982
56	36	26	4091.62	4065.21	15.9420
71	46	31	6481.64	6199.64	24.3123

pendiente de la correlación entre la superficie del cono y el área de papel es de 0.975 ( $r=0.99$ ,  $R^2=0.99$ ,  $p<0.0001$ ), lo que significa que ambas variables tienen una tasa de incremento similar y existe una sobreestimación de 326 cm<sup>2</sup> constante para todos los tamaños (Fig. 2).

### Variaciones en el crecimiento

El crecimiento (IA, IB e IT) se analizó en colonias de hasta 40,000cm<sup>2</sup> de ATV. El IA tiende a aumentar en función del tamaño de las colonias (coeficiente de Pearson=0.140;  $p=0.0058$ ;  $n=387$ ), con una tasa mensual de  $5.69 \pm 2.85$  mm (promedio y desviación estándar), con lo que se estima un IA anual de 6.83 cm. En cambio, el IB fue independiente de la talla de la colonia (coeficiente de Pearson=0.193;  $p=0.1993$ ;  $n=46$ ) y ocurrió a una tasa de  $2.34 \pm 1.62$  mm/mes. Por último, el IT presentó una alta correlación con el tamaño de las colonias (coeficiente de Spearman=0.79,  $p<0.001$ ,  $n=301$ ), con una tasa promedio de  $199 \pm 251.34$  cm<sup>2</sup>/mes.

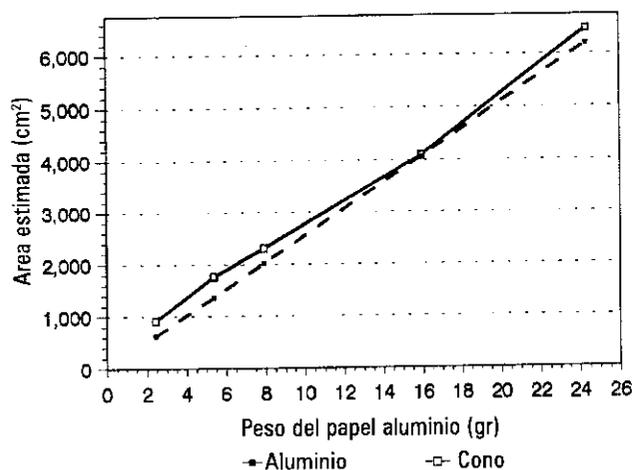


Fig. 2. Error en la estimación del tamaño. Comparación de la superficie de una colonia con la estimación usada en este trabajo (línea continua), con el área estimada a partir del peso del papel aluminio (línea punteada).

El IT depende del tamaño de las colonias debido a que el crecimiento se da mediante la división asexual de los pólipos, de manera que entre más grande es una colonia, es capaz de producir una mayor cantidad de tejido. Sin embargo, el IT relativo (NTP anual/ATVinicial), permite analizar la tasa a la que una colonia puede multiplicar su área de tejido, según su tamaño. El IT relativo presentó una correlación negativa en función del tamaño de la colonia, ajustando una curva del tipo  $y=ax^{-b}$  ( $r=-0.25$ ,  $R^2=6.48$ ,  $p<0.0001$ ). El IT relativo es bajo en las colonias grandes, donde el tejido producido en un año no representa más del 50% de su área inicial en las colonias mayores a los 15,000 cm<sup>2</sup>, mientras que las colonias de menor talla presentan un crecimiento relativo muy variable, pudiendo multiplicar su tamaño inicial hasta en un 250 % (Fig. 3).

A través del año, las diferencias en el crecimiento no fueron significativas, ni entre las muestras que se tomaron a lo largo de un año ( $F_{4,381}=0.796$ ;  $p=0.5284$  para el IA y  $F_{5,295}=1.388$ ;  $p=0.2286$  para el IT), ni entre las tres épocas del año ( $F_{2,383}=1.263$ ;  $p=0.2840$  para el IA y  $F_{2,298}=1.743$ ;  $p=0.1768$  para el IT).

