

ESTRUCTURA DE LAS POBLACIONES DE *Acropora palmata*, *Porites astreoides* Y *Agaricia agaricites* forma masiva (CNIDARIA; SCLERACTINIA) EN EL ARRECIFE DE PLAYA BARACOA, CUBA.

Silvia Patricia González-Díaz ¹, Gaspar González-Sansón ¹, Yuliet Piloto Cubero ², Yenisey Cabrales ³ y Sergio Álvarez Fernández ¹.

- (1) Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Calle 16 No. 114, Playa, CP 11300, Ciudad Habana, Cuba.
(2) Acuario Nacional de Cuba, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ave. 1ra, esq. 60, Playa, CP 11300, Ciudad Habana, Cuba.
(3) Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Calle 17, esq. Ave 46, Reparto Reina, CP 59350, Cienfuegos, Cuba.
Autores correspondientes: Email: patricia@cim.uh.cu ; ggs@cim.uh.cu; sergio.alvarez@cim.uh.cu

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la estructura de las poblaciones de *Acropora palmata*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* forma masiva en el arrecife de Playa Baracoa (litoral norte, Provincia Habana). Para ello se evaluó la composición por tallas entre los meses de octubre y abril del 2005. Como medidas de la talla se eligieron el diámetro mayor y la altura. Se seleccionó el biotopo de cresta y se ubicaron cuatro estaciones. El tamaño de la muestra de colonias a medir se calculó fijando un intervalo de confianza del 95% equivalente a $\pm 20\%$ de la media para la especie *A. palmata* y $\pm 10\%$ para las otras dos especies. Para la especie *Acropora palmata*, el diámetro medio es de $60,6 \pm 4,6$ cm. y la altura media, $21,4 \pm 1,7$ cm.; para *Porites astreoides*, el diámetro medio es de $6,5 \pm 0,3$ cm. y la altura media $3,9 \pm 0,2$ cm. y para *Agaricia agaricites*, el diámetro medio es de $7,8 \pm 0,3$ cm. y la altura media, $4,8 \pm 0,2$ cm. El porcentaje de reclutas y juveniles encontrados en el arrecife para la especie *Acropora palmata* es de 32,1, para *Porites astreoides* es de 59,2 y para *Agaricia agaricites* es de 50,4. Las clases de tallas mayores representan porcentajes bajos del número total de colonias. Ello pudiera estar relacionado con un proceso reproductivo exitoso, un asentamiento larval favorecido por la disponibilidad de sustrato que han creado los eventos meteorológicos recientes y la vulnerabilidad de las colonias mayores ante estos.

Palabras claves: estructura de la poblaciones; reclutamiento; arrecifes coralinos; *Acropora palmata*, *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* forma masiva; ASW, Cuba.

ABSTRACT

The research objective was to investigate the population structure of *Acropora palmata*, *Porites astreoides* and *Agaricia agaricites* forma masiva at Baracoa beach fringe reef (north coast, Havana Province). Sampling was carried out from October to April 2005. Major diameter and height were selected as study variables. Four sampling stations were located in the crest biotope. The sample size for *A. palmata* was calculated setting the desired 95 % confidence interval as $\pm 20\%$ of the mean. For *P. astreoides* and *A. agaricites* forma masiva desired precision was set at 10%. *A. palmata* showed a mean diameter of $60,6 \pm 4,6$ cm and a mean height of $21,4 \pm 1,7$ cm; For *P. astreoides* mean diameter was $6,5 \pm 0,3$ cm and mean height was $3,9 \pm 0,2$ cm and for *A. agaricites* forma masiva a mean diameter of $7,8 \pm 0,3$ cm and a mean height of $4,8 \pm 0,2$ cm were estimated. The percentage of recruits and juveniles found at the reef was 32,1 for *A. palmata*, 59,2 for *P. astreoides* and 50,4 for *A. agaricites* forma masiva. There are few colonies in the larger size intervals. That could be related with a successful reproductive process, larval settlement favored by more free bottom due to recent meteorological events and vulnerability of bigger colonies to those events.

Key words: population structure; recruitment; coral reefs; *Acropora palmata*, *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* forma masiva; ASW, Cuba.

Los programas de seguimiento de arrecifes de coral han cuantificado tradicionalmente cambios temporales en el cubrimiento bentónico como un indicador de salud (Guardia y González-Sansón, 1997b). Sin embargo, para un manejo adecuado de los arrecifes de coral, es necesario conocer cómo y porqué ocurren los cambios en el cubrimiento

coralino a través de los años (Connell *et al.*, 1997; Hughes *et al.*, 2003; Bellwood *et al.*, 2004). Para ello se necesita comprender la estructura y dinámica de las poblaciones de manera que sea posible realizar inferencias sobre las consecuencias futuras de los cambios observados (Smith *et al.*, 2005).

El mantenimiento de las comunidades de corales depende del arribo de las plánulas, seguido del asentamiento y el crecimiento de los individuos que sobreviven (Vermeij, 2005). El asentamiento y crecimiento de los corales, son procesos vitales para la construcción de los arrecifes, además de mantener e incrementar las poblaciones (Miller y Barrinso, 2001). Por ello, la composición por tallas en las especies de corales tiene una importancia grande como indicadora de los procesos de reproducción, reclutamiento y mortalidad. Estos procesos son controlados por las características particulares de cada especie, las interacciones con otros organismos del arrecife y los factores ambientales (Edmunds, 2004).

