

EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ARRECIFES CORALINOS DEL OESTE DE CAYO LARGO DEL SUR, CUBA: 1998-1999

Pedro M. Alcolado, Rodolfo Claro-Madruga, Beatriz Martínez-Daranas, Grisel Menéndez-Macía, Pedro García-Parrado, Karel Cantelar, Miguel Hernández y Rosa del Valle.

RESUMEN

Cayo Largo del Sur, ubicado en el sudoeste de Cuba al sur del Golfo de Batabanó, es un polo turístico de playa y buceo, muy alejado de la isla principal de Cuba y de Isla de la Juventud, y por lo tanto, de asentamientos humanos permanentes importantes y de todo desarrollo agrícola e industrial. Sin embargo, los arrecifes del oeste de Cayo Largo están sufriendo un proceso gradual de deterioro. Se observaron gran escasez de mesoherbívoros (erizo de mar *Diadema antillarum*, principalmente, y de peces escáridos y acantúridos) y altas concentraciones de nutrientes. Como consecuencia se ha producido la proliferación excesiva de algas y de tapetes de cianobacterias. Esto se ha visto reforzado por temperaturas elevadas en 1998 y por la simplificación de relieve debida a la mortalidad de corales por enfermedades y ciclones. Lo último podría limitar el restablecimiento de poblaciones de especies herbívoras. Ya parece existir una generación local de nutrientes en los arrecifes derivada de la descomposición de una gran cantidad de restos de algas. Asociado con altas temperatura durante El Niño y La Niña de 1998, ocurrió un evento intenso de blanqueamiento de corales pero con mortalidad muy limitada. La declinación de la cubierta coralina en las estaciones profundas parece estar más determinada por el efecto acumulativo de muertes parciales de las colonias, que por muerte súbita de colonias enteras. Sólo en las crestas se observaron evidencias de mortalidad masiva de corales.

PALABRAS CLAVE: arrecifes coralinos, estado, Cuba.

ABSTRACT

Ecological assessment of the coral reefs west of Cayo Largo del Sur, Cuba: 1998-1999. Cayo Largo del Sur, located in the southwest of Cuba south of the Gulf of Batabanó, is a beach and diving resort, far from the main island of Cuba and from Isla de la Juventud. Therefore, it is far from important permanent human settlements and from all agricultural and industrial development. However its western reefs are suffering a gradual deterioration process. Great scarcity of mesoherbivores (sea urchin *Diadema antillarum*, as well as scard and acanthurid fishes), and high nutrient concentrations were observed. As a consequence, an excessive algal and cyanobacterial mat proliferation occurred. It has been reinforced by high temperatures in 1998 and by the simplification of bottom relief because of coral mortality caused by diseases and cyclones. The later prevent the re-

establishment of herbivore species populations. Finally, there seems to be a local nutrient generation in the reefs from the decomposition of great amounts of algal detritus. Coinciding with high temperatures during the 1998 El Niño and La Niña, an intense coral bleaching event took place, but with very limited mortality. The decline of coral cover in the deeper stations seems to be more determined by cumulative partial deaths of the colonies, than by sudden death of whole colonies. Evidences of massive coral mortality were observed only in the crests.

KEY WORDS: coral reefs, status, Cuba.

INTRODUCCION

El deterioro paulatino que se observa en los arrecifes del mundo, que se manifiesta como una declinación de la diversidad y cobertura de corales pétreos, una incrementada proliferación de algas, y aparición de numerosas enfermedades en la macrobiota (Goneaga, 1990; Woodley, 1995; Jameson *et al.*, 1995; Lang *et al.*, 1998, entre muchos otros), alarma no sólo a la comunidad científica internacional y a los aficionados al mar, sino también a gobiernos conscientes de la gran importancia económica y social de este ecosistema. El Archipiélago de Cuba, todo rodeado de arrecifes, no escapa de esta situación (Alcolado *et al.*, 1997; Woodley *et al.* 2000).

Los operadores de turismo de buceo locales notificaron algunas alteraciones ecológicas no vistas anteriormente en los arrecifes del oeste de Cayo Largo que tuvieron lugar de mayo a septiembre de 1998 (Rehfeld, 1999): excesivo desarrollo de macroalgas y de tapetes de cianobacterias (que cubrieron a macroalgas, corales y esponjas); intenso evento de blanqueamiento de corales en el verano; virtual ausencia de erizos *Diadema antillarum*; muerte de esponjas; y presencia común de abanicos de mar enfermos.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado de salud de dichos arrecifes un año después y aportar las recomendaciones de manejo pertinentes.

METODOLOGÍA

Cayo Largo del Sur, ubicado en el sudoeste de Cuba al sur del Golfo de Batabanó, es un polo turístico de playa y buceo alejado de la isla principal y de Isla de la Juventud, y por lo tanto, de asentamientos humanos permanentes importantes y de todo desarrollo agrícola e in-

dustrial (Fig. 1). En éste existen, entre otras obras, varias villas hoteleras, una marina, una red vial, un aeropuerto, un poblado de trabajadores, restaurantes rústicos playeros y una granja porcina. Dos lagunas de oxidación ubicadas al noroeste del cayó se hacen cargo del tratamiento de las aguas residuales. Los arrecifes ubicados al oeste están dedicados al buceo turístico y exentos de pesca comercial, pero sufren pesca furtiva, al menos hasta el momento de la investigación.

La evaluación diagnóstica de los arrecifes coralinos tuvo lugar entre el 27 de abril y el 4 de mayo de 1999, en tres zonas de arrecife al oeste de Cayo Largo: Hijos de Ballenatos, Ballenatos y Cayo Rico, para observar posibles gradientes de influencia de la actividad humana del cayó sobre las comunidades de algas, corales, gorgonáceos, esponjas, erizos y peces. El muestreo se llevó a cabo mediante buceo autónomo a profundidades entre 2 y 24 m, en 7 estaciones ubicadas en tres perfiles perpendiculares a la costa (Fig. 1). Las estaciones ubicadas a 12-14 m de profundidad (indicadas con la letra B) se escogieron como de referencia comparativa para observar los posibles gradientes de las variables con relación a la distancia entre esas estaciones y Cayo Largo.

Métodos e indicadores empleados

Para el estudio de los corales pétreos se aplicó el método de evaluación de la condición de los corales de Dustan (1977, 1987), y se realizó el muestreo con cuadrados de 1 m² y con el transecto lineal de Loya (1978). El muestreo de esponjas, gorgonáceos y erizos se llevó a cabo con un cuadrado de 1 m². Para estimar el cubrimiento biológico general del fondo y el índice de talla promedio (ITP) de corales se empleó el método de transecto lineal de Loya (1978). El ITP consiste en la longitud promedio de los tramos intersectados por corales, la que se considera proporcional al diámetro promedio de las colonias. El cubrimiento de algas y cianobacterias bentónicas se obtuvo con el método AGRRA, mediante un marco cuadrado de 25 x 25 cm (Ginsburg *et al.*, 1998). Para los peces se empleó el método de transecto de AGRRA cuantitativo (Ginsburg *et al.*, 1998).

Se calcularon índices de diversidad para las comunidades de esponjas, gorgonáceos y peces, que fueron: número de especies y los

índices de riqueza de especies de Margalef, de heterogeneidad de Shannon y de equitatividad de Pielou. Para los corales pétreos no fue posible alcanzar el número adecuado de colonias para esos índices, por lo que se calculó el índice de Margalef empleando el área muestreada en vez de número de colonias.

Para las estaciones de referencia (1B, 2B y 3B) se aplicó un índice comparativo de nivel de estrés de rangos promediados (de los autores), que se calculó promediando los rangos de indicadores biológicos seleccionados, con una escala ordinal del 1 a 3. Cuando se producían empates entre estaciones se promediaban los puntajes en discusión y se asignaba dicho promedio por igual a éstas, como se procede al ordenar por rangos en pruebas no paramétricas cuando existen ligamientos (Siegel y Castellan, 1988). De este modo, si se empatan las estaciones candidatas al segundo y el tercer rango, se le asigna a ambas el valor de 2.5 ($((2+3):2 = 2.5)$). Además, se empleó el índice de turbulencia del agua de Alcolado (1981) cuyo máximo es 100, basado en el porcentaje de especies de gorgonáceos resistentes a la agitación del agua, también usado en Alcolado (1999).

