



## Características del bentos en nueve sitios de buceo del polo turístico de Santa Lucía (Camagüey, Cuba)

### *Characteristics of benthos in nine diving sites of Santa Lucia tourist resort area (Camagüey, Cuba)*

Gema Hidalgo\*, Linnet Busutil\*, Pedro Alcolado-Prieto\*, Néstor R. Villiers\* y Pedro M. Alcolado\*

Instituto de Oceanología. Calle 1ra. No. 18406, entre 184 y 186. Reparto Flores, Playa, La Habana, Cuba.  
[gema@oceano.inf.cu](mailto:gema@oceano.inf.cu), [gemahidrod@gmail.com](mailto:gemahidrod@gmail.com)

#### AGRADECIMIENTOS

A la M.Sc. Rebeca González, del Centro de Investigaciones del Medio Ambiente de Camagüey (CIMAC), por su colaboración en la coordinación del Proyecto “Gestión Ambiental de la zona costera como contribución a la sostenibilidad del desarrollo turístico en Santa Lucía, Camagüey”, financiado por el MINTUR. Agradecemos también al Técnico Raudel García y a los Buzos Johannes Acosta y Jorge Oliva por el aseguramiento técnico y la ayuda prestada durante la realización de los muestreos, así como a la Lic. Martha M. Rivero por su revisión del documento.

#### Resumen

Se evaluó por primera vez el estado de salud de nueve de los 35 sitios de buceo comercial del Polo Turístico de Santa Lucía. Para ello se utilizaron indicadores del bentos, según la metodología del protocolo AGRRA. Se corroboró que el arrecife de coral que bordea la playa de Santa Lucía está sometido a un estrés natural fuerte y constante, dado por la intensidad del oleaje que prevalece durante casi todo el año. Esto se evidenció con el predominio de especies de corales duros oportunistas *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea*, resistentes a los factores oleaje y sedimentación. La mortalidad coralina fue equivalente entre sitios y el diámetro mayor promedio de las colonias moderadamente bajo, lo que se puede relacionar con las condiciones descritas de estrés ambiental. El análisis de clasificación numérica mostró una similitud mayor del 50% entre las estaciones estudiadas y separó las de la zona del escarpe del arrecife frontal. La riqueza de especies, la cobertura viva y el número de colonias de corales fueron similares a los encontrados previamente en arrecifes frontales del Archipiélago Sabana-Camagüey, al oeste del área de estudio. No hubo evidencias de daños producidos directamente por la actividad de buceo. Ahora se cuenta con una línea base útil de indicadores ecológicos para monitoreos futuros en esos sitios.

#### Abstract

The health status of nine of the 35 commercial diving sites in Santa Lucia tourist resort area was assessed for the first time. Benthic indicators were used for this purpose, according to the methodology of AGRRA protocol. It was corroborated that the coral reef fringing Santa Lucia Beach is subjected to a strong and constant natural stress, due to the intensity of wave action that prevails during most of the year. This was evident through the prevalence of opportunist stony coral species *Porites astreoides* and *Siderastrea siderea* that are resistant to the action of wave and sedimentation. Coral mortality did not differ significantly among sites and the average diameter of corals was moderately low, which is expected in the described environmental stress conditions. Cluster analysis showed a similarity over 50% among the studied stations and separated those of the forereef escarpment zone. Species richness, live coral cover and number of coral colonies were similar to those previously found in forereefs of Sabana - Camagüey Archipelago, west of the study area. There was no evidence of damages directly caused by diving activity. A useful baseline of ecological indicators is now available for future monitoring of those sites.

**Palabras claves:** Arrecifes coralinos, corales duros, AGRRA, buceo, Santa Lucía, Cuba.

**Keywords:** Coral reefs, stony corals, AGRRA, diving, Santa Lucia, Cuba.



## INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica en los arrecifes coralinos asegura el beneficio sustentable proveniente de las funciones de estos ecosistemas, en términos de fuentes de alimentación y bioactivos marinos, protección de las costas, formación de arena y como recursos turísticos. Sin embargo, la acción del hombre y los problemas relacionados con el cambio climático global amenazan y afectan severamente sus mecanismos de conservación y estado de salud (Gardner *et al.*, 2003; Eakin *et al.*, 2008).

El mercado del turismo marino en el contexto mundial requiere alta competitividad, basada en el atractivo de los arrecifes coralinos, la calidad ambiental de las playas y de los paisajes costeros, la aplicación de medidas de conservación visibles, entre otros. El incremento de buzos y snorkelistas en un área marina puede provocar impactos a los ecosistemas. Estos daños pueden resultar nocivos para la salud de los arrecifes coralinos en dependencia de la experiencia del turista como buzo, del grado de sensibilidad ambiental que el mismo posea y/o de las condiciones ecológicas del arrecife (CNAP, 2006).

En Cuba, el turismo constituye la mayor fuente de ingresos en moneda libremente convertible. Dada la importancia ecológica, económica y social de los arrecifes coralinos que se explotan por el sector turístico, es preciso tener en cuenta su diversidad biológica, estado de conservación y fragilidad.

