



## Ficoflora de los arrecifes coralinos del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

### *Algal flora of the coral reefs in Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba*

Daily Zúñiga-Ríos\*, Beatriz Martínez-Daranas\*\* y Pedro M. Alcolado\*

\*Instituto de Oceanología (CITMA). Ave 1ª N° 18406, Playa, Ciudad de la Habana 11600, Cuba. dzrios@oceano.inf.cu

\*\* Centro de Investigaciones Marinas (UH-MES). Calle 16 N° 114, Playa, Ciudad de la Habana 11300, Cuba.

#### AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey (CUB/92/G31) que financió este trabajo, así como a la tripulación del BIC Ulises.

#### Resumen

Para obtener una primera aproximación al conocimiento de las comunidades de macroalgas de los arrecifes de coral del archipiélago Sabana–Camagüey, se realizaron muestreos en 10 perfiles a lo largo del gradiente de profundidad, ubicados en los arrecifes de borde de plataforma de los cayos Sabinal, Guajaba, Confites, Coco, Paredón del Medio, Oeste de cayo Guillermo, Caimán Grande, Francés, Fragoso y Esquivel. En cada perfil se tomaron muestras de algas en cuatro estaciones situadas en la zona trasera del arrecife a 1 m de profundidad, y en el arrecife frontal a 5, 10 y 20 m de profundidad. Estas fueron tomadas con un colector hidroneumático circular de 0.07 m<sup>2</sup> de área. Se encontraron 130 especies de algas. La mayor riqueza de especies se presentó en las estaciones de 5 m de profundidad del arrecife frontal. El predominio de las especies en la zona trasera y 20 m de profundidad del arrecife frontal fue heterogéneo, mientras que en 5 m de profundidad predominó la especie *Cladophora catenata*, y en 10 m *Cladophora catenata* y *Microdictyon marinum*. Las especies de mayor frecuencia de aparición en las cuatro profundidades fueron: *Cladophora catenata*, *Anadyomene stellata*, *Microdictyon marinum*, *Halimeda tuna* y *Valonia ventricosa*. La biomasa total varió con las localidades y la profundidad, pero fue mayor a los 5 m del arrecife frontal. Los altos valores de biomasa en toda la zona arrecifal parecen estar ocasionados por los altos niveles de nutrientes en el agua y la escasez de herbívoros.

#### Abstract

With the purpose of obtaining a first approximation to the knowledge of coral reef macroalgae communities in Sabana-Camagüey Archipelago, 10 profiles along the depth gradients, located on the shelf border reefs were sampled in the keys Sabinal, Guajaba, Confites, Coco, Paredón del Medio, West of Guillermo, Gran Caimán, Francés, Fragoso and Esquivel. In each profile, algae samples were taken at four stations located in the rear zone at 1 m deep, and in the fore reef at 5, 10 and 20 m deep. A circular hydro-pneumatic collector with a 0.07 m<sup>2</sup> area was used. A total of 130 algae species were found. The highest species richness was observed at 5 m deep on the fore reef. The predominant species in the rear zone and at 20 m deep on the fore reef varied among profiles; at 5 m depth the dominant species was *Cladophora catenata*, while at 10 m were *Cladophora catenata* and *Microdictyon marinum*. The most frequently occurring species in the four depths were: *Cladophora catenata*, *Anadyomene stellata*, *Microdictyon marinum*, *Halimeda tuna* and *Valonia ventricosa*. Total biomass varied with locations and depths, but was higher at 5 m deep on the fore reef. High biomass values in the whole reef zone seem to be caused by high levels of nutrients and herbivore scarcity.