En el proceso de formación de los arrecifes de coral y su existencia posterior resultan de importancia vital las especies constructoras de los mismos. *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), es una de las más representativas en la región del Caribe y lo ha sido por más de 500 000 años (Bruckner, 2003). El papel estructural y ecológico de esta especie en la región es único y no puede ser reemplazado por otra especie de coral (Jackson, 1994). En las últimas dos décadas, sin embargo, su abundancia ha experimentado una declinación regional extensa (Aronson y Precht, 2001). Por esta razón, la especie fue designada para integrar la lista del Acta de Especies en Peligro (ESA, Endangered Species Act) en 1999 (Díaz-Soltero, 1999). Aunque se plantea que las poblaciones de *A. palmata* han sufrido fluctuaciones desde su aparición hasta el presente (Davis, 1982; McNeill *et al.*, 1997; Jaap, 1998), la comunidad científica teme que en esta ocasión los daños sean irreversibles (Aronson y Precht, 2001).

Las especies *Porites astreoides* (Lamarck, 1816) y *Agaricia agaricites* forma *masiva* (Linnaeus, 1758) se han encontrado entre las más abundantes en los arrecifes de coral con condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las comunidades coralinas (González, 2000; De la Guardia *et al.*, 2001; Caballero, 2002). Las mismas han sido detectadas como especies sensibles a la contaminación orgánica (González, *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).

El arrecife de Playa Baracoa recibe (fundamentalmente en verano) la visita de numerosos bañistas de la propia comunidad de

Baracoa y de municipios cercanos. 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, esta área está sometida a una presión de pesca intensa por parte de pescadores submarinos (Armenteros, 2000).

La información científica existente sobre la composición por tallas de las poblaciones de *A. palmata*, *P. astreoides* y *A. agaricites* forma *masiva* en nuestro país es escasa. Por ello, y dada la importancia de estas especies en el mantenimiento del biotopo de cresta, el objetivo de esta investigación fue determinar la estructura de sus poblaciones en el arrecife de Playa Baracoa, Provincia Habana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el arrecife costero de Playa Baracoa (23°03'20" N y 82°33'10" W), ubicado en el sublitoral norte de Provincia Habana. Alzugaray (2004) identificó y describió 12 biotopos diferentes en este arrecife. Para llevar a cabo esta investigación se escogió el biotopo de cresta. El mismo está dominado por *A. palmata*, se extiende paralelo a la línea de costa y posee una profundidad máxima de 2.50 metros. Dentro de la cresta se definieron cuatro estaciones de muestreo, separadas una de la otra por 100 m aproximadamente (Fig. 1).

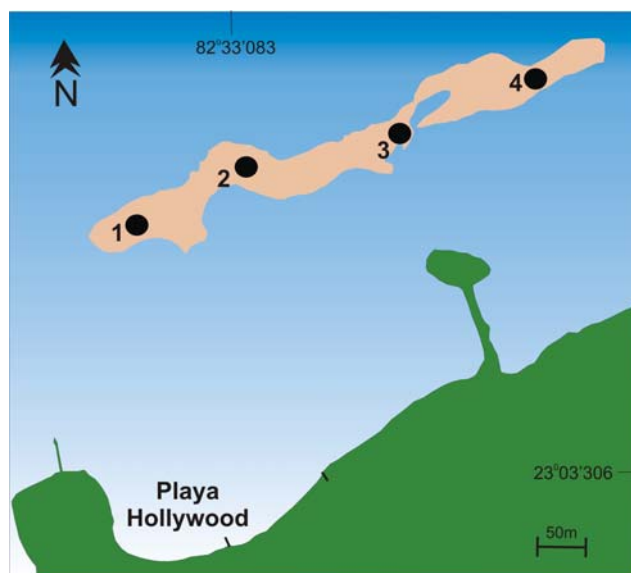


Fig. 1. Localización de las estaciones de muestreo en el área de estudio (cresta) de Playa Baracoa. Los números identifican las estaciones.

Los muestreos se realizaron desde octubre del 2004 hasta abril del 2005. Se llevaron a cabo mediante buceo libre debido a la poca profundidad. Para garantizar que las colonias no se contaran dobles, siempre se nadó de oeste a este en cada estación. Se siguió como guía una cinta métrica de 10 metros de largo (que se colocaba paralela a la línea de la costa) y se tuvieron en cuenta las colonias bajo la cinta hasta alcanzar el tamaño de muestra necesario. Se realizó un estudio piloto para conocer el tamaño de muestra necesario para obtener intervalos de confianza del 95% equivalentes a $\pm 20\%$ de la media de las tallas en el caso de *A. palmata* y de $\pm 10\%$ para *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* forma *masiva*. Esta precisión se fijó como un compromiso entre el rigor de la investigación y las posibilidades logísticas reales para llevarla a cabo. El material biológico se identificó *in situ*, siguiendo los criterios de Zlatarski y Martínez-Estalella (1980). En el caso de los reclutas y juveniles de *A. palmata* se tuvieron en cuenta sólo las colonias totalmente nuevas para evitar confusión con el recapamiento.

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula matemática (Zar, 1996):

$$n = (1,96^2) * (S)^2 / (M * 0,1)^2$$

Donde S es la desviación estándar y M la media de la muestra piloto.

La medición de las tallas comprendió dos variables, diámetro mayor y altura. Las mediciones se llevaron a cabo con una cinta métrica graduada en 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 altura. Debido a la tasa alta de crecimiento anual de la especie *Acropora palmata* (5 a 10 cm/año (Gladfelter *et al.*, 1978)), se dividieron las clases de tallas juveniles en reclutas (< 2 cm), juveniles medianos (2-5 cm) y juveniles grandes (5-10 cm).