Ubicación y descripción de las estaciones

Perfil 1 (Arrecife de Hijos de los Ballenatos):

Este perfil constó de 3 estaciones que fueron (Fig. 1; Tabla 1):

Estación 1A. Zona de embate de la cresta arrecifal. Se observó gran cantidad colonias *Acropora palmata* muertas pero en pie hacia la menor profundidad de esta zona. El muestreo tuvo lugar en la parte más frontal y profunda de la cresta donde esos corales estaban vivos en su mayoría. Índice de turbulencia: 75. Profundidad de muestreo: 2-4 m.

Estación 1B. Fondo abrasionado ligeramente inclinado y relieve algo anfractuoso dado por elevaciones rocoso-coralinas verticales conocidas como pilares, de apenas 0.7 m de altura. Existen canales cortos y pocetas de arena. Índice de turbulencia: 22.8. Profundidad de muestreo: 13-15 m.

Estación 1C. Canto con pendiente de aproximadamente 45°. Fondo anfractuoso. Índice de turbulencia: 15. Profundidad de muestreo: 23-24 m.

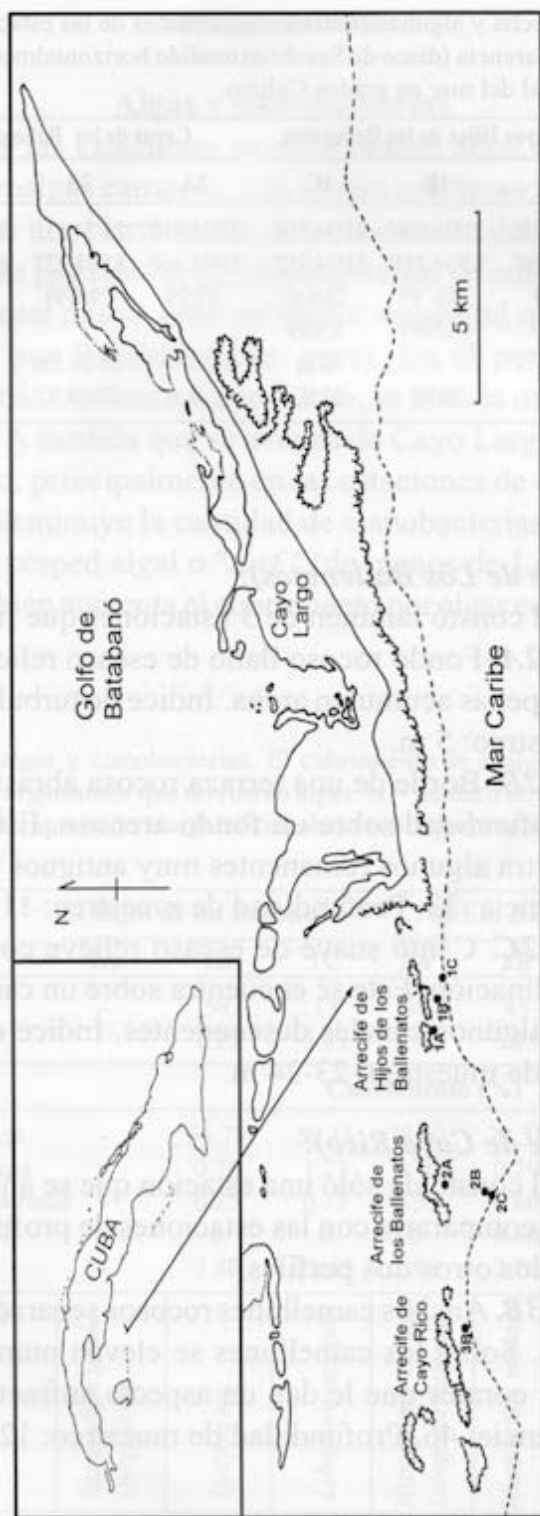


Figura 1. Posición de las estaciones de muestreo de arrecifes coralinos del oeste de Cayo Largo del Sur.

Tabla 1. Ubicación, fecha y algunas características físicas de las estaciones de muestreo de arrecifes. La transparencia (disco de Secchi extendido horizontalmente) se da en m y la temperatura superficial del mar en grados Celsius.

Arrecifes	Cayos Hijos de los Ballenatos			Cayos de los Ballenatos			Cayo Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Latitud	21°36.918'	21°36.636'	21°34.716'	21°35.810'	21°34.132'	21°33.948'	21°34.408'
Longitud	81°35.854'	81°34.251'	81°34.952'	81°38.400'	81°38.227'	81°38.344'	81°40.386'
Fecha	3/5/99	27/4/99 y 1/5/99	28/4 y 1/5/99	3/5/99	29/4/99	29/4 y 2/5/99	3/5/99
Transparencia	-	-	36 m	-	25-29.3 m	28 m	27 m
Temperatura	-	28 °C	27 °C	-	27-28 °C	27 °C	-

Perfil 2 (Arrecife de Los Ballenatos):

Este perfil constó también de 3 estaciones que fueron:

Estación 2A. Fondo rocoso llano de escaso relieve. Las hendiduras del fondo apenas acumulan arena. Índice de turbulencia: 96. Profundidad de muestreo: 5 m.

Estación 2B. Borde de una terraza rocosa abrasiva, que cae de 10 a 14 m de profundidad sobre un fondo arenoso. Este borde es anfractuoso y muestra algunos remanentes muy antiguos de *A. palmata*. Índice de turbulencia: 33. Profundidad de muestreo: 11-14 m.

Estación 2C. Canto suave de escaso relieve con aproximadamente 30° de inclinación. Éste se encuentra sobre un canto más abrupto. Se observan algunos canales descendentes. Índice de turbulencia: 13. Profundidad de muestreo: 23-24 m.

Perfil 3 (Arrecife de Cayo Rico):

Este perfil constó de sólo una estación que se añadió para tener la posibilidad de compararla con las estaciones de profundidad parecida (1B y 2B) de los otros dos perfiles.

Estación 3B. Anchos camellones rocosos separados por amplios canales de arena. Sobre los camellones se elevan numerosos pilares, protuberancias y corales que le dan un aspecto anfractuoso al fondo. Índice de turbulencia: 46. Profundidad de muestreo: 12-14 m.

RESULTADOS

Algas y cianobacterias

En todas las estaciones se encontraron altos valores de cubrimiento de macroalgas carnosas. Las verdes calcáreas fueron muy escasas. Se observó un cierto grado de cubrimiento del fondo, corales y otras macroalgas por tapetes de cianobacterias de color rojo ladrillo, a violeta oscuro casi negro, pero en menor magnitud que las mostradas en fotografías por Rehfeld (com. pers). En el perfil Hijos de los Ballenatos, la más cercana a Cayo Largo, se notó la mayor cantidad de cianobacterias. A medida que se avanza de Cayo Largo hacia el arrecife de Cayo Rico, principalmente en las estaciones de cerca de 13 m de profundidad, disminuye la cantidad de cianobacterias y se incrementa la cobertura de césped algal o "turf" (de menos de 1 cm). En ese mismo sentido también aumenta el cubrimiento por algas coralinas costrosas (Tabla 2).

Tabla 2. Datos de algas y cianobacterias. El cubrimiento se evaluó en los espacios no ocupados por otros organismos que no fueran algas. N = número de cuadrados de 25 x 25 cm; y R_1 = índice de riqueza de Margalef calculado con logaritmo neperiano del número de cuadrados.

