

ARTÍCULO ORIGINAL

EVALUACIÓN DE ACROPORA PALMATA (LAMARCK, 1816) Y DIADEMA ANTILLARUM PHILIPPI Y AGASSIZ, 1863 EN LAS CRESTAS ARRECIFALES DE PLAYA BARACOA (PROVINCIA ARTEMISA) Y RINCÓN DE GUANABO (PROVINCIA LA HABANA), CUBA

Acropora palmata (Lamarck, 1816) and Diadema antillarum Philippi y Agassiz, 1863 evaluation in reef crests of playa Baracoa (Provincia Artemisa) and Rincón de Guanabo (Provincia La Habana), Cuba

Fredy Hernández-Delgado^{1*}, Silvia Patricia González-Díaz¹, Victor Manuel Ferrer Rodríguez¹.

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

* Autor para correspondencia:
fredyhdpc@gmail.com;
fredy@cim.uh.cu

Recibido: 23.8.2017

Aceptado: 23.11.2017

RESUMEN

Las crestas arrecifales son un recurso de significativo valor natural y ecológico. En esta investigación se evaluaron las poblaciones de *Acropora palmata* y *Diadema antillarum* en las crestas arrecifales de playa Baracoa y Rincón de Guanabo. El muestreo se realizó entre junio del 2015. Se ubicaron seis estaciones en cada cresta y se seleccionaron como indicadores ecológicos: densidad y composición por tallas de *Acropora palmata*, densidad de *Diadema antillarum* y el cubrimiento del sustrato. Para estimar estos indicadores se empleó el transepto lineal y el transepto de banda, una modificación del transepto lineal. La densidad de colonias de *A. palmata* en playa Baracoa fue de $7,3 \pm 0,6$ colonias/10 m², mientras que en el Rincón de Guanabo se estimaron valores de $22,9 \pm 1,6$ colonias/10 m². Los valores medios de diámetro y altura para el arrecife de playa Baracoa fueron inferiores ($29,7 \pm 1,3$ cm y $9,6 \pm 0,6$ cm, respectivamente) a los del Rincón de Guanabo ($44,3 \pm 2,3$ cm y $17,4 \pm 1,1$ cm). La densidad de *D. antillarum* fue de $14,0 \pm 1,3$ individuos/10 m² para playa Baracoa y de $0,1 \pm 0,0$ individuos/10 m² para el Rincón de Guanabo. El cubrimiento del sustrato por coral y por roca fue superior en Rincón de Guanabo (28% y 49% respectivamente); mientras que el cubrimiento del sustrato por algas fue mayor en playa Baracoa (45%). El análisis integral de los indicadores ecológicos evaluados, sugiere que ambas crestas pueden considerarse en relativo buen estado de conservación.

PALABRAS CLAVE: *Acropora palmata*, crestas arrecifales, cubrimiento del sustrato, *Diadema antillarum*, composición por tallas

ABSTRACT

Biotope crest as part of the coral's reef is an important natural resource and ecological value. In this research we evaluated the health of the reef crest of playa Baracoa and Rincón de Guanabo. We surveyed on six stations located in each reef between June 2015 and April 2016. We selected as ecological indicators: density and spa-

tial size variation of A. palmata's colonies, D. antillarum density and substrate coverage. These indicators were estimated by linear transept and band transept, a modification of the linear transept. A. palmata colonies density was 7.3 ± 0.6 colonies/ 10 m^2 in playa Baracoa and 22.9 ± 1.6 colonies/ 10 m^2 in Rincón de Guanabo. Mean values of reef's diameter and height in playa Baracoa were lower (29.7 ± 1.3 cm and 9.6 ± 0.6 cm) than in Rincón de Guanabo (44.3 ± 2.3 cm and 17.4 ± 1.1 cm). D. antillarum density was 14.0 ± 1.3 individuals/ 10 m^2 in playa Baracoa and 0.1 ± 0.0 individuals/ 10 m^2 in Rincón de Guanabo. Substrate coverage of living coral and rock was higher in Rincón de Guanabo (28% and 49% respectively) and substrate coverage by algae was greater in playa Baracoa (45%). An integrated analysis of the ecological indicators evaluated, suggests that both reef crests can be considered in relatively good condition.

KEY WORDS: *Acropora palmata*, reefs crests, substrate cover, *Diadema antillarum*, size composition.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos costeros de alta madurez, distinguidos por una gran heterogeneidad espacial y elevada biodiversidad (Odum, 1969). Su diversidad solo es comparable con los bosques lluviosos de las selvas tropicales (González-Ferrer, 2004). Uno de los biotopos que posee una elevada importancia ecológica dentro de los arrecifes de coral es el de cresta. Las mismas se desarrollan en zonas de gran turbulencia provocada por el oleaje (Rogers *et al.*, 1982). La especie que distingue a las crestas de los arrecifes del Caribe es *Acropora palmata* Lamarck, 1816. Esta especie de coral posee una estructura compleja, con muchas ramas grandes similares a la ornamenta del alce. Debido a lo anterior brinda una estructura tridimensional que provee hábitat

a una gran variedad de organismos. *A. palmata* es considerada como el antozoo más importante debido a la significación ecológica que posee como constructor primario de las crestas de los arrecifes (Muko *et al.*, 2013), así como en el desarrollo y complejidad de hábitats en los arrecifes someros caribeños (Miller *et al.*, 2002).

La causa principal de la pérdida de las especies de acropóridos en el Caribe se debe a la acción de la banda blanca, enfermedad provocada por una bacteria que ataca solamente a este género (Philippe *et al.*, 2006). Esto provocó que dos de las especies más importantes de este género en el Caribe (*A. palmata* y *Acropora cervicornis* Lamarck, 1816), fueran designadas como candidatas para integrar la lista del Acta de Especies en Peligro (ESA, *Endangered Species Act*) en 1999 (Precht y Aronson, 2003). En el año 2006 pasan a integrar esta lista de manera oficial, así como la Lista Roja de Especies en Peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el 2008 (Young *et al.*, 2012). Sin embargo, la información científica existente sobre el estado de salud de las poblaciones de *A. palmata* en nuestro país es aún insuficiente (González-Díaz *et al.*, 2008; Perera, 2012; Cabrales-Caballero y González-Díaz, 2015). Otra especie clave en este biotopo es el erizo negro *Diadema antillarum* Philippi y Agassiz, 1863. Este constituye el principal herbívoro invertebrado en los arrecifes del Caribe, especialmente cuando hay sobrepesca (Hay, 1984). Dicha especie sufrió en 1983 una pandemia que eliminó a más del 95% de las poblaciones de este erizo (Lessios, 1988). Sin embargo, en nuestro país no hay datos de cómo se comportaron las poblaciones de este equinodermo ante esta enfermedad.

La Ciudad de La Habana, posee en ambos márgenes (este y oeste) dos crestas arrecifales bien desarrolladas. A través de los años, una y otra cresta (playa Baracoa y Rincón de Guanabo) han sido evaluadas indistintamente, mientras que son pocas las investigaciones que se enfocan en comparar el estado actual de dos poblaciones ecológicamente significativas (*A. palmata* y *D. antillarum*). Debido al rol ecológico que posee este biotopo dentro del arrecife, sus posibilidades para el uso turístico y la pesca de subsistencia, así como por encontrarse ambas en las márgenes de la ciudad capital, ha surgido la siguiente pregunta de investigación: ¿en qué estado se encuentran las poblaciones de *A. palmata* y *D. antillarum* en ambas crestas? Para responder la pregunta anterior, esta investigación se ha propuesto como objetivo evaluar el estado actual de las poblaciones de *A. palmata* y *D. antillarum* en las crestas de los arrecifes de playa Baracoa y Rincón de Guanabo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los arrecifes costeros de playa Baracoa (23°03'20" N y 82°33'10" W) y Rincón de Guanabo (23°10'23" N y 82°05'57" W). El primero se encuentra ubicado en el sublitoral del municipio Bauta de la provincia Artemisa, mientras que el segundo se encuentra ubicado en la ensenada de Sibarimar en la provincia de La Habana, a 27 km del centro histórico de la misma y a unos 2 km al este del balneario "Brisas del Mar" (Perera, 2008).