Santa Lucía es uno de los principales polos turísticos de Cuba. Con más de 50 años de explotación para el turismo nacional, este se utiliza como destino para el turismo internacional desde la década del 90 y continúa en expansión en los últimos años. Sin embargo, en esta área costera se han realizado pocas investigaciones de la biota marina. Entre ellas, como parte del Estudio de los Grupos Insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, se estudió la vegetación marina (Carrodeguas *et al.*, 1990). Posteriormente, Alcolado *et al.* (2009) realizaron una evaluación de la condición del arrecife coralino, a partir de indicadores biológicos del bentos y peces según la metodología AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, por sus siglas en inglés), y de las esponjas. Se realizó un inventario de especies y se evaluó la abundancia de la vegetación submarina en la laguna arrecifal. También se evaluó el efecto del paso del huracán Ike en zonas del arrecife coralino.

Los 35 sitios de buceo actuales no cuentan con estudios evaluativos que orienten su manejo y uso sostenible, de modo que contribuyan a potenciar mejor la calidad de la oferta turística. De ahí surgió la necesidad de evaluar la diversidad biológica y estado de salud de sus comunidades arrecifales, características que unidas elevan considerablemente el atractivo de los sitios de buceo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 10 y el 15 de noviembre de 2009 se evaluó el estado de salud de nueve de los sitios de buceo del Polo Turístico de Santa Lucía, Camagüey, Cuba (Fig. 1). Éstos tienen diferentes biotopos y se distribuyen a lo largo del área que comercializa el Centro Internacional de Buceo "Shark's Friends", de Marlin S.A. (Tabla I). Además, están entre los más visitados, según el director de dicho centro (Ehidrich Pérez, comunicación personal, 8 de noviembre, 2009).

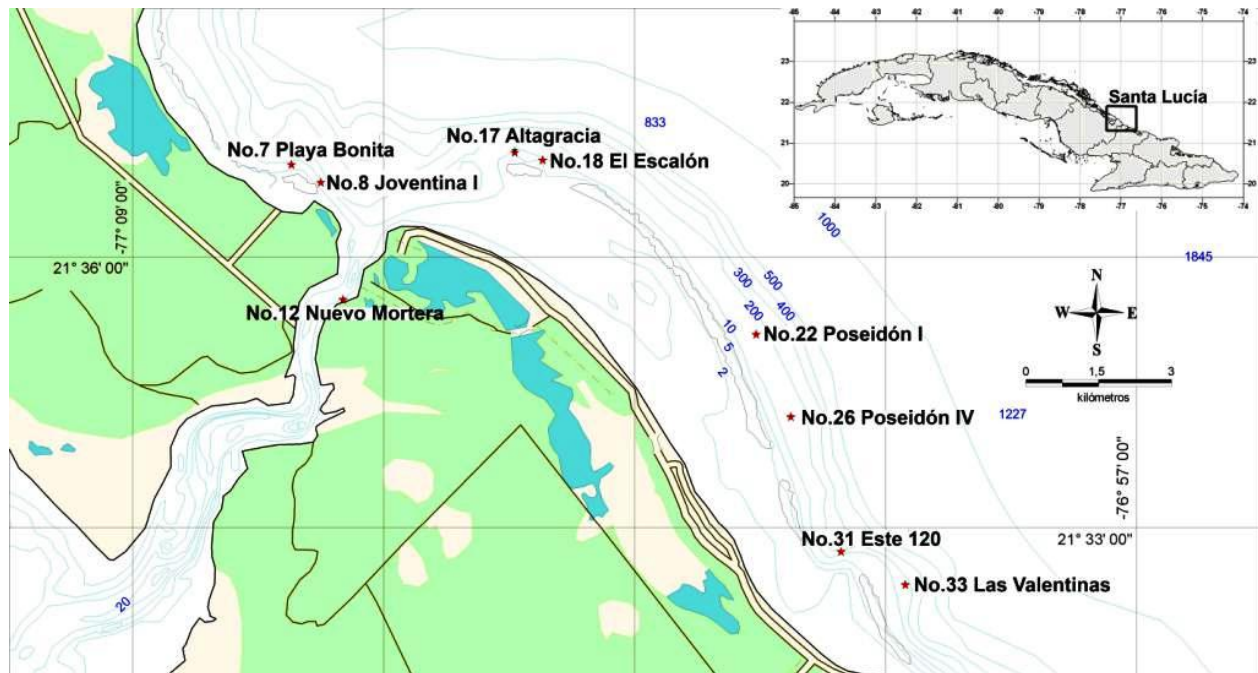


Figura 1. Ubicación de las nueve estaciones de muestreo frente al litoral de Santa Lucía.  
 Figure 1. Network of nine sampling stations facing Santa Lucía coastline.

Cuatro estaciones se ubicaron en la zona ecológica de sistema de camellones y canales (Tabla I). Otras cuatro estuvieron en el borde externo de la terraza rocosa superior, o sobre el escarpe del arrecife frontal. En la estación Nuevo Mortera se trabajó en una zona somera con desarrollo coralino, ubicada en el lado Este del canal de entrada de Bahía de Nuevitas.

Los muestreos se realizaron mediante buceo autónomo (SCUBA). Se utilizaron indicadores del bentos, tanto sésiles (corales y macroalgas), como vágiles (erizos negros de espinas largas), según la metodología AGRRA (2000). En cada sitio se situaron aleatoriamente diez transectos de 10 metros lineales como unidades de muestreo y se hizo una caracterización de estos sitios de buceo.

Las especies de corales se identificaron *in situ* según criterios taxonómicos de Beltrán-Torres & Carricart-Ganivet (1999). Para determinar la afinidad de las comunidades de corales entre estaciones, en cuanto a su composición por especies y número de colonias, se aplicó un análisis de clasificación numérica jerárquico aglomerativo (con índice de similitud de Bray Curtis y agrupamiento promedio entre grupos), mediante el programa Primer 5 (Clarke & Gorley, 2001).