**Palabras clave:** macroalgas, biomasa, estructura, zonación del arrecife.

**Keywords:** macroalgae, biomass, structure, coral reef zonation.

## INTRODUCCIÓN

El archipiélago Sabana-Camagüey se extiende a lo largo de aproximadamente 465 km en el norte central de Cuba, entre Punta de Hicacos al Oeste y la Bahía de Nuevitas al Este, abarcando cinco provincias: Matanzas, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, y Camagüey. El archipiélago Sabana-Camagüey (ASC) constituye el mayor sistema de cayos del Gran Caribe y contiene el 60% de los cayos del país (2 515 cayos con un total de 3 414 km<sup>2</sup>). Los arrecifes coralinos se extienden con un área aproximada de 390 km<sup>2</sup> a todo lo largo del borde externo de la plataforma marina y se manifiestan como crestas coralinas a manera de rompientes, y arrecifes frontales que se extienden hacia mayores profundidades con transiciones de formaciones coralinas diversas que incluyen veriles sencillos o con contrafuertes, sistemas de camellones y canales, arrecifes de parche, un “hoyo azul” (*blue hole*), cañones, y abruptos cantos profundos (Alcolado, García & Espinosa, 1999).

Las macroalgas juegan un papel importante en la formación de los arrecifes coralinos, sirven de alimento a peces e invertebrados, modifican los fondos marinos al fijar los sustratos por medio de sus rizoides, enriquecen las aguas con oxígeno y aportan nutrientes (González, Cruz, Domínguez, Serrano & Basañez (2007). Sin embargo, el exceso de éstas, como es la tendencia actual, llegan a ser muy perjudiciales para los corales por diversos mecanismos, tales como competencia por el espacio y la luz, alelopatía, abrasión y estrés por diferentes vías, aunque estas relaciones son complejas (McCook, Jompa & Díaz-Pulido, 2001; Fabricius, De’ath, McCook, Turak & Williams, 2005; Smith *et al.*, 2006).

A pesar de lo antes mencionado, existe poca información sobre la estructura, composición, y distribución de especies de macroalgas en los arrecifes coralinos (Díaz-Pulido & McCook, 2008), y especialmente sobre su biomasa. Las macroalgas responden rápidamente a cambios en las condiciones del ambiente, funcionando como indicadores de otros procesos en desarrollo (Fernández, 2008), de ahí la importancia que tiene el estudio de este grupo, por lo que es objetivo de este trabajo obtener una primera aproximación al conocimiento de las comunidades de macroalgas de los arrecifes de coral del ASC.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo, como parte de una primera exploración de la biodiversidad en los arrecifes coralinos del ASC, se desarrolló en el marco del proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey (CUB/92/G31) entre abril y mayo de 1994 a bordo del BIC “Ulises”. Se realizaron muestreos en 10 perfiles alineados con el gradiente de profundidad, en los arrecifes de borde de plataforma del ASC en cayo Sabinal, cayo Guajaba, cayo Confites, cayo Coco, cayo Paredón del Medio, Oeste de cayo Guillermo, cayo Caimán Grande, cayo Francés, cayo Fragoso y cayo Esquivel (Fig. 1).

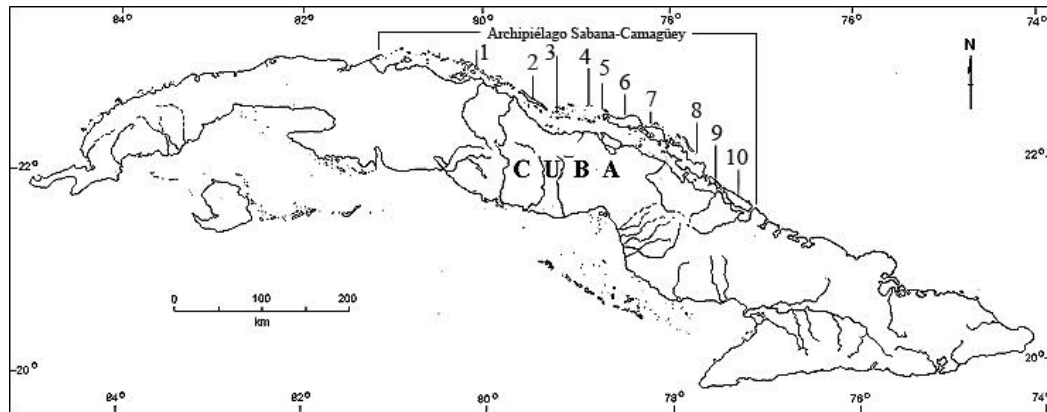


Figura 1. Ubicación del área de estudio y los perfiles de muestreo. (Modificado de: Alcolado, García-Parrado & Hernández-Muñoz, 2008). 1: cayo Esquivel; 2: cayo Frágoso; 3: cayo Francés; 4: cayo Caimán Grande; 5: Oeste de cayo Guillermo; 6: cayo Coco; 7: Paredón del Medio; 8: cayo Confites; 9: cayo Guajaba; 10: cayo Sabinal.

