



Condición del bentos de los arrecifes coralinos de Santa Lucía (nordeste de Cuba) antes y después del paso del huracán Ike.

Benthos condition in the coral reefs of Santa Lucia (northeast Cuba) before and after the pass of Hurricane Ike.

Linnet Busutil*, Hansel Caballero**, Gema Hidalgo*, Pedro Alcolado-Prieto*, Pedro M. Alcolado* y Beatriz Martínez-Daranas***

* Instituto de Oceanología. Ave. 1ra, No. 18406, Flores, Playa, Ciudad de La Habana 11600, Cuba. linnet@oceano.inf.cu

** Acuario Nacional de Cuba. Ave. 1ra., No. 6024, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana 11300, Cuba.

*** Centro de Investigaciones Pesqueras. Ave. 5ta. y 286, Santa Fe, Playa, Ciudad de La Habana 19100, Cuba.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto “Gestión Ambiental de la zona costera como contribución a la sostenibilidad del desarrollo turístico en Santa Lucía, Camagüey”, al Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey, al Instituto de Oceanología, y especialmente a la MSc. Rebeca González. También nuestra gratitud al Dr. José Espinosa por sus valiosos comentarios, y al Téc. Raudel Santos y a los buzos Jorge Oliva y Yohannes Acosta por la ayuda brindada durante el desarrollo de las expediciones al campo.

Resumen

Se determinó la condición del bentos de los arrecifes coralinos del polo turístico Santa Lucía (nordeste de Cuba) antes y después del paso del Huracán Ike, a partir de indicadores biológicos de la metodología AGRRA. Se evidenció un gran deterioro de la cresta arrecifal desde el primer muestreo. El arrecife frontal presentó mejores condiciones que la cresta, fundamentalmente hacia el este y hacia las mayores profundidades. Los valores bajos de la densidad de corales, la cobertura viva de coral y del reclutamiento de corales, así como la gran cobertura de macroalgas fueron las variables más críticas. La incidencia de enfermedades microbianas y de blanqueamiento de corales fue baja. Las causas más importantes de afectación al arrecife coralino muestran estar relacionadas con el oleaje, con el relieve del fondo y la escasez de organismos herbívoros. El bentos de estos arrecifes aparentemente no sufrió serias afectaciones luego del paso del huracán Ike.

Abstract

Benthos condition in the coral reefs of Santa Lucia tourist resort area (northeast Cuba) before and after the pass of Hurricane Ike was determined using biological indicators of AGRRA methodology. A great reef crest decline was evident from the first sampling. Fore reef presented better conditions than the crest, mainly eastward and toward greater depths. Low values of coral density, live cover and coral recruitment, as well as high macroalgal cover, were the most critical variables. Incidence of both microbial disease and coral bleaching was low. The most important causes for reef decline are related to wave action, bottom relief and scarcity of herbivores. Apparently, the benthos in these reefs did not suffer serious impacts after Hurricane Ike.

Palabras claves: bentos, arrecifes coralinos, huracán, AGRRA, Cuba.

Keywords: benthos, coral reefs, hurricane, AGRRA, Cuba.

INTRODUCCIÓN

A escala local, los principales problemas ambientales en la zona costera de Santa Lucía son: la ausencia casi total de la vegetación natural en la duna litoral, cambios y modificaciones en el perfil de playas y dunas que han contribuido a la aceleración de procesos erosivos, abundancia de *Thalassia testudinum* y algas en las zonas de baño, variación del régimen de escurrimiento e infiltración de las aguas pluviales con la consiguiente afectación al drenaje, y el insuficiente conocimiento de sus valores naturales.

Por otra parte, el aumento en la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos como consecuencia del cambio climático (IPCC, 2007), es otro factor que ha impactado fuertemente a los arrecifes en el Gran Caribe (Gardner *et al.*, 2005) y del cual no escapa Santa Lucía.

Dado por la importancia para la generación de arena, la protección de las playas y por los innumerables servicios que brinda al desarrollo del polo turístico Santa Lucía, se hace imprescindible determinar la condición del bentos de los arrecifes coralinos de la zona, así como evaluar los posibles cambios producidos tras el paso de un huracán. Bajo estas premisas se planteó el presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio se ubica en la plataforma marina de Santa Lucía, desde Punta Prácticos hasta Punta de Ganado (Fig. 1). Esta cuenta con una laguna arrecifal que se extiende a partir de la zona sumergida de la playa, con una profundidad media de 2 - 3 m y que está cubierta casi en su totalidad por pastizales de *Thalassia testudinum*. Luego se encuentran los arrecifes coralinos, que son de franja y muestran perfiles de fondo del tipo terraza simple con cresta según la terminología empleada por González-Ferrer (2004). La cresta se ubica de manera casi continua a una distancia aproximada de 0,5 - 1,8 km de la costa y abarca toda la zona de la playa. Posterior a la cresta aparece una terraza plana rocosa que da a lugar a la formación de camellones y canales, los que caen de forma abrupta al llegar al veril del talud de la plataforma insular.

En abril de 2008 se estudió cualitativamente la cresta arrecifal (zonas trasera y de rompiente) y en julio del mismo año se evaluaron cuatro perfiles perpendiculares a la costa correspondientes a las localidades: El Mégano (M), Las Brisas (B), El Tanque (T) y Punta de Ganado (PG), con tres sitios cada uno ubicados en las isobatas de 10, 15 y 20 m (Fig. 1). Las profundidades de trabajo en todos los sitios coincidieron con la zona ecológica de camellones y canales excepto en El Mégano, donde la terraza plana rocosa se interrumpe bruscamente dando lugar a un escarpe de 10 m de altura.