A partir de las tasas medias de crecimiento estimadas para *P. astreoides* y *A. agaricites* forma *masiva* por Moulding (2005) se fijaron las clases de tallas de reclutas, juveniles y adultos y se confeccionaron las tablas de frecuencias de colonias por clases de tallas. Se estimó el número de reclutas por estación y para el área de estudio. Para la especie *A. palmata* se confeccionó una tabla de frecuencias de edades estimadas.

Se realizaron análisis de varianza de efectos aleatorios para determinar si la variación entre estaciones es significativamente mayor que la encontrada dentro de las mismas. Los datos originales fueron transformados según $\log(x)$ para disminuir el efecto de la distribución asimétrica de los valores, según recomiendan Zar (1996), Underwood (1997) y Vermeij and Bak (2000). Se efectuaron análisis de correlación lineal entre el diámetro y la altura. En el caso en que los puntos observados sugirieron otro modelo, se ajustó el mismo para verificar la mejoría en el coeficiente de determinación. Todos los cálculos se ejecutaron con el programa STATISTICA versión 6.0 para Windows.

RESULTADOS

Muestreo piloto

A partir del muestreo piloto se determinó que el tamaño de muestra necesario para calcular la media de las tallas por estación fue de 70 colonias de *A. palmata*, 109 colonias de *P. astreoides* y 61 colonias de *A. agaricites* forma *masiva*. En total para el área de estudio se midieron 280 colonias de *A. palmata*, 436 colonias de *P. astreoides* y 244 de *A. agaricites* forma *masiva*.

Comportamiento de la media del diámetro y la altura por especies

Para la especie *A. palmata* se hallaron diferencias significativas entre los valores medios del diámetro y la altura por estaciones. Los valores medios de diámetro oscilan entre 39.0 cm (Estación 3) y 83.5 cm (Estación 1). Los valores medios de la altura oscilan entre 9.3 cm (Estación 3) y 31.2 cm (Estación 1) (Tabla 1). El resultado del ANOVA mostró que existen diferencias significativas entre los valores del diámetro por estaciones para la especie *P. astreoides*. Los valores medios de diámetro oscilan entre 7.7 cm (Estación 1) y 5.3 cm (Estación 2). Para la altura también se encontró diferencia significativa entre las estaciones. Los valores medios oscilan entre 3.4 cm (Estación 2) y 4.6 cm (Estación 4) (Tabla 1).

Para la especie *A. agaricites* forma *masiva* no se hallaron diferencias significativas entre los valores del diámetro por estaciones. Los valores medios oscilan entre 8.1 cm (Estación 3) y 6.6 cm (Estación 4). Para la altura no se encontró tampoco diferencia significativa entre las estaciones. Los valores medios oscilan entre 4.6 cm (Estaciones 4) y 5.0 cm (Estación 3) (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios (\pm error estándar) del diámetro y la altura por estaciones para las especies investigadas. 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.

	<i>Acropora palmata</i>		<i>Porites asteroides</i>		<i>Agaricia agaricites</i>	
	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura
E1	83.5 \pm 10.0	31.2 \pm 3.9	7.7 \pm 0.6	4.4 \pm 0.4	7.3 \pm 0.5	4.7 \pm 0.4
E2	55.1 \pm 8.1	22.2 \pm 3.6	5.3 \pm 0.3	3.4 \pm 0.3	7.1 \pm 0.3	4.7 \pm 0.2
E3	39.0 \pm 8.4	9.3 \pm 2.0	5.7 \pm 0.3	3.7 \pm 0.3	8.1 \pm 0.9	5.0 \pm 0.4
E4	64.8 \pm 9.9	22.8 \pm 3.1	7.6 \pm 0.6	4.6 \pm 0.4	6.6 \pm 0.2	4.6 \pm 0.2
F	6.35 (3, 276)	8.38 (3, 276)	4.76 (3, 432)	2.66 (3, 432)	2.48 (3, 240)	0.30 (3, 240)
p	<0.001	<0.001	0.003	0.047	0.062	0.822