Arrecifes Estaciones	C. Hijos de los Ballenatos			C. de Los Ballenatos			C. Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
N	-	59	13	30	45	31	23
R_1	-	1.22	3.89	2.94	3.15	3.20	2.55
Cubrimiento (%)							
Macroalgas carnosas	-	56.75	59.15	78.60	73.31	86.87	51.96
Macroalgas calcáreas	-	0.76	1.23	0.70	0.29	0.71	1.00
Algas coralinas costrosas	-	0.25	0.77	0.33	0.60	1.71	5.43
Césped algal (<i>turf</i>)	-	0	0	0	0.80	0	37.83
Cianobacterias	-	7.80	26.15	1.88	2.78	1.55	0.65
Especies dominantes	<i>Syppodium zonale</i> <i>Dictyota</i> spp.	<i>Dictyota</i> spp.	<i>Lobophora variegata</i>	<i>Microdictyon marinum</i> <i>Lobophora variegata</i>	<i>Microdictyon marinum</i>	<i>Microdictyon marinum</i>	<i>Dictyota</i> spp.

La riqueza de especies de algas fue baja, y la menor en la estación Hijos de los Ballenatos a 13-15 m de profundidad (1B). En todas las estaciones se constató una gran abundancia de algas pardas, principalmente del orden Dictyotales. Fue muy común y localmente abundante *Lobophora variegata*. Es también muy común, pero no tan abundante *Sargassum histrix*. Se hallaron densidades muy significativas de la macroalga carnosa foliosa *Microdyction marinum* solamente en las estaciones de Los Ballenatos, incluso a 24 m de profundidad (Tabla 2). El cubrimiento por macroalgas carnosas es menor en Cayo Rico y mayor en todas las estaciones de Los Ballenatos.

Invertebrados

Entre las estaciones de referencia, la comunidad de corales pétreos de la estación 2B presentaba menor porcentaje de colonias sanas que las estaciones 1B y 3B (Tabla 3). En esas estaciones unos pocos corales (que por su número reducido no aparecieron dentro del muestreo), a juzgar el estado de conservación de sus cálices, murieron en el 1998. Sin embargo, la cantidad de corales con muerte parcial es considerable, sobre todo en la estación 2B (29.5%).

Los tipos más frecuentes de condición de los corales (*sensu* Dustan, 1977) fueron daño del borde del coral (en primer lugar), cubrimiento por algas, daño del tejido y del esqueleto, sedimentación, y reducción del tamaño de la colonia (Tabla 3). Unos pocos corales estaban cubiertos parcial o totalmente por tapetes de cianobacterias. Los cubiertos totalmente eran pequeños. Las partes cubiertas estaban decoloradas pero vivas. Los índices de talla promedio (ITP) de los corales pétreos en las estaciones de referencia de fueron muy bajos, pero mayor en Cayo Rico. Los mayores (sin ser elevados) correspondieron a la cresta y la estación profunda de Hijos de los Ballenatos. La riqueza de especies R_{1A} fue mayor en la estación 3B y la menor, en la 2B (Tabla 4).

Entre las estaciones de referencia la densidad de corales fue también mayor en la estación de Cayo Rico. Le sigue la estación 1B. En las demás estaciones la densidad fue baja. La especie más frecuentemente dominante fue *Siderastraea siderea* (Tabla 4).

En los gorgonáceos, tal como sucedió con los corales, los ma-

Tabla 3. Porcentajes de colonias con diferentes condiciones de los corales. S = saludable; DB = daño del borde; DTE = daño reciente en el tejido y en el esqueleto; Sed = colonia viva con excesivo sedimento encima; DT = daño solo en el tejido; B = blanqueamiento; Mu = excesiva producción de mucus; Sciano = sano con colonización de cianobacterias; RM = recientemente muerto; SMA = sobrecrecimiento de macroalgas; RC = reducción del tamaño del coral; CS = colonia casi saludable; SOI = sobrecrecimiento por otros invertebrados; OE = otras enfermedades; SAC = sobrecrecimiento de algas calcáreas + costrosas; SAF = sobrecrecimiento de algas filamentosas.

Condición	Estaciones						
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
S	43.40	13.40	13.51	42.55	22.95	14.47	12.28
DB	5.66	55.67	55.41	44.68	55.74	55.26	61.40
DTE	28.30	24.74	9.46	17.02	29.51	10.53	22.81
Sed	0.00	27.84	2.70	14.89	22.95	13.16	26.32
DT	9.43	6.19	4.05	12.77	4.92	11.84	5.26
B	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00
Mu	0.00	0.00	0.00	2.13	1.64	0.00	0.00
Sciano	20.75	1.03	14.86	0.00	6.56	9.21	5.26
RM	1.89	0.00	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00
SMA	3.77	16.49	33.78	17.02	26.23	30.26	29.82
RC	1.89	8.25	28.38	14.89	21.31	14.47	15.79
CS	18.87	60.82	44.59	38.30	24.59	64.47	61.40
SOI	15.09	15.46	2.70	12.77	14.75	11.84	14.04
OE	0.00	1.03	2.70	0.00	0.00	0.00	3.51
SAC	28.30	7.22	12.16	10.64	6.56	1.32	5.26
SAF	24.53	16.49	17.57	6.38	21.31	11.84	26.32
BP	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	5.26	1.75

yores índices de heterogeneidad de especies, de riqueza de especies y de equitatividad se encontraron en la estación de referencia más distante de Cayo Largo (3B), a pesar de ser sufrir mayor agitación del agua que las 1B y 2B. Los menores valores se hallaron en Los Ballenatos. La densidad de gorgonáceos en las estaciones de referencia fue también menor en este arrecife (Tabla 5).

El porcentaje de esponjas perforantes en las estaciones de referencia se incrementa hacia Cayo Largo (Tabla 6). En las esponjas, el número de especies, y los índices de heterogeneidad, riqueza de especies y equitatividad (contrariamente a los corales y los gorgonáceos) fueron menores hacia Cayo Rico. La densidad de esponjas en esta estación más lejana (3B) fue superior y dada por la gran cantidad de peque-

Tabla 4. Datos de corales pétreos. N = número de colonias examinadas; A = área muestreada (número de cuadrados de 1 m²); D = densidad de colonias (col./m²); R_{1A} = índice de riqueza de especies de Margalef calculado con el logaritmo neperiano del área; e ITP = índice de talla promedio de corales escleractinios. Entre paréntesis se brinda la desviación estándar.

Arrecifes	C. Hijos de los Ballenatos			C. de Los Ballenatos			C. Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Estaciones	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
A	*	33	8	15	28	23	5
N	52	113	65	47	83	154	54
D	*	3.24 (2.53)	8.13 (3.18)	3.07 (1.83)	2.75 (2.12)	5.65 (3.17)	10.80 (3.19)
R _{1A}		4.58	6.25	2.22	4.80	4.78	7.46
ITP	34.17	12.30	20.41	13.20	9.08	7.86	15.42
Especies dominantes	<i>Porites astreoides</i> <i>Millepora complanata</i> <i>Acropora palmata</i>	<i>Siderastrea siderea</i> <i>Siderastrea radians</i> <i>Stephanocoenia intercepla</i> <i>Montastraea cavernosa</i> <i>Agaricia agaricites</i>	<i>Siderastrea siderea</i> <i>Montastraea faveolata</i>	<i>Millepora alvicornis</i> <i>Siderastrea siderea</i> <i>Porites astreoides</i>	<i>Siderastrea siderea</i> <i>Siderastrea radians</i> <i>Millepora alvicornis</i>	<i>Siderastrea siderea</i> <i>Millepora alvicornis</i> <i>Stephanocoenia intercepla</i> <i>Agaricia agaricites</i> <i>Dichocoenia stokesi</i>	<i>Siderastrea siderea</i> <i>Agaricia agaricites</i> <i>Porites astreoides</i>

*No se empleó el cuadrado sino barrido libre.

ñas esponjas de la especie *Aplysina cauliformis* (Tabla 6).

Los erizos *Diadema antillarum* y *Echinometra* spp. aparecieron sólo en dos estaciones de y con densidades muy bajas (Tabla 7).

Peces

La biomasa de peces en la estación 2A fue muy baja. Es notable la baja biomasa de peces herbívoros. Aquí se observaron también los menores valores de diversidad (Tabla 8).