Posteriormente, transcurridos 43 días del paso del Huracán Ike por esta zona (categoría 4, vientos máximos: 145 km/h, <http://www.wunderground.com/hurricane/at20089.asp>) y con el objetivo de detectar los posibles cambios ocasionados, del 25 al 26 de octubre del 2008 se muestrearon los sitios localizados en la isobata de 10 m de las localidades: Las Brisas, El Tanque y Punta de Ganado, y cualitativamente la zona de rompiente de la cresta arrecifal de Las Brisas (BC) y El Tanque (TC; Fig. 1).

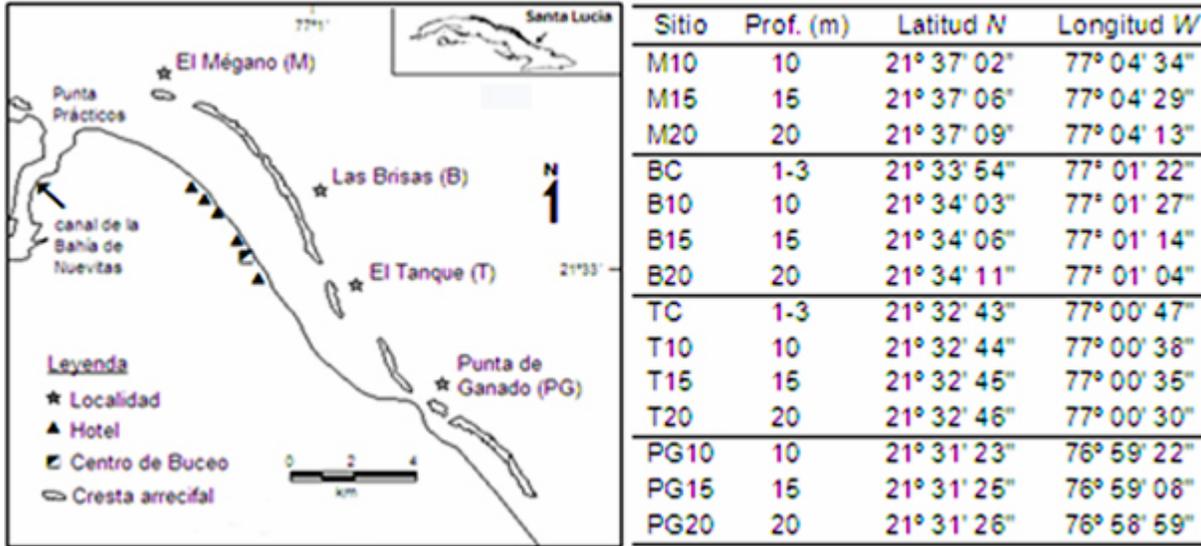


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades, sitios y profundidades de muestreo.
 Figure 1. Geographic location of sampling localities, sites, and depths.

Métodos de muestreo

Para el establecimiento de la línea base de la cresta arrecifal se aplicó el método cualitativo de observación general, y para determinar de los posibles cambios provocados por el huracán en la zona de rompiente, se evaluaron a lo largo de dos transectos lineales de 120 m de largo y 2 m de ancho, los indicadores cualitativos del bentos: octocorales desprendidos; colonias partidas o fragmentos desprendidos de *Millepora alcicornis*, *M. complanata* y *Acropora palmata*; corales enfermos; corales blanqueados; presencia del erizo negro *Diadema antillarum* y del molusco gasterópodo *Coralliophila spp.* Adicionalmente se realizó la observación general del fondo a remolque desde una embarcación y a lo largo de un recorrido entre ambos sitios de aproximadamente 700 m de distancia.

Para el estudio cuantitativo del bentos en los cuatro perfiles evaluados como parte de su línea base se aplicaron los siguientes métodos de muestreo de la metodología AGRRRA (2000):

- Transectos de 10 m de largo desplegados al azar para determinar: cubrimiento del fondo por coral (vivo y muerto) y densidad de colonias interceptadas. Se emplearon 15 o más transectos por estación con un total de 193 unidades de muestreo para toda la zona.
- En la profundidad de 15 m de cada localidad adicionalmente se censaron las colonias mayores de 10 cm para detectar enfermedades y eventos de blanqueamiento. También muestreó una banda de 1 m de ancho para cuantificar al erizo negro *D. antillarum*. Se ubicaron además, marcos cuadrados de 25 cm de lado para conteo de reclutas de corales (colonias ≤ 2 cm), colocándose cinco marcos por transecto que correspondieron a los metros impares (1 m, 3 m, 5 m, 7 m y 9 m). En dichos marcos cuadrados también se estimaron (en %) la cobertura del sustrato por macroalgas carnosas, calcáreas y costrosas, y se midieron las alturas promedio del dosel de macroalgas (en cm).

Posterior al paso del huracán, en los sitios correspondientes a la isobata de 10 m se aplicaron los mismos métodos de muestreo utilizados durante el establecimiento de su línea base, y adicionalmente se determinó la presencia de enfermedades y blanqueamiento, y se cuantificó al erizo negro *D. antillarum*.

Procesamiento de los datos

Para la identificación de los órdenes Scleractinia y Milleporina (corales pétreos) se siguieron los criterios de Steneck *et al.* (1997). Se determinó la abundancia y composición por especies por estación, así como los índices de diversidad: la riqueza de especies, heterogeneidad de Shannon (Shannon & Weaver, 1949) y equitatividad de Pielou (1966).

Se calculó la media y el error estándar de los indicadores de cubrimiento de coral vivo y muerto, densidad (corales adultos y reclutas) e índice de tallas de las colonias (número de cm total acumulado de coral vivo entre el número de colonias vivas interceptadas) y densidad del erizo negro *D. antillarum*. También se determinó el índice de macroalgas carnosas y calcáreas mediante la multiplicación de la altura promedio del dosel de las macroalgas presentes dentro del cuadrante por su cobertura.