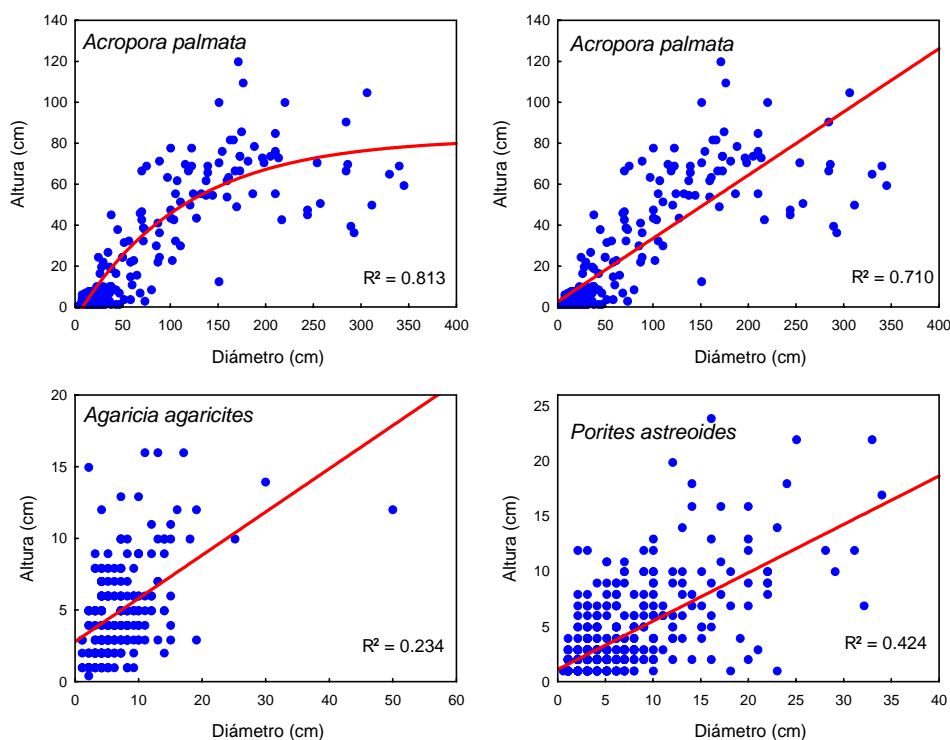


Fig. 2. Diagramas de dispersión entre el diámetro y la altura en las especies estudiadas. Para *Acropora palmata* se muestra el ajuste de dos modelos (exponencial y lineal, respectivamente). R²: coeficiente de determinación para cada modelo.

Relación entre diámetro y altura

La relación entre el diámetro y la altura varió notablemente entre especies. En el caso de *A. palmata*, el modelo exponencial negativo, definido por la ecuación $altura = a\{1 - \exp[-b(\text{diámetro} + c)]\}$, rindió un ajuste mejor para describir la relación que el modelo lineal. Esto se refleja en un valor mayor del coeficiente de determinación y el carácter asintótico de la relación entre diámetro y altura para esta especie (Fig. 2)

A. agaricites forma masiva no mostró una relación fuerte entre el diámetro y la altura, como lo demuestra el valor muy bajo obtenido para el coeficiente de determinación lineal y el diagrama de dispersión correspondiente, el cual no permite sugerir un modelo alternativo (Fig. 2). En este caso se observó una gran variabilidad en la altura en comparación con el diámetro. En el caso de *P. astreoides* el coeficiente de determinación del modelo lineal fue intermedio con respecto a las

otras especies, pero un examen del diagrama de dispersión permite afirmar que es en esta especie donde el modelo lineal se hace más evidente (Fig. 2).

Composición por tallas

Acropora palmata

Más del 30% de las colonias en el arrecife muestran un diámetro inferior a los 10 cm y el 1,8% alcanzan más de 300 cm de diámetro (Tabla 2).

En las cuatro estaciones el número de colonias que presentan hasta 10 cm de altura representa más del 50 % del total de colonias en cada caso. La mayor parte de las colonias restantes está incluida en el intervalo de 11 a 80 cm de altura y muy pocas sobrepasan estos valores. (Tabla 3).

El análisis de la composición por edades estimado a partir de los datos de diámetro muestra que el 30% de las colonias medidas poseen menos de 1 año de edad. El 45.7% de las colonias se encuentra en el intervalo de 1 a 10 años de edad. Menos del 10% de las colonias medidas para el arrecife poseen entre 21 y 30 años de edad (Tabla 4).

Porites astreoides

El análisis de la composición por tallas para el diámetro muestra que para el área de estudio, los reclutas representan el 17%, mientras que la clase de juveniles representa el 42.2%. Los adultos (>10 cm) representan el 14.6 % del total de colonias medidas (Tabla 5).

En el análisis de la altura, el 49.8% de las colonias medidas para el área de estudio, son reclutas y los valores entre las estaciones oscilaron entre 41.3% y 57.8%. El 24.8% son juveniles. La aparición de adultos fue menor en la estación 2 (1.8%). El 5.9% de las colonias medidas pertenecen a la clase de adultos (Tabla 6).

Agaricia agaricites forma *masiva*

Para esta especie, alrededor del 50 % de las colonias medidas para el arrecife poseen menos de 5 cm de diámetro. Las colonias mayores de 10 cm representan menos del 15% del total de colonias medidas (Tabla 7).

En el caso de la altura, en todas las estaciones más del 60% de las colonias medidas poseen

menos de 5 cm y menos del 7% posee más de 10 cm (Tabla 8).

DISCUSIÓN

Existe un consenso bastante generalizado sobre la utilidad de realizar muestreos pilotos como un paso inicial de una investigación (English *et al.*, 1997; Rogers *et al.*, 2001; Hill y Wilkinson, 2004). Los mismos permiten decidir que método utilizar y que tamaño de muestra es óptimo. También son muy útiles en investigaciones que tendrán seguimiento. Los estudios pilotos se recomiendan, además, para determinar la resolución de los cambios ambientales que será capaz de detectar la investigación, sobre todo si el objetivo es detectar cambios a escala fina (Hill y Wilkinson, 2004).

Investigaciones anteriores (González, 2000; Caballero, 2002; González, 2004) han utilizado tamaños de muestra diferentes (Tabla 9). En ninguno de estos casos se ha encontrado un análisis sobre la influencia del tamaño de muestra en la precisión de los estimados de talla ni un estudio previo que fundamente apropiadamente los tamaños de muestra utilizados. De ahí que el cálculo previo del tamaño de muestra necesario para reflejar la composición por tallas real de la población, constituya un aporte metodológico fundamental de la investigación presente. Al examinar comparativamente nuestros resultados con los de otros autores, se observa que en todos los casos anteriores, los tamaños de muestra han sido menores y en algunos casos muy pequeños. A partir de ello se puede suponer que la precisión de los estimados obtenidos es menor que la encontrada en este trabajo.

