

Estructura poblacional de *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* y *Acropora palmata* (Cnidaria: Scleractinia) en crestas arrecifales de la región noroccidental de Cuba

Orlando Perera-Pérez^{1*}, Silvia Patricia González-Díaz¹, Sergio Álvarez Fernández¹, Gaspar González-Sanson²

(1) Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. Calle 16 No. 114, Playa, Ciudad de La Habana. Cuba.

(2) Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farías 82, San Patricio-Melaque, Cihuatlán, Jalisco, CP 48980

(*) Autor para la correspondencia: orlando@cim.uh.cu

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo entre abril del 2006 y mayo del 2007. El objetivo fue determinar la estructura de las poblaciones de *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* y *Acropora palmata* en crestas de arrecifes de la región noroccidental de Cuba. Los indicadores ecológicos seleccionados fueron: talla media (diámetro mayor y altura), composición por clases de tallas y parámetros de la distribución de frecuencias de tallas (moda, asimetría, curtosis, desviación estándar y coeficiente de variación). Los valores medios de diámetro y altura estimados para *P. astreoides* en el arrecife de Los Colorados fueron superiores ($11,2 \pm 0,3$ cm y $6,7 \pm 0,2$ cm, respectivamente) a los obtenidos en Playa Baracoa y Rincón de Guanabo, mientras que los de *A. agaricites* ($9,8 \pm 0,3$ cm y $6,5 \pm 0,2$ cm, respectivamente) y *A. palmata* ($41,1 \pm 1,9$ cm y $22,2 \pm 1,0$ cm, respectivamente) fueron superiores en Playa Baracoa. El análisis de la composición por tallas evidenció un reclutamiento relativamente bajo en todos los arrecifes. En las tres especies predominaron las clases de tallas de adultos, lo que pudiera deberse a una mortalidad diferencial de reclutas y juveniles. Los patrones observados entre arrecifes sugieren que los agentes estresantes de origen terrestre no están ejerciendo un efecto detectable sobre los procesos demográficos de las poblaciones investigadas.

Palabras clave: Cresta arrecifal, Cuba, estructura de poblaciones, impacto humano, reclutamiento.

ABSTRACT

The research was carried out from July 2006 to May 2007 in order to determine the population structure of *P. astreoides*, *A. agaricites* and *A. palmata* in coral reefs crests of the northwestern region of Cuba. The selected ecological indicators were: mean sizes (maximum diameter and height), size composition and size-frequency distribution parameters (mode, skewness, kurtosis and coefficient of variation). Mean diameter and height of *P. astreoides* in Los Colorados reef were higher ($11,2 \pm 0,4$ cm and $6,7 \pm 0,2$ cm, respectively) than in Playa Baracoa and Rincon de Guanabo reefs; values for *A. agaricites* ($9,8 \pm 0,3$ cm and $6,5 \pm 0,2$ cm) and *A. palmata* ($41,1 \pm 1,9$ cm and $22,2 \pm 1,0$ cm) were higher in Playa Baracoa. The size-frequency distributions suggested a relatively low recruitment in the studied reefs. For all the species the size-frequency distribution were dominated by size classes corresponding to adults maybe because the differences in the mortality rate of recruits and juveniles in the study area. The consistency in the observed patterns across the studied reefs suggests that land-based stressors were not affecting demographic processes in these populations.

Key words: Reef crest, Cuba, size-frequency distribution, human impact, recruitment.

INTRODUCCIÓN

La tendencia a la disminución en la abundancia y diversidad de los arrecifes de coral a nivel mundial ha sido bien documentada en numerosas investigaciones (Pandolfi *et al.*, 2003; Wilkinson, 2004; Hugues *et al.*, 2010). Ello ha sido adjudicado a varias causas de origen antrópico (sobrepesca, incremento de nutrientes, sedimentación) y natural (huracanes, enfermedades, explosión demográfica de depredadores, entre otras) (Pandolfi *et al.*, 2003; Fabricius, 2005; Hughes *et al.*, 2010), pero es bien aceptado que el crecimiento acelerado de la población humana tanto en extensión como en magnitud, ha provocado una acumulación en las alteraciones de los aspectos físicos, químicos y biológicos

sin precedentes en los ecosistemas arrecifales de todo el mundo (Dikou, 2010). Comprender los mecanismos a través de los cuales los impactos antrópicos y naturales inciden sobre las comunidades arrecifales a diferentes escalas espaciales y temporales es particularmente complejo, dada la sinergia que existe entre impactos de origen antrópico y natural (Gardner *et al.*, 2003; Bellwood *et al.*, 2004; Dikou, 2010). No obstante, para poder predecir los efectos de los cambios que están ocurriendo a nivel global sobre las poblaciones de corales, se hace necesario comprender la estructura y dinámica de las poblaciones, de manera que sea posible realizar inferencias sobre las consecuencias futuras de los

cambios observados (Meesters *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2005). En este sentido, las tallas de las colonias y la distribución de frecuencia de tallas constituyen indicadores potenciales de reproducción, reclutamiento y eventos de mortalidad, por lo que han sido considerados indicadores apropiados para la interpretación del ambiente (Chiappone y Sullivan, 1994; Edmunds, 2004). La influencia ambiental provoca cambios en la estructura poblacional, lo cual se refleja en parámetros de la distribución de frecuencias como la desviación estándar, asimetría y curtosis (Meesters *et al.*, 2001). Numerosas investigaciones (Hughes *et al.*, 2003; Bellwood *et al.*, 2004; Fabricius, 2005) han incluido aspectos de la biología de los corales y su ecología, pero han sido escasas las que analizan la forma de la distribución de frecuencias como medida de la estructura de las poblaciones (Meesters *et al.*, 2001).

El biotopo de cresta, en la mayoría de los arrecifes, se caracteriza por encontrarse densamente poblado de *Acropora palmata* (Lamarck, 1816). Esta especie ha sido considerada como el coral que mayores cantidades de carbonato de calcio aporta a los arrecifes en la región del Caribe (Macintyre *et al.*, 2007; Vega-Zepeda *et al.*, 2007). Sin embargo, desde la década del 80 su abundancia ha experimentado una disminución regional considerable (Aronson y Precht, 2001). Sus causas han sido adjudicadas a la cercanía de los arrecifes a las costas y playas, lo que favorece la incidencia de daños de origen antrópico (Bruckner, 2002; Lirman, 2003). Por otra parte, aunque los daños ocasionados por huracanes han provocado la disminución en abundancia de esta especie en ciertas áreas, la mayor causa de su pérdida en todo el Caribe se debe principalmente a la acción de la banda blanca (Aronson y Precht, 2001; Philippe *et al.*, 2006). La disminución de la abundancia de esta especie ha venido acompañada por el incremento de la abundancia relativa de corales tolerantes al estrés y de menor complejidad estructural y tamaño, como *Porites astreoides* (Lamarck, 1816) y *Agaricia agaricites* (Linnaeus, 1758) (Aronson *et al.*, 2002; Alvarez-Filip *et al.*, 2011). Estas han sido reportadas entre las más abundantes en arrecifes cubanos con condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las comunidades coralinas (González, 2000; De la Guardia *et al.*, 2001; Caballero, 2002). Además, han sido catalogadas como especies sensibles a la contaminación orgánica (González-Díaz *et al.*, 2003) pero resistentes a la turbulencia y a la sedimentación y con capacidad de soportar con mayor éxito la acción de marejadas y tempestades (González, 2000; Caballero, 2002).