El arrecife de playa Baracoa está formado por 12 biotopos que fueron identificados y descritos por Alzugaray (2004), dentro de los cuales se encuentra el biotopo de cresta que se extiende paralelo a la línea de costa. El mismo posee una profundidad



Fig. 1. Localización de las estaciones de muestreo en el área de estudio (cresta) del arrecife de playa Baracoa. Los números identifican las estaciones.

máxima de 2,50 m y *A. palmata* es la especie más abundante. Dentro de la cresta se establecieron seis estaciones de muestreo, separadas por una distancia que varía en 100-150 m aproximadamente una de la otra y se identifican con referencias en tierra (Fig. 1).

La cresta del Rincón de Guanabo tiene una extensión de 950 m aproximadamente y una elevación sobre el fondo de 1-3 m, presentando una estructura casi continua, paralela a la costa. Se establecieron seis estaciones de muestreo teniendo en cuenta puntos de referencia en tierra y elementos del fondo marino (como rupturas que forman surcos cubiertos de sedimentos) (Fig. 2)

El muestreo se realizó en junio del 2015 y debido a la poca profundidad del área de estudio, se utilizó buceo libre con equipo ligero. Los indicadores ecológicos seleccionados para evaluar fueron la composición por tallas y densidad de *A. palmata*, la densidad de *D. antillarum* y cubrimiento de sustrato por corales, algas y rocas.



Fig. 2. Localización de las estaciones de muestreo en área de estudio (cresta) del arrecife del Rincón de Guanabo. Los números identifican las estaciones.

La densidad de las colonias de *A. palmata* y de *D. antillarum* se determinó utilizando una modificación del transecto lineal definido por Loya (1972). Esta modificación consiste en cuantificar todos los organismos de las especies seleccionadas que se encuentren en 10 m de largo por 1 m de ancho (unidad de muestreo 10 m²), por lo que se denominó transecto de banda. La muestra fue de 10 transectos por cada estación y los mismos se ubicaron al azar paralelos a la costa. Se tomaron en cuenta para este análisis todas las colonias de *A. palmata* y todos los individuos de *D. antillarum* que aparecieron dentro de cada transecto de 10 m².

Antes de comenzar con la evaluación de la variación espacial de la composición por tallas, se realizó un muestreo piloto con el objetivo de calcular el tamaño de muestra (número de colonias a medir) necesario para obtener un 10% de precisión. A partir de las mediciones obtenidas en el estudio piloto, se calculó el tamaño de muestra

utilizando la siguiente fórmula matemática (Zar, 1996):

$$n = \frac{(1,96)^2 * (S)^2}{(x * 0,10)^2}$$

Donde S es la desviación estándar y x la media de la muestra piloto. El tamaño de muestra necesario calculado a partir de la muestra piloto fue de 100 colonias por estación (600 para cada cresta).

En el caso de la composición por tallas de la población, a cada colonia se le tomaron dos mediciones: diámetro mayor (Dm) y altura mayor (h). Para ello se utilizó una cinta métrica de 150 cm con 1 cm de error. Se tuvieron en cuenta todas las colonias de *A. palmata* que aparecieron en el transecto de banda hasta llegar a obtener la muestra necesaria. Para determinar el diámetro mayor se tomó la medición en el plano horizontal de la colonia, de borde a borde, por el sitio de mayor dimensión y en el caso de la altura mayor se identificó la rama más alta de la colonia y se midió la distancia vertical desde la base y hasta la punta de esta rama. Debido a que las colonias de *A. palmata* pueden crecer sobre estructuras (colonias muertas) que se elevan sobre el sustrato (Grober-Dunsmore, 2005), se hizo una distinción entre los reclutas con crecimiento natural en el eje vertical y asentados sobre el sustrato, y los que se encontraron sobrecreciendo (*resheting*) los esqueletos de colonias de la misma especie. Las diferentes clases de tallas se establecieron teniendo en cuenta tanto la tasa de crecimiento anual de la especie (de 5 a 10 cm/año; Gladfelter *et al.* (1982)), como los criterios de Meesters *et al.* (2001); Ruiz-Zárate y Arias-González (2004); Smith *et al.* (2005); Perera (2008) y González-Díaz (2010).

Las clases establecidas para el diámetro mayor (Dm) fueron las siguientes:

Reclutas (≤ 2 cm).
 Juveniles medianos (3-5 cm).
 Juveniles grandes (6-10 cm).
 Adultos fueron incluidos en intervalos de 11- 100 y 101-350 cm.

Las clases establecidas para altura fueron:

Reclutas (≤ 2 cm).
 Juveniles medianos (3-5 cm).
 Juveniles grandes (6-10 cm).
 Adultos fueron incluidos en intervalos de 11-80 y mayores de 81 cm.

El porcentaje de cubrimiento del sustrato se evaluó mediante el empleo del método de transepto lineal (Loya, 1972). Este consiste en definir por cuántos centímetros de cada categoría (roca, coral, alga, arena y esponja) está compuesto el transepto (solo se utilizó las categorías: coral, alga y roca; ya que fueron las que aparecieron de manera significativa). La unidad de muestreo seleccionada fue el transepto lineal de 10m y se establecieron 10 unidades de muestreo por estación.

Con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre ambas crestas arrecifales, en los indicadores ecológicos seleccionados, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA unifactorial). Para determinar las diferencias entre los pares de medias, se aplicó el test de Newman-Keuls con nivel de significación de 0,05. A los datos de diámetro mayor, altura y diámetro mayor sobre la altura se les realizó una transformación $\log(x)$, con el objetivo de disminuir el efecto de la distribución asimétrica de los datos según lo recomendado por Zar (1996). Estos últimos procesamientos estadísticos se realizaron con el programa Statistica, versión 8.0 para Windows.

RESULTADOS

DENSIDAD DE *A. PALMATA*

La densidad media de *A. palmata* presentó diferencias significativas ($F_{(1;118)} = 86,0$; $p \leq 0,00$) entre los arrecifes de Baracoa ($7,3 \pm 0,6$ colonias/10 m²) y Rincón de Guanabo ($22,9 \pm 1,6$ colonias /10 m²) (Fig. 3). En el arrecife de playa Baracoa, los valores superiores de densidad se encontraron en la estación 6 ($11,0 \pm 2,6$ colonias/10 m²) y los inferiores se hallaron en la estación 2 ($4,8 \pm 1,2$ colonias/10 m²). En el arrecife Rincón de Guanabo se observaron valores máximo y mínimo de densidad en las estaciones 3 ($33,0 \pm 6,2$ colonias/10 m²) y 5 ($17,5 \pm 1,9$ colonias/10 m²), respectivamente.

VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS TALLAS DE *A. PALMATA*.

a) Variación espacial del diámetro mayor, la altura y el diámetro mayor sobre la altura

Se midieron un total de 1200 colonias de *A. palmata*, 600 en cada cresta (playa Baracoa y Rincón de Guanabo). La variación espacial del diámetro mayor mostró

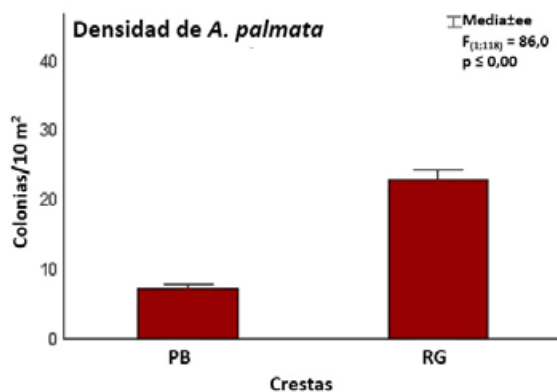


Fig. 3. Densidad media (\pm error estándar) de *A. palmata* en las crestas de playa Baracoa (PB) y Rincón de Guanabo (RG). (F y p: valores del ANOVA de efectos aleatorios, el valor entre paréntesis indica los grados de libertad del valor calculado de F y p indica la probabilidad asociada a ese valor).

diferencias significativas ($F_{(1;1198)} = 11,8$; $p \leq 0,00$) entre las crestas de playa Baracoa ($29,7 \pm 1,3$ cm) y Rincón de Guanabo ($44,3 \pm 2,3$ cm). En el análisis de la media de la altura se obtuvo que el arrecife de Baracoa es significativamente diferente ($F_{(1;1198)} = 36,0$; $p \leq 0,00$) al de Rincón de Guanabo, con valores medios de $9,6 \pm 0,6$ cm y $17,4 \pm 1,1$ cm, respectivamente (Tabla 1).