La cobertura viva de coral, el número de colonias, su diámetro mayor y el porcentaje de mortalidad superficial se compararon mediante la prueba F de análisis de varianza. Previo a los análisis se probó que los datos cumplieran con la homogeneidad de varianza mediante la prueba de Brown-Forsythe, para el porcentaje de cobertura viva de coral [ $F(8;82) = 1,9134$ ;  $p = 0,0688$ ], el número de colonias [ $F(8;82) = 1,5842$ ;  $p = 0,1422$ ], el diámetro mayor de éstas [ $F(8;427) = 1,3910$ ;  $p = 0,1982$ ] y su porcentaje de mortalidad superficial [ $F(8;427) = 0,6258$ ;  $p = 0,7563$ ]. En los casos donde hubo diferencias significativas de los ANOVA, se efectuó la prueba de comparación múltiple de medias *a posteriori* de LSD de Fisher.

Para la densidad de reclutas de corales ( $\leq 2$  cm de diámetro máximo) y la altura del relieve no se cumplió la premisa de homogeneidad de varianza, aun después de transformar los datos,

por lo que se utilizaron los análogos no paramétricos: Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples por rangos. Los análisis de varianza y pruebas *a posteriori* de comparaciones múltiples entre indicadores se realizaron con nivel de significación de 0,05, mediante el uso del programa Statistica 7.0 (StatSoft, Inc. 2004).

Tabla 1. Estaciones de estudio en la zona de buceo del Polo Turístico de Santa Lucía. Nombre y siglas de los sitios de muestreo, localización, profundidades y biotopos.

*Table 1. Sampling stations at the diving zone of Santa Lucia resort area. Names and abbreviations of sampling stations, geographic coordinates, depths and biotopes.*

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad	Biotopo
Nuevo Mortera (M)	21°35'32''	77°06'29''	5-7 m	Terraza superior colindante con el canal de entrada de Bahía de Nuevitas (canal)
Pecio Virgen de Altagracia (A)	21°37'10''	77°04'26''	27-28 m	Escarpe del arrecife frontal (pared)
El Escalón (E)	21°37'05''	77°04'06''	18-19 m	Escarpe del arrecife frontal (pared)
Poseidón IV (PIV)	21°34'14''	77°01'08''	20-22 m	Camellones y canales (camellones)
Poseidón I (PI)	21°35'09''	77°01'33''	19-20 m	Camellones y canales (camellones)
Playa Bonita (B)	21°37'02''	77°07'06''	20-23 m	Escarpe del arrecife frontal (pared)
Joventina I (J)	21°36'50''	77°06'45''	8-9 m	Camellones y canales irregulares (camellones)
Este 120 (E120)	21°32'44''	77°00'32''	21-25 m	Parte superior o umbral del escarpe del arrecife frontal (pared)
Las Valentinas (V)	21°32'22''	76°59'46''	16-18 m	Camellones y canales (camellones)

## RESULTADOS

El número de colonias por transecto mostró una tendencia similar al porcentaje de cobertura viva de coral, con valores medios menores de 6 colonias/10 m y 8% de cobertura en la mayoría de las estaciones (Fig. 2). En Joventina I y Poseidón I estos indicadores fueron significativamente mayores, de hasta 10 colonias por transecto y 16% de cobertura.

Las estaciones Pecio Virgen de Altagracia y Poseidón I mostraron el diámetro promedio de las colonias significativamente mayor de los sitios de estudio (entre 27 y 30 cm), mientras que los valores menores (entre 17 y 20 cm) se encontraron en Playa Bonita, Las Valentinas y Este 120, ubicados en los extremos occidental y oriental del arrecife estudiado [ $F(8;427) = 2,0662$ ;  $p = 0,0379$ ].

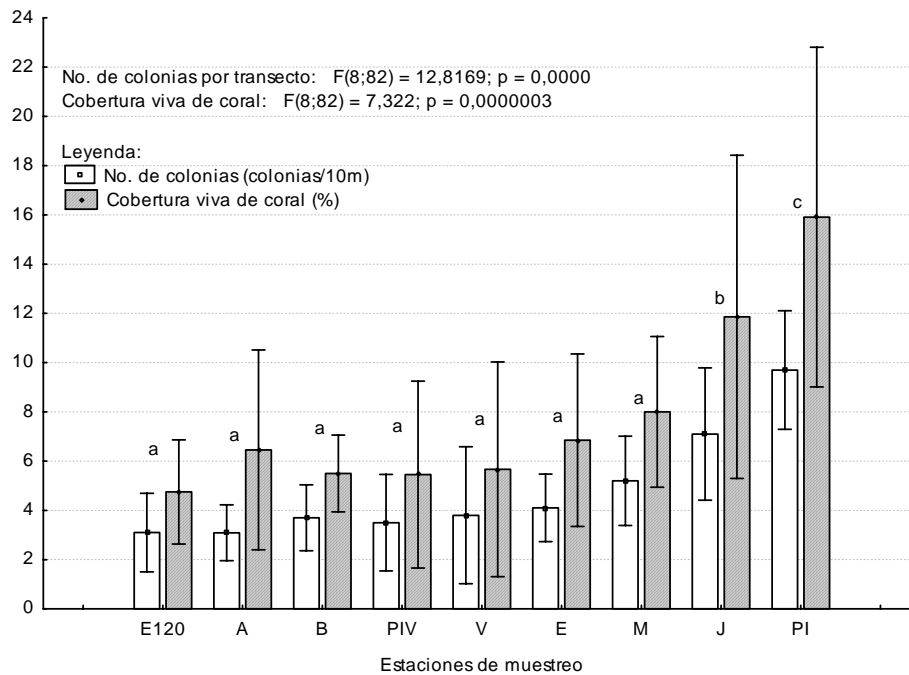


Figura 2. Número medio de colonias (mayores de 10 cm) y del porcentaje de cobertura viva de coral por transecto  $\pm$  desviación estándar en cada estación. Resultados del ANOVA y Newman-Keuls de comparación de medias.