Se aplicó la ley de la potencia de Taylor (1961) según la metodología de Elliot (1971) para comprobar la homogeneidad de varianza de los datos y se hicieron las transformaciones correspondientes cuando no se cumplía esta premisa. Se realizaron análisis de varianza unifactoriales (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre sitios para el cubrimiento de coral (vivo y muerto) y la densidad de corales (adultos y reclutas), y para la diferenciación entre las medias se realizó la prueba de Student-Newman-Keuls (SNK). Cuando no se cumplió la homogeneidad de varianza, aún con los datos transformados, se usó el SNK de rangos múltiples. Para determinar si existían diferencias significativas antes-después del paso del huracán respecto al cubrimiento de coral (vivo y muerto) y la densidad de colonias, se usó la y STATISTICA 7.0, con nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS

Para el área de estudio se reportan 34 especies de corales pétreos, resultantes de todo el periodo estudiado. De este total fueron cuantificadas 29 especies (21 en 10 m, 21 en 15 m y 23 en 20 m), 3 fueron observadas fuera del tamaño de muestra y 14 se identificaron en la cresta arrecifal (zonas trasera y de rompiente).

Antes del Huracán Ike

La zona trasera de la cresta arrecifal, antes bien definida y exuberante, (J. Espinosa, com. pers., 28 de abril de 2008) ya prácticamente no existe como tal, al haberse rellenado de forma natural con la pedacería derivada de la destrucción de los esqueletos del coral orejón *Acropora palmata* y del propio fondo rocoso en la zona de rompiente. Se observaron algunos remanentes de corales muertos que quedaron de la zona trasera bien cerca de la meseta, así como corales vivos de pequeño tamaño dispersos sobre el pasto marino (*Porites porites*, *P. divaricata*, *P. asteroides*, *Siderastrea radians*). Abundaron equinodermos de las especies *Tripneustes esculentus* y *Clypeaster rosaceus*. Entre las esponjas se destacó solamente *Lotrochota birotulata* con escaso tamaño y unos pocos ejemplares de *Amphimedon viridis*.

La zona de rompiente por su parte, mostró un gran deterioro de lo que hace más de 20 años debió ser un frente de abundante de *A. palmata*, principal constructor de crestas arrecifales del Gran Caribe y de Cuba. A pesar de no realizarse un estudio cuantitativo, se observó un bajo cubrimiento coralino y poco desarrollo de la especie *A. palmata*. Otros corales vivos y con abundancia variable, como *M. complanata*, *Diploria strigosa* y *D. clivosa*, mostraron tendencia a desarrollarse y expandirse. En menor cuantía también se encontraron colonias de *P. astreoides*, *P. porites*, *P. furcata*, *S. siderea*, *Montastraea faveolata*, y *Dendrogyra cylindrus*, entre otros.

El erizo negro *D. antillarum* apareció con densidad baja a moderada, no tanto como sería deseable (más de 1 individuo/m²). Con una frecuencia variable, llegando a abundar mucho en algunas zonas, se destacaron los abanicos de mar *Gorgonia flabellum* y *G. ventalina*, con muy baja incidencia de enfermedades.

En los cuatro perfiles arrecifales el 70% de los corales estuvo constituido por las especies *S. siderea*, *M. alcicornis*, *P. astreoides*, *M. cavernosa*, *M. faveolata* y *Agaricia agaricites*. *S. siderea* mostró su mayor dominio a los 10 m de profundidad y en la localidad de Las Brisas. Lo contrario fue mostrado por *M. faveolata*, que alcanzó mayor dominio en la estación más profunda de Las Brisas. *P. astreoides* dominó en cuanto a cobertura en esta misma localidad, pero a 15 m de profundidad. *M. alcicornis* fue muy abundante en los 10 m de Punta de Ganado. En los 15 m de El Mégano, se encontró el menor número de especies y dominó ampliamente *A. agaricites*. *Madracis decactis* también fue más frecuente en este sitio a diferencia del resto (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia relativa (%) y lista de especies de corales duros que conforman el 95% del total de las colonias contadas. (Ver siglas de los sitios en la Figura 1).

Table 1. Relative abundance (%) and list of stony coral species which constitute 95% of the total counted colonies. (See site abbreviations in Figure 1).

Localidades Especies/ Sitios	El Mégano			Las Brisas			El Tanque			Punta de Ganado		
	M10	M15	M20	B10	B15	B20	T10	T15	T20	PG10	PG15	PG20
<i>Siderastrea siderea</i>	16,1	0,0	13,7	52,8	16,2	16,5	34,0	23,6	14,3	25,8	25,0	23,0
<i>Millepora alcicornis</i>	9,0	12,5	7,3	0,0	10,8	15,4	19,1	3,6	3,9	30,6	18,3	19,7
<i>Porites astreoides</i>	2,6	2,1	12,9	5,7	20,3	16,5	8,5	12,7	7,8	14,5	8,3	8,2
<i>Montastraea cavernosa</i>	36,1	12,5	9,7	3,8	2,7	6,6	8,5	5,5	5,2	3,2	3,3	16,4
<i>Montastraea faveolata</i>	6,5	0,0	18,5	5,7	13,5	19,8	10,6	12,7	7,8	0,0	6,7	4,9
<i>Agaricia agaricites</i>	1,3	35,4	6,5	9,4	5,4	4,4	0,0	7,3	18,2	0,0	6,7	1,6
<i>Meandrina meandrites</i>	6,5	0,0	2,4	1,9	2,7	2,2	6,4	0,0	6,5	9,7	13,3	11,5
<i>Stephanocoenia intersecta</i>	0,0	2,1	2,4	5,7	1,4	0,0	2,1	5,5	16,9	0,0	1,7	3,3
<i>Porites porites</i>	5,2	0,0	5,6	3,8	5,4	4,4	2,1	3,6	0,0	1,6	5,0	1,6
<i>Madracis decactis</i>	1,3	20,8	2,4	0,0	2,7	1,1	0,0	1,8	1,3	0,0	1,7	0,0
<i>Siderastrea radians</i>	0,6	0,0	3,2	3,8	2,7	1,1	2,1	1,8	2,6	6,5	1,7	3,3
<i>Dichocoenia stokesi</i>	1,3	0,0	0,0	1,9	4,1	2,2	2,1	3,6	0,0	4,8	1,7	1,6
<i>Porites furcata</i>	2,6	0,0	5,6	0,0	0,0	3,3	2,1	1,8	5,2	1,6	0,0	0,0
<i>Montastraea annularis</i>	5,2	0,0	0,8	1,9	6,8	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	1,7	0,0
<i>Diploria strigosa</i>	2,6	0,0	0,8	3,8	1,4	3,3	0,0	3,6	1,3	1,6	1,7	1,6