En esta investigación se analiza cómo varía la distribución de frecuencia de tallas en tres poblaciones de corales presentes en el biotopo de cresta de tres arrecifes de la región noroccidental de Cuba.

Además, este estudio constituye una línea base del arrecife de Los Colorados, lo que podrá ser utilizado para establecer comparaciones futuras relacionadas con la estructura poblacional en el mismo arrecife. Debido a que la cercanía de estos arrecifes a la costa, a asentamientos urbanos y a fuentes de contaminación de origen terrestre es diferente, esta investigación se plantea como hipótesis que la estructura de las poblaciones de *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata* presenta características que difieren en arrecifes sometidos a impactos de diferente origen y magnitud. A partir de ello, esta investigación se ha propuesto determinar la estructura de las poblaciones de *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata* en crestas de la región noroccidental de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El arrecife Los Colorados (LC) se ubica al noroeste de la provincia de Pinar del Río, y posee una cresta que se extiende desde los 22° 13.970'N, 84° 44.091'O hasta los 22° 25.700'N, 84° 31.633'O (Figura 1). La profundidad varía entre 0,5 m y 2 m y la distancia de la cresta a la costa, varía entre 28 km y 17 km aproximadamente. Este arrecife se encuentra alejado de centros urbanos y no existe evidencia de ningún tipo de contaminación (González-Sansón *et al.*, 2008). Se establecieron cuatro estaciones tomando como punto de referencia faros antiguos: Francisco Padre (FP), La Tabla (LT), Zorrita (ZO) y El Pinto (EP).

El arrecife de Playa Baracoa (PB) (23° 3.533' N y 82° 32.952' O) se ubica en el sublitoral norte de la Provincia Artemisa, al Oeste de La Habana. El biotopo de cresta en este arrecife posee una profundidad máxima de 2,5 m, se extiende paralelo a la línea de costa por una longitud aproximada de 1 km y a una distancia aproximada de 300 m de la costa. Se definieron seis estaciones de muestreo, separadas por una distancia que varía en 100-150 m aproximadamente una de la otra y fueron identificadas con referencias en tierra. Aproximadamente a 2 km al Este de la cresta arrecifal se encuentra la desembocadura del río Santa Ana, mientras que a la misma distancia al Oeste se ubica una laguna interior (~280 m²) con formaciones de mangle y conexión al mar a través del río Baracoa. Dicha laguna (El Doctor) presenta un alto grado de contaminación orgánica como resultado de los residuales crudos provenientes de la comunidad de Los Cocos (Perigó *et al.*, 2009).

El arrecife del Rincón de Guanabo (RG) (23° 10.847'N y 82° 5.926'O) se encuentra ubicado en la Ensenada de Sibarimar en la provincia de La Habana. La cresta coralina del Rincón de Guanabo tiene una extensión de 950 m aproximadamente y una distancia aproximada de la costa de 800 m.

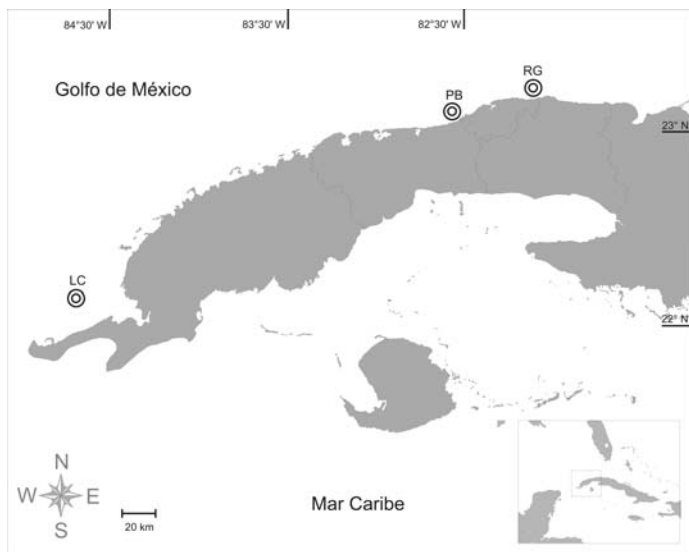


Figura 1. Localización del área de estudio (cresta) en arrecifes de coral de la región Noroccidental de Cuba. LC: Los Colorados, PB: Playa Baracoa y RG: Rincón de Guanabo.

La profundidad varía de 1 a 3 m, presentando una estructura casi continua y paralela a la costa. En la cresta fueron establecidas seis estaciones de muestreo, teniendo en cuenta puntos de referencia en tierra y elementos del fondo marino. Tanto el arrecife de Playa Baracoa, como el de Rincón de Guanabo presentan asentamientos humanos en sus cercanías, los cuales descargan sus aguas residuales sin tratamiento previo y reciben (fundamentalmente en verano) la visita de numerosos bañistas de varias zonas de la ciudad. Debido a la profundidad escasa y a la cercanía a la costa en que se desarrolla el biotopo de cresta, es uno de los más frecuentados por dichos bañistas. Además, ambos arrecifes están sometidos a una presión de pesca intensa por parte de pescadores submarinos (Armenteros, 2000; González-Díaz *et al.*, 2008; Perera-Pérez, 2008).

Los muestreos se llevaron a cabo entre los meses de abril del 2006 y mayo del 2007 en la cresta arrecifal de los arrecifes seleccionados. Se realizó un estudio piloto para conocer el tamaño de muestra necesario (número de colonias a medir) para obtener intervalos de confianza del 95% equivalentes a $\pm 10\%$ de la media de las tallas para *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata*. Esta precisión se fijó como un compromiso entre el rigor de la investigación y las posibilidades logísticas reales para llevarla a cabo. Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula matemática (Zar, 1996):

$$n = \frac{1,96^2 * S^2}{(\bar{x} * 0,1)^2}$$

Donde:

s: la desviación estándar

\bar{x} : la media de la muestra piloto.

Para el análisis de la estructura de las poblaciones se eligieron tres indicadores ecológicos:

- talla media,
- composición por clases de tallas
- parámetros que describen la distribución de frecuencias de tallas.

Para evaluar estos indicadores se midieron el diámetro mayor y la altura de las colonias presentes en transectos lineales de 10 m ubicados aleatoriamente y paralelos a la cresta hasta completar el tamaño de muestra requerido según el estudio piloto. Las mediciones se llevaron a cabo con una cinta métrica de 150 cm. Teniendo en cuenta los criterios de Ruiz-Zárate y Arias-González (2004), Smith *et al.* (2005) y Vermeij (2005), se incluyeron en la categoría de reclutas las colonias que no sobrepasaron los 2 cm de diámetro y en la categoría de juveniles las colonias que tenían entre 3 y 5 cm de diámetro y altura. Debido a que la tasa de crecimiento anual de *A. palmata* varía entre 5 y 10 cm por año (Gladfelter, 1982), se dividieron las clases de tallas en menores de 2 cm, juveniles medianos (3-5 cm) y juveniles grandes (6-10 cm). Los adultos de *P. astreoides* y *A. agaricites* fueron incluidos en intervalos de 6-10 cm y mayores de 10 cm de diámetro y altura, mientras que los adultos de *A. palmata* se incluyeron en los intervalos de 11-100 cm, 101- 200 cm y 201-300 cm de diámetro y 11-80 cm y mayores de 80 cm en el caso de la altura.