Figure 2. Average number of colonies (bigger than 10 cm) per transect and live coral cover percent  $\pm$  standard deviation at each sampling station. Results of ANOVA and Newman-Keuls post hoc comparison test.

En el conjunto de los transectos de muestreo se contaron 31 especies de corales duros (escleractinios y milepóridos), de un total de 436 colonias. Sin embargo, fuera de los transectos se observaron tres especies más, lo que eleva a 34 el total de especies observadas (Anexo, al final del documento). Las especies *P. astreoides* (19%), *S. siderea* (12%), *A. agaricites* (10%), el género *Montastraea* con cuatro especies (25%), *S. intersepta* (7%), *P. porites* (5%) y *M. meandrites* (3%) representaron más del 80% de los organismos encontrados durante el estudio.

La mayor riqueza de especies de corales (número total de especies y número de especies por transecto) se encontró en la estación Poseidón I (23 y 5,5), seguida por Nuevo Mortera (17 y 4) y Joventina I (17 y 3,9). Ésta fue inferior en los demás sitios (Anexo).

La mayor abundancia de colonias por estación también se halló en Poseidón I (97 colonias/10 transectos), seguida por Joventina I, con 71 colonias/10 transectos. En las demás estaciones, la abundancia total de colonias tuvo valores entre 31 y 52 colonias/10 transectos (Anexo).

No se encontró mortalidad reciente, excepto un 1,3% en Nuevo Mortera. Por tal motivo, el porcentaje de mortalidad superficial de las colonias fue prácticamente antigua. El promedio de superficie muerta de las colonias fue de entre 3 y 10%, en Pecio Virgen de Altagracia y Poseidón I, respectivamente. No obstante, no hubo diferencias significativas entre estaciones en cuanto a este indicador [ $F(8;427) = 0,6258$ ;  $p = 0,7563$ ].

Las estaciones con mayor porcentaje de colonias blanqueadas fueron Pecio Virgen de Altagracia y Este 120 (Tabla II). En El Escalón, Poseidón I y Este 120 las colonias totalmente blanqueadas sobrepasaron el 6%. Por el contrario, en Joventina I prácticamente no se observó blanqueamiento.

Tabla 2. Porcentaje de colonias coralinas con diferente grado de blanqueamiento por estación.  
 Table 2. Percentage of coral colonies with different bleaching degree per sampling station.

Tipo de blanqueamiento	Estaciones de muestreo								
	M	A	E	PIV	PI	B	J	E120	V
% Pálido	9,6	8,8	4,9	5,7	3,1	2,7	2,8	3,2	10,5
% Parcialmente blanqueado	0	5,9	0	0	2,1	0	0	6,5	0
% Blanqueado	0	5,9	7,3	2,9	6,2	5,4	0	6,5	2,6
Total	9,6	20,6	12,2	8,6	11,4	8,1	2,8	16,2	13,1

El porcentaje de colonias enfermas fue bajo. Solamente se observaron dos colonias de *Diploria strigosa* con "banda negra" y una de *Siderastrea siderea* con "manchas oscuras" en Nuevo Mortera, así como una de *Stephanocoenia intersepta* con "manchas oscuras" en Pecio Virgen de Altigracia. El erizo negro *Diadema antillarum* también fue muy escaso, con densidad de 1,16 por 10 m<sup>2</sup> en Nuevo Mortera, y prácticamente ausente en las demás estaciones. La cobertura de macroalgas carnosas fue mayor del 40% en la estación Este 120 y en los otros sitios tuvo valores entre 16-33%, excepto en Nuevo Mortera, donde la presencia de macroalgas fue casi nula (Tabla III). Las macroalgas calcáreas también tuvieron el mayor porcentaje de cobertura (10%) en Este 120, mientras que en las restantes estaciones varió entre cero y 5%. Las algas costrosas presentaron menor cobertura en Nuevo Mortera (2%) y El Escalón (6%), con mayores porcentajes (12-40%) en las demás estaciones.

Tabla 3. Porcentaje de cobertura de macroalgas ± desviación estándar, índices de macroalgas, densidad de reclutas de corales y altura máxima del relieve por estación.  
 Table 3. Percent of algal cover ± standard deviation, algal indices, coral recruit density and maximum reef relief per sampling site.