El Mégano mostró la mayor (2,54 natios en 20 m) y menor (1,72 natios en 15 m) heterogeneidad y similar ocurrió con la riqueza de especies (19 en 20 m y 8 en 15 m). La equitatividad fue mayor que 0,8 en todos los sitios, excepto en los 10 m de El Mégano y Las Brisas (Fig. 2).

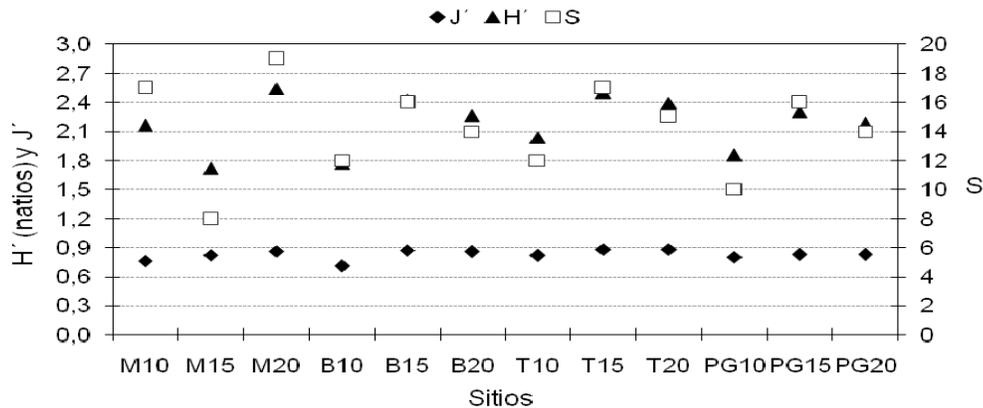


Figura 2. Variaciones de los índices de diversidad. S: riqueza de especies, H': heterogeneidad de Shannon y J': equitatividad de Pielou. Ver códigos de sitios en la Figura 1.
 Figure 2. Variation of diversity indexes. S: species richness, H': Shannon heterogeneity and J': Pielou evenness. (See site abbreviations in Figure 1).

El cubrimiento de coral vivo fue muy parecido entre todos los sitios de Las Brisas, El Tanque, Punta de Ganado y los 15 m de El Mégano, mostrándose valores medios que no sobrepasaron el 7% (Fig. 3). Los restantes sitios de El Mégano mostraron un cubrimiento significativamente superior. El cubrimiento de coral muerto fue inferior al 3% en todos los sitios (Fig. 3).

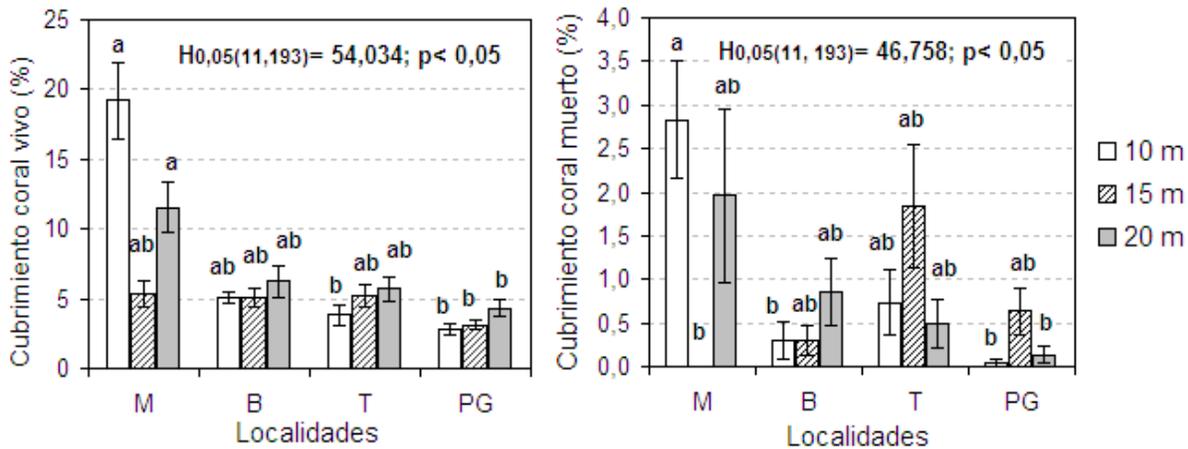


Figura 3. Variaciones del cubrimiento de coral vivo y muerto (media y error estándar) en los sitios. M: El Mégano, B: Las Brisas, T: El Tanque y PG: Punta de Ganado. Las letras indican el orden de las diferencias significativas según la prueba SNK de rangos múltiples.
 Figure 3. Variation in live and dead coral cover (mean and standard error) at the sites. M: El Mégano, B: Las Brisas, T: El Tanque, and PG: Punta de Ganado. Letters indicate the order of significant differences according to the Multiple Rank SNK test.

La densidad de colonias mostró un patrón similar que el cubrimiento de coral vivo, con valores promedio que alcanzaron entre 2 y 5 colonias/10m, con la excepción de los sitios M10 y M20 que superaron estos valores (Fig. 4). El índice de tallas no mostró valores muy disímiles entre sitios, con valores medios entre 0,9 y 1,7 (Fig. 4).