Para conocer si existían diferencias significativas entre las medias de las tallas de los arrecifes, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial y se determinó entre que pares de valores medios existían diferencias significativas mediante una prueba de Student-Neuman-Keuls (SNK). Para el análisis de la composición por tallas en cada especie se elaboraron figuras de frecuencias por clases de tallas para el diámetro y la altura. Dichos figuras muestran el número de colonias por clase de tallas y el total de colonias para cada arrecife.

Al diámetro y la altura se les aplicó la transformación Log (x) según recomiendan Zar (1996), Underwood (1997), Bak y Meesters (1998) y Vermeij y Bak (2000) para disminuir el efecto de la distribución asimétrica de ambas variables. Con esos datos transformados para cada especie, (con excepción de la moda) se calculó la desviación estándar, asimetría, curtosis y coeficiente de variación. Las modas fueron calculadas con los datos sin transformar con el objetivo de representar explícitamente las tallas que más se repiten en las especies. Se realizaron análisis de varianza para saber si existían diferencias significativas entre los valores medios de los estadísticos y se aplicó una prueba de SNK para

determinar cuáles de estos valores medios diferían estadísticamente. Donde fue necesario, los residuales fueron graficados con el objetivo de probar las premisas del ANOVA. El programa utilizado para el análisis estadístico fue Statistica 7.0 (StatSoft, 2004).

RESULTADOS

Variación espacial del diámetro mayor y la altura

Se midieron un total de 4 044 colonias entre los arrecifes de Los Colorados, Playa Baracoa y Rincón de Guanabo. De ellas, corresponden a la especie *P. astreoides*, 1 694 colonias, a *A. agaricites*, 1 263 y a *A. palmata*, 1 087 colonias.

El diámetro mayor medio para *P. astreoides* mostró diferencias significativas entre los tres arrecifes ($F_{(2, 1691)} = 14,3$; $p < 0,001$). Este varió entre $8,5 \pm 0,2$ cm (Playa Baracoa) y $11,2 \pm 0,3$ cm (Los Colorados). La altura media también varió significativamente entre arrecifes ($F_{(2,1691)} = 8,2$, $p < 0,001$) (Tabla 1). El SNK mostró que la altura media obtenida en Los Colorados ($6,7 \pm 0,2$ cm) fue significativamente superior a la de los arrecifes de Playa Baracoa ($5,8 \pm 0,2$ cm) y Rincón de Guanabo ($6,1 \pm 0,2$ cm), los cuales no difieren entre sí.

El diámetro medio de *A. agaricites* varió entre $8,7 \pm 0,4$ cm (Los Colorados) y $9,8 \pm 0,3$ cm (Playa Baracoa). El ANOVA mostró diferencias significativas entre las medias del diámetro por arrecifes ($F_{(2,1260)} = 4,9$, $p < 0,001$). El SNK mostró que Playa Baracoa es significativamente diferente de Los Colorados y Rincón de Guanabo, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí. La altura media de los tres arrecifes no presentó diferencias significativas ($F_{(2, 1260)} = 0,6$, $p = 0,8$).

Para la especie *A. palmata* se hallaron diferencias significativas entre las medias del diámetro entre arrecifes ($F_{(2, 1084)} = 3,2$, $p = 0,04$) y de la altura ($F_{(2, 1084)} = 3,6$, $p = 0,02$). A pesar de que los diámetros medios variaron entre $41,1 \pm 1,9$ cm (Playa Baracoa) y $35,3 \pm 1,8$ cm (Rincón de Guanabo), el SNK no fue

lo suficientemente potente para determinar entre cuales arrecifes existen diferencias significativas. La altura media varió entre $22,2 \pm 1,0$ cm (Playa Baracoa) y $18,1 \pm 0,9$ cm (Rincón de Guanabo). El SNK mostró que la altura media obtenido en Playa Baracoa es significativamente superior al obtenido en Rincón de Guanabo, mientras que el de Los Colorados no difirió de ninguno de los anteriores.

Composición por tallas

P. astreoides

El análisis de la composición por tallas para el diámetro mostró que más del 7% de las colonias del arrecife de Rincón de Guanabo fueron reclutas (≤ 2 cm de diámetro), mientras que en Los Colorados se reportó el porcentaje menor de reclutas (4,1%). El porcentaje de juveniles encontrado en el arrecife de Playa Baracoa (29,5%), fue superior al obtenido en Los Colorados, donde se observó el porcentaje menor de juveniles (19,6%). El porcentaje mayor (41,2%) de colonias adultas (>10 cm) fue observado en Los Colorados y el menor (24,7%) en Playa Baracoa (Figura 2).

El 29,7% de las colonias en el arrecife de Rincón de Guanabo son menores de 2 cm de altura, lo que constituye el valor mayor encontrado para el área de estudio, mientras que en Playa Baracoa y Los Colorados se obtuvieron valores de 17,8% y 16,1%, respectivamente. El porcentaje de juveniles fue superior en el arrecife Playa Baracoa (39,6%), mientras que el menor se obtuvo en Rincón de Guanabo (26,9%). El resto de las colonias estuvieron comprendidas en las clases de tallas mayores, de las cuales menos del 20% sobrepasa los 10 cm (Figura 2)

A. agaricites

Los porcentajes de reclutas en Rincón de Guanabo (4,8%) y Los Colorados (4,3%), fueron superiores a los de Playa Baracoa (2,0%). Los juveniles del arrecife de Los Colorados sobrepasaron el 30% de las

Tabla 1. Valores medios (\pm error estándar) del diámetro (cm) y la altura (cm) de las especies investigadas en los arrecifes de Los Colorados, Playa Baracoa Rincón de Guanabo. Además, se muestran los resultados del ANOVA de efectos aleatorios. Los valores entre paréntesis indican los grados de libertad del valor calculado de F y p indica la probabilidad asociada a ese valor.

Arrecifes	<i>Porites astreoides</i>		<i>Agaricia agaricites</i>		<i>Acropora palmata</i>	
	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura
Los Colorados	$11,2 \pm 0,3$	$6,7 \pm 0,2$	$8,7 \pm 0,4$	$6,4 \pm 0,2$	$39,4 \pm 2,55$	$19,5 \pm 1,4$
Playa Baracoa	$8,5 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	$9,8 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,2$	$41,1 \pm 1,9$	$22,2 \pm 1,0$
Rincón de Guanabo	$9,8 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,2$	$8,8 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,2$	$35,3 \pm 1,8$	$18,1 \pm 0,9$
F	(2,16) 14,32	(2,16) 8,16	(2,12) 4,89	(2,12) 0,17	(2,10) 3,21	(2,10) 3,62
p	< 0,001	< 0,001	0,007	0,84	0,04	0,02

colonias, mientras que los de Playa Baracoa y Rincón de Guanabo representaron el 23,8% y 22,6%, respectivamente. El predominio mayor de adultos se alcanzó en Playa Baracoa (74,2%), seguido por Rincón de Guanabo (72,6%) y Los Colorados (65,1%) (Figura 3).

Los Colorados y Rincón de Guanabo presentaron porcentajes de colonias menores de 2 cm de altura muy similares (16,0% y 16,2%, respectivamente), mientras que Playa Baracoa solo tuvo un 13,7%. Los porcentajes de juveniles fluctuaron entre 35,9% (Playa Baracoa) y 34,8% (Rincón de Guanabo), mientras que menos del 16% sobrepasaron los 10 cm de altura en los tres arrecifes (Figura 3).