Estaciones	% macroalgas carnosas	% macroalgas calcáreas	% macroalgas costrosas	Índice de macroalgas carnosas	Índice de macroalgas calcáreas	Reclutas de corales (colonias/m <sup>2</sup> )	Relieve máximo (cm)
M	1,5 ± 7,8	0	2 ± 7,8	0,1	0	7	18,2 ± 12,3
A	24,5 ± 24,5	2,5 ± 6,3	12,5 ± 24,1	43,3	1,7	1,2	30,5 ± 23
E	16,3 ± 20,4	5,1 ± 11,5	6,2 ± 14,1	37,6	6,6	6,4	31,6 ± 29
PIV	28,1 ± 20,2	3,9 ± 7,3	17,1 ± 28,8	80,9	3,1	3,4	36,3 ± 39,4
PI	27,6 ± 25,0	5,7 ± 6,5	17,3 ± 28,2	59,6	8,1	1,6	41,6 ± 29,1
B	21,1 ± 21,6	0,9 ± 3,5	40,8 ± 31,7	52,3	0,3	8,6	39,8 ± 22,5
J	24,6 ± 28,3	4,2 ± 6,1	24 ± 36,8	44,3	7,4	2,2	31,4 ± 24,8
E120	40,3 ± 28,1	10,1 ± 14	23,6 ± 28,9	121,7	18,6	2,2	35,5 ± 25,2
V	33,2 ± 20,9	2,2 ± 2,9	31,9 ± 31,6	176,6	1,8	2,2	22 ± 16,2

El índice de macroalgas carnosas fue elevado en Las Valentinas (176,6) y Este 120 (121,7), en comparación con los demás sitios (Tabla III). El mayor índice de macroalgas calcáreas (18,6) se obtuvo en Este 120, mientras que en los otros sitios éste fue menor de 9.

La densidad de reclutas de corales fue de 8 reclutas/m<sup>2</sup> en Playa Bonita, 7 reclutas/m<sup>2</sup> en Nuevo Mortera y 6 reclutas/m<sup>2</sup> en El Escalón (Tabla III). Esta tuvo valores significativamente inferiores en las estaciones restantes [KW-H (8;455) = 42,9959; p<0,05].

Entre las estaciones estudiadas, en Poseidón I y Poseidón IV se observaron los camellones más desarrollados, que tienen aproximadamente cinco metros de amplitud horizontal y entre tres y cuatro metros de altura. La mayor altura promedio del relieve se observó en Poseidón I y en Playa Bonita (Tabla III). Esta fue significativamente menor en Nuevo Mortera y Las Valentinas [KW-H (8;418) = 32,1184; p<0,05], con valores intermedios en los otros sitios.

El análisis de clasificación numérica mostró una similitud mayor del 50% entre las estaciones estudiadas. Con un 70% de similitud, se agruparon los cuatro sitios de pared más los sitios Poseidón IV y Las Valentinas. Aparte, quedaron juntos Nuevo Mortera y Joventina I, y separado de manera independiente, Poseidón I (Fig. 3).

El alga parda *Lobophora variegata* fue llamativamente abundante en las paredes de Pecio Virgen de Altagracia, Playa Bonita y Este 120. En este último sitio se observó abundante sedimentación, así como en El Escalón, donde se notaron además partes de la pared erosionadas y de coral muerto.

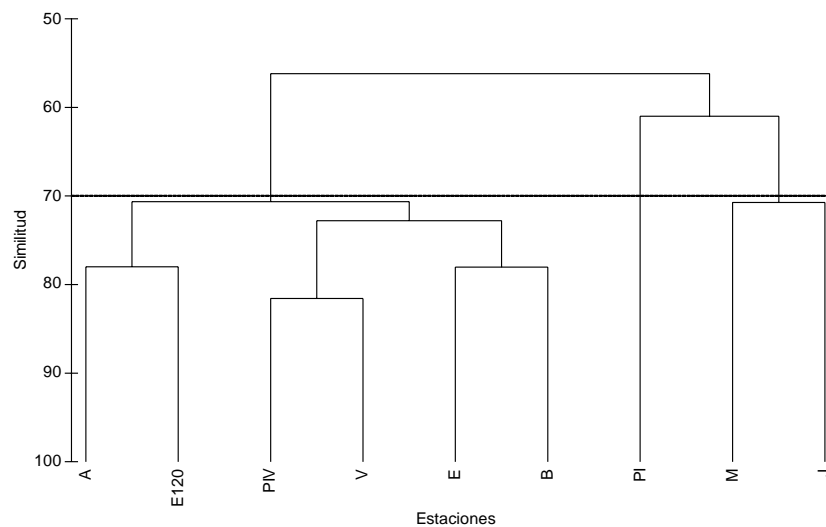


Figura 3. Dendrograma de similitud entre estaciones según la composición por especies de corales y número de colonias.

Figure 3. Cluster of similarities among sampling stations, based on coral species composition and number of colonies.

## DISCUSIÓN

El predominio de especies de corales duros oportunistas, con formas masivas, hemisféricas o costrosas, como *P. astreoides* y *S. siderea*, que son resistentes a la combinación de los

factores oleaje y sedimentación (Hubbard & Pocock, 1972; Lirman & Fong, 1997; Torres & Morelock, 2002), evidenció que el arrecife de coral que bordea la playa de Santa Lucía está sometido a un estrés natural fuerte y constante. El mismo está dado por la intensidad del oleaje que predomina durante casi todo el año, debido a la influencia de los vientos alisios con gran *fetch* proveniente del Océano Atlántico y en menor grado, de los frentes fríos en invierno, lo que debe incidir en la resistencia del arrecife a ciclones (Glynn *et al.*, 1964; Lirman & Fong, 1996, 1997), como fue el caso del Ike que afectó el área en 2008 (Alcolado *et al.*, 2009). Por otra parte, la mortalidad coralina no se diferenció entre sitios, lo que es un signo más de la constancia ambiental (cronicidad de los impactos) en ellos.