La variación espacial del diámetro mayor (\pm error estándar) muestra que entre las estaciones del arrecife de Baracoa existen diferencias significativas (Tabla 1). La estación 1 posee los valores superiores medios del diámetro mayor ($52,3 \pm 6,6$ cm) y de altura media ($18,6 \pm 3,8$ cm). Los valores menores medios de diámetro mayor (\pm error estándar) y de altura media (\pm error estándar) se obtuvieron en la estación 2, con $25,2 \pm 2,5$ cm y $5,1 \pm 0,8$ cm, respectivamente.

Existen diferencias significativas entre las estaciones del arrecife de Rincón de Guanabo para el diámetro mayor promedio (\pm error estándar) y la altura media (\pm error estándar) (Tabla 1). En la estación 1 ($53,8 \pm 9,3$ cm) se observó el valor superior del diámetro mayor promedio (\pm error estándar), mientras que el menor valor se alcanzó en la estación 3 ($31,4 \pm 5,4$ cm). Para la altura los valores máximos y mínimos se obtuvieron en las estaciones 1 ($24,4 \pm 4,2$ cm) y 3 ($10,6 \pm 2,5$ cm), respectivamente.

Para la media del diámetro mayor sobre la altura, se encontraron diferencias significativas ($F_{(1;1198)} = 24,2$; $p \leq 0,00$) entre las crestas de playa Baracoa ($9,2 \pm 0,5$ cm) y Rincón de Guanabo ($5,8 \pm 0,3$ cm) (Tabla 1). En el arrecife de playa Baracoa los valores superiores de Dm/h se encontraron en la estación 2 ($11,9 \pm 1,1$ cm) y los inferiores

Tabla 1. Valores medios (\pm error estándar) del diámetro mayor, la altura por estaciones y del indicador de forma Dm/h en las crestas arrecifales de playa Baracoa y Rincón de Guanabo. Se muestran los resultados del ANOVA de efecto aleatorios. Los valores entre paréntesis indican los grados de libertad del valor calculado de F y p indica la probabilidad asociada a ese valor.

Crestas arrecifales	playa Baracoa		Rincón Guanabo	
	Dm \pm ee	h \pm ee	Dm \pm ee	h \pm ee
Medidas(cm)				
Estación 1	52,3 \pm 6,6	18,6 \pm 3,8	53,8 \pm 9,3	24,4 \pm 4,2
Estación 2	25,2 \pm 2,5	5,1 \pm 0,8	34,2 \pm 7,5	20,4 \pm 4,6
Estación 3	25,3 \pm 2,5	7,7 \pm 0,9	31,4 \pm 5,4	10,6 \pm 2,5
Estación 4	31,2 \pm 3,2	13,5 \pm 1,9	49,6 \pm 6,4	19,1 \pm 2,6
Estación 5	28,8 \pm 2,7	8,5 \pm 1,2	45,5 \pm 4,2	17,5 \pm 2,2
Estación 6	31,6 \pm 3,4	12,0 \pm 1,5	45,3 \pm 3,9	15,4 \pm 1,7
F _(5;594)	2,74	4,2	6,2	8,42
p \leq	0,01	0,00	0,00	0,00
Arrecife	29,7 \pm 1,3	9,6 \pm 0,6	44,3 \pm 2,3	17,4 \pm 1,1
F (Dm) _(1;1198)			11,8	
p(Dm) \leq			0,00	
F (h) _(1;1198)			36,0	
p(h) \leq			0,00	
Dm/h(cm)		9,2 \pm 0,5		5,8 \pm 2,3
F _(1;1198)			24,2	
p \leq			0,00	

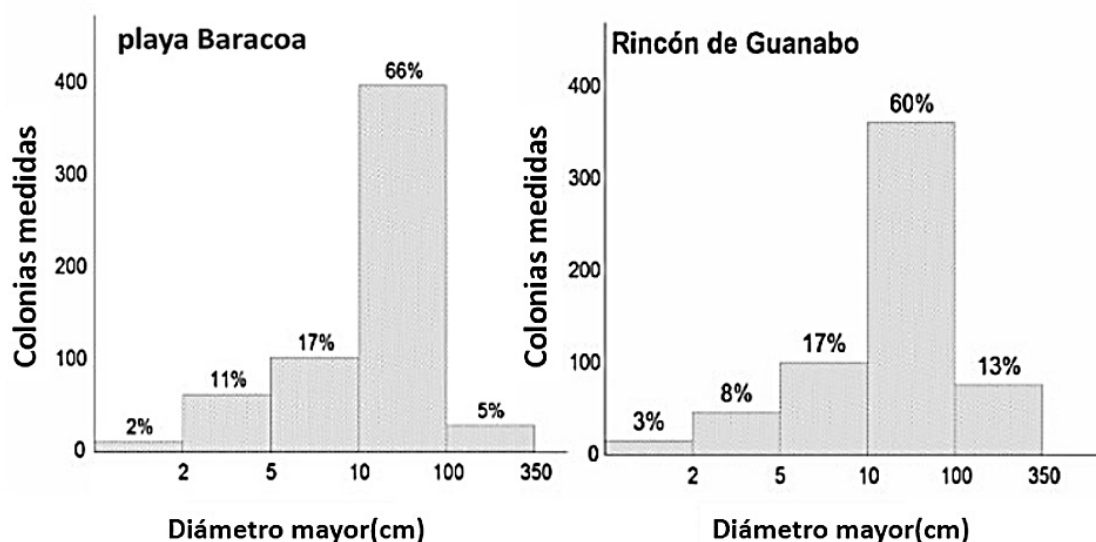


Fig. 4. Histogramas de frecuencias de clases de tallas para el diámetro mayor (cm) de la especie *A. palmata* en las crestas de playa Baracoa y Rincón de Guanabo. En cada caso se especifica el porcentaje de colonias medidas en el rango de cada clase de talla.

se hallaron en la estación 3 ($6,8 \pm 0,9$ cm). Mientras que en el arrecife de Rincón Guanabo se observaron valores máximo y mínimo en las estaciones 3 ($7,9 \pm 1,4$ cm) y 2 ($4,5 \pm 0,7$ cm) respectivamente.

b) Composición por tallas de *A. palmata*

En playa Baracoa, el 2% del total de colonias medidas, pertenecen a la categoría de reclutas (≤ 2 cm de diámetro mayor), mientras que en la cresta de Rincón de Guanabo, solo el 3% (Fig. 4). El 28% de las colonias medidas en la cresta de playa Baracoa se incluyen en la categoría de juveniles para el diámetro mayor, mientras que en la cresta de Rincón de Guanabo solo el 25% estaba dentro de este rango. El porcentaje de colonias evaluadas como adultos, fue semejante para el diámetro mayor, siendo en el caso de playa Baracoa el 71% y en Rincón de Guanabo el 73% del total de colonias evaluadas.

Según las clases de tallas utilizadas para la altura, en la cresta arrecifal de playa Baracoa se observó que el 51% de las colonias medidas eran reclutas, sin embargo, en la cresta de Rincón de Guanabo solo el 36% lo eran (Fig. 5). El 20% de las colonias medidas en playa Baracoa eran juveniles, mientras que en Rincón de Guanabo el 25% eran también incluidas en el mismo intervalo de tallas. En playa Baracoa el 29% de las colonias medidas fueron adultos y en Rincón de Guanabo el 40%. Se observó en esta última mayor abundancia de colonias cuya altura estaba dentro del rango de 10-80 cm (Fig. 5).

DENSIDAD DE *D. ANTILLARUM*

Entre las crestas de playa Baracoa ($14,0 \pm 1,3$ individuos/10 m²) y Rincón de Guanabo ($0,1 \pm 0,0$ individuos /10 m²) se encontraron diferencias significativas

($F_{(1;118)} = 118,4$; $p \leq 0,00$) para la densidad de *D. antillarum*. En el arrecife de playa Baracoa los valores superiores de densidad para el erizo negro se encontraron en la estación 1 ($18,4 \pm 2,8$ individuos/10 m²) y los inferiores se hallaron en la estación 4 ($3,3 \pm 1,7$ individuos/10 m²). Sin embargo, en la cresta de Rincón de Guanabo se observó que el valor máximo de densidad de *D. antillarum* estaba en la estación 5 ($0,2 \pm 0,1$ individuos/10 m²). En esta estación se observaron solo dos ejemplares de este equinodermo y fue la única en que ocurrió el avistamiento de esta especie.