En la figura 4a se presentan el promedio semanal de la temperatura del agua y del número de horas de luz al día, a través del año. La temperatura más baja que se registró en el sitio de estudio fue de 25.6 °C en invierno, que corresponde al final de la época de nortes y principios de la de secas, y la más alta de 29.2 °C en verano, que abarca la temporada de lluvias y fin de las secas, con una diferencia de 2.5 horas de luz entre los días más largos (verano) y los más cortos (invierno). En la figura 4b se observa que el IA tuvo un promedio mayor a 6 mm/mes durante el invierno, cuando la temperatura del agua es baja y el número de horas de luz es menor, mientras que el resto del año varió alrededor

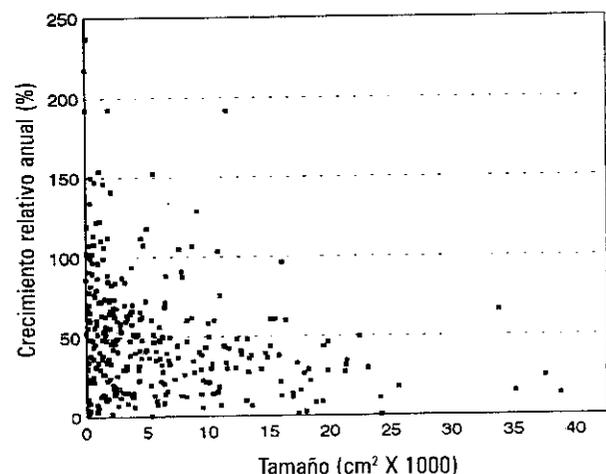


Fig. 3. IT relativo dependiente del tamaño inicial de las colonias.

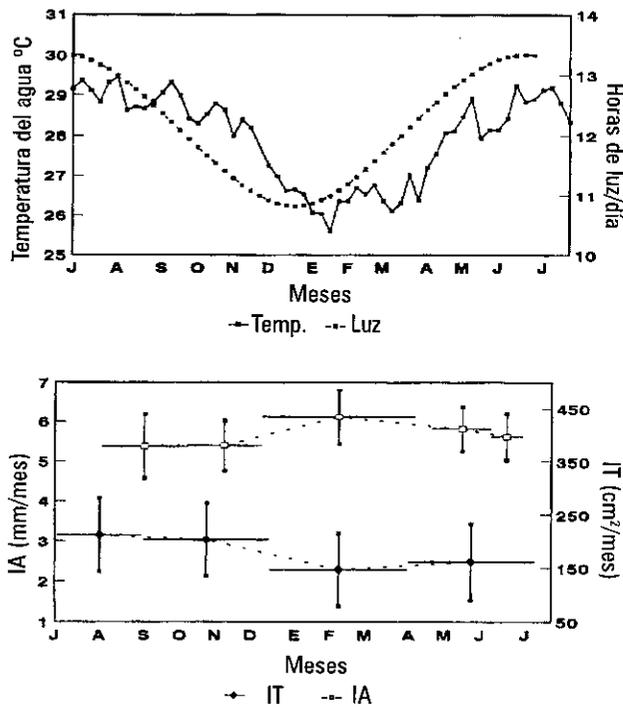


Fig. 4. Temperatura del agua (línea continua) y número de horas de luz diarias (línea punteada). Variación anual del IA (cuadros) y del IT (rombos). Las líneas horizontales muestran el período del muestreo y las verticales el límite de confianza al 95%.

de los 5.5 mm/mes. En cambio, el IT en invierno fué bajo, con un promedio menor a 2.5 cm<sup>2</sup>/mes, mientras que en verano fue mayor de 3 cm<sup>2</sup>/mes.

## DISCUSIÓN

En los organismos modulares, como los corales, el crecimiento de una colonia se da por la producción asexual de los módulos. Cuando la tasa de iteración por módulo permanece constante, el número de módulos y por lo tanto el tamaño de la colonia, incrementan exponencialmente. Esto solo es posible si el crecimiento es lineal o volumétrico, pero cuando el crecimiento es bidimensional, como en los corales foliares, existen ciertas restricciones impuestas por su morfología, ya que los módulos centrales no pueden multiplicarse y la producción de nuevos pólipos se restringe a la zona periférica (Hughes, 1989). En el caso de los corales masivos o ramificados, la forma que adquieren durante el crecimiento está determinada por el patrón de iteración de los pólipos (Barnes, 1973), el cual puede modificarse por diversos factores intrínsecos y ambientales.