Los índices de cobertura viva de coral y de número de colonias son bajos en general, en comparación con los reportados en esta década en arrecifes no contaminados de Cuba evaluados con similar metodología (Caballero *et al.*, 2004, 2005, 2007; De la Guardia *et al.*, 2005; De la Guardia, 2006). No obstante, estos coinciden con los estimados por González-Ferrer *et al.* (2007) y Hernández *et al.* (2008) en arrecifes frontales del Archipiélago Sabana-Camagüey, cercanos a Santa Lucía. El estrés por oleaje intenso en estos sitios no solo influye en el predominio de especies con formas que ocupan comparativamente menos sustrato que las laminares, sino que también se asocia al asentamiento selectivo de las larvas de coral y a la depresión del potencial reproductivo, según Richmond (1997).

La mayor abundancia de corales, así como mayor riqueza de especies presente en Poseidón I, influyeron en la separación de esta estación en el dendrograma. La presencia de la especie *Porites porites* con grandes colonias en Poseidón I y Joventina I, se evidenció en la ubicación de estas estaciones en el dendrograma; mientras que *Stephanocoenia intersepta*, presente en todos los sitios, aportó al agrupamiento de las estaciones de pared con más del 20% de la abundancia en éstas. El número de especies por transecto observado en las estaciones estudiadas, como índice de riqueza de especies en el contexto espacial (Anexo), coincide con lo observado por González-Ferrer *et al.* (2003) en arrecifes contiguos del este del Archipiélago Sabana-Camagüey.

El mayor diámetro promedio de corales encontrado en el veril de Pecio Virgen de Altagracia, así como en Poseidón I, estuvo dado en el primer caso por el predominio y mayor tamaño de colonias de *Agaricia agaricites* y *A. lamarcki*, lo que sugiere condiciones ambientales más favorables que pueden estar relacionadas con las mayores profundidad y pendiente del fondo en este sitio. En cambio, en Poseidón I el mayor diámetro se debió a un conjunto mayor de especies que suelen aportar más al desarrollo estructural de la comunidad (Anexo). El tamaño de corales puede ser utilizado como representativo de la edad de la colonia, lo que puede ayudar a tener un criterio aproximado de la dinámica general de las poblaciones de corales, en dependencia del grado de favorabilidad ambiental (McField & Kramer, 2007). El diámetro mayor promedio de los corales fluctuó entre 20 y 30 cm en la mayoría de los sitios, lo que se considera moderadamente bajo, algo que es de esperar ante las condiciones de estrés descritas.

La mayor complejidad física de la superficie del arrecife en Poseidón I y en Playa Bonita es una evidencia de condición favorable en ambos sitios, ya que proporciona variedad de hábitats para los peces y otros seres vivos y, por lo general, contribuye a albergar comunidades con mayor biodiversidad (McField & Kramer, 2007). En Poseidón I influyó en esta rugosidad del relieve el mayor desarrollo coralino, mientras que en Playa Bonita debe influir su ubicación con respecto al canal de entrada de la Bahía de Nuevitas en la pendiente del biotopo de pared, que facilita el escurrimiento de los sedimentos evitando así su acumulación y sus consecuencias de resuspensión-sedimentación, abrasión o enterramiento súbito.

Los arrecifes frontales del Caribe tienen un promedio de rugosidad de 66 cm, de acuerdo con datos del relieve máximo del arrecife de AGRRA, según Lang & Marks (2006). La altura promedio del relieve encontrada en la mayoría de las estaciones analizadas (30 a 40 cm) fue





inferior, lo que se corresponde con las condiciones de oleaje crónico que tipifican esta área del archipiélago cubano.

La poca mortalidad reciente, solamente encontrada en un sitio, es un signo positivo y alentador, aunque pudieran ocurrir repuntes como los recientemente observados en arrecifes al oeste de La Habana, con banda blanca en *Acropora cervicornis* y plaga blanca en otras especies de corales. El 1,3% encontrado en Nuevo Mortera está dentro del óptimo de 1,5% establecido para el sistema arrecifal mesoamericano (McField & Kramer, 2007). La mortalidad antigua similar entre sitios refleja los efectos de eventos naturales ocurridos en el pasado, que pudieran incluir el blanqueamiento provocado por aumento de la temperatura superficial del mar en esa zona en septiembre de 2005, de acuerdo con Jones *et al.* (2008), y posibles eventos de enfermedades microbianas no registrados.

El blanqueamiento observado en los sitios (8 a 21%) no alcanzó más del 10% en ninguna de las categorías (pálido, parcialmente blanqueado y blanqueado) por separado (Tabla II). Dado que la fecha de muestreo fue posterior a la época de mayor temperatura promedio anual, que provocó un pico de blanqueamiento grado tres (31-50%) en esta zona en septiembre, según la Red de Monitoreo Voluntario de Alerta Temprana de Arrecifes Coralinos del país, es probable que los corales blanqueados hubieran recuperado ya su pigmentación en la fecha del muestreo. El mayor porcentaje de colonias afectadas por blanqueamiento se observó en los sitios más profundos, lo que coincide con resultados obtenidos por otros autores en Yucatán, Las Bahamas y Cuba (Lang, 2003; De la Guardia *et al.*, 2006).