CUBRIMIENTO DE SUSTRATO

Existen diferencias significativas en el porcentaje de sustrato cubierto por algas ($F_{(1;118)} = 61,6$; $p \leq 0,00$) entre las crestas de playa Baracoa (45%) y Rincón de Guanabo

(22%) (Fig. 6A). En el arrecife de playa Baracoa los valores superiores de cubrimiento medio de algas se encontraron en la estación 4 (58%) y los inferiores se hallaron en la estación 6 (31%). Mientras que en el arrecife de Rincón de Guanabo se observaron valores máximo y mínimo de cubrimiento medio de algas en las estaciones 5 (23%) y 4 (14%), respectivamente.

Para el porcentaje de sustrato cubierto por coral existen diferencias significativas ($F_{(1;118)} = 48,2$; $p \leq 0,00$) entre las crestas de playa Baracoa (15%) y Rincón de Guanabo (28%) (Fig. 6B). En el arrecife de playa Baracoa los valores superiores de cubrimiento medio de coral se encontraron en la estación 3 (19%) y los inferiores se hallaron en la estación 2 (12%), mientras que en el arrecife de Rincón de Guanabo se observaron valores máximo y mínimo

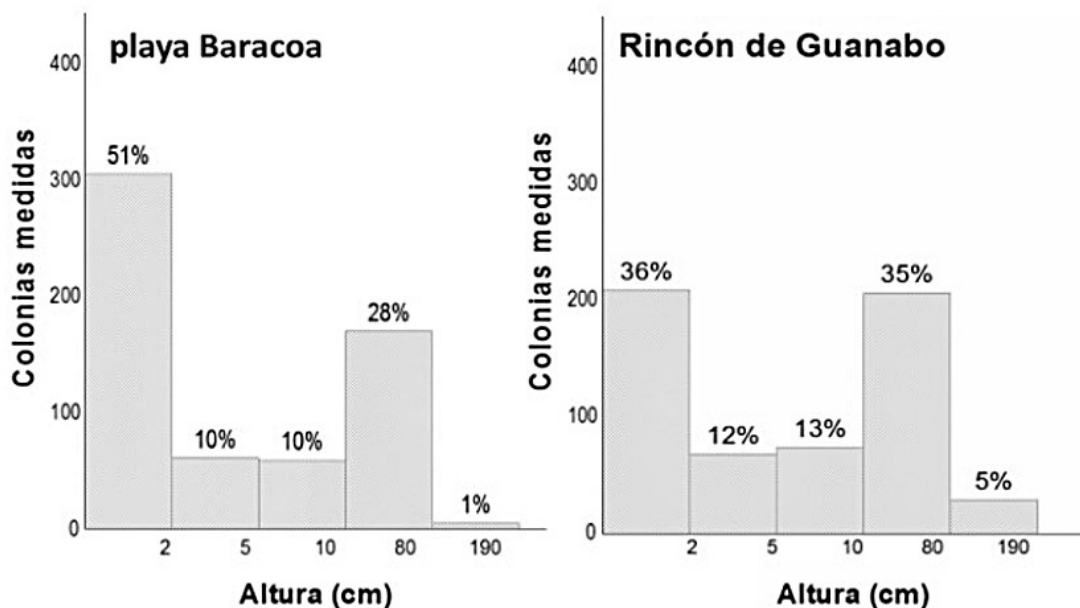


Fig. 5. Histogramas de frecuencias de clases para la altura de la especie *A. palmata* en las crestas de playa Baracoa y Rincón de Guanabo. En cada caso se especifica el porcentaje de colonias medidas en el rango de cada clase de talla.

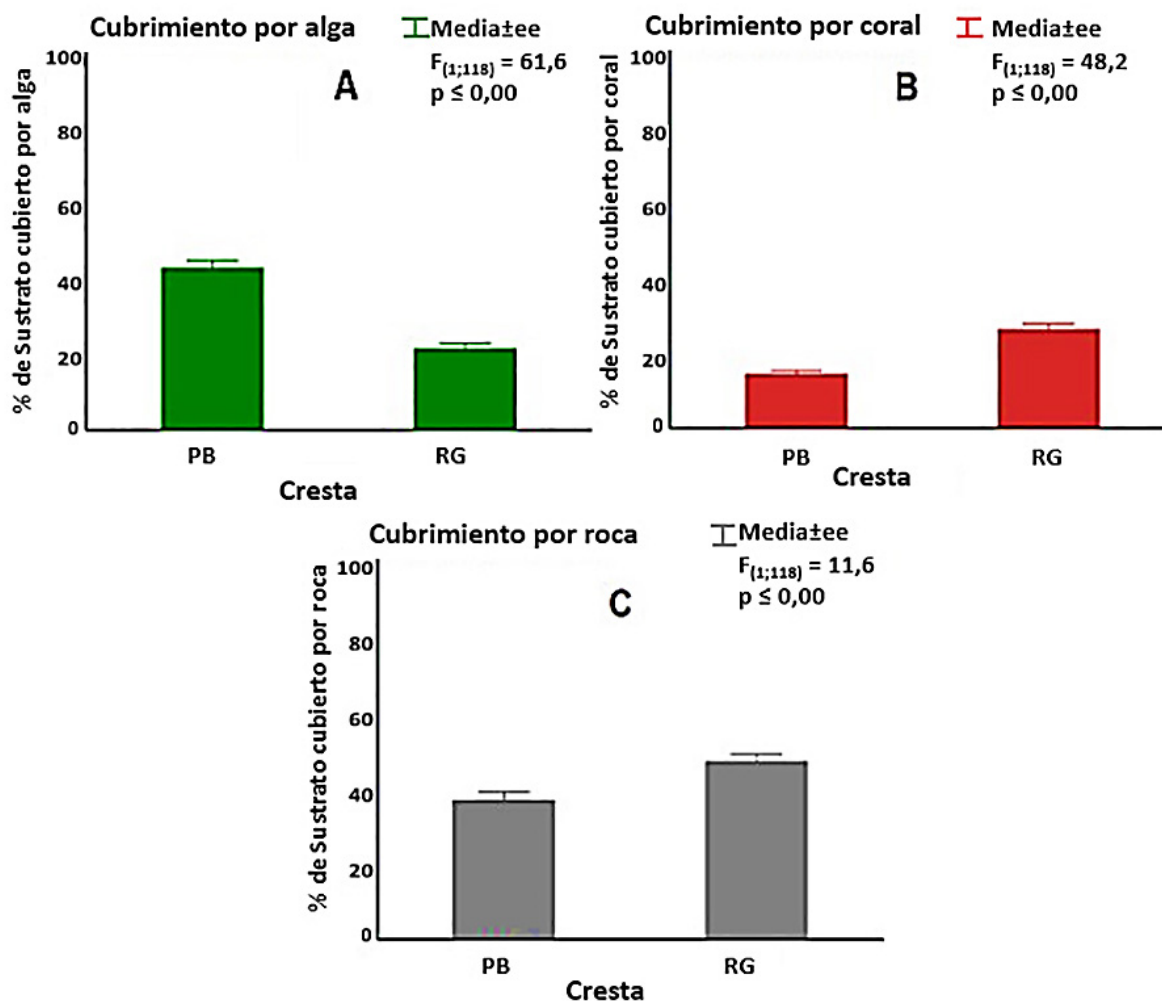


Fig. 6. Porcentaje del Cubrimiento promedio (\pm error estándar) del sustrato en las crestas arrecifales de playa Baracoa (PB) y Rincón de Guanabo (RG). Donde (A) Porcentaje de sustrato cubierto por algas; (B) Porcentaje de sustrato cubierto por coral y (C) Porcentaje de sustrato cubierto por roca.

de cubrimiento medio de coral en las estaciones 6 (35%) y 3 (18%) respectivamente.

Se hallaron diferencias significativas ($F_{(1;118)} = 11,6$; $p \leq 0,00$) para el porcentaje de sustrato cubierto por roca entre las crestas arrecifales de playa Baracoa (39%) y Rincón de Guanabo (49%) (Fig. 6C). En el arrecife de playa Baracoa los valores superiores de cubrimiento medio de roca se encontraron en la estación 6 (49%) y los inferiores se hallaron en la estación 2 (26%). En el arrecife de Rincón

de Guanabo se observaron valores máximos y mínimos de cubrimiento medio de roca en las estaciones 2 (55%) y 6 (42%) respectivamente.