### Factores internos

Los trabajos sobre demografía de corales han determinado que el crecimiento relativo disminuye conforme

la colonia aumenta de talla (Connell, 1973; Hughes y Connell, 1987), debido a que la extensión lineal permanece a una tasa constante durante el crecimiento en colonias foliares (Hughes y Jackson, 1985) y masivas (Babcock, 1991). Una extensión lineal constante también se ha reportado para los géneros *Acropora*, *Porites* y *Pocillopora*, que tienen un crecimiento típicamente ramificado, pero que presentaron un crecimiento horizontal debido a que estaban cubiertas por unos cuantos centímetros de agua durante la marea baja (Hughes y Connell, 1987). Lo mismo ocurre en las etapas tempranas del crecimiento, en las que todas las especies tienen un crecimiento similar a los corales foliares, antes de que las especies ramificadas empiecen a desarrollar sus ramas (Van Moorsel, 1988).

Esta extensión lineal a tasa constante en colonias con crecimiento horizontal, sugiere que los bordes están expuestos a condiciones similares, independientemente del tamaño de la colonia. Una situación parecida ocurrió en el IB que se estimó en este trabajo, donde el tejido de la base de las colonias crece sobre el sustrato a la misma tasa, sin importar su tamaño.

En cambio, el IA en las colonias ramificadas de la especie *A. palmata*, presentó una correlación positiva con el tamaño, a diferencia de otras especies con formas masivas o foliares. Este resultado, sustenta la idea de Randall (1981) acerca de que la morfología de las colonias de este género representan una estrategia adaptativa en la competencia por espacio. La extensión de las ramas hacia arriba y hacia los lados, les permite crecer por encima de la superficie de otras colonias, además de que la forma extendida de las ramas incrementa la proporción superficie-volumen, tanto de la captación de luz (para calcificación y actividad fotosintética de las zooxantelas), como para la alimentación heterotrófica. Así, las colonias grandes que tienen ramas altas pueden extenderlas más fácilmente, lo que repercute en un crecimiento lineal más acelerado, como se observó en este trabajo.

La tasa de extensión lineal para la población en estudio (6.8 cm/año) fué menor a lo reportado por Bak (1976; 1983) para la misma especie en las Antillas Holandesas (8.8 cm/año). Esta diferencia se puede originar si las colonias en ese trabajo eran de mayor tamaño, lo que ocasionaría un aumento de la tasa de IA, de acuerdo con lo que se observó en este estudio. Estos valores son similares al de otras especies del género: 8 cm/año para *A. formosa* en Tailandia (Charuchinda y Hylleberg, 1984) y 10 cm/año para *A. cervicornis* en las Islas Vírgenes (Gladfelter, 1984); y son bajos comparados con los 18.1 cm que crece anualmente *A. pulchra* en las Filipinas (Yap y Gómez, 1981).

En cuanto al crecimiento relativo (nueva cantidad de tejido producido por unidad de área), se observó una disminución conforme una colonia aumenta de tamaño, porque la tasa de iteración modular no es constante para todos los pólipos. En el caso del género *Acropora*, se ha estimado que los pólipos apicales tienen una tasa de calcificación entre 4 y 8 veces mayor que los laterales o basales (Goreau, 1959; Fang *et al.*, 1989), de modo que entre mayor sea la relación perímetro-área (colonias pequeñas), la tasa de crecimiento relativo se incrementa.

Por otro lado, se ha observado que las colonias grandes son más susceptibles a la pérdida de tejido por mortalidad parcial, por fragmentación de las ramas y por fisión de colonias (Hughes y Jackson, 1985; Babcock, 1991; Padilla, datos inéditos), lo que también limita su crecimiento. Esto contribuye a la disminución del crecimiento relativo durante el crecimiento de *A. palmata*, a pesar de que las colonias grandes pueden tener un IA mayor que las pequeñas.

Otro factor que podría ocasionar cambios en la tasa de crecimiento dependiente del tamaño es el referente a la repartición de recursos entre el crecimiento y la reproducción. Se ha sugerido que la disminución de la tasa de crecimiento, relacionada con el aumento de tamaño, se asocia al inicio de la reproducción sexual e incremento de la fecundidad (Loya, 1985; Harrison y Wallace, 1990). También se ha observado una relación entre la acreción estacional en bandas de distinta densidad en el esqueleto y el período de producción de gametos (Wellington y Glynn, 1983).