Inesperadamente, la estación 3B también tenía valores muy bajos de densidad y biomasa, en especial de peces carnívoros de mediana y gran talla, aunque los índices de diversidad fueron típicos de ese biotopo. Esto indica una mayor presión pesquera que en las otras estaciones, muy probablemente por estar incluida en la zona oficialmente protegida contra la pesca comercial.

En todas las estaciones, fue notoria la ausencia de peces herbívoros grandes como el loro guacamayo (*Scarus guacamaia*), el loro de

Tabla 5. Datos de gorgonáceos. N = número de colonias examinadas; S = número de especies; A = área muestreada (número de cuadrados de 1 m²); D = densidad de colonias (col./m²); H' = índice de heterogeneidad de especies de Shannon (nativos); J' = índice de equitatividad de especies de Pielou; y R₁ = índice de riqueza de especies de Margalef. Entre paréntesis se brinda la desviación estándar.

Arrecifes	C. Hijos de los Ballenatos			C. de Los Ballenatos			C. Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Estaciones							
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
N	303	285	257	255	279	185	256
S	16	23	20	15	18	18	23
A	30	30	36	36	36	32	37
D	4.20 (2.14)	9.50 (2.85)	7.13 (2.38)	7.08 (2.58)	4.56 (1.89)	5.78 (1.93)	6.92 (2.76)
H'	1.806	2.184	1.978	1.805	1.658	1.936	2.257
J'	0.652	0.697	0.660	0.666	0.574	0.670	0.720
R ₁	3.102	3.892	3.424	2.526	3.333	3.256	3.967
Especies dominantes	<i>Gorgonia flabellum</i> <i>Eumicea mammosa</i> <i>Eumicea flexuosa</i>	<i>Pseudopterogorgia americana</i> <i>Briareum asbestinum</i> <i>Gorgonia ventralina</i>	<i>Pseudopterogorgia americana</i> <i>Briareum asbestinum</i>	<i>Muricea muricata</i> <i>Pterogorgia citrina</i> <i>Plexaurella dichotoma</i> <i>Eumicea flexuosa</i>	<i>Pseudopterogorgia americana</i> <i>Eumicea flexuosa</i>	<i>Pseudopterogorgia americana</i> <i>Eumicea calyculata</i> forma coronata <i>Eumicea flexuosa</i>	<i>Eumicea flexuosa</i> <i>Pseudopterogorgia americana</i>

media noche (*Scarus coelestinus*), el loro azul (*Scarus coeruleus*), así como la escasez de depredadores grandes como pargos, meros y tiburones.

Cubrimiento del fondo

El cubrimiento del fondo estuvo muy dominado por las algas exceptuando la estación 1A de la zona de embate del arrecife (Tabla 9). El mayor cubrimiento de corales escleractinios se observó en ese mismo arrecife a 23-24 m de profundidad (1C). Las estaciones de Los Ballenatos presentaron valores muy bajos de cubrimiento de corales escleractinios y un elevadísimo cubrimiento de algas. Con el método de transecto lineal el cubrimiento de algas también fue mayor en la estación 2B que en las estaciones 3B y 1B, donde el cubrimiento de corales fue bajo y parecido.

Tabla 6. Datos de esponjas. N = número de colonias examinadas; S = número de especies; A = área muestreada (número de cuadrados de 1 m²); D = densidad de colonias (ind./m²); H' = índice de heterogeneidad de especies de Shannon (nativos); J' = índice de equitatividad de especies de Pielou; R₁ = índice de riqueza de especies de Margalef calculado con logaritmo neperiano del número de individuos; y % esp. perf. = % de esponjas perforantes. Entre paréntesis se brinda la desviación estándar.

Arrecifes	Cayos Hijos de los Ballenatos			Cayos de Los Ballenatos			Cayo Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Estaciones							
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
N	197	252	256	307	254	281	430
S	24	37	37	14	31	37	22
A	50	40	48	38	53	49	33
D	3.94 (3.01)	6.30 (4.54)	5.33 (3.10)	8.08 (3.19)	4.79 (3.33)	5.73 (3.37)	13.03 (5.07)
H'	2.013	2.766	2.758	1.541	2.430	2.687	1.937
J'	0.633	0.766	0.764	0.584	0.708	0.744	0.627
R ₁	4.35	6.51	6.49	2.27	5.42	6.38	3.46
% esp. perf.	71	31	8	0	11	2	4
Especies dominantes	<i>Cliona aprica</i> <i>Cliona varians</i>	<i>Cliona aprica</i> <i>Aplysina cauliformis</i> <i>Ectyoplasia ferox</i>	<i>Ectyoplasia ferox</i> <i>Pseudoceratina crassa</i> <i>Ircinia felix</i>	<i>Aplysina fistularis</i> <i>Iotrochota birotulata</i> <i>Aplysina cauliformis</i>	<i>Aplysina cauliformis</i> <i>Aplysina fistularis</i> <i>Iotrochota birotulata</i>	<i>Aplysina cauliformis</i> <i>Pseudoceratina crassa</i> <i>Ectyoplasia ferox</i> <i>Iotrochota birotulata</i>	<i>Aplysina cauliformis</i> <i>Iotrochota birotulata</i> <i>Aplysina fistularis</i>

Tabla 7. Datos de erizos. N = número de individuos; S = número de especies; A = área muestreada (número de cuadrados de 1 m²); D = densidad (ind./m²).

Arrecifes	C. Hijos de los Ballenatos			C. de Los Ballenatos			C. Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Estaciones							
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
N	0	3	0	89	1	1	0
S	0	1	0	3	1	1	0
A	30	30	36	36	36	32	37
D (total)	0	0.10	0	2.47	0.03	0.04	0
D (<i>E. lucunter</i>)	0	0	0	2.19	0	0	0
D (<i>E. viridis</i>)	0	0	0	0.08	0.03	0	0
D (<i>D. antillarum</i>)	0	0	0	0.19	0	0.04	0

Tabla 8. Datos de peces. N = número de individuos censados; S = número de especies; A = área muestreada (m²); D = densidad de peces (ind./m²); B = biomasa de peces (g/m²); H' = índice de heterogeneidad de especies de Shannon (bitios); J' = índice de equitatividad de especies de Pielou; R₁ = índice de riqueza de especies de Margalef; y B. = biomasa. Entre paréntesis se brinda la desviación estándar.

Arrecifes	Cayos Hijos de los Ballenatos			Cayos de Los Ballenatos			Cayo Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	
Estaciones	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
N	322	677	257	131	277	244	170
S	30	43	32	20	36	30	33
A (m ²)	600	600	600	600	600	600	600
D (ind./m ²)	0.3450 (0.3683)	0.8883 (0.5171)	0.3500 (0.1507)	0.0817 (0.1341)	0.4083 (0.1678)	0.3550 (0.2332)	0.1617 (0.1179)
B (g/m ²)	62.21 (85.77)	177.96 (68.41)	68.43 (32.47)	30.75 (46.78)	102.55 (67.96)	114.83 (110.52)	37.68 (41.89)
H' (bitios)	3.48	3.98	3.89	2.70	4.07	3.53	3.91
J'	0.79	0.80	0.80	0.68	0.81	0.83	0.88
R ₁	3.89	4.22	4.01	2.94	4.12	4.05	4.34
% B. herbívoros	28.0	24.6	28.3	17.4	30.00	18.20	34.8
% B. carnívoros	68.5	76.6	71.7	82.6	70.0	58.2	46.1
% B. bentófagos	41.4	25.5	18.1	9.3	12.8	26.2	22.6
% B. ictiófagos	3.1	28.8	1.9	59.0	18.3	29.4	5.3
% B. ictiobentófagos	18.0	22.2	51.7	21.8	38.8	26.2	34.6
Especies dominantes	<i>Haemulon sciurus</i> <i>Abudefduf saxatilis</i> <i>Acanthurus coeruleus</i>	<i>Scarus croicensis</i> <i>Thalassoma bifasciatum</i> <i>Haemulon flavolineatum</i> <i>H. sciurus</i> <i>H. plumieri</i>	<i>Lutjanus chrysurus</i> <i>Scarus croicensis</i> <i>S. taeniopterus</i> <i>Haemulon sciurus</i> <i>Acanthurus coeruleus</i>	<i>Thalassoma. Bifasciatum</i> <i>Acanthurus coeruleus</i> <i>Halichoeres bivittatus</i>	<i>Haemulon flavolineatum</i> <i>Melichthys niger</i> <i>Ocyurus chrysurus</i>	<i>Haemulon sciurus</i> <i>Acanthurus coeruleus</i> <i>J. bahianus</i>	<i>Acanthurus coeruleus</i> <i>Halichoeres garnotti</i> <i>Haemulon plumieri</i>

Tabla 9. Datos de cubrimiento porcentual del fondo e índice de talla promedio de los corales escleractinios. LM = longitud muestreada; ITP = índice de talla promedio.