La abundancia de reclutas es un indicador de la capacidad de crecimiento y de recuperación que tendrá el arrecife después de una perturbación y, por tanto, de la función del ecosistema. Las áreas con mayor capacidad de reclutamiento tienden a tener mayor abundancia de macroalgas costrosas coralinas y pocas algas carnosas (McField & Kramer, 2007). En efecto, esto coincide con la mayor densidad de reclutas y el mayor porcentaje de macroalgas costrosas encontrados en Playa Bonita. En El Escalón y Nuevo Mortera el reclutamiento también superó el promedio encontrado de 4,5 reclutas/m<sup>2</sup> en la región del Caribe, según datos de AGRRA de 2005, y se encontró un porcentaje relativamente bajo de macroalgas carnosas. Los ecosistemas de arrecifes saludables dependen de la repoblación y de la conexión entre arrecifes, de ahí que esa cantidad de reclutas debe conferirles cierto grado de resiliencia a las comunidades de corales de esas estaciones bajo efecto crónico del oleaje y afectadas por eventos de blanqueamiento, a juzgar por los datos del Instituto de Oceanología y de la Red de Monitoreo Voluntario de Alerta Temprana de Arrecifes Coralinos de Cuba, que reportan importantes eventos de blanqueamiento en 1995, 1998, 2005 y 2009, según P. M. Alcolado (comunicación personal, 16 de abril, 2010).

La presencia casi nula de erizos de la especie *Diadema antillarum* fue evidente, lo que puede contribuir en algunos sitios a la proliferación de algas si no hubiera otros herbívoros o el fuerte oleaje como controladores naturales. La escasez del erizo negro de espinas largas fue observada de forma similar en arrecifes frontales del Ecosistema Sabana Camagüey en otras expediciones de AGRRA (Espinosa-Sáez *et al.*, 2002; González-Ferrer *et al.*, 2003; 2007).

Con la excepción de Nuevo Mortera, que es un sitio de buceo con condiciones diferentes a los otros por su ubicación en la entrada de la Bahía de Nuevitas, sometido a fuertes corrientes provocadas por los cambios de marea semidiurnos, la cobertura promedio de macroalgas (carnosas + calcáreas), de 31%, fue intermedia entre la de arrecifes frontales del Sistema Arrecifal Mesoamericano (27%) y del Caribe (34%), según datos de AGRRA de 2005 (McField & Kramer, 2007). En cuanto a la cobertura de algas costrosas coralinas, esta fue mayor que la encontrada en otros arrecifes de Cuba por Caballero *et al.* (2005, 2007), principalmente en las estaciones ubicadas en ambos extremos de la zona estudiada. Esto es un buen indicador, dada la importancia que estas tienen como propiciadoras del reclutamiento coralino.



Debe destacarse el hecho de que la zona no muestra indicios de estar afectada por contaminación. Los residuales líquidos provenientes de los hoteles y población aledaña están conectados a la red de alcantarillados que los traslada hacia una laguna de oxidación, ubicada en el sector Serena, detrás de la Laguna El Real, próxima al área de estudio. Este sistema funciona eficientemente luego de una reparación capital a finales de los años 90s. Luego son enviados a través de tuberías a un emisario que está situado muy cerca de la desembocadura de la Bahía de Nuevitás. En este sitio no se ven las aguas turbias, según nuestras observaciones en 2008 y 2009 y comunicaciones personales de residentes y buzos del lugar.

El Centro de Buceo "Shark's Friends" recibe un estimado de 1700 visitantes por año, que representan aproximadamente de 3500 a 4500 inmersiones anuales. Esta cantidad de visitantes tiene valores intermedios en comparación con otros centros de buceo del país, como "María la Gorda" y "Avalon", situados respectivamente en los Parques Nacionales Guanahacabibes y Jardines de la Reina, según datos del Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP, 2006). Existen normas de capacidad de carga que recomiendan entre 4000 y 6000 turistas por sitio por año (Jameson *et al.*, 1999; Zakai & Chadwick-Furman, 2002), lo que excede ampliamente la cifra actual de Santa Lucía.

Con este trabajo ya se cuenta con una línea base útil de indicadores ecológicos, para monitoreos futuros en esos sitios. Los indicadores evaluados deben funcionar como señales de alerta temprana y como herramientas de diagnóstico, que ayuden a los manejadores de recursos a evaluar la situación ambiental y la efectividad de las medidas de manejo tomadas. También deben contribuir a desarrollar y establecer prioridades para el debido control e investigación, y a concienciar al público e involucrar a las comunidades en la toma de decisiones.

## CONCLUSIONES

1. Las comunidades de corales duros del arrecife que bordea la playa de Santa Lucía evidencian el estrés natural fuerte y constante al que están expuestas, por el intenso oleaje que predomina durante casi todo el año.
2. La riqueza de especies, cobertura y número de colonias de corales es similar a la encontrada en arrecifes frontales del Archipiélago Sabana-Camagüey, contiguos al oeste del área de estudio.
3. La estación Poseidón I presentó la mejor condición (abundancia, riqueza y cobertura coralina) entre los sitios estudiados.
4. La estación de Playa Bonita presentó condiciones favorables para el desarrollo coralino, dados sus altos valores de reclutamiento, elevado porcentaje de algas costrosas y mayor rugosidad del relieve.
5. No hubo evidencias de daños producidos directamente por la actividad de buceo.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Alcolado, P. M., Martínez, B., Caballero, H., Hidalgo, G., Busutil, L., Durán, A. & Lake, J. J. (2009). Informe final de biología marina para la 1ra. Etapa del Proyecto: Gestión ambiental de la zona costera como contribución a la sostenibilidad del desarrollo turístico en Santa