En el caso de *A. palmata*, la liberación de los gametos en el Caribe a finales del verano (Szmant, 1986), coincide con el período que Highsmith (1979) describe como el cambio entre la depositación de una banda de baja densidad a una de alta densidad, y con la época del año en que el IA fue menor (ver Fig. 4). De esta manera, la actividad reproductiva podría ocasionar una limitación de los recursos asignados para el crecimiento, lo cual contribuiría al decremento del IT relativo en función del aumento de tamaño que se observó en este trabajo. Sin embargo, la correlación positiva entre el IA y el tamaño de la colonia que se encontró en este estudio, sugiere que las colonias pueden invertir energía en la calcificación de las ramas aún cuando tienen actividad reproductiva, ya que las colonias de esta población son capaces de producir una gran cantidad de gametos (Padilla, datos inéditos). Esta idea concuerda en parte con las conclusiones de Bak y Engel (1979), Bak y Criens (1982) y Bak (1983) acerca de que esta especie utiliza la mayor parte de su energía para la calcificación, tanto para el crecimiento como para la regeneración de tejido lesionado. Por lo tanto, dadas estas aparentes contradicciones, es necesario llevar a cabo estudios específicos tendientes

a definir la inversión de energía y el reparto de los recursos entre las principales funciones fisiológicas de estos organismos.

### Factores ambientales

Existe controversia acerca del efecto que ejerce la temperatura del agua sobre el incremento lineal. Por un lado, Glynn y Stewart (1973) encontraron una correlación positiva entre ambos parámetros, mientras que en especies del género *Acropora* se ha encontrado una correlación negativa (Yap y Gomez, 1981; Charuchinda y Hylleberg, 1984). Otros trabajos muestran que la extensión lineal no sufre alteraciones dentro de un intervalo óptimo (26-29°C), pero que tiende a disminuir cuando la temperatura es mayor o menor (Gladfelter, 1984). En estudios de laboratorio se definieron dos valores óptimos (27 y 31°C) dependiendo de la temperatura a la que el coral estaba adaptado previamente (Clausen y Roth, 1975). Sin embargo, Yap y Gómez (1981) encontraron que aún por debajo de esos rangos, las colonias de *A. pulchra* incrementaron su tasa de crecimiento. En el presente trabajo, la variación anual en la temperatura del agua es similar al intervalo que Gladfelter (1984) consideró como óptimo, lo cual coincide con que la variación anual del IA no fué significativa. Sin embargo, sería conveniente realizar mediciones de crecimiento con intervalos de tiempo menores para detectar con mayor precisión las variaciones a través del año, ya que el incremento que se observó en el IA durante los meses más fríos, concuerda con las observaciones de Yap y Gómez (1981).

En cuanto al efecto de la luz en el crecimiento de los corales, se ha sugerido que tiene importancia sobre el proceso de calcificación, donde la intensidad y la cantidad de la luz solar son más importante que las horas de luz al día (fotoperíodo) (Gladfelter, 1984). La carencia de datos de nubosidad o irradiancia para la zona de estudio, impide hacer alguna inferencia a este respecto, pero sería interesante analizar el aparente decremento que se aprecia en el IT durante el invierno como una probable reducción de la tasa de calcificación, por efecto de una menor cantidad de luz durante el invierno.

### AGRADECIMIENTOS

A la asociación Amigos de Sian Ka'an, A. C. por el préstamo del termómetro sumergible, a Francisco Escobar de la Lata por la ayuda en la obtención de los datos de cantidad de luz y a Rafael Álvarez por su apoyo en la búsqueda de información bibliográfica. Muy valiosos fueron los comentarios de Rogelio Macías y de 2 revisores anónimos. Este trabajo se llevó a cabo en el ICMYL, Estación

Puerto Morelos, con apoyo financiero del Programa de Apoyo a las Divisiones de Estudios de Posgrado-Tesis Doctoral de la UNAM y una beca de posgrado otorgada por CONACYT.