DISCUSIÓN

DENSIDAD DE *A. PALMATA*

Young *et al.* (2012) plantea, que en los últimos 25 años ha existido un decline en las poblaciones de arrecifes de coral a nivel global. Aunque, se ha estimado que entre el 80% y el 98% de los individuos de

A. palmata se han perdido en el Caribe en las últimas tres décadas (Aronson *et al.*, 2008), sólo unos pocos estudios publicados reportan los cambios cuantitativos en la distribución y la abundancia de esta especie en el tiempo (McClanahan y Muthiga, 1998; Bright *et al.*, 2016). La mortalidad de *A. palmata* representa una pérdida sustancial en las tasas de producción de carbonato, lo cual afecta el crecimiento del arrecife, conduciendo a la erosión neta del mismo (Kennedy *et al.*, 2013; Álvarez-Filip *et al.*, 2013) y a la reducción de la heterogeneidad espacial de los arrecifes del Caribe. Esto pueden conducir a la disminución de la biodiversidad, la productividad de la pesca y a reducir la protección de las costas de la energía de las olas (Álvarez-Filip *et al.*, 2009).

Rodríguez-Martínez *et al.* (2014) plantea que en una encuesta regional al Sistema Arrecifal Mesoamericano (MRS) en el período 2010-2012, *A. palmata* se registró en 21 de los 107 sitios con arrecifes estudiados a lo largo de los MRS. De estos, 10 sitios de arrecifes estaban en México (de 23), 7 en Honduras (de 47), 4 en Belice (de 36) y no se registró en el único sitio de reconocimiento de Guatemala. En 1985, *A. palmata* se reportó en el 74% de los sitios que fueron encuestados, mientras que en 2010-2012 fue encontrado en sólo el 48% (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2014).

Aunque desde la década del 80 la abundancia de *A. palmata* ha experimentado una disminución regional considerable (Aronson y Precht, 2001) y otras especies como *Millepora complanata* Lamarck, 1816 han aumentado considerablemente en este biotopo (Caballero *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos demuestran que *A. palmata* continúa siendo la especie dominante en las crestas de Baracoa y Rincón

de Guanabo, lo cual coincide con lo planteado por Alzugaray (2004), Piloto (2005) y González (2014) para playa Baracoa y por Perera (2008) para ambas, a la vez que es un resultado positivo. Además, coincide con lo planteado por Semidey (2008) y Cabrales-Caballero y González-Díaz (2015) para otras crestas arrecifales de Cuba.

Los valores de densidad media de *A. palmata* obtenidos en playa Baracoa (7,3 colonias/10 m²), son superiores a los reportados por Miller *et al.* (2002) para el arrecife de Elbow (0,12 colonias/m²), en la Florida y por Caballero (2002) para la cresta del Salado (0,66 colonias/m²). Sin embargo, la densidad reportada para Baracoa actualmente es inferior a los valores encontrados por Piloto (2005) de 18,10 colonias/10 m² y Perera (2008) de 17,23 colonias/10 m² para el mismo arrecife. Ello pudiera sugerir: (1) que al crecer las colonias (es importante tener en cuenta que esta especie es la de más alta tasa de crecimiento dentro de los corales) ha provocado la disminución de la densidad, o (2) que ha habido una mortalidad de colonias entre los años 2005 y 2008 hasta la fecha, o (3) que ha disminuido el reclutamiento.

Los valores superiores de densidad media se encontraron en la cresta arrecifal de Rincón de Guanabo (22,9 colonias/10 m²) y superan los reportados por Miller *et al.* (2002) para el arrecife de cayo Largo (0,8 colonias/m²), González-Díaz (2010) para el arrecife de los Colorados (1,80 colonias/10 m²) y por Perera (2008) (21,1 colonias/10 m²) para este arrecife. A su vez, son menores que los reportados por González (2014) para la cresta de playa Baracoa (49,9 colonias/10m²).

Las diferencias en la densidad de *A. palmata* obtenida para los arrecifes de Baracoa y el Rincón de Guanabo pudieran

también estar relacionadas con factores bióticos como: la reproducción de las colonias, el asentamiento larval, la metamorfosis de las larvas y el crecimiento. Además, con factores abióticos como: la disponibilidad de sustrato (Perera, 2008) y con las corrientes en cada uno de estos arrecifes. Según Rogers y Miller (2013) y Mumby *et al.* (2014) los factores antrópicos, las enfermedades y los huracanes pueden afectar la densidad de las colonias de *A. palmata* en la región. No obstante, vale aclarar que en esta región no ha existido incidencia de huracanes desde el año 2009.

VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COMPOSICIÓN POR TALLAS

En las últimas décadas se han venido llevando a cabo varias investigaciones dirigidas al análisis de la composición por tallas de diferentes especies de coral (Bak y Meesters, 1998; Meesters *et al.*, 2001). Conocer la variación de dicho indicador es importante, ya que este posee una estrecha relación con el desarrollo y la mortalidad de las colonias (Guzner *et al.*, 2007). Esto puede revelar variaciones en cuanto a diferentes patrones como: nuevos juveniles, mortalidad parcial, longevidad entre especies de coral y entre poblaciones de una misma especie en el transcurso del espacio y el tiempo (Guzner *et al.*, 2007).

Investigaciones llevadas a cabo por González, 2000 y Semidey, 2008, han encontrado para *A. palmata*, tallas medias superiores a las encontradas en esta investigación. Las diferencias en cuanto a las tallas medias pudieran deberse a la utilización de la metodología AGGRA y RECON en esas investigaciones. Dichas metodologías no tienen en cuenta las colonias menores de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, lo que aumenta el valor medio de la

talla para todo el arrecife al despreciarse el aporte de las tallas pequeñas.

Para el arrecife de Baracoa, Piloto (2005) reportó valores medios de diámetro y altura de 60,6 cm y 21,3 cm, respectivamente, para 280 colonias y González (2014) reporta 33,9 cm de diámetro mayor y 12,3 cm de altura para 432 colonias. Los valores encontrados por estos autores son mayores que los encontrados en esta investigación para el mismo sitio. Estas diferencias podrían adjudicarse a factores como variaciones en los patrones de reclutamiento que pudieran favorecer el incremento del número de colonias presentes en las clases de tallas menores, y por tanto la disminución de la talla media de las colonias. Otra razón de las diferencias encontradas entre esta investigación y las anteriores (Piloto, 2005; González, 2014) puede deberse a que en esta investigación se establecieron seis estaciones y el tamaño de muestra fue de 600 colonias para la cresta arrecifal; mientras que en las anteriores fue menor. Un número mayor de estaciones y de colonias evaluadas eleva la precisión y por tanto la confiabilidad del resultado.

Perera (2008) encontró los siguientes valores de diámetro mayor y altura para Baracoa: 41,8 y 22,2 cm; y para Rincón de Guanabo: 35,3 y 18,1 cm, respectivamente. Estos son mayores que los reportados por esta investigación para el caso de playa Baracoa y la altura en Rincón de Guanabo. Sin embargo, el diámetro mayor promedio para el Rincón de Guanabo fue mayor que el reportado por el autor antes citado. Vale aclarar que, aunque este autor trabajó con el mismo número de estaciones el tamaño de muestra que utilizó fue 456, casi 150 menos que las utilizadas en esta investigación.

El índice diámetro mayor sobre altura (Dm/h) es un indicador que complementa la información que aportan los indicadores de composición por tallas, diámetro medio y altura media (González-Díaz, 2010). El Dm/h en esta investigación resultó ser mayor en la cresta arrecifal de Rincón de Guanabo por lo que la mayoría de sus colonias son más achatadas. Esto pudiera indicar que este arrecife está expuesto a una mayor sedimentación y contaminación, por lo que se debería investigar cual es la fuente contaminante para lograr una mejoría en este aspecto.

Otros factores que pueden estar influyendo son la energía de las olas y las características geomorfológicas propias del sitio, los cuales pueden modificar la estructura de la colonia hacia una forma achatada (González-Díaz, 2010). Otra característica del Rincón de Guanabo que puede provocar la existencia de los valores encontrados para el índice Dm/h, es la presencia de un elevado número de reclutas.

El aumento en el número de reclutas puede provocar el desplazamiento de la talla hacia valores menores, con la consecuente disminución de la talla media en el arrecife (Vermeij, 2005). El porcentaje de reclutas hallados para la altura en ambas crestas arrecifales, explica los valores de altura media encontrados para la especie *A. palmata* en esta investigación. Este porcentaje de reclutas es mayor a los reportados por Piloto (2005), González-Díaz *et al.* (2008) y González (2014) para playa Baracoa y por Perera (2008) para ambas crestas arrecifales. Esto constituye un indicador favorable del estado de salud de ambas crestas.