A. palmata

Los reclutas de *A. palmata* en Rincón de Guanabo representaron el 1,8% del total de colonias, mientras que en Playa Baracoa y Los Colorados fueron de 0,9% y 0,6%, respectivamente. Los porcentajes de juveniles variaron entre 16,0% (Los Colorados) y 21,0% (Playa Baracoa y Rincón de Guanabo). El porcentaje de colonias adultas en el arrecife Los Colorados (83,4%) fue superior a los de Playa Baracoa (78,9%) y Rincón de Guanabo (77,2%) (Figura 4).

Rincón de Guanabo presentó los porcentajes mayores de colonias menores de 2 cm de altura (19,3%) con respecto a Los Colorados (15,4%) y Playa Baracoa (14,0%). El porcentaje de juveniles encontrados en Los Colorados (29,1%) fue mayor al reportado en Playa Baracoa (27,0%) y Rincón de Guanabo (23,0%). La mayor parte de las colonias

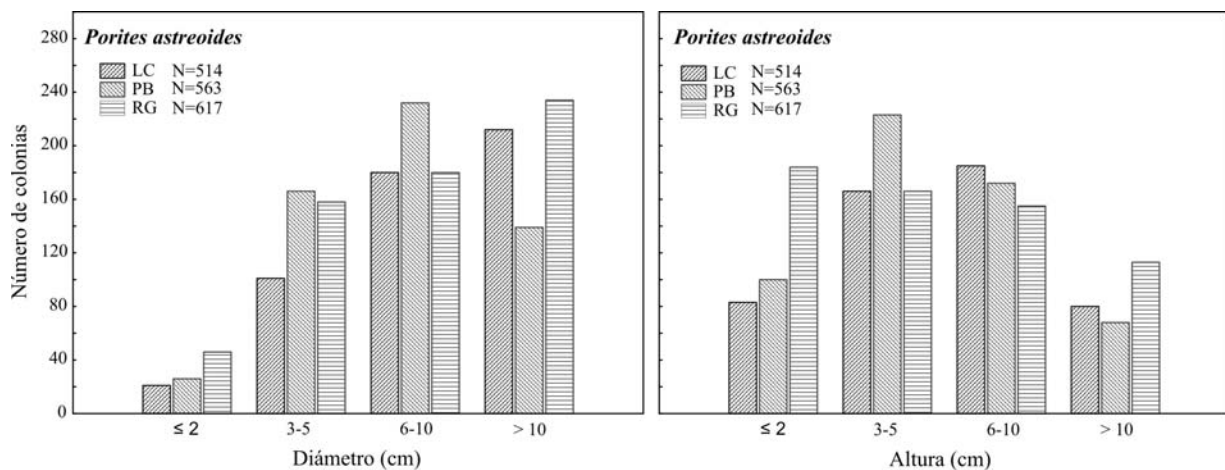


Figura 2. Frecuencias de las clases de tallas (diámetro y altura) de las colonias de *Porites astreoides* para los arrecifes de Los Colorados (LC), Playa Baracoa (PB) y Rincón de Guanabo (RG). N: número total de colonias muestreadas por arrecife.

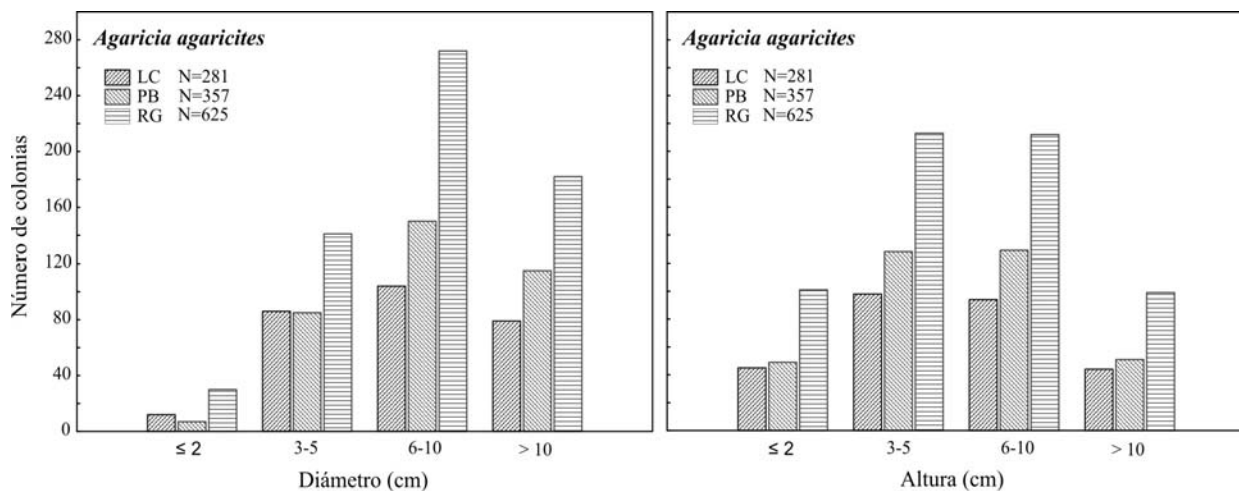


Figura 3. Frecuencias de las clases de tallas (diámetro y altura) de las colonias de *Agaricia agaricites* para los arrecifes de Los Colorados (LC), Playa Baracoa (PB) y Rincón de Guanabo (RG). N: número total de colonias muestreadas por arrecife.

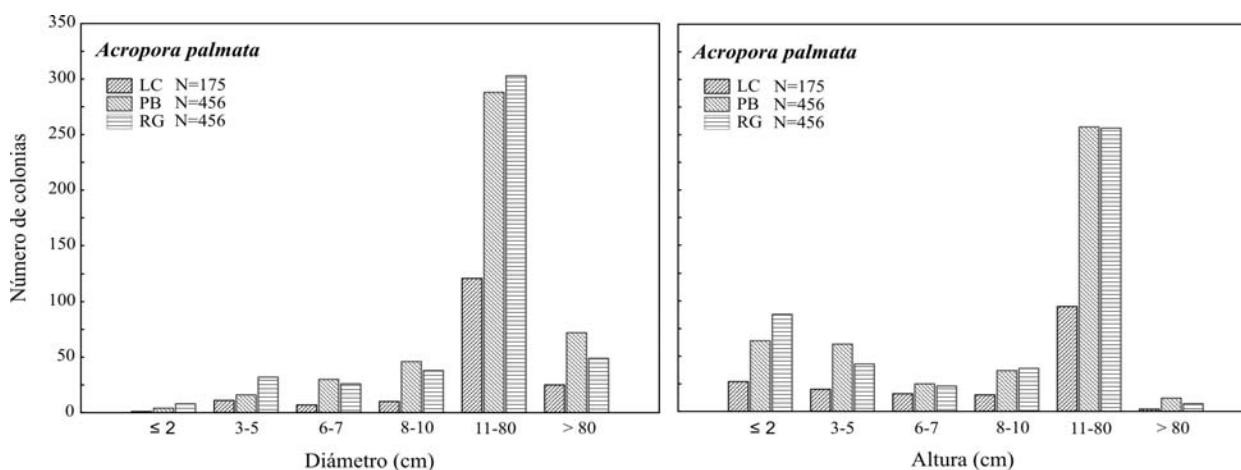


Figura 4. Frecuencias de las clases de tallas (diámetro y altura) de las colonias de *Acropora palmata* para los arrecifes de Los Colorados (LC), Playa Baracoa (PB) y Rincón de Guanabo (RG). N: número total de colonias muestreadas por arrecife.

restantes quedaron incluidas en las clases de tallas pertenecientes a adultos, y menos del 2,6% sobrepasan los 80 cm de altura (Figura 4).