### LITERATURA CITADA

- BABCOK, R. C., 1991 Comparative demography of three species of scleractinian corals using age and size-dependent classifications. *Ecological Monographs* 61(3):225-244.
- BAK, R. P. M., 1976. The growth of coral colonies and the importance of crustose coralline algae and burrowing sponges in relation with carbonate accumulations. *Netherland Journal of Sea Research* 10:285-337.
- BAK, R. P. M., 1983. Neoplasia, regeneration and growth in the reef-building coral *Acropora palmata*. *Marine Biology* 77:221-227.
- BAK, R. P. M. y M. S. ENGEL, 1979. Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. *Marine Biology* 54:341-352.
- BAK, R. P. M. y S. R. CRIENS, 1982. Experimental fusion in Atlantic *Acropora* (Scleractinia). *Marine Biology Letters* 3:67-72.
- BARNES, D. J., 1973. Growth in colonial scleractinians. *Bulletin of Marine Science*, 23(2):280-297.
- CASTAÑARES, G. L. y L. SOTO, 1982. Estudios sobre los corales escleractinios hermatípicos de la costa noreste de la Península de Yucatán. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 9(1):295-344.
- CHARUCHINDA, M. y J. HYLLEBERG, 1984. Skeletal extension of *Acropora formosa* at a fringing reef in the Andaman sea. *Coral Reefs* 3:215-219.
- CLAUSEN, C. D. y A. A. ROTH, 1975. Effect of temperature and temperature adaptation on calcification rate in the hermatypic coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology* 33:93-100.
- CONNELL, J. H., 1973. Population ecology of reef-building corals. pp. 205-245. En: O. A. JONES y R. ENDEAN (Eds.), *Biology and Geology of Coral Reefs*. Vol. II, Biol. 1. Academic Press, New York.
- FANG, L. S., Y. W. J. CHEN y C. S. CHEN, 1989. Why does the tip of stony coral grow so fast without zooxanthellae? *Marine Biology* 103:359-363.
- GLADFELTER, E., 1984. Skeletal development in *Acropora cervicornis*. III. A comparison of monthly rates of linear extension and calcium carbonate accretion measures over a year. *Coral Reefs* 3:51-57.
- GLADFELTER, E. MICHEL, G. and A. SANFELICI, 1989. Metabolic gradients along a branch of the reef coral *Acropora palmata*. *Bulletin of Marine Science* 44(3):1166-1173.
- GLYNN, P. W. y R. H. STEWART, 1973. Distribution of coral reefs in the Pearl Islands (Gulf of Panama) in relation to thermal conditions. *Limnology and Oceanography* 18(3):367-379.
- 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. *Biological Bulletin* 116:59-75.
- GUZMÁN, H. M. y J. CORTÉS, 1989. Growth rates of eight species of scleractinian corals in the eastern pacific (Costa Rica). *Bulletin of Marine Science* 44(3):1186-1194.
- HARRISON, P. L. y C. C. WALLACE, 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. pp. 133-207. En: Z. DUBINSKY (Ed.), *Ecosystems of the World. Coral Reefs*. Vol. 25. Elsevier, New York.
- HIGHSMITH, R. C., 1979. Coral Growth rates and environmental control of density banding. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology* 37:105-125.
- HUGHES, R., 1989. *A functional biology of clonal animals*. Chapman and Hall. London-New York. 331 pp.
- HUGHES, T. P. y J. B. C. JACKSON, 1985. Population dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecological Monographs* 52(2): 141-166.
- HUGHES, T. P. y J. H. CONNELL, 1987. Population dynamics based on size or age? a reef-coral analysis. *American Naturalist* 129:818-829.
- JORDÁN, E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán. México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM* 6(1):68-86.
- JORDÁN, E., 1980. Arrecifes coralinos del noroeste de la península de Yucatán: estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctoral, UACPyP del CCH, UNAM.
- JORDÁN, E., MERINO, M., MORENO, O. y E. MARTIN, 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila* 2:303-308.
- LOYA, Y., 1985. Seasonal changes in growth rate of a red sea coral population. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Symposium. Tahití* 6:187-191.
- MERINO, M. y L. OTERO, 1991. Atlas ambiental costero. Puerto Morelos-Quintana Roo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM / CIQRO. 80 p.
- RANDALL, R. H., 1981. Morphologic diversity in the scleractinian genus *Acropora*. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium. Manila* 2:157-164.

- SIEGEL, S. y N. J. CASTELLAN JR., 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2a ed. McGraw-Hill International Editions, New York (Statistics series).
- SOONG, K., 1993. Colony size as a species character in massive reef corals. *Coral Reefs* 2:77-83.
- SZMANT, A., 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5:43-53.
- VAN MOORSEL, G. W. N. M., 1988. Early maximum growth of stony corals (Scleractinia) after settlement on artificial substrata on a Caribbean reef. *Marine Ecology-Progress Series* 50:127-135.
- WELLINGTON, G. M. y GLYNN, P. W., 1983. Environmental influences on skeletal banding in Eastern Pacific (Panama) corals. *Coral Reefs* 1:215-222.
- YAP, H. T. y E. D. GÓMEZ, Growth of *Acropora pulchra* (Brook) in Bolinao, Pangasinan, Philippines. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium. Manila* 2:207-213.
- ZAR, J. H., 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.

Recibido: 9 de noviembre de 1995.

Aceptado: 21 de junio de 1996.