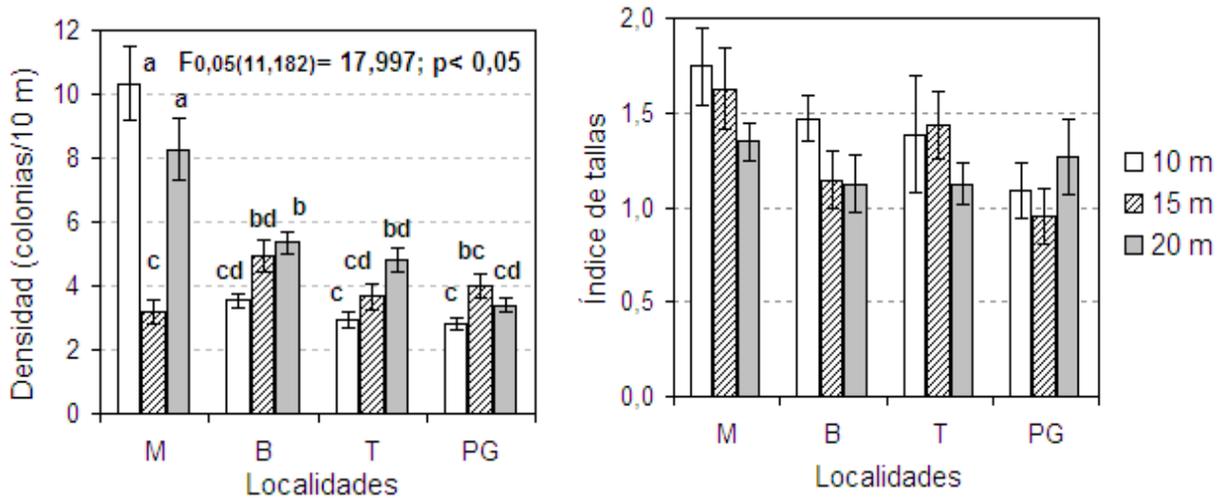


Figura 4. Variaciones de la densidad de corales y del índice de tallas (media y error estándar) en los sitios. M: El Mégano, B: Las Brisas, T: El Tanque y PG: Punta de Ganado. Las letras indican el orden de las diferencias significativas según la prueba SNK.

Figure 4. Variation of coral density and size index (mean and standard error) at the sites. M: El Mégano, B: Las Brisas, T: El Tanque, and PG: Punta de Ganado. Letters indicate the order of significant differences according to the Multiple Rank SNK test.

Se observó la enfermedad plaga blanca en algunas colonias de *D. stokesi* y *M. faveolata* e igualmente el síndrome de manchas oscuras sobre *S. siderea*, sin embargo, estas colonias enfermas no cayeron dentro de la muestra. A su vez, se observaron algunos corales con blanqueamiento (pálidos) pero su número no fue importante. La densidad de reclutas fue muy baja, con registros promedios menores de 2,5 reclutas/m² (Fig. 5).

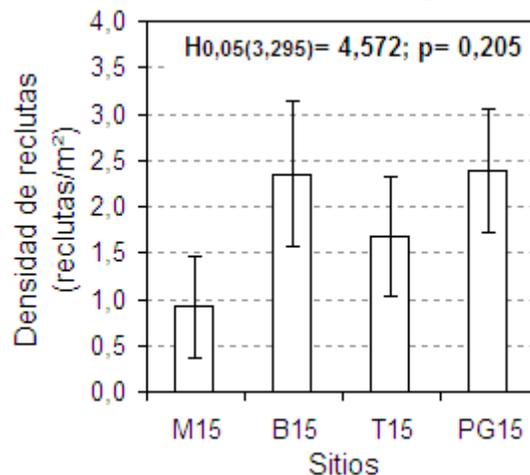


Figura 5. Variación de la densidad de reclutas de corales (media y error estándar) en los sitios de 15 m de profundidad y resultados de la prueba SNK de rangos múltiples.

Figure 5. Variation of coral recruits density (mean and standard error) at 15m-deep sites and results of the Multiple Rank SNK test.

Las macroalgas carnosas dominaron el arrecife con valores medios de cobertura entre 55 y 65%. El Mégano presentó los registros más altos de macroalgas calcáreas (11%) y costrosas (17%) (Fig. 6). El índice de macroalgas carnosas mostró registros superiores a 200 en Las Brisas, El Tanque y Punta de Ganado, mientras que el registro de El Mégano fue significativamente inferior. El índice de macroalgas calcáreas mostró el valor más alto en dicha estación (140), y en el resto no sobrepasó el valor de 50 (Fig. 6).

Dentro del tamaño de muestra no se encontraron erizos negros *D. antillarum*.

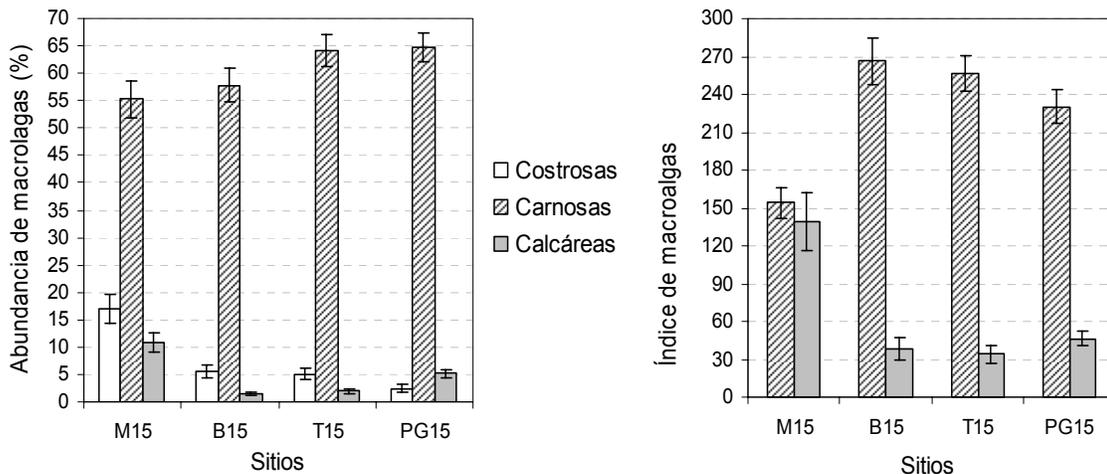


Figura 6. Variaciones de la abundancia de macroalgas por grupos morfofuncionales e índices de macroalgas carnosas y calcáreas (media y error estándar) en los sitios de 15 m de profundidad.