Investigaciones similares en otros arrecifes de Cuba han encontrado para *Acropora palmata*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* tallas medias superiores a la encontrada en esta investigación (Tabla 9). Una comparación objetiva es, sin embargo, imposible, pues la metodología empleada en esas investigaciones (AGGRA, RECON) no tiene en cuenta las colonias menores de 20 cm. Otra causa de esta diferencia en los resultados pudiera ser también la utilización de tamaños de muestra diferentes.

Otro aspecto importante en relación con la metodología se refiere a las diferencias significativas encontradas en algunos casos entre estaciones. Esto indica que un arrecife puede presentar variaciones espaciales notables en escalas relativamente pequeñas y que una o pocas

Tabla 2. Frecuencias de las clases de diámetro de las colonias de *Acropora palmata* para cada estación. En cada caso se especifica el porcentaje respecto al total de colonias (70) por estación.

Intervalos / tallas (Diámetro en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<=2	0	0.0	1	1.4	3	4.3	1	1.4	5	1.8
3 - 5	4	5.7	4	5.7	10	14.3	9	12.9	27	9.6
6 - 7	5	7.1	7	10.0	13	18.6	7	10.0	32	11.4
8 - 10	6	8.6	10	14.3	6	8.6	4	5.7	26	9.3
11 - 100	32	45.7	31	44.3	31	44.3	32	45.7	126	45.0
101 - 200	15	21.4	12	17.1	3	4.3	12	17.1	42	15.0
201 - 300	6	8.6	5	7.1	2	2.9	4	5.7	17	6.1
> 300	2	2.9	0	0	2	2.9	1	1.4	5	1.8
Total	70		70		70		70		280	

Tabla 3. Frecuencias de las clases de altura de las colonias de *Acropora palmata* para cada estación. En cada caso se especifica el porcentaje respecto al total de colonias (70) por estación.

Intervalos / tallas (Altura en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<=2	16	22.8	31	44.3	38	54.3	20	28.6	105	37.5
3 - 5	9	12.8	8	11.4	13	18.6	13	18.6	43	15.3
6 - 7	7	10.0	4	5.7	2	2.8	2	2.8	15	5.3
8 - 10	3	4.3	4	5.7	4	5.7	5	7.1	16	5.7
11 - 80	30	42.8	20	28.6	13	18.6	28	40.0	91	32.5
> 80	5	7.1	3	4.3	0	0	2	2.8	10	3.6
Total	70		70		70		70		280	

Tabla 4. Estimación de las clases de edad de *Acropora palmata* en relación al diámetro por estaciones y para el arrecife.

Intervalos de edad según el diámetro	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
≤1 año (≤10cm)	14	20.0	20	28.6	30	42.9	21	30.0	85	30.4
1-10 años (11-100cm)	32	45.7	33	47.1	33	47.2	30	42.8	128	45.7
11-20 años (101-200cm)	16	22.8	12	17.2	3	4.3	14	20.0	45	16.1
21-30 años (201-300cm)	7	11.5	5	7.1	4	5.7	5	7.1	22	7.9
Total	70		70		70		70		280	

Tabla 5. Número de colonias y porcentaje que representan del total de colonias medidas por clases de diámetro en la especie *Porites astreoides* por estación y para el área de estudio.

Intervalos / tallas (Diámetro en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 2 cm	15	13.8	25	22.9	20	18.3	14	12.8	74	17.0
3-5 cm	42	38.5	48	44.0	45	41.3	49	45.0	184	42.2
6-10 cm	27	24.7	28	25.6	32	29.3	26	23.8	113	25.9
> 10cm	24	22.0	8	7.3	12	11.0	20	18.3	64	14.6

Tabla 6. Frecuencia de las clases de altura en la especie *Porites astreoides* por estación y para el área de estudio.

Intervalos / tallas (Altura en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 2 cm	45	41.3	63	57.8	55	50.5	54	49.5	217	49.8
3-5 cm	25	23.0	23	21.1	32	29.4	28	25.7	108	24.8
6-10 cm	19	17.4	18	16.5	20	18.3	19	17.4	76	17.4
> 10cm	10	9.1	5	4.5	2	1.8	9	8.2	26	5.9

Tabla 7. Frecuencia de las clases de diámetro para la especie *Agaricia agaricites* forma *masiva* por estación y para el área de estudio.

Intervalos / tallas (Diámetro en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 2 cm	7	11.5	7	11.5	4	6.6	5	8.2	23	9.4
3-5 cm	19	31.1	29	47.5	25	41.0	27	44.3	100	41.0
6-10 cm	22	36.0	18	29.5	20	32.7	26	42.6	86	35.2
> 10cm	13	21.3	7	11.4	12	19.6	3	4.9	35	14.3

Tabla 8. Frecuencia de las clases de altura para la especie *Agaricia agaricites* forma *masiva* por estación y para el área de estudio.

Intervalos / tallas (Altura en cm.)	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Área total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 2 cm	13	21.3	13	21.3	14	23.0	17	27.9	57	23.4
3-5 cm	25	41.0	27	44.3	25	41.0	27	44.3	104	42.6
6-10 cm	16	26.2	17	27.8	19	31.	15	24.5	67	27.
> 10cm	4	6.5	4	6.5	3	4.9	2	3.2	13	5.3

estaciones pueden no ser representativas de una población que se distribuye de forma muy agregada. Conell *et al.* (1997) encontraron que la variabilidad en el reclutamiento fue mayor dentro de la cresta de dos arrecifes investigados que entre estos. Es esencial en estudios futuros tener en cuenta esta variabilidad espacial y diseñar los muestreos de forma tal que este componente se pueda tener en cuenta al realizar las comparaciones.