Arrecifes	C. Hijos de los Ballenatos			C. de Los Ballenatos			C. Rico
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	
Estaciones	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B
Profundidad	3-4 m	13-15 m	23-24 m	5 m	11-14 m	23-24 m	12-14 m
LM (cm)	5000	2230	2910	5000	4941	5000	4850
Cubrimiento del fondo (%)							
Escleractinios	8.20	13.43	29.28	2.62	2.40	3.46	13.67
<i>Millepora</i>	9.06	1.33	0.00	1.02	0.44	0.10	0.00
Eponjas	0.00	0.18	0.10	0.30	0.00	0.00	0.29
Gorgonáceos	0.26	0.05	1.65	0.00	0.00	0.00	0.23
Algas	3.34	85.00	61.72	96.04	97.17	90.59	85.81
Vacío	79.14	5.52	7.25	0.00	0.00	5.82	0.00

Nivel de estrés inferido por rangos promediados

Integración de los resultados

El nivel de estrés, inferido a partir del promedio de los rangos de los indicadores seleccionados, sitúa a la estación de referencia 2B como la más afectada, y la 3B, como la menos (Tabla 10).

Tabla 10. Rangos de estrés asignados a los indicadores seleccionados y su promedio general para cada estación de referencia. (Rangos: del 1 al 3 según la intensidad del estrés inferido).

Indicadores	Estaciones de referencia		
	1B	2B	3B
% de macroalgas carnosas	2	3	1
% de cubrimiento por felpa algal	3	2	1
% de cubrimiento por algas coralíneas costrosas	3	2	1
% de cubrimiento por cianobacterias	3	2	1
% de esponjas perforantes	3	2	1
% de cubrimiento por corales	1.5	3	1.5
Índice de talla promedio corales (ITP)	2	3	1
% de corales sanos y casi sanos	1.5	3	1.5
Reducción de talla de los corales	1	3	2
Daño reciente en corales (tejido o tejido + esqueleto)	2	2	2
Corales con sobrecrecimiento algal	1	2.5	2.5
Aspergilosis en gorgonáceos	3	2	1
Diversidad de corales (R_{1A})	3	2	1
Diversidad de gorgonáceos (H')	2	3	1
Diversidad de esponjas (H')	1	2	3
Diversidad de peces (H')	1.5	3	1.5
Biomasa de peces	1	2	3
Biomasa de peces herbívoros	1	2	3
Abundancia de erizos	1	2.5	2.5
Sedimentos sobre los corales	2	2	2
Índice de turbulencia	1	2	3
Puntuación total	39.5	50	36.5
Nivel de estrés promedio	1.88	2.38	1.74

- Macroalgas

El fuerte desarrollo de algas debe haberse estimulado inicialmente por la falta de herbívoros. La escasez del otrora común erizo *Diadema antillarum*, explicaría en gran medida, o quizás por sí sola, la abundancia de algas. La fuerte mortalidad masiva del erizo negro que afectó a todo el Gran Caribe (y a Cuba) en 1982-1983 ha provocando un alarmante incremento en el cubrimiento de algas y una reducción en la implantación de las larvas de corales (Hughes *et al.*, 1987; Carpenter 1988; Morrison 1988; Forcucci, 1994). Además de la escasez de grandes peces observada por nosotros, hay testimonio local de una marcada disminución en la abundancia de peces loros.

Si se tienen en cuenta los resultados de Delgado y Lapointe (1994), Paul (1997) y Hay (1997), la escasez de algas calcáreas verdes como *Halimeda* en todas las estaciones puede ser una señal de fuerte déficit de herbívoros, en condiciones de nutrificación. La nutrificación estimula la productividad de las macroalgas carnosas con mayor intensidad que la de las calcáreas (Delgado y Lapointe, 1994) por lo que las últimas deben ser desplazadas competitivamente.

Si seguimos el modelo de Lapointe *et al.* (1997) y Lapointe (1999), la proliferación algal de los arrecifes de Cayo Largo se explicaría por una suma de nutrificación con reducción de herbivorismo. La disminución de la cobertura por macroalgas carnosas junto a un incremento relativo del cubrimiento por felpa algal o "turf" hacia el arrecife de Cayo Rico es un indicio de menor eutroficación, acompañada de un herbivorismo reducido, según el "Modelo de Dominancia Relativa" de Littler y Littler (1984) (Lapointe, 1999). Wilder (2000) encontró que la biomasa de macroalgas en condiciones de exclusión de herbívoros estuvo correlacionada positivamente con la concentración de fosfatos, lo que no ocurrió cuando los herbívoros no estaban excluidos. Por su parte, Smith *et al.* (2000) también encontraron que la biomasa total de algas era mayor en superficies experimentales expuestas simultáneamente a enriquecimiento con nutrientes y exclusión de herbívoros.

El mayor cubrimiento las algas coralináceas costrosas también sugiere una menor eutroficación en esta estación, si seguimos el men-

cionado modelo. El mayor cubrimiento por macroalgas carnosas en Los Ballenatos (incluso mayor a 24 m de profundidad) sugiere que está más afectado por nutrificación que Hijos de los Ballenatos. A la vez, entre este último y Cayo Rico, por el parecido en su cubrimiento por macroalgas carnosas, la situación ambiental aparte de ser más favorable no parece diferir mucho; en el primero, supuestamente por recibir con más frecuencia aguas provenientes directamente del océano abierto y el segundo, por estar más lejos de las posibles (aún no demostradas) fuentes de nutrientes de Cayo Largo.

-Relieve

Otro factor que pudiera disminuir el control de la proliferación de algas es la simplificación gradual del relieve del fondo a causa de la pérdida de gran cantidad de corales *Acropora palmata* y *A. cervicornis*, entre otros. Estos eran muy abundantes en la zona (Kühlman, 1971). La simplificación del relieve disminuye la capacidad de albergar una trama alimentaria poderosa para controlar la proliferación de algas, y de depredadores y raspadores de corales (Szmant, 1997). Esta pudiera explicar también la escasez de peces en la estación 2A (zona de embate).

-Nutricación

Hidroquímica. Para los arrecifes del Caribe el fósforo es limitativo y el umbral crítico de concentración de fósforo total en el agua de los efluentes, para asegurar la sostenibilidad ecológica es de aproximadamente 0.1-0.2 $\mu\text{mol/l}$, y el de nitrógeno total, 0.5-1 $\mu\text{mol/l}$ (Lapointe *et al.*, 1992, 1994, 1997, 1999; Reese y Stone, 1993; Neis y Blume, 1998). Las concentraciones de nutrientes halladas en cuatro expediciones entre mayo de 1998 y agosto del 2000, por Miravet *et al.* (1998, 1999) y Perigó *et al.* (2000) fueron persistentemente superiores que dichos umbrales, y las de los fosfatos, mayores que las encontradas en la zona por Lluís-Riera (1972) en 1968-1970 (Tabla II). No se cuenta con información histórica acerca del nitrógeno total inorgánico de la zona. Las concentraciones de silicatos brindadas por Miravet *et al.* (1999) indican una marcada influencia terrígena aparentemente proveniente del lavado de los suelos de Cayo Largo. Sin embargo, dichos autores no observaron gradientes de concentración de nutrientes

entre la zona de los efluentes (noroeste del cayo) y los arrecifes, sino por el contrario, valores erráticos o comparables en ambos extremos.