Figure 6. Variations of macroalgae abundance by morphofunctional groups and indexes of fleshy and crustose macroalgae (mean and standard error) at 15m-deep sites.

Después del Huracán Ike

En los sitios de cresta evaluados tras el paso del huracán se comprobó la existencia de condiciones similares a las ya existentes antes de la ocurrencia de este fenómeno. A diferencia del muestreo de abril del 2008, no se encontraron colonias de *P. porites* y *P. furcata* tras el paso del huracán, lo que pudiera deberse a que fueron desprendidos por la fuerza del oleaje, al presentar estas especies una forma estructural más vulnerable ante este tipo de evento.

En los sitios localizados en la isobata de 10 m de las localidades Las Brisas, El Tanque y Punta de Ganado se identificaron 17 especies de corales pétreos. Similar a lo ocurrido antes del paso del huracán las especies *S. siderea* y *M. alcicornis* fueron predominantes, y en orden decreciente aunque con menores porcentajes, se encontraron *P. asteroides* y *M. cavernosa*. Los índices de diversidad calculados para ambos periodos también fueron similares (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia relativa (%) de las especies de corales duros e índices de diversidad antes (A) y después (D) del huracán Ike. S: riqueza de especies, H': heterogeneidad de Shannon y J': equitatividad de Pielou. Ver siglas de sitios en la Figura 1.

Table 2. Relative abundance (%) of stony corals and diversity indexes before (A) and after (D) Hurricane Ike. S: species richness, H': Shannon heterogeneity and J': Pielou evenness. (See site abbreviations in Figure 1).

Especies	B10		T10		PG10	
	A	D	A	D	A	D
<i>Agaricia agaricites</i>	9,4	0,0	0,0	6,9	0,0	1,3
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,3
<i>Dichocoenia stokesi</i>	1,9	3,6	2,1	2,8	4,8	6,3
<i>Diploria strigosa</i>	3,8	3,6	0,0	2,8	1,6	1,3
<i>Eusmilia fastigiata</i>	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
<i>Madracis decactis</i>	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,1
<i>Meandrina meandrites</i>	1,9	7,1	6,4	4,2	9,7	6,3
<i>Millepora alcicornis</i>	0,0	57,1	19,1	12,5	30,6	16,5
<i>Millepora complanata</i>	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Montastraea annularis</i>	1,9	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0
<i>Montastraea cavernosa</i>	3,8	10,7	8,5	2,8	3,2	6,3
<i>Montastraea faveolata</i>	5,7	0,0	10,6	1,4	0,0	0,0
<i>Porites astreoides</i>	5,7	3,6	8,5	4,2	14,5	8,9
<i>Porites porites</i>	3,8	0,0	2,1	1,4	1,6	0,0
<i>Siderastrea radians</i>	3,8	0,0	2,1	0,0	6,5	1,3
<i>Siderastrea siderea</i>	52,8	10,7	34,0	38,9	25,8	43,0
<i>Stephanocoenia intersecta</i>	5,7	0,0	2,1	9,7	0,0	2,5
S	12	8	12	15	10	12
H' (nativos)	1,77	1,46	2,04	2,14	1,85	1,86
J'	0,71	0,70	0,82	0,79	0,80	0,75

El cubrimiento de coral vivo mostró valores inferiores al 6% y el de coral muerto fue menor del 1%. Las densidades de corales fueron menores de 6 colonias/10 m. Los resultados del análisis comparativo antes-después del huracán Ike para cada una de las variables anteriores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de resultados antes (A) y después (D) del huracán Ike en cuanto al cubrimiento de coral vivo, muerto y la densidad de colonias de corales pétreos. Los asteriscos denotan las diferencias significativas según la prueba t de Student. (Ver siglas de sitios en la Figura 1).

Table 3. Comparison of results before (A) and after (D) Hurricane Ike with regard to live and dead coral cover and density of stony coral colonies. Asterisks indicate significant differences according to Student t test. (See site abbreviations in Figure 1).

Variable	Sitio	Periodo	Media	±	EE	t	g.l.	p
Cubrimiento coral vivo	B10	A	5,10	±	0,44	7,097	28	<0,05*
		D	1,33	±	0,30			
	T10	A	3,86	±	0,72	0,060	29	0,952
		D	3,80	±	0,57			
	PG10	A	2,80	±	0,35	-1,852	34	0,073
		D	3,90	±	0,51			
Cubrimiento coral muerto	B10	A	0,30	±	0,05	-0,572	28	0,572
		D	0,07	±	0,01			
	T10	A	0,74	±	0,09	0,292	29	0,772
		D	0,60	±	0,07			
	PG10	A	0,05	±	0,01	0,226	34	0,822
		D	0,03	±	0,01			
Densidad	B10	A	3,53	±	0,24	5,474	28	<0,05*
		D	1,87	±	0,19			
	T10	A	2,94	±	0,23	-3,454	29	0,002*
		D	4,80	±	0,45			
	PG10	A	2,82	±	0,20	1,909	34	0,064
		D	5,27	±	0,69			

Sólo en los sitios M10 y T10 algunas colonias de *S. siderea* mostraron el síndrome de manchas oscuras, y a diferencia de lo observado antes del paso del huracán, no se detectó plaga blanca. Con blanqueamiento, similar al periodo anterior, se detectaron pocas colonias (una *M. cavernosa* pálida y una *S. siderea* parcialmente blanqueada, ambas en el sitio M10). Tampoco en esta ocasión se detectaron erizos negros *D. antillarum*.