La no existencia de una relación clara entre la altura y le diámetro, así como la evidencia de que esta relación puede variar de una especie a otra, aconsejan que las investigaciones futuras tengan en cuenta ambas variables.

El proceso de reclutamiento tiene una importancia singular al ser un requisito indispensable en la existencia de los arrecifes de coral (Sorokin, 1995; Richmond, 1997). Entre los factores principales que influyen en el éxito de este proceso se han identificado: la disponibilidad y supervivencia de las larvas viables, establecimiento próspero y desarrollo de propágulos, presencia de inductores químicos que facilitan el establecimiento de los corales y la metamorfosis, sedimentación costera, arribo de nutrientes, ocurrencia de eventos meteorológicos extremos y los cambios globales (Jordán-Dahlegren, 1992; Sorokin, 1995; Richmond, 1997; Bak y Meesters, 1998; Miller y Barinso, 2001; Ruiz-Zárate y Arias-González, 2004).

Tabla 9. Tamaños de muestra (No. de colonias), diámetro (d) y altura (h) máximos utilizados en investigaciones anteriores para las especies *Acropora palmata*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites*. RG: Rincón de Guanabo. Los asteriscos representan investigaciones que no dan los datos originales de diámetro y altura, sino variables derivadas de los mismos.

Localidad	<i>Ap</i>			<i>Pa</i>			<i>Aa</i>		
	N	d	h	N	d	h	N	d	h
Bacunayagua (Caballero, 2000)	34	149.56	104.82	7	16.43	6.29	0	0	0
Bacuranao (Caballero, 2000)	50	96.6	57.1	47	13.62	5.68	3	13.33	9,33
Baracoa (González, 2000)	78	123.13	79.29	12	14.58	8.92	2	15	10
Peñón del Fraile (Caballero, 2000)	30	120	68.17	38	23.05	8.84	33	30.06	17,67
RG (centro)(Caballero, 2000)	34	127.79	92.5	8	26.25	12.5	3	23.33	16.67
RG (este) (Caballero, 2000)	46	140.11	95.11	6	30.83	15.83	5	43	35
RG (oeste) (Caballero, 2000)	70	88.5	69.21	8	25.5	14.38	0	0	0
Salado (González, 2000)	55	106.18	63	15	11.33	4.4	0	0	0
Santa Fé (Caballero, 2000)	39	122.44	75.51	4	11.25	5.75	13	15	10.62
Trópico (Caballero, 2000)	43	101.35	55.63	34	24.65	9.21	19	28.16	13.16
Cayo Levisa (González, 2004)*	-	-	-	33	-	-	5	-	-
Curazao (Smith <i>et al.</i> , 2005)*	-	-	-	499	-	-	622	-	-
Florida (Smith <i>et al.</i> , 2005)*	-	-	-	528	-	-	156	-	-
Baracoa (esta investigación)	280	60.6	21.37	436	6.57	4.02	244	7.28	4.74

Según datos aportados por el Instituto de Meteorología (2006), Playa Baracoa ha sufrido en los últimos 6 años las consecuencias de dos eventos meteorológicos severos: el huracán Michelle (noviembre de 2001) de categoría 4 y el huracán Charley (agosto de 2004) de categoría 3. Además, la costa noroccidental está expuesta a la entrada de frentes fríos en la época de seca. Andres y Rodenhouse (1993) plantean que la resiliencia a los disturbios físicos puede estar estrechamente relacionada con la historia de vida de los corales. Estos autores sugieren que especies con una tasa de crecimiento rápido se recuperan más rápido de los daños por tormentas. Lirman (2003) plantea, sin embargo, que los efectos negativos de las tormentas sobre los fragmentos sobrevivientes pueden ser especialmente altos si la tormenta tiene lugar dentro del primer año después de creados los fragmentos. Esto se debe a que estos fragmentos no han tenido suficiente tiempo para cementarse al sustrato y pudieran ser fácilmente eliminados del arrecife por las corrientes y las olas generadas por las nuevas tormentas.

La habilidad de *A. palmata* para formar nuevas colonias a partir de fragmentos generados por tormentas, además del bajo éxito de reclutamiento sexual en esta especie, sugiere una conexión fuerte entre los disturbios por tormentas y la supervivencia y persistencia de esta especie (Lirman, 2003). En el arrecife de Fitzroy Island (Australia), alejado de una fuente 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 densidad alta de juveniles de *A. palmata* encontrada en el trabajo que se presenta, podría ser el resultado del éxito reproductivo de las colonias adultas dentro del área, o de una contribución de larvas y gametos a partir de fuentes externas (Jordán-Dahlgren, 1992). Se conoce que la especie es desovadora, que los gametos pueden ser viables por más de 8 horas y las larvas pueden permanecer en el plancton alrededor de 5 días (Lirman, 2003). Esto implica que quizás gametos y larvas de otras poblaciones cercanas hayan sido arrastrados por las corrientes hasta la cresta de Playa Baracoa. No obstante, el sitio de origen de las larvas constituye una hipótesis a verificar en investigaciones futuras.

Resulta complejo establecer una relación entre la talla y la edad que se ajuste a la realidad ya que el crecimiento de las colonias está sujeto a las variaciones temporales y espaciales del ambiente (Gladfelter *et al.* 1978, 1982). No obstante, autores diferentes coinciden en que, en términos del tamaño de las colonias, existe una relación positiva, entre la talla y la edad de los corales (Hughes y Connel, 1987; Babcock, 1991). Conocer la edad aproximada de los corales permite deducir cuanto tiempo aproximado ha permanecido una población dentro de un área determinada y los impactos que ha soportado. Ello contribuye a predecir su respuesta ante eventos futuros, lo cual

posee una importancia alta para el manejo y la conservación de estos ecosistemas. La existencia en Playa Baracoa de algunas colonias con más de 300 cm es una prueba de que la población ha logrado permanecer dentro del área por más de 50 años.