Tabla 11. Márgenes de concentraciones de variables hidroquímicas de los arrecifes de oeste de Cayo Largo, O.D. = Oxígeno disuelto; NH_4 = amonio; NO_3 = nitratos; NO_2 = nitritos; NTI = nitrógeno total inorgánico; PO_4 = fosfatos; SiO_2 = silicatos; n.d. = no detectable.

Fecha de muestreo	Fuente de información	O.D. (mg/l; de día)	NH_4 ($\mu\text{mol/l}$)	NTI ($\mu\text{mol/l}$)	PO_4 ($\mu\text{mol/l}$)	SiO_2 ($\mu\text{mol/l}$)
Mayo 1998	Miravet <i>et al.</i> (1998)	8.48	5.63	5.93	0.72	-
Mayo 1999	Miravet <i>et al.</i> (1999)	7.34-8.96	1.14-4.16	2.19-5.17	0.78-1.27	1.76-13.05
Julio-agosto 1999	Perigó <i>et al.</i> (2000)	-	0.94-4.89	0.98-5.01	0.13-0.59	-
Marzo-abril 2000	Perigó <i>et al.</i> (2000)	-	0.94-1.97	1.58-4.35	0.43-0.59	-
Agosto 2000	Perigó <i>et al.</i> (2000)	-	0.98-4.89	1.40-5.01	0.13-0.48	-

Una explicación alternativa al desarrollo turístico del cayo como causa de la eutroficación, sería que debido a la escasez de herbívoros las algas proliferaran excesivamente y condujeran a la generación local de nutrientes a través la descomposición de mayor cantidad de residuos algales.

Se consideró la posibilidad de que eventualmente se produjera el ascenso de aguas profundas nutrificadas como sucedió en Cayo Dry Tortugas (Florida) en mayo de 1998 (Santavy *et al.*, 1999), pero las imágenes satelitarias examinadas (1981-1999) no dieron prueba de ello.

Cianobacterias. El desarrollo de tapetes de cianobacterias como el observado ha ocurrido, al parecer sólo recientemente, en otros arrecifes en fase de declinación, como los de Jamaica y Florida (J. W., J. C. Ogden y N. Ogden, com. pers.). El fenómeno fue visto en Florida en los períodos más calientes, como en nuestro caso. Pudiera estar implicado cierto nivel de hipoxia nocturnas cuando los procesos respiratorios no son compensados por la liberación de oxígeno por las algas.

Esponjas. Según Rose y Risk (1985) y Holmes (1997) la abundancia de esponjas perforadoras es mayor en lugares nutrificados. El incremento del porcentaje de esponjas perforantes en las estaciones de referencia hacia Cayo Largo sugiere una mayor eutroficación cerca de este último. *Clathria venosa*, esponja indicadora de contaminación orgánica (Alcolado y Herrera-Moreno, 1987; Alcolado *et al.*, 1994), sólo

fue observada en las estaciones profundas (11-24 m) de Hijos de los Ballenatos y de Los Ballenatos.

Gorgonáceos. Las especies de gorgonáceos indicadoras de contaminación orgánica, *Plexaura kuekenthali* y *Eunicea flexuosa* (Herrera-Moreno y Alcolado, 1983) están bien representadas en los tres perfiles. Sin embargo, al ser altos los índices de riqueza y de heterogeneidad de especies, no se sugiere un nivel de contaminación fuerte.

Microbiología. Miravet *et al.* (1998), en un estudio microbiológico comparativo de 5 arrecifes del Golfo de Batabanó en mayo de 1998, concluyeron (a partir del balance de la tasa de descomposición o mineralización microbiana con la productividad primaria y bacteriana, y de la concentración de bacterias heterótrofas y sulfato-reductoras) que los arrecifes de Ballenatos presentaban síntomas de nutrificación. La relación Productividad Primaria / respiración fue muy baja (menor que 1) para todas las fracciones que componen el fitoplancton, lo que es característico de lugares con contaminación de origen orgánico (Miravet *et al.*, 1999).

- Elevadas temperaturas

En mayo de 1998, coincidente con el más fuerte evento El Niño del siglo, se midieron temperaturas de 29.5 °C a 10 m de profundidad (Miravet *et al.*, 1998). Para el verano de 1998, durante de La Niña (que comenzó a partir de agosto), Rehfeld (1999) mencionó temperaturas elevadas (31 °C y 32 °C) hasta 40 m de profundidad. Esos valores son superiores a los registrados en la zona entre 1959 y 1968 por Emilsson y Tápanes (1971) y Lluís-Riera (1972). En abril-mayo de 1999 las temperaturas variaron, más cercanamente de los límites normales (Tabla 1).

La elevada temperatura de 1998, además de dar lugar al fuerte evento de blanqueamiento, de corales parece haber sido el factor agudo que desde la primavera exacerbó la proliferación de algas por encima de un nivel crónico impuesto por la falta de herbívoros y la nutrificación, y estimuló la formación de tapetes de cianobacterias. Según Smayda y Shimizu (1993) y Tester (1996), el calentamiento incrementa el crecimiento de las algas y la fotosíntesis en presencia de suficientes nutrientes, y según Valiela (1995), la temperatura estimula el desarrollo de las cianobacterias.

En mayo de 1999 en Los Ballenatos, la concentración de bacterias heterótrofas y la intensidad de la mineralización aeróbica también fueron inferiores que en mayo de 1998. Esto sugiere que fueron las altas temperaturas de 1998 las que produjeron esas diferencias a través de una mayor estimulación de la producción y degradación de materia orgánica (Miravet *et al.*, 1999).

- Pesca furtiva

La densidad y biomasa de peces en las estaciones de 13 y 15 m de profundidad son comparables con las de otros arrecifes similares del Golfo de Batabanó (J. P. García-Arteaga y R. Claro, com. pers.) pero muy inferiores a los de otras áreas turísticas de Cuba sometidas a algún tipo de protección contra la pesca comercial, como Punta Francés (SW de la Isla de la Juventud) y Cayos de Doce Leguas (R. Claro y J. P. García-Arteaga, com. pers.), donde la biomasa es superior dos veces, y se preservan sitios con especímenes grandes residentes.

Los efectos de la falta de peces herbívoros ya han sido mencionados. A pesar de que la zona está declarada bajo prohibición de pesca comercial por acuerdo de los ministerios de la Industria Pesquera, de Turismo, y de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, existe pesca furtiva. Es vital controlar estrictamente pesca furtiva ya que, según Watson *et al.* (1997), cuando el manejo se lleva a cabo a medias, el resultado es igual que si no hubiera manejo alguno. Dichos autores refieren que bajos niveles de pesca ilegal son suficientes para anular los beneficios de áreas cerradas.

- Enfermedades

La cresta del arrecife de Los Ballenatos ha sufrido un marcado deterioro que se refleja en una elevada mortalidad de *Acropora palmata* y a una virtual desaparición de *A. cervicornis*, los cuales dominaban el paisaje según Kühlman (1971). Desconocemos si esa mortalidad fue causada por la enfermedad bacteriana "banda blanca" o por blanqueamiento. No se descarta que parte de la muerte se deba a ciclones, pero se trataría solo de aquellas colonias que no se mantienen en pie.

En 1998, los episodios de blanqueamiento de corales alcanzaron niveles récord en intensidad y distribución en el mundo (Wilkinson, 2000). La mortalidad por blanqueamiento en los arrecifes de Cayo lar-

go en 1998 debe haber sido muy limitada a juzgar por los bajos porcentajes de muerte reciente (Tabla 3). Sin embargo, no descartamos que el blanqueamiento haya causado parte de la reducción de las tallas observada en algunos corales (Tabla 3). Las colonias de *Agaricia* de un sitio ubicado a 30-40 m de profundidad en el suroeste de Cayo Largo aún se conservaban blanqueadas en abril de 1999 (U. Rehfeld, com. pers.). La literatura refiere algunas especies pueden demorar hasta un año en recuperar su color (Epstein *et al.*, 1998).