Figure 1. Location of the study area and sampling profiles. (Modified from: Alcolado, García-Parrado & Hernández-Muñoz, 2008). 1: Cayo Esquivel, 2: Cayo Frágoso, 3: Cayo Francés, 4: Cayo Caimán Grande, 5: W of Cayo Guillermo, 6: Cayo Coco, 7: Cayo Paredón del Medio, 8: Cayo Confites, 9: Cayo Guajaba; 10: Cayo Sabinal.

En cada perfil se tomaron muestras de algas en cuatro estaciones ubicadas en la zona trasera del arrecife a 1 m de profundidad y en el arrecife frontal a 5 m, 10 m y 20 m de profundidad, respectivamente. Para ello se utilizó un colector hidroneumático circular de 0.07 m<sup>2</sup> de área con copo colector de malla de con luz de 0,6 mm. Las algas fueron colectadas mediante raspado con una espátula y succionadas con el colector. Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 5% previamente neutralizado con tetraborato de sodio, guardadas y etiquetadas. En cada estación se obtuvo una muestra con 14-15 unidades muestrales.

Por el carácter exploratorio de la expedición, la biomasa total se sólo se determinó mediante el pesaje de la masa húmeda bajo techo escurrida durante diez minutos, y se llevó a unidad de área.

Las determinaciones de los taxones se realizó en el laboratorio según Taylor (1960), Littler, Littler, Bucher & Norris (1989), Littler & Littler (2000), Wynne (2011), Suárez (2005), y Guiry & Guiry (2011). Las especies dominantes en cada muestra se determinaron de forma visual, teniendo en cuenta la frecuencia con que aparecieron en las unidades de muestreo y su abundancia en las mismas.

Para conocer el grado de similitud dentro de la zona, se confeccionó una matriz de presencia-ausencia de macroalgas en todas las estaciones, para lo que se empleó el índice de Bray Curtis, el análisis de agrupamiento (Cluster) de promedio de grupos, y la prueba SIMPROF con 5% de significación para determinar la evidencia significativa de la estructura entre los grupos formados (Clarke & Gorley, 2006).

La comparación de la biomasa total húmeda se realizó mediante un ANOVA Bifactorial con un nivel de significación de 0.05, con el programa Statistica 7.0 (StatSoft, 1995), considerando como primer factor las estaciones de muestreo, con 10 niveles (las 10 localidades o perfiles) y como segundo factor las zonas del arrecife (por profundidades), con 4 niveles. Para ello, los datos fueron transformados mediante la ley de potencia de Taylor (Elliot, 1971). Con el fin de comparar la cantidad de especies por profundidad se utilizó un ANOVA no paramétrico (Kruskal-Wallis) y la significación estadística se realizó mediante la Prueba de Nemenyi según

Zar (1996).

## RESULTADOS

La riqueza de especies de macroalgas colectadas en los arrecifes del ASC estuvo representada por 130 taxones, aunque de ellos solo se enumeran 112 (Tabla 1), ya que 18 no han sido identificados al menos hasta nivel de género. De estas macroalgas, 47% corresponden al phylum Chlorophyta, seguidas por las de Rhodophyta y Ochrophyta con 34 y 19%, respectivamente.

Tabla 1. Lista de especies de macroalgas de los arrecifes del archipiélago Sabana-Camagüey por zonas del arrecife y profundidades (ZT: zona trasera). Perfiles en los cayos: Sabinal (S), Guajaba (GJ), Confites (CF), Coco (C), Paredón del Medio (P), Oeste de Guillermo (G), Caimán Grande (CG), Francés (FC), Frágoso (FG) y Esquivel (E).