Investigaciones anteriores encontraron que en arrecifes de Florida, Islas Vírgenes y Belice el 80% del total de juveniles observados pertenecía a los géneros *Agaricia* y *Porites* (Edmunds *et al.*, 1998). En Jamaica, Edmunds y Carpenter (2001) hallaron que los taxa de juveniles más comunes eran *Agaricia spp.* (n=915), *Siderastrea siderea* (n=323) y *Porites spp.* (n=167). En el Sistema Arrecifal de la Barrera Mesoamericana se encontró que los juveniles de *Agaricia spp.*, *Siderastrea spp.* y *Porites spp.* fueron los más abundantes (Ruiz-Zárate y Arias-González, 2004).

Los diferentes taxa de corales varían en sus habilidades para la dispersión y supervivencia en las primeras fases de reclutamiento. Las larvas de aquellas especies que son pequeñas tienden a dispersarse más lejos y con mayor supervivencia que las de las especies que incuban sus huevos (Harrison y Wallace, 1990). *P. astreoides* y *A. agaricites* forma *masiva* son especies incubadoras, lo cual puede ser una de las razones del alto reclutamiento existente en la zona de estudio, ya que las larvas salen directamente de la colonia, para asentarse en sitios cercanos a esta. Las tasas altas de reclutamiento de corales están relacionadas con valores bajos de biomasa de algas y con una presión relativamente alta de pastoreo por parte de erizos y peces (Rogers *et al.*, 2001). En arrecifes de Barbados se ha comprobado que el reclutamiento de juveniles y la abundancia de los corales *Porites astreoides* y *Agaricia agaricites* son más bajos en zonas altamente eutrofizadas que en arrecifes menos eutrofizados (Harrison y Wallace, 1990).

Muchas de las variaciones en la abundancia y el reclutamiento de especies estructurales tales como los corales son el resultado de la variación en los tipos de disturbios ocurridos. Los intervalos de frecuencia de tallas varían de acuerdo con la especie de coral, el tipo, severidad y la frecuencia de los disturbios a los que se vean expuestos. Las tormentas y ciclones generalmente reducen la proporción de las ramas grandes de los corales debido a la fragmentación, pero pueden tener un efecto menor sobre los corales masivos e incrustantes (Meesters *et al.*, 2001). De manera general el disturbio reduce la proporción individual

en clases de tallas grandes, mientras que, en comunidades expuestas a disturbios antropogénicos se observa una reducción especie-específica en las clases de tallas pequeñas, debido a la mortalidad grande y a la reducción del reclutamiento (Bak y Meesters, 1998; Meesters *et al.*, 2001). Consecuentemente, el análisis aislado de la distribución de la frecuencia de tallas pudiera resultar erróneo. Sin embargo, en un análisis más profundo puede inferirse el efecto del disturbio si se tiene documentado en el tiempo los cambios de la estructura de tallas en la población y las condiciones del hábitat (Moulding, 2005).

El número alto de juveniles podría considerarse un indicador de que en Playa Baracoa, a pesar de ser una zona afectada por la actividad humana, han existido condiciones favorables para el desarrollo coralino, al menos en los dos últimos años. Esto se basa en que la tasa de reproducción sexual y el asentamiento de las larvas son susceptibles al estrés que provocan factores naturales y antropogénicos, tales como la sedimentación, temperaturas altas, mareas bajas, daño mecánico, contaminación y eutrofización (Harrison y Wallace, 1990). Según Meesters *et al.* (1996) las tallas pequeñas evidencian un proceso de recolonización, lo cual puede interpretarse también como un signo de recuperación de la población.

No obstante la información útil que aporta la investigación sobre la composición por tallas, se sugiere la evaluación de otros indicadores como la salud, el cubrimiento coralino y la densidad de corales y del erizo *Diadema antillarum*. Además, se recomienda el establecimiento de un programa de seguimiento con el objetivo de conocer con más exactitud los procesos que se llevan a cabo en este arrecife e intentar prevenir las consecuencias de cualquier impacto local.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo hubiera resultado muy difícil sin la colaboración de Maritza y su familia (residentes en Baracoa) quienes nos permitieron entrar en su casa aún cuando no estaban.

REFERENCIAS

Alzugaray, R. (2004): Caracterización del arrecife coralino costero de Playa Baracoa, La Habana, Cuba. *Tesis de Diploma*, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 58 pp.