DISCUSIÓN

El arrecife de coral que bordea la playa de Santa Lucía se encuentra bajo un moderado pero constante estrés natural. Éste consiste en la acción combinada del oleaje con la resuspensión natural del sedimento existente (observación de los autores) que provoca deposición y abrasión sobre los corales. El oleaje en la zona se mantiene durante gran parte del año debido tanto a los frentes fríos invernales, como a los vientos con componente del Este que en esta zona influyen con notable intensidad. Esto, unido a la pobre pendiente e irregularidad del relieve del fondo en la terraza rocosa del arrecife frontal, hace que no se observe un exuberante desarrollo coralino a profundidades donde la agitación producida por el oleaje es fuerte.

El estado de degradación en que se encuentra su cresta arrecifal ha resultado de la mortalidad masiva de *A. palmata*, que aunque se desconoce el momento y la causa, no es un fenómeno exclusivo de esta área, sino de toda la región del Gran Caribe. Esta debió ocurrir entre 1978 y 1990, coincidiendo con algunos de los eventos de mortalidad masiva de la región,

causados unos por blanqueamiento de corales y otros por el síndrome de banda blanca, o por ambos.

En esta zona pudo observarse que el fondo rocoso basal está formado en amplias partes por lajas extendidas sobre socavones y cuevas. Esta estructura presenta una aparente tendencia a la destrucción paulatina, al desplome y a la formación de escombros o pedacería. La pérdida de la cubierta coralina protectora y disipadora del oleaje puede haber dado lugar a un desbalance entre los procesos constructivos y destructivos a favor de los últimos. Mientras los corales no se recuperaran, esas irregularidades del relieve podrían servir de refugio a una comunidad de peces, si estos no fueran capturados, sino efectivamente protegidos para el bien del desarrollo del buceo y de la recuperación estructural y funcional del propio arrecife.

El total de especies de corales pétreos identificadas en la zona comprende un 58,6% del total de especies reportadas para Cuba (González-Ferrer, 2004). La riqueza de especies por profundidad se mantuvo dentro de los márgenes previamente reportados para arrecifes del este del Archipiélago Sabana-Camagüey (González-Ferrer *et al.*, 2007b).

Las especies que dominan en el arrecife indican la acción de factores determinísticos (oleaje y sedimentación) que establecen la estructura de la comunidad. De hecho, *S. siderea*, *M. cavernosa* y *P. astreoides* son especies resistentes a esta combinación de factores (Torres y Morelock, 2002). También *M. alcicornis*, gracias a su forma arbórea, flexible y resistente, es muy reportada en terrazas rocosas y camellones someros sometidos constantemente a embates del oleaje (Martínez-Estalella, 1986). Por otro lado, *M. faveolata* es una especie más sensible a ambientes severos que las anteriores (Torres & Morelock, 2002) por lo que se ve relegada a las estaciones más profundas, donde prevalecen condiciones más benignas (menor impacto del oleaje, mayor relieve del fondo y mayor pendiente arrecifal). *A. agaricites* (sensible a la sedimentación, Torres & Morelock, 2002) mostró su predominio en un estrato totalmente vertical donde el sedimento se escurre fácilmente y por lo tanto no se acumula.

Los índices de cubrimiento de coral vivo y de densidad de colonias son bajos, comparados con los reportados en esta década en arrecifes limpios de Cuba (Caballero & De la Guardia, 2003; Caballero *et al.*, 2004, 2005, 2007; González-Ferrer *et al.*, 2007 a y b; De la Guardia *et al.*, 2004 y 2005; Valdivia *et al.*, 2004). Solamente los registros de las estaciones de 10 y 20 m de El Mégano se acercan a la media actual. Estos podrían responder a una variación fisiogeográfica en esta parte del arrecife: primero, se aprecia una mayor pendiente del fondo lo que disminuye un posible estrés hacia los corales por causa de acumulación de sedimentos; segundo, esta localidad está situada más al oeste de la zona y parece recibir menos embate del oleaje que el resto (esto se pudo advertir durante la investigación).

Dentro de esta misma localidad, si se analizara la variación de los índices ecológicos anteriormente mencionados entre profundidades, se podría decir lo siguiente: *M. cavernosa*, especie resistente al sedimento y a cierto nivel de estrés hidrodinámico, mostró una aceptable densidad de colonias grandes y es quien más contribuye al cubrimiento encontrado en los 10 m. En los 15 m, el cubrimiento coralino fue bajo en un fondo totalmente vertical (pared), donde predominaron *Agaricia* y *Madracis*, que por lo general no tienden a desarrollar colonias grandes. En los 20 m de esta localidad, se reúnen las condiciones más favorables de toda el área de estudio.

La densidad de reclutamiento de corales en general fue baja. En el área se apreciaron dos factores que influyen de forma negativa en este proceso: la acción constante del oleaje y el alto cubrimiento del sustrato por macroalgas carnosas que compiten por el espacio con los reclutas (Becerro *et al.*, 2006; Glassom & Chadwick, 2006). La ausencia de fuentes considerables de nutrientes en la zona y la casi total ausencia de algas indicadoras de nutrificación (McClanahan, 2004), sugieren que la elevada cubierta de macroalgas carnosas encontradas en el arrecife se debe a un nivel muy bajo de herbivorismo.



En cuanto a la frecuencia de aparición de enfermedades y blanqueamiento, y a la mortalidad en época reciente, toda la pendiente se encuentra en buen estado, en general, y la pérdida de cobertura coralina no es reciente.