Por simple apreciación, la frecuencia de la enfermedad "aspergilosis" que destruye a los abanicos de mar es muy alta en los Hijos de los Ballenatos, intermedia en Los Ballenatos, y menor en el arrecife de Cayo Rico (desafortunadamente ello no fue cuantificado). Esta enfermedad es producida por el hongo de los suelos *Aspergillus sydowi* (Smith *et al.*, 1996). La reducción de la frecuencia de abanicos de mar enfermos al alejarnos de Cayo Largo, evidencia que la fuente del problema, probablemente sea la erosión de los suelos del cayo probablemente contaminados por los polvos del Sahel que supuestamente portan el hongo y que caen por centenas de miles de toneladas sobre el Caribe (Shinn y Holmes, 2000; Hayes *et al.*, 2000; Weir *et al.*, 2000)..

- *Sedimentación y turbulencia*

El generalizado predominio del coral *Siderastraea siderea*, altamente resistente a la sedimentación, indica la fuerte influencia de este factor en los tres arrecifes. Éste es también considerado típico de ambientes contaminados (Herrera-Moreno y Martínez-Estalella, 1987).

Siguiendo los resultados de Alcolado (1981), el predominio generalizado de la especie *Pseudopterogorgia americana* refleja la importancia de la sedimentación natural (resuspensión de sedimentos locales) en todas las estaciones ubicadas entre 11 y 25 m de profundidad. *Briareum asbestinum* es otra especie indicadora de sedimentación (Alcolado, 1981), que se presentó en alto porcentaje en las dos estaciones más profundas de Hijos de Ballenatos (13-24 m).

La abundancia relativa de *Gorgonia flabellum*, *G. ventalina*, *Eunicea flexuosa*, *E. mammosa*, *Plexaurella dichotoma* y *Muricea muricata*, especies resistentes a la turbulencia (Alcolado, 1981), evidencia la importancia de ese otro factor natural en varias estaciones (Tabla

5). Los gorgonáceos son menos vulnerables a la sedimentación (Preston y Preston, 1975) y a la presencia de algas que los corales, lo que explica que sus comunidades se presenten en mejor estado general. La resuspensión de los sedimentos locales con el oleaje también se infiere del predominio de la esponja *Aplysina cauliformis* (tolerante a ese factor, según Alcolado, 1999), sobre todo en Los Ballenatos y Cayo Rico.

- Consideraciones finales

Todo parece indicar que lo observado por los turoperadores y Rehfeld (1999) en 1998 no tuvo mayores consecuencias en 1999. Las altas temperaturas de 1998 sólo parecen haber exacerbado temporalmente problemas ya crónicos discutidos. En las estaciones profundas la declinación de la abundancia, cobertura y tamaño de los corales parece ser paulatina en la medida que por diferentes causas los corales van muriendo parcial o totalmente y van siendo sustituidos por algas en vez de por otros corales, al inhibirse el reclutamiento de nuevas. Sólo en las crestas se observaron evidencias de mortalidad masiva. El arrecife de Los Ballenatos evidencia ser el más estresado. Deben realizarse investigaciones para dilucidar el origen de la nutrificación.

AGRADECIMIENTOS

Resaltamos y agradecemos las excelentes condiciones y el apoyo brindados por diversas instituciones de Cayo Largo (Marina Puertosol, Hotel Pelicano de Gran Caribe, MINSAP, MININT, EMPRESTUR, INRH) que atendieron nuestras solicitudes para realizar el trabajo, así como el gran interés mostrado por el problema y su solución. No pasamos por alto la importante colaboración de la ONG norteamericana Reef Relief. Muy valiosa ha sido la revisión crítica del manuscrito por el Dr. Sven Zea de INVEMAR, Colombia. También deseamos agradecer a los técnicos medios Tamara García, Miguel Hernández y Jorge Luis Hernández, su calificada contribución en el muestreo y procesamiento de datos.

BIBLIOGRAFIA

- Adey, W. 1995. Cost effective wastewater remediation for the protection of coral reef environments. 46-47 pp. En: Sustainable Financing Mechanisms for Coral Reef Conservation (A.J.

Hooten y M.E. Hatzilios, eds.), Environmental Sustainable Development Proceeding Series, The World Bank, Washington, No. 9.

- Alcolado, P.M. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bentos. Informe Cient.-Téc., Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba, 187: 1-43.
- _____. 1999. Comunidades de esponjas de los arrecifes del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Bol. Invest. Mar. Cost., 28: 95-124.
- _____. y A. Herrera-Moreno. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de esponjas en el Litoral de La Habana, Cuba. Rep. Invest. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba, 68: 1-17.
- _____.; A. Herrera-Moreno y N. Martínez-Estalella. 1994. Sessile communities as environmental bio-monitors in Cuban coral reefs, 1993. 27-33 pp. En: Proceeding of the colloquium and forum on global aspects of coral reefs: Health, hazards, and history. (R.N. Ginsburg, ed.), Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami.
- _____.; R. Claro, G. Menéndez y B. Martínez-Daranas. 1997. General status of Cuban coral reefs. Proc. 8th Int. Coral Reef Sym., 1:341-344.
- Carpenter, R. 1988. Mass-mortality of a Caribbean sea urchin: Immediate effects on community metabolism and other herbivores. Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., 85: 511-514.
- Delgado, O. y B.E. Lapointe. 1994. Nutrient-limited productivity of calcareous versus fleshy macroalgae in a eutrophic, carbonate-rich tropical marine environment. Coral Reefs, 13: 151-159.
- Dustan, P. 1977. Vitality of reef coral populations of key Largo, Florida: Recruitment and mortality. Environ. Geol., 2: 51-58.
- Dustan, P. 1987. Preliminary observation on the vitality of reef corals in San Salvador, Bahamas. 57-65 pp. En: (H.A. Curran, ed.), Proc. 3rd Sym. Geol. Bahamas: Fort Lauderdale, Florida.
- Emilsson, I. y J.J. Tápanes. Contribución a la hidrología de la plataforma sur de Cuba. Serie Oceanológica, 9: 1-31.
- Epstein, P., B. Sherman, E. Spanger-Siegfried, A. Langston, S. Prasad y B. McKay. 1998. Marine Ecosystems: emerging diseases as indicators of change. Year of the Ocean Special Report on Health of the Ocean from Labrador to Venezuela. Health Ecological and Economic Dimension (HEED) Program of Global Change Program. NOAA/NASA, 85 p.
- Forcucci, D. 1994. Population density, recruitment and 1991 mortality event of *Diadema antillarum* in the Florida Keys. Bull. of Mar. Sci., 54: 917-928
- Ginsburg, R.N., P. Kramer, J. Lang, P. Sale y R. Steneck. 1998. Atlantic and Gulf Reef Assessment (AGRA) Revised Rapid Assessment Protocol (RAP). Rosenstiel School of Atmospheric and Marine Science, Miami, 1-11.
- Goneaga, C. 1990. The state of coral reefs in the Wider Caribbean. Interciencia. 16(1): 12-20.
- Hawskin, J.P. y C. Roberts. 1997. Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA diving. Proc. 8th Int. Coral Reef Sym., Panamá, 2: 1923-1996.
- Hay, M. E. 1997. Calcified seaweeds on coral reefs: complex defenses, trophic relationships, and value as habitat. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panama, 713-718.
- Hayes, M.L., E. Shinn y R.T. Barber. 2000. Dust to dust: iron as the functional link between eolian dust and marine infectious diseases. Proc. 9th Int. Coral Reef Sym, Bali, Indonesia, 398 p.
- Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pawson y P.M. Kier. 1995. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea stars, sea urchins, and allies. Smithsonian Institution Press. Washington DC., 390 p.
- Herrera-Moreno, A. y P.M. Alcolado. 1983. Efecto de la contaminación sobre las comunidades de gorgonáceos al Oeste de la Bahía de la Habana. Ciencias Biológicas, 10: 69-86
- _____. y N. Martínez-Estalella. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades

- de corales escleractíneos al Oeste de la Bahía de la Habana. Rep. Inv. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba, 62: 1-29.
- Holmes, K.E. 1997. Eutrophication and its effects on bioeroding sponge communities. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panamá, 2: 1411-1416.
- Hughes, T.P., D.C. Reed y M. Boyle. 1987. Herbivory on coral reefs: community structure following mass mortalities of sea urchins. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 113: 39-59.
- Jameson, S.C., J.W. McManus y M.D. Spalding. 1995. State of the reefs: Regional and global perspectives. International Coral Reef Initiative Executive Secretariat Background Paper. 32 p.
- Kühlman, D.H.H. 1971. Die Korallenriffe Kubas. II. Zur Ökologie der Bankriffe und ihrer Korallen. Int. Revue ges. Hydrobiol., 56 (2):145-199.
- Lang, J., P. Alcolado, J.C. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Galdes, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell y J. Wiene. 1998. Status of coral reefs in the northern areas of the Wider Caribbean. 123-134 pp. En: Status of coral reefs of the world: 1998 (C. Wilkinson, ed.), Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science.
- Lapointe, B.E. 1999. Simultaneous top-down and bottom-up forces control macroalgal blooms on coral reefs. Limnol. Oceanogr., 44(6): 1586-1592.
- _____; M.M. Litter y D.S. Litter. 1994. Modification of benthic community structure by natural eutrophication: the Belize barrier Reef. Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam., 1: 323-324.
- _____; M.M. Littler y D.S. Littler. 1997. Macroalgal overgrowth of fringing coral reefs at Discovery Bay, Jamaica: Bottom-up versus top-down control. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., 1: 927-932.
- Littler M.M y D.S. Littler. 1984. Models of tropical reef biogenesis: the contribution of algae. Prog. Phycol. Res. 3: 323-361.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. 197-217 pp. En: Coral Reefs: Research methods (D.R. Stoddart y R.F. Johannes, eds.), UNESCO, Paris.
- Luis-Riera, M. 1972. Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. Serie Oceanológica, 14: 1-49.
- Luis-Riera, M. 1977. Estudios hidrológicos de la plataforma suroriental de Cuba y aguas oceánicas adyacentes. Inf. Cient. Téc. Instituto de Oceanología, 17: 1-29.
- Miravet, M.E., G.M. Lugioyo, I.N. Montero, S. Loza, E. Perigó, D. Enríquez, G. Pérez, Y. García, R. Núñez, F. Rodríguez y L. Graña. 1998. Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos y fondos blandos a partir de indicadores microbiológicos en la plataforma SW y NW de Cuba. Informe parcial. Instituto de Oceanología, 20 p.
- _____; G.M. Lugioyo, S. Loza, E. Perigó y M. Montalvo. 1999. Indicadores microbiológicos del estado de salud de los arrecifes coralinos y fondos blandos de la plataforma SW de Cuba. Informe parcial. Archivo Científico del Instituto de Oceanología, 20 p.
- Morrison, D. 1988. Comparing fish and urchin grazing in shallow and deeper coral reef algal communities. Ecology, 69: 1367-1382
- Neis, U. y T. Blume. 1998. Nutrient control for conserving healthy coastal waters and coral reefs in the Caribbean. CEHI News, 5.2: 2-6.
- Paul, V.J. 1997. Secondary metabolites and calcium carbonate as defenses of calcareous algae on coral reefs. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panamá: 707-712.
- Perigó, E., M. Martínez, R. Pérez, J.F. Montalvo, I. Penié, L. Rodas, I. García, C. Peón, S. Esponda, M.E. César, A. Niévares y J. Espinosa. 2000. Evaluación de la calidad ambiental del Golfo de Batabanó. Programa Ramal Protección del Medio Ambiente y del Desarrollo Sostenible Cubano (informe). Instituto de Oceanología, 52 p
- Preston, E.M. y J.L. Preston. 1975. Ecological structure in a West Indian gorgonian fauna. Bull. Mar. Sci., 25: 248-258.
- Reese, C. y A. Stone. 1993. Nutrient water quality standards for seagrass and coral reef habitats. Recommendations for coral reef water quality - protection and management. An American Reefs Campaign Conservation Action Guide, 1-8.

- Rehfeld, U. 1999. Algas pardas y cobertura de bacterias y de algas rojas en los arrecifes frente a Cayo Largo del Sur y su alrededor (Archipiélago de los Canarreos) - Problemas y principios de investigaciones. Manuscrito inédito.
- Rose, C.S. y M.J. Risk. 1985. Increase of *Cliona delitrix* infestation of *Montastrea cavernosa* heads on an organically polluted portion of the Grand Cayman Fringing Reef, PSZNI. *Mar. Ecol.*, 6 (4): 345-363.
- Santavy, D.L., L. McLaughlin, J.W. Porter, J.G. Campbell, R.L. Quarles y M. Parsons. 1999. An upwelling event in the Dry Tortugas during May 1998. Program and Abstracts. International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring and Restoration, Fort Lauderdale, Florida, 170-171.
- Shinn, E. y C. Holmes. 2000. Coral reefs and the threat of soil dust. *Proc. 9th Int. Coral Reef Sym.* Bali, Indonesia, 398 p.
- Siegel, S. y N.J. Castellan Jr. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Second edition. McGraw-Hill, Inc. New York, 399 p.
- Smayda, T.J. y Y. Shimizu (Eds.). 1993. Toxic phytoplankton blooms in the Sea. Elsevier, UK, 265 p.
- Smith, G., I.L. Nagelkerken y K. Ritchie. 1996. Caribbean seafan mortalities. *Nature*, 383: 487.
- Smith, J.E., C. Smith y C. Hunter. 2000. Herbivory and nutrient enrichment on tropical reefs: an experimental analysis of benthic community structure in Hawaii. Abstracts 9th Int. Coral Reef Sym. Bali, Indonesia, 126 p.
- Szmant, A.M. 1997. Nutrient effects on coral reefs: a hypothesis on the importance of topographic and trophic complexity to reef nutrient dynamics. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym. Panamá*, 2: 1527-1532.
- Tester, P.A. 1996. Climate change and marine phytoplankton. *J. Ecosyst. Health*, 2(3): 191-197.
- Valiela, I. 1995. Marine Ecological Processes. Springer Verlag, New York, 686 p.
- Watson, M., R.F. G. Ormond y L. Holliday. 1997. The role of Kenya's marine protected areas in artisanal fisheries management. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym. Panamá*, 2: 1955-1960.
- Weir, J.R., V. Garrison, E. Shinn, G.W. Smith. 2000. The relationship between gorgonian coral (Cnidaria: Gorgonacea) diseases and African dust storms. *Proc. 9th Int. Coral Reef Sym.* Bali, Indonesia, 398 p.
- Wilder, R.M. 2000. Is herbivory the primary structuring force on coral reef algal communities? Abstracts 9th Int. Coral Reef Sym. Bali, Página 126.
- Wilkinson, C. 1998. Status of coral reefs of the world: 1998. Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science, 184 p.
- _____. 2000. Status of coral reefs of the world: 2000. Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science, 363 p.
- Woodley, J.D. 1995. Tropical Americas regional report on the issues and activities associated with coral reefs and related ecosystems. Prepared for The 1995 International Coral Reef Initiative Workshop. Regional Co-ordinating Unit and CARICOMP, 63 p.
- _____; P. Alcolado, T. Austin, J. Barnes, R. Claro-Madruga, G. Ebanks-Petrie, R. Estrada, F. Geraldés, A. Glasspool, F. Homer, B. Luckhurst, E. Phillips, D. Shim, R. Smith, K. Sullivan-Sealey, M. Vega, J. Ward y J. Wiener. 2000. Status of coral reefs in the northern Caribbean and western Atlantic. 239-260 pp. En: Status of coral reefs of the world (C. Wilkinson, ed.), Global Coral Reef Monitoring Network. Australian Institute of Marine Science.

FECHA DE RECEPCIÓN: 10/07/00

FECHA DE ACEPTACIÓN: 17/08/01

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:

Instituto de Oceanología, Ave 1^a No. 18406, Reparto Flores, Playa, Ciudad de La Habana
C.P. 12100, Cuba. E-mail: alcolado@unepnet.inf.cu y alcolado@oceano.inf.cu