En la cresta de Rincón de Guanabo se observa una mayor cantidad de colonias mayores de 100 cm (78 colonias) que en la

cresta de Baracoa (30 colonias). Además, se observaron solo en Rincón de Guanabo 2 colonias de más de 300 cm, una más que las reportada por González (2014) y menos que las reportadas por Piloto (2005), para playa Baracoa. Esto indica que la cresta de Rincón de Guanabo presenta pocas colonias de 50 años o más, según los criterios de Babcock (1991), y que la madurez de sus colonias es mayor que las de playa Baracoa. Lo que indica a su vez que en playa Baracoa se han perdido desde el 2005 varias colonias que alcanzaban la edad antes mencionada.

El porcentaje de juveniles reportado en esta investigación es superior a los obtenidos por González-Díaz *et al.* (2008) para el arrecife de Baracoa. Las diferencias entre las tasas bajas de juveniles y la relativamente alta abundancia de adultos de *A. palmata*, han sido documentadas para arrecifes con cierta influencia antrópica en Cayo Largo, (Florida) (Miller *et al.*, 2002) y para St. John, (Islas Vírgenes) (Edmunds, 2000).

La distribución de los valores de la altura en este estudio muestra un alto porcentaje de reclutas para ambas crestas, en comparación a los reportados por Perera (2008) en ambas crestas arrecifales y por González (2014) para Baracoa; lo que indica un aumento de colonias recapando la superficie de sustratos rocosos o de corales muertos. Según Meesters *et al.* (1996) las tallas pequeñas evidencian un proceso de recolonización. Debido a esto y al alto grado de recapamiento podría pensarse que estas poblaciones muestran signos de recuperación Baums *et al.*, (2013), basado en las bajas tasas de reclutamiento larval encontradas en diferentes arrecifes del Caribe, plantea que la reproducción sexual y el reclutamiento de la especie en la región

parecen estar fallando. Es importante destacar que el origen de las larvas que podrían estar llegando a estas crestas es aún desconocido (González-Díaz *et al.*, 2008), por lo que se recomienda realizar estudios de conectividad genética de la misma en futuras investigaciones, en aras de evaluar el éxito reproductivo real de la especie en el sitio.

DENSIDAD DE *D. ANTILLARUM*

Según Blanco (2007) en nuestro país no existen investigaciones sobre el estado de las poblaciones de *D. antillarum* previos al evento de mortalidad masiva que afectó aproximadamente 3,5 millones de km de arrecife y provocó una disminución de entre el 93% y el 100% de la abundancia de esta especie en el Caribe (Miller *et al.*, 2002; Macia *et al.*, 2007). Dicha mortalidad indujo a que las densidades de *Diadema* en el Caribe se desplomaran de 12 individuos/m² (La Parguera, Puerto Rico, Craft, 1975; citado por Williams *et al.*, 2010) a 0,24 individuos/m² en San Blas, Panamá; 0,03 individuos/m² en Jamaica; 0,72 individuos/m² en Barbados; 0,08 individuos/m² en San Juan (Lessios 1995; Miller *et al.*, 2003; Weilet *et al.*, 2005; Beck *et al.*, 2014). Sin embargo, la densidad de *D. antillarum* reportada en playa Baracoa, en la presente investigación, es mayor que la media regional de 0,023 individuos/m² atendiendo los criterios de Kramer (2003).

La densidad media de dicho equinodermo en el arrecife de Baracoa resultó ser menor a la encontrada por Alzugaray (2004) (37 individuos/10m²), Piloto (2005) (28,1 individuos/10 m²), Perera (2008) (17,15 individuos/10 m²), González (2014) antes (32,27 individuos/10 m²) y después del verano (46,1 individuos/10 m²) para la misma zona de estudio. Del mismo modo, De La

Guardia *et al.* (2003) (2,3 individuos/10m²) y Perera (2008) (1,43 individuos/10 m²), reportaron abundancias de *D. antillarum* para el arrecife del Rincón de Guanabo superiores a los obtenidos en esta investigación. Vale aclarar que en ocasiones es difícil detectar a este equinodermo por las características de sus refugios. Esto puede causar la introducción de sesgos al estimar los valores de densidad dentro del área (Piloto, 2005).

Weil *et al.* (2005) plantean que la disminución en las densidades de *D. antillarum* podría ser el resultado de un fallo en la llegada de las larvas, en el reclutamiento exitoso, complejidad morfológica del hábitat, disponibilidad de alimentos y una mortalidad diferencial de juveniles. No obstante, el resultado obtenido en esta investigación para ambas crestas no se considera suficiente para inferir que las poblaciones de este erizo estén disminuyendo. Para ello sería necesario llevar a cabo un seguimiento de esta especie en los diferentes biotopos del arrecife, ya que la misma se desplaza entre los diferentes biotopos en busca de alimento (Edmunds y Carpenter, 2001). Además, esta especie es más activa durante la noche y tiende a permanecer oculto durante el día (Weil *et al.*, 2005).

La densidad de *D. antillarum* puede estar influenciada por la densidad de *A. palmata*, pues sus colonias le sirven de refugio al erizo durante el día (Hernández *et al.*, 2010). En esta investigación la distribución de la densidad por estaciones de *D. antillarum* encontrada en Baracoa coincide con la distribución de la densidad de *A. palmata*. No obstante, aunque las mayores densidades de *A. palmata* se encontraron en la cresta de Rincón de Guanabo, en la misma la densidad de *D. antillarum* fue muy baja. En este sitio, si se observaron agregaciones

significativas de esta especie en el arenazo ubicado entre la cresta y el pastizal frente a la estación 3 (observación personal de los autores). Esto demuestra que una alta complejidad estructural del sustrato, no es una condición suficiente para encontrar densidades elevadas del erizo *D. antillarum* en las crestas, lo cual no concuerda con lo planteado por Lacey *et al.* (2013) y Hernández *et al.*, (2010).

Los indicios de recuperación del erizo *D. antillarum*, pueden traer grandes beneficios para los arrecifes de coral en la zona del Caribe. Algunos de estos serían la disminución del cubrimiento por algas y el aumento del reclutamiento de los corales. En la cresta de playa Baracoa se observó que en las estaciones donde existía una mayor densidad de *D. antillarum* el cubrimiento de algas era menor.

Debido a que se desconoce el estado de las poblaciones de *D. antillarum* en Cuba antes del evento de mortalidad de los 80s, no se puede evaluar con certeza la variabilidad temporal de la población del arrecife de playa Baracoa. Según los criterios de varios autores (Perera, 2008 y Lacey *et al.*, 2013) las poblaciones de *D. antillarum* se están recuperando actualmente en diferentes arrecifes de Cuba y el Caribe.

CUBRIMIENTO DEL SUSTRATO

Jackson *et al.* (2014) afirman que los arrecifes de coral del Caribe han cambiado drásticamente en las últimas cinco décadas. Además, diferentes afectaciones en dicha zona, han causado una disminución significativa en la cobertura coralina (Aronson y Precht, 2001 y Bruno *et al.*, 2011). Gardner *et al.* (2003) en su investigación concluye que el cubrimiento de corales pétreos en arrecifes del Caribe disminuyó entre un 50% y un 10%, solamente

en las tres décadas anteriores a su estudio. En el Pacífico Índico, Bruno y Selig (2007), reportan una reducción del 50% del cubrimiento de corales en el mismo período.

Para Cuba, según De la Guardia *et al.* (2004a, b), arrecifes con un cubrimiento promedio de coral vivo entre 15-20% se considera en buen estado de conservación. Otros autores como, Alcolado y Durán (2011) proponen un sistema de escalas para la clasificación de bioindicadores de condición del bentos en arrecifes de coral (para Cuba y el Gran Caribe), donde un cubrimiento del sustrato por coral vivo entre 20-40% es considerado como un indicador de arrecifes saludables. De acuerdo a los criterios de las investigaciones anteriores y los valores de cubrimiento de coral obtenidos en la presente investigación, la cresta arrecifal de playa Baracoa se pueden considerar en buen estado de conservación; mientras que la del Rincón de Guanabo como saludable.