Parámetros de la distribución por tallas

Moda

Las modas obtenidas a partir del análisis del diámetro y la altura de *P. astreoides* variaron significativamente entre arrecifes ($F_{(2,13)} = 5,1$, $p = 0,02$ y $F_{(2,13)} = 11,3$, $p < 0,01$, respectivamente), mientras que las modas del diámetro y la altura para *A. agaricites* (Diámetro: $F_{(2,13)} = 3,2$, $p = 0,07$; Altura: $F_{(2,13)} = 1,2$, $p = 0,3$) y *A. palmata* (Diámetro: $F_{(2,13)} = 0,8$, $p = 0,5$; Altura: $F_{(2,13)} = 3,5$, $p = 0,06$) no mostraron diferencias significativas. El SNK reveló que la moda del diámetro de esta especie en Los Colorados fue significativamente diferente a la de Playa Baracoa y Rincón de Guanabo. Para el caso de la altura, el SNK mostró que las modas de Los Colorados y Playa Baracoa difirieron estadísticamente de la del Rincón de Guanabo. A pesar de las diferencias en dos de los seis grupos de distribuciones modales analizadas, no se evidenció un patrón definido de las modas entre arrecifes (Tabla 2).

Asimetría (g_1)

Los promedios de asimetría no presentan diferencias significativas en ninguna de las tres especies analizadas (Tabla 2). Los valores de asimetría en la mayoría de los arrecifes estuvieron desplazados hacia la izquierda ($g_1 < 0$), lo cual refleja un patrón de pocas colonias presentes en las clases de tallas menores y una preponderancia de colonias con mayor talla. Las especies *P. astreoides* y *A.*

agaricites presentaron la asimetría mayor en los arrecifes más cercanos a zonas urbanas (Playa Baracoa y Rincón de Guanabo), mientras que para *A. palmata* fue más negativa en Los Colorados (alejado de centros urbanos) (Tabla 2).

Curtosis (g_2)

Los valores de curtosis de la distribución de la altura de *P. astreoides* presentaron diferencias significativas entre arrecifes ($F_{(2,13)} = 13,9$, $p < 0,001$), mientras que el resto de las distribuciones para el diámetro y la altura no difirieron estadísticamente (Tabla 2). La prueba SNK para la altura de *P. astreoides* mostró que la curtosis en Rincón de Guanabo fue significativamente más negativa que en Los Colorados y Playa Baracoa. De las 18 distribuciones obtenidas para las tres poblaciones seleccionadas, ocho mostraron valores de curtosis negativos y ocho fueron positivos sin que se evidenciara un patrón claro entre Los Colorados, Playa Baracoa y Rincón de Guanabo (Tabla 2).

Desviación estándar (DE)

Los valores de desviación estándar (DE) de *P. astreoides* correspondientes a las distribuciones del diámetro y la altura difirieron significativamente entre arrecifes ($F_{(2,13)} = 4,9$, $p = 0,02$ y $F_{(2,13)} = 12,4$, $p < 0,001$, respectivamente), mientras que los de *A. agaricites* (Diámetro: $F_{(2,13)} = 0,5$, $p = 0,6$; Altura: $F_{(2,13)} = 0,7$, $p = 0,5$) y *A. palmata* (Diámetro: $F_{(2,13)} = 1,0$, $p = 0,4$; Altura: $F_{(2,13)} = 0,7$, $p = 0,5$) no mostraron diferencias significativas. El SNK mostró que las desviaciones estándar del diámetro y la altura de esta especie en Rincón de Guanabo fueron significativamente superiores a las de Playa Baracoa,

Tabla 2. Parámetros de la distribución por tallas (\pm error estándar) de *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata* obtenidos a partir de los datos de diámetro (cm) y altura (cm) de LC, PB y RG. F y p: valores del ANOVA de efectos aleatorios (valor entre paréntesis indica los grados de libertad del valor calculado de F, y p indica la probabilidad asociada a ese valor); g_1 : Asimetría; g_2 : Curtosis; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación; n: Total de colonias medidas.

Especies	Arrecifes	Moda	g_1	g_2	DE	CV	n
<i>P. astreoides</i>	Diámetro						
	LC	8,0	-0,198 \pm 0,17	0,009 \pm 0,27	0,287 \pm 0,03	344,5 \pm 42,07	514
	PB	5,0	-0,287 \pm 0,12	-0,104 \pm 0,24	0,258 \pm 0,01	330,6 \pm 10,67	563
	RG	4,0	-0,334 \pm 0,11	-0,295 \pm 0,17	0,328 \pm 0,02	274,2 \pm 20,18	617
	F	5,1(2;13)	0,2 (2;13)	0,4 (2;13)	4,9 (2;13)	2,4 (2;13)	
	p	0,02	0,9	0,7	0,02	0,1	
	Altura						
	LC	4,0	-0,175 \pm 0,19	-0,190 \pm 0,12	0,298 \pm 0,03	257,3 \pm 39,67	514
	PB	4,0	-0,279 \pm 0,11	-0,153 \pm 0,10	0,284 \pm 0,01	234,6 \pm 6,35	563
	RG	2,0	-0,202 \pm 0,08	-0,866 \pm 0,05	0,375 \pm 0,01	170,8 \pm 4,89	617
	F	11,3 (2;13)	0,2 (2;13)	13,9 (2;13)	12,4 (2;13)	5,8 (2;13)	
	p	< 0,01	0,8	< 0,001	< 0,001	0,01	
	<i>A. agaricites</i>	Diámetro					
LC		4,0	-0,532 \pm 0,36	0,900 \pm 0,90	0,276 \pm 0,03	300,5 \pm 31,45	281
PB		5,0	-0,148 \pm 0,20	0,259 \pm 0,44	0,251 \pm 0,01	368,8 \pm 16,97	357
RG		7,0	-0,683 \pm 0,12	1,069 \pm 0,34	0,263 \pm 0,01	330,7 \pm 11,07	625
F		3,2 (2;13)	1,96 (2;13)	0,8 (2;13)	0,5 (2;13)	3,3 (2;13)	
p		0,07	0,2	0,5	0,6	0,06	
Altura							
LC		4,0	-0,349 \pm 0,14	-1,757 \pm 1,42	0,314 \pm 0,02	226,3 \pm 18,75	281
PB		3,0	-0,280 \pm 0,14	-0,180 \pm 0,14	0,288 \pm 0,02	257,9 \pm 24,18	357
RG		4,0	-0,551 \pm 0,03	0,045 \pm 0,12	0,308 \pm 0,01	228,6 \pm 8,36	625
F		1,2 (2;13)	1,9 (2;13)	2,2 (2;13)	0,7 (2;13)	0,9 (2;13)	
P		0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	
<i>A. palmata</i>		Diámetro					
	LC	4,0	-0,743 \pm 0,42	0,800 \pm 1,06	0,391 \pm 0,03	390,9 \pm 29,51	175
	PB	10,0	0,007 \pm 0,09	-0,500 \pm 0,09	0,437 \pm 0,02	322,6 \pm 10,65	456
	RG	10,0	-0,056 \pm 0,15	0,169 \pm 0,49	0,415 \pm 0,02	322,6 \pm 9,54	456
	F	0,8 (2;13)	3,4 (2;13)	1,3 (2;13)	1,0 (2;13)	5,7 (2;13)	
	p	0,5	0,06	0,3	0,4	0,01	
	Altura						
	LC	1,0	-0,880 \pm 0,50	1,083 \pm 1,38	0,484 \pm 0,05	251,7 \pm 40,82	175
	PB	2,0	-0,439 \pm 0,10	-0,748 \pm 0,20	0,532 \pm 0,02	206,3 \pm 11,35	456
	RG	1,0	-0,543 \pm 0,19	-0,384 \pm 0,25	0,526 \pm 0,02	192,7 \pm 18,97	456
	F	3,5 (2;13)	0,7 (2;13)	2,2 (2;13)	0,7 (2;13)	1,6 (2;13)	
	p	0,06	0,5	0,2	0,5	0,2	

mientras que la de Los Colorados no difirió de ninguno de los arrecifes (Tabla 2).