- Lucía, Camagüey. Archivo Científico del Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana 22pp., 10 Tablas y 23 Figs.
- Beltrán-Torres, A. U. & Carricart-Ganivet, J. P. (1999). Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina; Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4), 813-829.
- 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 en diez sitios de buceo de María La Gorda, Bahía de Corrientes, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 131-138.
- Carrodegua, C., Brito, M., Suárez, A. M. & Pérez, C. (1990). Vegetación marina. En: L. Fernández, E. García, M. Aguiar, G. Rodríguez & M. Páez (Eds.) *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago Cubano con fines turísticos, 1: Cayos Sabinal, Playa Santa Lucía, Guillermo y Paredón Grande*: 64-65. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Científico-Técnica, La Habana.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2001). Primer v5: User manual/ Tutorial, Primer-E Ltd., Plymouth, 91pp.
- CNAP. (2006). Metodología para capacidad de carga de visitantes en las Áreas Marinas Protegidas de Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas. Ciudad de La Habana, 33pp.
- De la Guardia, E. (2006). Caracterización de la comunidad de corales y estimación del efecto de buceo recreativo en Guajimico, Región Surcentral de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 27(3), 191-196.
- De la Guardia, E., González-Díaz, 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.
- De la Guardia, E., González-Díaz, P., Valdivia, A. & González Ontivero, O. (2006). Estructura y salud de la comunidad de corales en arrecifes de la zona de buceo de Cayo Levisa, Archipiélago de los Colorados, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 27(3), 197-208.
- Eakin, C. M., Kleypas, J. & Hoegh-Guldberg, O. (2008). Global Climate Change and Coral Reefs: Rising Temperatures, Acidification and the Need for Resilient Reefs. En: Clive Wilkinson (Ed.) *Status of the Coral Reefs of the World*. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, pp. 29-34. Townsville, Australia.
- Espinosa-Sáez, J., Pina-Amargós, F., Cantelar-Ramos, K., González-Ferrer, S., Alcolado, P. M., Hernández-González, M. & Hernández-López, J. L. (2002). Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos del Archipiélago Sabana-Camagüey. Informe del Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey (CUB/98/G32), 15 pp.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A. & Watkinson, A. R. (2003). Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals. *Science*, 301, 958-960.
- González-Ferrer, S., Cantelar, K., Marcos, Z., Muñoz, D., Jiménez, A., Alcolado, P. M., Hernández, M. & Hernández, J. L. (2003). Monitoreo del estado de salud de los arrecifes coralinos del Archipiélago Sabana-Camagüey. Informe de la Expedición CUBA-AGRRA 2003, 49 pp.
- González-Ferrer, S., Cantelar, K., Pina, F., Alcolado, P., Jiménez, A., Espinosa, J., Hernández, M. & Hernández, J. L. (2007). 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 Camaguey. Estado actual, avances y desafíos en la*



- protección y uso sostenible de la biodiversidad. Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camaguey. CUB/98/G32; CUB/99/G81. Pp. 38-50. Academia, La Habana.
- Glynn, P. W., Almodóvar L. R. & González, J. G. (1964). Effects of Hurricane Edith on marine life in La Parguera; Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 4(2,3), 335-345.
- Hernández, L., Rodríguez, L., Monticone, K. & De la Guardia, E. (2008). Incidencias del buceo recreativo sobre los arrecifes coralinos en Cayo Coco, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 29(3), 205-212.
- Hubbard, J. A. & Pocock, Y. P. (1972). Sediment Rejection by recent scleractinian corals: A key to paleoenvironmental reconstruction. *Geologische Rundschuge*, 61, 598-626.
- Jameson, S. C., Ammar, M. S. A., Saadalla, E., Mostafa, H. M., Riegl, B. (1999). A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea. *Coral Reefs*, 18, 333-339.
- Jones, L., Alcolado, P. M., Cala, Y., Cobián, D., Coelho, V., Hernández, A., Jones, R., Mallela, J. & Manfrino, C. (2008). The Effects of Coral Bleaching in the Northern Caribbean and Western Atlantic. En: C. Wilkinson y D. Souter (Eds.) *Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005*. Pp: 73-83. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville.
- Lang, J. (2003). Status of Coral Reefs in the Western Atlantic: Results of Initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. *Atoll Res. Bull.*, 496, 630 pp.
- Lang, J. C. & Marks, K. W. (2006). Release of the AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment) Database and Summary Products 1997-2004 v1.2, available in [www.agrra.org/Release\\_2006-10/AGRRA\\_README-2006-10.doc](http://www.agrra.org/Release_2006-10/AGRRA_README-2006-10.doc).
- Lirman, D. & Fong, P. (1996). Sequential storms cause zone-specific damage on a reef in the northern Florida reef tract: evidence from Hurricane Andrew and the 1993 Storm of the Century. *Florida Scientist*, 59(1), 50-63.
- Lirman, D. & Fong, P. (1997). Susceptibility of coral communities to storm intensity, duration and frequency. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium*, 1, 561-566.
- McField, M. & Kramer, P. (2007). *Arrecifes Saludables para Gente Saludable: Guía de indicadores de salud de los arrecifes y bienestar social en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano*. Con las contribuciones de M. Gorrez y M. McPherson. The Smithsonian Institution.
- Richmond, R. H. (1997). Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reef. En: C. Birkeland (Ed.), *Life and death of coral reefs*. Pp. 175-197. Chapman & Hall, New York.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Torres, J. L. & 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.
- Zakai, D. & Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105, 179-187.

**Recibido: junio de 2011.**

**Aceptado: septiembre de 2011.**