Semidey (2008) investigó los arrecifes de cresta del Salado (arrecife influenciado por el Río Salado y la práctica del buceo recreativo), registrando entre un 20 y 25% de cubrimiento del sustrato por coral vivo. Cabrales-Caballero y González-Díaz (2015) en su trabajo en las crestas ubicadas en el arrecife costero de la provincia de Cienfuegos reporta un cubrimiento de coral de 20,6% para este biotopo. Otras investigaciones sobre el cubrimiento de coral, en arrecifes con nula intervención humana (23,7%, punta del Este, isla de la Juventud) (De la Guardia *et al.*, 2004 b) y, alejados de grandes ciudades y fuentes puntuales de contaminación (24,6%, ensenada de Corrientes, península de Guanahacabibes) (De la Guardia *et al.*, 2004 a), presentan resultados menores a los encontrados en esta investigación para el Rincón de

Guanabo. Ello es una evidencia de la condición positiva en que se encuentra esta cresta arrecifal.

El hecho que se encontraran diferencias en el cubrimiento de algas entre ambas crestas arrecifales, pudiera estar indicando que las poblaciones de los peces loros y los erizos de mar están siendo afectadas. Erizos de mar y peces loros son los herbívoros clave que controlan las macroalgas y permiten la recuperación de coral (Mumby *et al.*, 2007). Además, pueden ayudar a la bioconstrucción de las estructuras del arrecife cuando los niveles de pastoreo son adecuados (Kennedy *et al.*, 2013).

Aunque existen tales diferencias estos arrecifes pueden considerarse en buen estado en cuanto al desarrollo coralino, si se tiene en cuenta la situación de otros arrecifes de la región del Caribe. Tal es el caso del arrecife de la costa norte de Jamaica, donde el cubrimiento coralino cayó considerablemente debido a tormentas, depredación y enfermedades, en tal magnitud que las algas predominan sobre los corales (Precht y Aronson, 2003).

El porcentaje de cubrimiento de rocas reportado en esta investigación para ambas crestas arrecifales puede aumentar la probabilidad de éxito de fijación para las larvas de *A. palmata*. Por lo que dicho parámetro puede ser un buen indicador salud o de futura recuperación de estas crestas.

CONCLUSIONES

La diferencia encontrada en la densidad de colonias de *A. palmata* entre ambos arrecifes, pudiera estar relacionada con la disponibilidad y calidad del sustrato y procesos relativos a la reproducción y éxito en el asentamiento larval.

En ambas crestas el proceso de reclutamiento de *A. palmata* fue exitoso y superior a años anteriores, teniendo el recapamiento una incidencia marcada. La variación espacial de los indicadores relativos a las tallas, tanto en Baracoa como en el Rincón de Guanabo, muestran un predominio de las clases de tallas adultas y forma de colonias achatada.

La elevada densidad poblacional de *D. antillarum* se considera un indicador de recuperación de la especie y de condiciones saludables en el arrecife de Baracoa, no siendo así en el Rincón de Guanabo. Ello pudiera estar relacionado con el éxito del proceso de reproducción, el arribo y asentamiento de las larvas, el proceso de reclutamiento, la disponibilidad de alimento y el estado de salud de la población original.

El cubrimiento del sustrato por coral vivo en ambas crestas es comparable con arrecifes saludables de Cuba y el Caribe. El análisis integral de los indicadores ecológicos evaluados, apunta a que ambas crestas pueden considerarse en un relativo buen estado de conservación. Ello está sustentado en los indicadores relacionados con la estructura demográfica y el cubrimiento del sustrato. Sin embargo, la diferencia marcada (entre ambas crestas) en la densidad de las poblaciones del erizo negro *D. antillarum*, sugiere que la cresta de playa Baracoa pudiera ser más resiliente ante los impactos naturales y antrópicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al técnico Roamsy Volta, por ser parte del equipo en las largas horas de toma de datos en el mar. Así mismo, llegue nuestra gratitud a Iván Rodríguez Mauri,

responsable del departamento de buceo del CIM-UH.

REFERENCIAS

- ALCOLADO, P. y DURÁN, A. (2011). Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y el Caribe. *Serie Oceanológica*, 8, 25-29
- ÁLVAREZ-FILIP, L., DULVY, N. K., GILL, J. A., CÔTÉ, S. M., y WATKINSON, A. R. (2009). Flattening of Caribbean coral reefs: region wide declines in architectural complexity. *Proc. R. Soc. B*, 10, 1-7.
- ÁLVAREZ-FILIP, L., CARRICART-GANIVET, J. P., HORTA-PUGA, G. e IGLESIAS-PRieto, R. (2013). Shifts in coral assemblage composition do not ensure persistence of reef functionality. *Sci. Rep.*, 3, 34-86.
- ALZUGARAY, M. R. (2004). *Caracterización del arrecife coralino costero de playa Baracoa*. (Tesis de Diploma). Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.
- ARONSON, R. B. y PRECHT, W. F. (2001). White band disease and the changing face of Caribbean coral reef. *Hydrobiology*, 460, 25-38.
- ARONSON, R., BRUCKNER, A., MOORE, J., PRECHT, B. y WEIL, E. (2008). *IUCN Red List of Threatened Species: Acropora cervicornis*. Cambridge, United Kingdom: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- BABCOCK, R.C. (1991). Comparative demography of three species of scleractinian corals using age dependent and size dependent classifications. *Ecol. Monogr.*, 61, 225-227.
- BAK, R. P. M. y MEESTERS, E. H. (1998). Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162, 301-306.
- BAUMS, I. B., DEVLIN-DURANTE, M. K., POLATO, N. R., XU, D., GIRI, S., ALTMAN, N. S., RUIZ, D., PARKINSON, J. E. y BOULAY, J. N. (2013). Genotypic variation influences reproductive success and thermal stress tolerance in the reef building coral, *Acropora palmata*. *Coral Reefs*, 32, 703-717.
- BECK, G., MILLER, R. y EBERSOLE, J. (2014). Mass mortality and slow recovery of *Diadema antillarum*: Could compromised immunity be a factor? *Mar. Biol.*, 10, 1-13.
- BLANCO, F. M. (2007). *Estado actual de las poblaciones de Diadema antillarum, Philippi y su influencia en la estructura de las comunidades de algas en los arrecifes de Jardines de la Reina, Cuba*. (Tesis Maestría). Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.
- BRIGHT, A. J., ROGERS, C., BRANDT, M., MULLER, E. y SMITH, T. (2016). Disease prevalence and snail predation associated with swell generated damage on the threatened coral, *Acropora palmata* (Lamarck). *Front. Mar. Sci.*, 3 (77), 1-12.
- BRUNO, J. F. y SELIG, E. R. (2007). Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. *PLoS ONE*, 2 (8), 711.
- BRUNO, J. F., ELLNER, S. P., VU, I., KIM, K. y HARVELL, C. D. (2011). Impacts of aspergillosis on sea fan coral demography: modeling a moving target. *Ecol. Monogr.*, 81, 123-139.
- 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.

- CABALLERO, H. A., ROSALES, D. y ALCALÁ, A. (2005). Estudio diagnóstico del arrecife coralino del Rincón de Guanabo, Ciudad de La Habana, Cuba. 1. Corales, gorgonáceos y esponjas. *Rev. Invest. Mar.*, 26 (3), 207-217.
- CABRALES-CABALLERO, Y. y GONZÁLEZ-DÍAZ, P. (2015). Evaluación de indicadores ecológicos en las comunidades de corales hermatípicos de la costa sur-central, provincia de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 35 (1), 38-58.
- DE LA GUARDIA, E., GONZÁLEZ-DÍAZ, P., VARRONA, G., GONZÁLEZ-FERRER, S. y RUPÉRES, W. (2003). Variaciones temporales y espaciales en la comunidad bentónica del arrecife de playa Herradura, provincia Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 24 (2), 117-126.
- DE LA GUARDIA, E., VALDIVIA, A. y GONZÁLEZ-DÍAZ, P. (2004a). Estructura de comunidades bentónicas en la zona de buceo de María La Gorda, ensenada de Corrientes, sureste de la península de Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2), 103-111.
- DE LA GUARDIA, E., GONZÁLEZ-DÍAZ, P. e IGLESIAS, S. C. (2004b). Estructura de la comunidad de grupos bentónicos sésiles en la zona de buceo de Punta Francés, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2), 81-90.
- 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. y CARPENTER, R. C. (2001). Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalga cover and increases abundance of juvenile corals on Caribbean reef. *PNSA*. 98 (2), 5067-5071.
- GARDNER, T., COTE, I. M., GILL, J. A., GRANT, A. y WATKINSON, A. R. (2003). Long term region wide declines in Caribbean corals. *Science*. 301, 958-960.
- GLADFELTER, W.B. (1982). *Acropora palmata*: Implications for the structure and growth of *White-band disease in shallow*, 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.
- GONZÁLEZ-DÍAZ, S. P., GONZÁLEZ-SANSÓN, G., CUBERO, Y. P., CABRALES, Y. y ÁLVAREZ, S. (2008). Estructura de las poblaciones *Acropora palmata*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* forma masiva (Cnidaria; Scleractinia) en el Arrecife de playa Baracoa, Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 29 (3), 213-223.
- GONZÁLEZ-DÍAZ, S. P. (2010). *Efecto acumulativo de agentes estresantes múltiples sobre los corales hermatípicos de la región noroccidental de Cuba*. (Tesis de Doctorado). Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.
- GONZÁLEZ-FERRER, S. (2004). *Corales pétreos, jardines sumergidos de Cuba. Catálogo de los corales hermatípicos de aguas cubanas*. Editorial Academia, Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba.
- GONZÁLEZ, J.S. (2014). *Evaluación de indicadores ecológicos en la cresta de playa Baracoa, provincia Artemisa, Cuba*. (Tesis de Diploma). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana.
- GROBER-DUNSMORE, R. (2005). Resheeting of relict *Acropora palmata* framework may promote fast growth, but does it compromise the structural integrity of the colony? *Coral Reefs*. 25, 46.