Coefficiente de variación (CV)

La variación de la altura de las colonias de *P. astreoides* fue significativa entre arrecifes ($F_{(2,13)} = 5,8$, $p = 0,01$) y el SNK mostró que la variabilidad de las tallas encontradas en Los Colorados y Playa Baracoa fueron significativamente superiores a la del Rincón de Guanabo. La variación del diámetro de *A. palmata* varió significativamente entre arrecifes ($F_{(2,13)} = 5,7$, $p = 0,01$). El SNK mostró que el valor de coeficiente de variación en Los Colorados fue significativamente superior al de Playa Baracoa y Rincón de Guanabo, los cuales fueron iguales (Tabla 2). Las distribuciones del diámetro y la altura de *A. agaricites*, del diámetro de *P. astreoides* y de la altura de *A. palmata* no presentaron diferencias significativas. Los CV del diámetro y la altura de *P. astreoides* y *A. palmata* coincidieron en que los mayores y menores valores se obtuvieron en Los Colorados y en el Rincón de Guanabo, respectivamente. Los CV correspondientes a *A. agaricites* fueron máximos en Playa Baracoa y mínimos en Los Colorados (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación evidencian diferencias en los indicadores ecológicos evaluados para las especies *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata* en los arrecifes de Los Colorados, Playa Baracoa y Rincón de Guanabo. Sin embargo, estas diferencias en la estructura de las poblaciones, no reflejan una relación clara con impactos de origen terrestre, sino que pudieran ser el resultado de la variabilidad natural intrínseca de cada arrecife y de los procesos ecológicos naturales de cada población.

Las tallas y su distribución de frecuencias han sido consideradas herramientas muy útiles para evaluar el estado de los arrecifes de coral, debido a que estas pueden revelar cambios a escalas espaciales y temporales en la estructura de las poblaciones (Vermeij y Bak, 2000; Guzner *et al.*, 2007; Miller *et al.*, 2007). Numerosas investigaciones han relacionado las variaciones en las tallas medias de los corales con agentes estresantes provenientes desde tierra, los cuales provocan gradientes de calidad del agua y niveles de uso y explotación de los arrecifes (Fabricius, 2005; Pandolfi *et al.*, 2005; Lirman y Fong, 2007). Sin embargo, las diferencias encontradas entre los valores medios de diámetro mayor y altura máxima obtenidos para los tres arrecifes, no evidencian un patrón que pudiera relacionarse con la influencia de agentes estresantes provenientes de tierra. En este sentido, varios investigadores (Boyerand Jones, 2002; Lirman y Fong,

2007) han demostrado que diferencias en parámetros de calidad del agua, no necesariamente resultan en efectos biológicos significativos entre arrecifes ubicados a distancias diferentes de fuentes generadoras de estrés.

Investigaciones llevadas a cabo en el litoral norte de las provincias habaneras (González, 2000; Caballero, 2002; Caballero *et al.*, 2005) han encontrado para *P. astreoides*, *A. agaricites* y *A. palmata*, tallas medias superiores a las encontradas en esta investigación. Ello pudiera deberse a que la utilización de las metodologías AGRRRA y RECON, empleadas en esas investigaciones, no tienen en cuenta las colonias menores de 10 cm y 20 cm, respectivamente. Esto pudiera traer como consecuencia que la representatividad de los reclutas de especies de rápido crecimiento como *A. palmata* y algunos adultos de *P. astreoides* y *A. agaricites* no sería considerada en la investigación correspondiente.

La distribución de la frecuencia de tallas en los arrecifes de Los Colorados, Playa Baracoa y Rincón de Guanabo presenta un mayor número de colonias en las clases de tallas intermedias, lo cual puede deberse a que algún evento de mortalidad selectiva de reclutas y juveniles pudiera haber ocurrido (Richardson y Voss, 2005). En este caso, el factor que pudiera haber incidido negativamente en el reclutamiento y la supervivencia de las colonias lo constituyen los eventos meteorológicos extremos que han incidido directa o indirectamente sobre la región noroccidental de Cuba, los cuales pudieron haber provocado un daño mayor en Los Colorados dada su localización geográfica y la trayectoria de dichos eventos. Estas diferencias entre porcentajes bajos de juveniles y la relativamente alta abundancia de adultos, han sido documentadas para arrecifes con cierta influencia antrópica en Cayo Largo, Florida (Miller *et al.*, 2002), St. John, Islas Vírgenes (Edmunds, 2000) y Curazao, Antillas Holandesas (Vermeij *et al.*, 2007). En cambio, para el arrecife de Fitzroy y Island en Australia, alejado de fuentes de contaminación, se encontró que en la estructura de las poblaciones de *Acropora* spp., más del 73% de las colonias pertenecían a las clases de juveniles (Smith *et al.*, 2005).

La utilización de parámetros que caractericen la estructura de las poblaciones no está limitada a la comparación en la frecuencia de las tallas. Ellos pueden ser utilizados para encontrar patrones ecológicos generales en las especies de coral (Vermeij y Bak, 2000). El análisis de la moda no mostró un patrón coherente entre arrecifes. A pesar de la significación estadística encontrada entre las modas de *P. astreoides*, se considera que estas diferencias no tienen una relevancia ecológica.

La asimetría es uno de los descriptores de la distribución de frecuencia de tallas que mayor cantidad de información brinda. Meesters *et al.*

(2001) plantean que dicho estadístico refleja la proporción y la contribución relativa de las colonias pequeñas y grandes a la población total. Además, Bak y Meesters (1998) encontraron que la asimetría varía significativamente entre los arrecifes más y menos degradados, observándose la tendencia de que las poblaciones de arrecifes más degradados tienden a presentar asimetría negativa más pronunciada. Las distribuciones de frecuencia de tallas encontradas para las especies analizadas en esta investigación presentaron asimetría negativa, lo que indica que la distribución de las tallas sigue un patrón de pocas colonias presentes en las clases de tallas pequeñas y preponderancia de colonias grandes. Esto coincide con los porcentajes bajos de reclutas y juveniles encontrados en esta investigación. Tal es el caso de la región suroccidental del Banco Chinchorro, (México) donde Vega-Zepeda *et al.* (2007) encontraron valores de asimetría negativos más pronunciados que los obtenidos en esta investigación. Este mismo autor sugiere que los valores de asimetría negativa en especies como *A. palmata* podrían deberse a una disminución en la frecuencia de fragmentación, asumiendo que estos fragmentos puedan generar nuevas colonias que se incluirían en las clases de tallas menores.