Tras el paso del huracán Ike por esta zona no se observaron grandes cambios. La cresta arrecifal no mostró signos alarmantes de daños, a juzgar por los escasos indicadores de afectación detectados. Los sitios situados en la isobata de 10 m tampoco mostraron cambios drásticos. El estado actual de los arrecifes coralinos de Santa Lucía es el resultado de factores ambientales que actúan de manera constante en esta zona.

CONCLUSIONES

1. Se evidenció un gran deterioro de la cresta arrecifal. El arrecife frontal se encontró también afectado pero en mejores condiciones que la cresta, fundamentalmente hacia la zona occidental y hacia las mayores profundidades.
2. Los valores bajos de densidad y cobertura de coral vivo, el reclutamiento de nuevos corales, así como valores muy altos de la cobertura de macroalgas debido a la escasez de erizos, son las variables que se encuentran en un estado más crítico.
3. No se encontraron valores importantes de enfermedades de organismos marinos ni de blanqueamiento de corales en el arrecife.
4. Las causas más probables de que el arrecife coralino se encuentre afectado están relacionadas con el oleaje a que están sujetos, con el poco relieve del fondo y con la escasez de organismos herbívoros que deben controlar las macroalgas.
5. El Huracán Ike no provocó grandes daños en el bentos de los arrecifes coralinos de Santa Lucía.

BIBLIOGRAFIA

- AGRRA (2000). Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment methodology. Retrieved from <http://www.agrra.org/method/methodology.html>. Last updated: 27 November, 2000. 9 pp.
- Becerro, M. A., Bonito, V. & Paul, V. J. (2006). Effects of monsoon-driven wave action on coral reefs of Guam and implications for coral recruitment. *Coral Reefs*, 25, 193-199.
- Caballero, H. & De la Guardia, E. (2003). Arrecifes de coral utilizados como zonas de colectas para exhibiciones en el Acuario Nacional de Cuba. I. Costa norooccidental de La Habana. *Rev. Invest. Mar.*, 24(3), 205- 220.
- Caballero, H., Varona, G. & García, Y. (2004). Estructura ecológica de las comunidades de corales de Bahía de Cochinos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(1), 23- 26.
- Caballero, H., Rosales, D. & Alcalá, A. (2005). Estudio diagnóstico del arrecife coralino del Rincón de Guanabo, Ciudad de la Habana, Cuba. 1. Corales, esponjas y gorgonáceos. *Rev. Invest. Mar.*, 26(3), 207-217.
- Caballero, H., González-Ferrer, S., Cobián, D., Álvarez, S. & Alcolado-Prieto, P. (2007). Evaluación AGRRA del bentos de 10 sitios de buceo de María La Gorda, Bahía de Corrientes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 131-138.

- De la Guardia, E., Angulo, J., González-Sansón, G., Aguilar, C. & González, P. (2004). Biodiversidad en la zona de buceo del Parque Nacional Punta Francés, Isla de la Juventud, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2), 90-102.
- De la Guardia, E., González, P., Valdivia, A. & González-Sansón, G. (2005). Características generales de los arrecifes coralinos en la zona de buceo de Cayo Levisa, Archipiélago de los Colorados, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 26(1), 37-44.
- Elliot, J. M. (1971). Some methods of the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Fresh Water Biological Association, Scientific Publication*, 25, 144.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A. & Watkinson, A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean Reefs: Impacts, recovery patterns and role in long term decline. *Ecology*, 86(1), 174-184.
- Glassom, D. & Chadwick, N. E. (2006). Recruitment, growth and mortality of juvenile corals at Eilat, northern Red Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 318, 111-122.
- González-Ferrer, S. (2004). Corales pétreos, jardines sumergidos de Cuba. Instituto de Oceanología. La Habana: Academia.
- González-Ferrer, S., Caballero, H.; Alcolado, P. M.; Jiménez, A.; Martín, F. & Cobián, D. (2007a). Diversidad de corales pétreos en 10 sitios de buceo recreativo de María La Gorda, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 121-130.
- González-Ferrer, S., Cantelar, K., Pina, F., Alcolado, P. M., Jiménez, A., Espinosa, J., Hernández, M. & Hernández J. L. (2007b). Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características ambientales y tendencias. En P. M. Alcolado, E. E. García y M. Arellano-Acosta (Eds.), *Ecosistema Sabana-Camagüey. Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad* (pp. 38-45). Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey. CUB/98/G32; CUB/99/G81. La Habana: Academia.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: IPCC fourth Assessment Report. Working Group I Report "The Physical Science Basis" IPCC, Geneva, Switzerland.
- Martínez-Estalella, N. (1986). Distribución y zonación de los corales cubanos (Scleractinia). *Rep. de Invest. Inst. de Oceanol.*, 46, 1-23.
- McClanahan, T. R. (2004). Phosphorous and nitrogen enrichment do not enhance brown frondose "macroalgae". *Marine Pollution Bulletin*, 48, 196-199.
- Pielou, E. C. (1966). Shannon's formula as a measurement of specific diversity: its use and measure. *Am. Nat.*, 100, 463-465.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press: Urbana.
- Steneck, R. S., Lang, J. C., Kramer, P. A. & Ginsburg, R. N. (1997). AGRRA Rapid Assessment Protocol. Retrieved from <http://www.coral.mol.noaa.gov/agra/agra1.html>.
- Torres, J. & Morelock, J. (2002). Effect of terrigenous sediment influx on coral cover and linear extension rates of three Caribbean massive coral species. *Caribbean Journal of Science*, 38(3-4), 222-229.
- Taylor, W. R. (1961). Aggregation variance and the mean. *Nature*, 189(4766), 732-735.
- Valdivia, A., De la Guardia, E., Armenteros, M., González, P., Suárez, A. M., Aguilar, C., & González-Sansón, G. (2004). Inventario de los componentes más comunes de la flora y la fauna de algunos arrecifes coralinos de la Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2), 113-121.