- GUZNER, B., A. NOVOPLANSKI Y N. E. CHADWICK (2007). Population dynamics of the reef building coral *hemprichii* as an indicator of reef condition. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 333, 143-150.
- HAY, M.E. (1984). Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: Are previous results typical? *Ecology*, 65, 446-454.
- HERNÁNDEZ, J. C., CLEMENTE, S., GIRARD, D., PÉREZ-RUZAFÁ, Á. y BRITO, A. (2010). Effect of temperature on settlement and post settlement survival in a barrens forming sea urchin. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 413, 69-80.
- JACKSON J. B. C., DONOVAN, M. K., CRAMER, K. L. y LAM, W. (2014). *Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012*. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland.
- KENNEDY, E. V., PERRY, C. T., HALLORAN, P. R., IGLESIAS-PRIETO, R., SCHÖNBERG, C. H. L., WISSHAK, M., FORM, A. U., CARRICARTGANIVET, J. P., FINE, M., EAKIN, C. M. Y MUMBY, P. J. (2013). Avoiding coral reef functional collapse requires local and global action. *Curr. Biol.* 23, 912-918.
- KRAMER, P. (2003). Synthesis of coral reef health indicators for western Atlantic: result of the AGRRA program (1997-2000). *Atoll Res. Bull.*, 496, 1-58.
- LACEY, E. A., FOURQUREAN, J. W. y COLLADO-VIDES, L. (2013). Increased algal dominance despite presence of *Diadema antillarum* populations on a Caribbean coral reef. *Bull. Mar. Sci.* 89(2), 603-620.
- LESSIOS, H.A. (1988). Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned? *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 19, 371-393.
- LESSIOS, H. A. (1995). *Diadema antillarum* 10 years after mass mortality: still rare, despite help from a competitor. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B: Biol. Sci.* 259, 331-337.
- LOYA, Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13 (2), 100-123.
- MACIA, S., ROBINSON, P. M. y NALEVANKO, A. (2007). Experimental dispersal of recovering *Diadema antillarum* increases grazing intensity and reduces macroalgal abundance on coral reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 348, 173-182.
- MCCLANAHAN, T. R. y MUTHIGA, N. (1998). An ecological shift in remote coral atoll of Belize over 25 years. *Environ. Conserv.* 25 (2), 122-130.
- MEESTERS, E. H.; WESSELING, I. y BAK, R. P. M. (1996). Partial mortality in three species of reef building corals (Scleractinia) and the relation with colony morphology. *Bull. Mar. Sci.*, 58, 838-852.
- MEESTERS, E. H., HILTERMAN, M., KARDINAAL, E., KEETMAN, M., DE VRIES, M. y 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. y 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, R, ADAMS, A., OGDEN, N., OGDEN, J. y EBERSOLE, J. (2003). *Diadema antillarum* 17 years after mass mortality: is recovery beginning on St. Croix? *Coral Reefs.*, 22, 181-187.
- MUKO, S., ARAKAKI, S., NAGAO, M. y SAKAI, K. (2013). Growth form dependent response to physical disturbance and thermal stress in *Acropora* corals. *Coral Reefs.* 32, 269-280.

- MUMBY, P. J., HARBORNE, A. R., WILLIAMS, J., KAPPEL, C. V., BRUMBAUGH, D. R., MICHELI, F., HOLMES, K. E., DAHLGREN, C. P., PARIS, C. B. y BLACKWELL, P. G. (2007). Trophic cascade facilitates coral recruitment in a marine reserve. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 8362-8367.
- MUMBY P. J., FLOWER, J., CHOLLETT, I., BOX, S. J., BOZEC, Y., FITZSIMMONS, C., ... WILLIAMS, S.M. (2014). *Hacia la resiliencia del arrecife y medios de vida sustentables: Un manual para los administradores de arrecifes de coral del Caribe*. Editorial FORCE, University of Exeter, Exeter.
- ODUM, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 262-270.
- 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.
- PERERA, O. (2012). *Variaciones espaciales y temporales en el reclutamiento y la salud de corales hermatípicos en arrecifes de la región occidental de Cuba*. (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana.
- PHILIPPE, A. M., ROGERS, C. S. y 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.
- PILOTO, Y. C. (2005). *Estructura de la población de Acropora palmata (Cnidaria; Scleractinia) dentro del arrecife de playa Baracoa, litoral habanero, Cuba*. (Tesis de Diploma). Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.
- PRECHT, W. F. y ARONSON, R. B. (2003). The Demise of *Acropora* in the Caribbean: A tale of two reef systems. En A. W. Bruckner (ed.), *Proceedings of the Caribbean Acropora Workshop: potential Application of the U. S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy* (pp. 147-151). NOAA technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD.. Miami: Florida.
- RODRÍGUEZ-MARTINEZ, R.E., BANASZAK, A.T., McFIELD, M.D., BELTRÁN-TORRES, A.U. y ÁLVAREZ-FILIP, L. (2014). Assessment of *Acropora palmata* in the Mesoamerican Reef System. *PLoS ONE*, 9 (4), 96140.
- ROGERS, C. S., SUCHANEK, T. H. y PECORA, F. A. (1982). Effects of hurricanes David and Frederic (1979) on shallow *Acropora palmata* reef communities: St-Croix, United States Virgin Islands. *Bull. Mar. Sci.*, 32, 532-548.
- ROGERS, C. y MILLER, J. (2013). Coral diseases cause reef decline. *Science*, 340,15-22.
- RUIZ-ZÁRATE, M.A AND ARIAS-GONZÁLEZ, J.E. (2004). Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *Coral Reefs* 23, 584-594.
- SEMIDEY, A. (2008). *Variaciones espaciales y temporales en comunidades de corales de arrecifes de cresta del norte de La Habana, Cuba*. (Tesis de Diploma). Centro de Investigaciones Marinas Universidad de la Habana, Acuario Nacional de Cuba.
- SMITH, D. J., SUGGET, D. J. y BAKER, N. R. (2005). Is photoinhibition of zooxanthellae photosynthesis the primary cause of thermal bleaching in corals? *Global Change Biology*, 11, 1-11.
- VERMEIJ, M. J. A. (2005). Substrate composition and adult distribution patterns in a Caribbean brooding coral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295, 123-133.

- WEIL, E, TORRES, J. y ASHTON, M. (2005). Population characteristics of the sea urchin *Diadema antillarum* in La Parguera, Puerto Rico, 17 years after the mass mortality event. *Rev. Biol. Trop.* 53, 219-231.
- WILLIAMS, S. M., YOSHIOKA, P. M. y GARCÍA-SAIS, J. R. (2010). Recruitment pattern of *Diadema antillarum* in La Parguera, Puerto Rico. *Coral Reefs.* 29, 809-812.
- YOUNG, C. N., SCHOPMEYER, S. A. y LIRMAN, D. (2012). A review of restoration and coral propagation using the threatened genus *Acropora* in the Caribbean and West Atlantic. *Bull. Mar. Sci.* 88 (4), 1075-1098.
- ZAR, J.H. (1996). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Third edition.