El coeficiente de variación fue utilizado para comparar variabilidades relativas de tallas medias diferentes. Este estadístico es una medida del número de colonias con tallas diferentes y permite una comparación entre poblaciones de corales, independientemente de las diferencias en la talla media de las colonias (Vermeij y Bak, 2000). Bak y Meesters (1998) plantean que la variación relativa de las tallas es mayor en colonias de poblaciones pequeñas y menor en poblaciones de colonias grandes. Esto significa que poblaciones con una mayor talla media tendrán un menor CV, indicando que la variación en especies de larga vida disminuye. Sin embargo, los valores de CV obtenidos en la presente investigación para *A. palmata* demuestran lo contrario, pues esta especie alcanza tallas superiores a *P. astreoides* y *A. agaricites* y presenta la mayor variación de las tallas (CV). Este comportamiento puede ser el resultado de la variabilidad alta en la tasa de crecimiento de esta especie, la cual ha sido reportada como la mayor en el Caribe (Macintyre *et al.*, 2007). La lejanía de Los Colorados a fuentes de estrés provenientes desde tierra (28-17 km) podría estar indicando que la incidencia de factores naturales provoca una mayor variabilidad en las tallas de los corales, lo que explicaría en cierta medida los elevados valores de CV obtenidos para *P. astreoides* y *A. palmata*. En cambio, estas especies mostraron un comportamiento inverso en Rincón de Guanabo, indicando que la incidencia de agentes estresantes provenientes desde tierra (0,8 km) pudiera provocar que las tallas de estas pobla-

ciones varíen menos. No obstante, se hace necesario incluir en investigaciones futuras un número mayor de arrecifes y especies de corales, con el objetivo de realizar análisis temporales que demuestren si este estadístico describe una distribución de frecuencias de tallas característica de sitios con diferentes niveles de impacto.

En concordancia con los resultados obtenidos en Playa Baracoa y Rincón de Guanabo, Meesters *et al.* (2001) y Lirman y Fong (2007) observaron que en un área que bordea una región costera urbanizada, la distribución de frecuencias de tallas en varias especies de corales siguió un patrón caracterizado por relativamente pocas colonias en las clases de tallas menores y un número mayor de colonias en las clases de tallas mayores (incrementándose la asimetría negativa). Meesters *et al.* (2001) también han observado escasa desviación estándar y una distribución de frecuencias de tallas a menudo más centralizada (se incrementa la curtosis). Para el caso del arrecife de Los Colorados, nuestros resultados evidenciaron un comportamiento similar al de Playa Baracoa y Rincón de Guanabo. Esto contrasta con lo planteado por varios autores (Bak y Meesters, 1998; Meesters *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2005), los cuales han encontrado una distribución de frecuencias que refleja un número mayor de colonias en las clases de tallas menores (caracterizado por una asimetría positiva) en arrecifes alejados de fuentes de contaminación terrestre. Otro aspecto de considerable interés lo constituye el hecho de que la distribución de frecuencia de tallas de *A. palmata* presenta varias características que han sido documentadas por Bak y Meesters (1998), Vermeij y Bak (2000) y Meesters *et al.* (2001) en arrecifes degradados. Esto se demuestra en los valores de asimetría negativos más pronunciados encontrados entre arrecifes ($g_1 < 0$), curtosis elevada ($g_2 > 0$) y desviación estándar baja.

Los patrones espaciales encontrados en los indicadores evaluados no sostienen la hipótesis de que la estructura poblacional de las especies analizadas está directamente relacionada con los niveles de impacto ambiental provocado por agentes estresantes de origen terrestre. Sin embargo, la incidencia de un número mayor de huracanes en Los Colorados (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/DataByYearandStorm.htm>) podría haber afectado la estructura poblacional de las especies analizadas de forma similar a la incidencia de agentes estresantes provenientes desde tierra en Playa Baracoa y Rincón de Guanabo. A pesar de que este aspecto no fue probado en esta investigación, sería útil incluir en investigaciones futuras indicadores ecológicos que permitan diferenciar el efecto de impactos de origen natural y antrópico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Bay and Paul Foundations por el financiamiento de esta investigación. Al Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies quienes mantienen un proyecto para estudiar la región noroccidental de Cuba. A Maritza y su familia (residentes en Baracoa) por su confianza y por permitirnos entrar en su casa aún cuando no estaban. A Iván Rodríguez, y a la tripulación del Piscis, por toda su solidaridad y apoyo. A Eduardo Alonso, quién aún hoy, nos acompaña siempre.

REFERENCIAS

- Alvarez-Filip, L., Dulvy, N.K., Côte, I.M., Watkinson, A.R. and Gill, J.A. (2011) Coral identity underpins architectural complexity on Caribbean Reefs. *Ecological Applications*, **21** (6): 223-231.
- Armenteros, A.M. (2000) *Abundancia y distribución de la ictiofauna asociada a un arrecife costero en el norte de ciudad de La Habana*. Tesis de Diploma, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 47 pp.
- Aronson, R.B., Precht, W.F. (2001) White band disease and the changing face of Caribbean coral reef. *Hydrobiology*, **430**, 25-38.
- Aronson, R.B., Macintyre, L.G., Precht, W.F., Murdoch, T.J.T. and Wapnick, C.M. (2002) The expanding scale of species turnover events on coral reefs in Beliza. *Ecological Monographs*, **72**(2), 233-249.
- Bak, R.P.M., Meesters, E.H. (1998) Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **162**, 301-306.
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C., Nyström, M. (2004) Confronting the coral crisis. *Nature*, **429**, 827-833.
- Boyer, J.N., Jones, R.D. (2002) A view from the bridge: external and internal forces affecting the ambient water quality of the Florida Keys National Marine Sanctuary. In: *The Everglades, Florida bay, and Coral Reefs of the Florida keys: An ecosystem Sourcebook* (JW Porter, KG Porter, eds.), Boca Raton, Florida: CRC Press, pp: 609-628.
- Bruckner, A.W. (2002) *Proceedings of the Caribbean Acropora Workshop: Potential Application of the U. S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy*. Florida.: Silver Spring, 119 pp.
- Caballero, H.A. (2002) *Estructura de la comunidad coralina de tres sitios de la costa norte de La Habana, Cuba*. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 60 pp.
- Caballero, H.A., Chevalier, P., Cárdenas, A.L., Rosales, D., Alcalá, A., Olaechea, A. (2005) *Evaluación ecológica de las zonas de colecta del Acuario Nacional de Cuba en el litoral norte de las provincias Habaneras, Cuba: Proyecto Ramal No. 30801*. Acuario Nacional de Cuba, 120 pp.
- Chiappone, M., Sullivan, K.M. (1994) Patterns of coral abundance defining near shore hard bottom communities of the Florida Keys. *Biological Sciences*, **57** (3): 108-125.
- De la Guardia E., González, P., Trelles, J. (2001) Macrobenos del arrecife coralino adyacente al río Almendares, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, **22** (3): 167-178.
- Díaz-Soltero, H. (1999) *Endangered and threatened species: a revision of Candidate Species List under the Endangered Species Act*. Federal Register, **64**, 33466-33668.
- Dikou, A. (2010) Ecological Processes and Contemporary Coral Reef Management. *Diversity*, **2**, 717-737.
- Edinger, E., Limmon, G., Jompa, J., Widjarmoko, W., Heikoop, J., Risk, M. (2000) Normal coral growth rates on dying reefs: are coral growth rates good indicators of reef health? *Mar. Pollut. Bull.*, **40** (5): 404-425.
- Edmunds, P.J. (2000) Patterns in the distribution of juvenile corals and coral reef community structure in St. John, US Virgin Islands. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **202**, 113-124.
- Edmunds, P.J. (2004) Juvenile coral population dynamics track rising seawater temperature on a Caribbean reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **269**, 111-119.
- Fabricius, K.E. (2005) Effects of terrestrial runoff the ecology of corals and coral reef: review and synthesis. *Mar. Poll. Bull.*, **50**, 125-146.
- Gardner, T.A., Côte, I.M., Gill, J.A., Grant, A., Watkinson, A.R. (2003) Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals. *Science*, **301**, 958-960.
- Gladfelter, W.B. (1982) White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reef. *Bull. Mar. Sci.* **32**(2): 639-643.
- González, S. (2000) *Caracterización de tres comunidades de corales del litoral norte de La Habana y Ciudad de La Habana*. Tesis de Diploma, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 41 pp.
- González-Díaz, S.P., De la Guardia, E., González-Sansón, G. (2003) Efecto de efluentes terrestres sobre las comunidades bentónicas de arrecifes coralinos de Ciudad de La Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, **24** (3): 193-204.
- González-Díaz, S.P., González-Sansón, G., Piloto, Y., Cabrales, Y., Álvarez, S. (2008) Estructura de las poblaciones de *Acropora palmata*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* forma masiva (Cnidaria: Scleractinia) en el arrecife de Playa