- Aronson, R.B. and W.F. Precht (2001): White band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. *Hydrobiology* 430: 25- 38.
- Armenteros, 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, 47pp.
- 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 and E.H. Meesters (1998): Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 162: 301-306.
- Bellwood, D.R., T.P. Hughes, C. Folke and M. Nystrom (2004): Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429: 827-833.
- Bruckner, A.W. (2003): *Proceedings of the Caribbean Acropora Workshop: potencial Application of the U.S. Endangered Species Act as a Conservation Strategy*, 199 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.
- Connell, J.H., T.P. Hughes and C.C. Wallace (1997): A 30 year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs* 67(4): 461-488.
- Davis, G.E. (1982). A century of natural change in coral distribution at the Dry Tortugas: a comparison of reef maps from 1881- 1976. *Bull. Mar. Sci.* 32: 608- 623.
- Díaz- Soltero, H. (1999). Endangered and threatened species list under the Endangered Species Act. *Fed Regist.* 64(210): 33466-33468.
- Edmunds, P.J. (2004): Juvenile coral population dynamics track rising seawater temperature on a Caribbean reef. *Mar Ecol Prog. Ser* 269: 111-119, 2004.
- English, C., V. Wilkinson and V. Baker (1997): Survey manual for tropical marine resources. Edited by ASEAN. 234 pp.
- Gladfelter, W.B. (1982): White-band disease in *Acropora palmata*: Implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull. Mar. Sci.* 32(2):639-643.
- Gladfelter, E.H.; R. K. Monohan y W.B. Gladfelter (1978): Growth rates of five reef-building corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 28(4): 728-734.
- Guardia, E. de la y G. González-Sansón (1997): Asociaciones de esponjas, gorgonias y corales en un arrecife en la costa noroccidental de Cuba. III: Variación espacial de la diversidad. *Rev. Invest. Mar.* 18(3): 216-222.
- Guardia, E. de la, P. González y J. Trelles (2001): Macrobentos del arrecife coralino adyacente al río Almendares, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 22(3): 167-178.
- González, P., E. de la Guardia y G. González-Sansón (2003): Efectos de efluentes terrestres sobre las comunidades bentónicas de arrecifes coralinos de Ciudad de La Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(3): 193-204.
- González, S. (2000): Caracterización de tres comunidades de corales del litoral norte de La Habana y Ciudad de La Habana. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, *Trabajo de Diploma*, 41pp.
- González, S. (2004): *Corales pétreos jardines sumergidos de Cuba*. Editorial Academia, 300 pp.
- Harrison, P.L. and C.C. Wallace (1990): Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. En: *Ecosystems of the world* (Z. Dubinsky, ed.), *Coral Reefs* 25:133-207.
- Hill, J. and C. Wilkinson (2004): *Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. A Resource for Managers*. Version 1. Australia Institute of Marine science and Reef Check, 112 pp.
- Hughes, T.P. and J.H. Connell (1987): Population dynamics based on size or age? A reef-coral analysis. *The American Naturalist* 129(6):818-829.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folkes, R. Grosberg, O. Hoegh-Guldberg, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, J.M. Lough,

- P. Marshal, M. Nystrom, S.R. Palumi, J.M. Pandolfi, B. Rosen and J. Roughgarden (2003): Climate Change, Human Impacts and the Resilience of Coral Reefs. *Science* 31: 929-933.
- Jaap, W.C. (1998): Boom-bust cycles in *Acropora*. *Reef Encounter* 23:12-13.
- Jackson, J.B.C. (1994). Community unity. *Science* 264: 1412- 1413.
- Jordan-Dahlgren, E. (1992): Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. *Bulletin of Marine Science* 51(1): 104-117.
- Lirman D (2003): Competition between macroalgae and corals: effects of increased algal biomass on the survivorship and growth of the Caribbean coral *Siderastrea siderea*, *Porites astreoides* and *Montastrea faveolata*. *Ecological Modelling* 161: 169-182.
- McNeill, D.F., A.F. Budd and P.F. Borne (1997). Earlier (late Peistocene) first appearance of the Caribbean reef- building coral *Acropora palmata*: stratigraphic and evolutionary implications. *Geology* 25: 891- 894.
- Meesters, H.E., I. Wesseling and R.P.M. Bak (1996): Partial mortality in three species of reef-building corals and the relation with colony morphology. *Bull. Mar. Sci.* 58: 838-852.
- Meesters, E.H., M. Hilterman, E. Kardinaal, M. Keetman, M. de Vries and R.P.M. Bak (2001): Colony size-frequency distributions of scleractinian coral populations: spatial and interspecific variation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 209: 43-54.
- Miller, M. and J. Barrinso (2001): Assessment of juvenile coral populations at two reef restoration sites in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Indicators of success². *Bull. Mar. Sci.* 62(2):395-405.
- Moulding, A.L. (2005): Coral recruitment patterns in the Florida Keys. *Rev. Biol. Trop.* 53:75-82.
- Richmond, R.H. (1997): Reproduction and recruitment in coral: critical links in the persistence of reef. *In: Life and death of coral reef* (C. Birkeland, ed.), Chapman and Hal, New York, pp:175-197.
- Rogers, C.S., G. Ginger, G. Rikki, H. Zandy-Marie and M. A. Franke. (2001): *Coral reef monitoring manual for the Caribbean and Western Atlantic*. Virgin Islands National Park, 140 pp.
- Ruiz-Zárate, M.A and J.E. Arias-González (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., M. Devlin, D. Haynes and J.P. Gilmour (2005): A demographic approach to monitoring the health of coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 51: 399-407.
- Sorokin, Y.I. (1995): Coral reef ecology. Springer, Berlin. 102 pg.
- Underwood, A.J. (1997): *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Press Syndicate of the University of Cambridge, 504 pp.
- Vermeij, M.J.A and R.P.M. Bak (2000): Inferring demographic processes from population size structure in corals. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*, Bali, Indonesia, pp: 589-593.
- 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.
- Zar, J.H. (1996): *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Third edition, 121 pp.
- Zlatarski, V.N. y N. Martínez Estalella (1980): Escleractíneos de Cuba con datos sobre los organismos asociados. Sofia, Editorial de la Academia de Ciencias de Bulgaria, 312 pp.

Aceptado: 7 de julio de 2008