- Baracoa, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, **29**(3): 213-223.
- González-Sansón G., Aguilar, C., Hernández, I., Cabrera, Y., Curry, A. (2008) The influence of habitat and fishing on reef fish assemblages in Cuba. *Gulf. Car. Res.*, **21**, 13-21.
- Guzner, B., Novoplanski, A., Chadwick, N.E. (2007) Population dynamics of the reef-building coral *hemprichii* as an indicator of reef condition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **333**, 143-150.
- Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., Grosbers, R., Hoegh-Gulberg, O., Jackson, J.B.C., Kleypas, J., Cough, J.M., Marshall, P., Nyström, M., Palomi, (2003) Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, **31**, 929-933.
- Hughes, T.P., Graham, N.A.J., Jackson, J.B.C., Mumby, P.J., Steneck, R.S. (2010) Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends in Ecology and Evolution*, **25**(11): 633-644.
- Lirman, D. (2003) A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata*. Effects of storm intensity and frequency. *Ecological Modeling*, **161**, 169-182.
- Lirman, D., Fong, P. (2007) Is proximity to land-based sources of coral stressors an appropriate measure of risk to coral reefs? An example from the Florida Reef Tract. *Mar. Poll. Bull.*, **54**, 779-791.
- Macintyre, I.G., P.W., Toscano, M.A. (2007). The demise of a major *Acropora palmata* bank-barrier reef off the southeast coast of Barbados, West Indies. *Coral Reefs*, **26** (4): 765-773.
- Meesters, E.H., Hilterman, M., Kardinaal, E., Keetman, M., De Vries, M., Bak, R.P.M. (2001) Colony size-frequency distributions of scleractinian coral populations: spatial and interspecific variation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **209**, 43-54.
- Miller, M.W., Boorque, A.S., Bohnsack, J.A. (2002) An analysis of the loss of acroporid coral at Looe Key, Florida, U.S.A.: 1983-2000. *Coral Reefs*, **21**, 179-182.
- Miller, M.W., Baums, I.B., Williams, D.E. (2007) Visual discernment of sexual recruits is not feasible for *Acropora palmata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **335**, 227-231.
- Pandolfi J.M., Bradbury, R.H., Sala, E., Hughes, T.P., Bjorndal, K.A., Cooke, R.G., McArdle, D., McClenachan, L., Newman, M.J.H., Paredes, G., Warner, R.R., Jackson, J.B.C. (2003) Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, **301**, 955-958.
- Pandolfi, J.M., Jackson, J.B.C., Baron, N., Bradbury, R.H., Guzman, H.M., Hughes, T.P., Kappel, C.V., Micheli, F., Odgen, J.C., Possingham, H.P., Sala, E. (2005) Are US coral reef on the slippery slope to slime? *Science*, **307**, 1725-1726.
- Perera, O. (2008) *Estimación de indicadores ecológicos en dos poblaciones de Acropora palmata (Cnidaria: Scleractinia) del litoral norte de las provincias Habaneras*. Tesis de Diploma, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 66 pp.
- Perigó-Arnaud, E., Montalvo, J., Miravet, M.E., Enriquez, D., Cobas, L.S., Ramírez, O., Rivas, L., Santos R. (2009) Diagnóstico ambiental, impactos y respuestas de la laguna costera El Doctor. Playa Baracoa, Habana, Cuba. *Serie Oceanológica*, **6**, 79-93.
- Philippe, A.M., Rogers, C.S., Hillis-Starr, Z.M. (2006) Distribution and abundance of elkhorn coral, *Acropora palmata*, and prevalence of white band disease at Buck Island Reef National Monument, St. Croix, U. S. Virgin Islands. *Coral Reefs*, **25**, 239-142.
- Richardson, L., Voss, J.D. (2005) Changes in a coral population on reef of the northern Florida Keys following a coral disease epizootic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **297**, 147-156.
- Ruiz-Zárata, E., Arias-González, M. (2004) Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *Coral Reefs*, **23**, 584-594.
- Smith, L.D., Devlin, M., Haynes, D., Gilmour, J.P. (2005) A demographic approach to monitoring the health of coral reefs. *Mar. Poll. Bull.*, **51**, 399-407.
- StatSoft, Inc (2004) *STATISTICA [data analysis software system]*, version 7. www.statsoft.com.
- Sutherland, K.P., Porter J.W, Torres, C. (2004) Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **266**, 273-302.
- Underwood, A.J. (1997) *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 504 pp.
- Vega-Zepeda, A., Hernández-Arana, H., Carricart-Ganivet, J.P. (2007) Spatial and size-frequency distribution of *Acropora palmata* (Cnidaria: Scleractinia) species in Chinchorro Bank. Mexican Caribbean: implication for management. *Coral Reefs*, **26** (3), 671-676.
- Vermeij, M.J.A. (2005) Substrate composition and adult distribution determine recruitments patterns in a Caribbean brooding coral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **295**, 123-133.
- Vermeij, M.J.A., Bak, R.P.M. (2000) Inferring demogra-

- phic processes from population size structure in corals. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia. 1*, 589-593.
- Vermeij, M.J., Frade, R.P., Jacinto, R.I.R., Debrot, A.O., Bak, R.P.M. (2007) Effects of reproductive mode on habitat-related differences in the population structure of eight Caribbean coral species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **351**, 91-102.
- Wilkinson, C. (2004) *Status of Coral Reefs of the World*. Townsville, Queensland, Australia: Australian Institute of Marine Science, 557 pp.
- Wilkinson, C., Souter, D. (2008) *Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005*. Townsville: Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, 152 pp.
- Zar, J.H. (1996) *Biostatistical analysis* (3rded.) Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc, 121 pp.

Recibido: 03/05/2012
Aceptado: 22/06/2012