Table 1. List of macroalgae species from coral reefs in Sabana-Camaguey Archipelago per reef areas and depths (ZT: rear area). Profiles in the keys: Sabinal (S), Guajaba (GJ), Confites (CF), Coco (C), Paredón del Medio (P), W of Guillermo (G), Caimán Grande (CG), Francés (FC), Frágoso (FG) and Esquivel (E).

Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
<b>Phylum RHODOPHYTA</b>				
<b>Clase Florideophyceae</b>				
<b>Orden Corallinales</b>				
<b>Familia Corallinaceae</b>				
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux		CG	FC	
<i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux				S
<i>Amphiroa</i> sp1	S, G	S, GJ, CF, P, G, FG, E	S, GJ, E	S, GJ, CF, FG, E
<i>Amphiroa</i> sp2	CG		FG	
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus		CF		E
<i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamouroux	S	E	S, E	FC
<i>Jania cubensis</i> Montagne ex Kützing	CG	GJ, CG, FC, FG, E	GJ, C, CG, FC, FG, E	GJ, C, FC, E
<i>Jania</i> sp1	C, P, G, CG	S, GJ, CG, FC	S, GJ, C, P, G, CG, FC, FG	E
<i>Jania</i> sp2		S, CF, C, P, G, FG		
<b>Orden Nemaliales</b>				
<b>Familia Liagoraceae</b>				
<i>Ganonema pinnatum</i> (Harvey) Huisman	C			
<i>Liagora ceranoides</i> J.V. Lamouroux	C			
<b>Familia Galaxauraceae</b>				
<i>Galaxaura comans</i> Kjellman				S
<i>Galaxaura</i> s.l. sp1	S, G	S, CF, P, G, FG, E	S, G, FG, E	S, GJ, CF, C, E
<i>Galaxaura</i> s.l. sp2		S, G, C, CG, E	GJ, C, CG, FC, E	CF, P, CG, FC, E
<b>Orden Ceramiales</b>				
<b>Familia Ceramiaceae</b>				



Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne	CG	C	FC, FG, E	C, FC, FG
<i>Ceramium</i> sp1			C, CG	GJ, CG, FG, E
<b>Familia Dasyaceae</b>				
<i>Dictyurus occidentalis</i> J. Agardh		FC	CG	
<i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) M.J. Wynne			CG	
<b>Familia Delesseriaceae</b>				
<i>Martensia fragilis</i> Harvey				
<b>Familia Rhodomelaceae</b>				
<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen				C, FC
<i>Bryothamnion seaforthii</i> (Turner) Kützing				FC
<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S.G. Gmelin) M.A. Howe		FG		
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C.Agardh	S, G	GJ, P, G, FG	S, GJ, CG	C, P, FC
<i>Laurencia intricata</i> J.V. Lamouroux		CG		
<i>Laurencia</i> s.l. sp1.	S, C, CG	C, P, FC, FG, E	GJ, C, FC	C, P, G, CG, FC
<i>Laurencia</i> s.l. sp2.		CG	FC	
<i>Laurencia</i> s.l. sp3.		CG, FC	FG	C, FC, FG
<i>Palisada perforata</i> (Bory de Saint-Vincent) K.W.Nam	S			
<i>Polysiphonia</i> s.l. sp1		CG, F	FC, FG	FC, FG
<i>Polysiphonia</i> s.l. sp2		CG		
<i>Wrightiella tumanoviczii</i> (Gatty ex Harvey) F.Schmitz				GJ
<b>Familia Spyridiaceae</b>				
<i>Spyridia clavata</i> Kützing		C, P, G, CG, FC, FG		GJ, C, FC
<i>Spyridia</i> sp.			GJ, P	
<b>Orden Gelidiales</b>				
<b>Familia Gelidiaceae</b>				
<i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål) J. Feldmann & G. Hamel		GJ, E		
<b>Orden Gigartinales</b>				
<b>Familia Cystocloniaceae</b>				
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux		E	FC, FG, E	S, CG, FC, E
<b>Orden Rhodymeniales</b>				
<b>Familia Rhodymeniaceae</b>				
<i>Botryocladia pyriformis</i> (Børgesen) Kylin		S, CF, G	S, GJ, C, P, G, E	S, GJ, CF, C, G, E
<b>Familia Champiaceae</b>				
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey		CG, FC, E	FC, FG	E
<i>Champia</i> sp.				C



Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
<b>Phylum OCHROPHYTA</b>				GJ
<b>Clase Phaeophyceae</b>				
<b>Orden Dictyotales</b>				
<b>Familia Dictyotaceae</b>				
<i>Canistrocarpus cervicomis</i> (Kützinger) De Paula & De Clerck	S, C	S, FC	S	S, GJ, CF, C
<i>Dictyopteris justii</i> J.V. Lamouroux		GJ, CF	G	GJ, C
<i>Dictyota bartayresiana</i> J.V. Lamouroux		FG		FG
<i>Dictyota mertensii</i> (Martius) Kützinger	S, GJ, C, P, G	CG, F, FG, E	C, G, CG	
<i>Dictyota pinnatifida</i> Kützinger	C		C	
<i>Dictyota pulchella</i> Hörnig & Schnetter	G			S, FG
<i>Dictyota</i> s.l. sp1	P, G, CG	S, GJ, CF, C, G, CG, FC, FG, E	C, P, G, CG, FC, FG, E	GJ, C, FC, E
<i>Dictyota</i> s.l. sp2		G, CG, F	C, CG, FC, FG, E	GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG
<i>Dictyota</i> s.l. sp3				CF, G, CG, FC
<i>Lobophora variegata</i> (J.V. Lamouroux) Womersley ex E.C. Oliveira	GJ, P, G, CG	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FG, E	S, GJ, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E
<i>Padina gymnospora</i> (Kützinger) Sonder	S, GJ, C, G, CG	S, CF, G, CG, FC, FG	P	GJ, FG
<i>Styopodium zonale</i> (J.V. Lamouroux) Papenfuss	C, P, G, CG	S, GJ, CF, C, P, G, E	CG, E	S
<b>Orden Fucales</b>				
<b>Familia Sargassaceae</b>				
<i>Sargassum buxifolium</i> (J. Agardh) M.J. Wynne	C	S, GJ, CF, C, P, CG, FG, E	S, GJ, C, G, CG, FC, FG	S, GJ, CF, G
<i>Sargassum hystrix</i> J. Agardh		FC	S, GJ, C, P, G, E	S, GJ, CF, C, P, G, CG
<i>Sargassum platycarpum</i> Montagne	S, GJ, P, G, CG	S, GJ, CF, C, P, G, FG, E	S, GJ, CG	S, GJ
<i>Sargassum polyceratium</i> Montagne	GJ, G, P, CG	G, F, E	C	
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh	S, GJ, P, CG	S, GJ, CF, P, G, FC	S, GJ, G, CG, FG	GJ
<i>Sargassum</i> sp.			FC	
<i>Turbinaria tricostata</i> E.S. Barton	S, P, G, CG	S		
<i>Turbinaria turbinata</i> (Linnaeus) Kuntze	S, G, CG			
<b>Orden Ectocarpales</b>				
<b>Familia Scytosiphonaceae</b>				
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier	C			
<b>Phylum CHLOROPHYTA</b>				
<b>Clase Siphonocladophyceae</b>				
<b>Orden CLADOPHORALES</b>				
<b>Familia Anadyomenaceae</b>				
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh	S, GJ, C,	S, GJ, CF, C, P, G,	S, GJ, C, P, G,	S, GJ, CF, C, P,



Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
	P, G, CG	CG, FC, FG, E	CG, FC, FG, E	G, CG, FC, FG, E
<i>Microdictyon marinum</i> (Bory de Saint-Vincent) P.C. Silva	S, GJ, C, P, G, CG	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E
<b>Familia Cladophoraceae</b>				
<i>Cladophora catenata</i> (Linnaeus) Kützing	S, GJ, C, P, G, CG	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, CF, P, G, CG, FC, FG, E
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing			C	
<i>Chaetomorpha</i> sp.	CG	FG	FC	E
<b>Orden Siphonocladales</b>				
<b>Familia Boodleaceae</b>				
<i>Struvea elegans</i> Børgesen			FC	G
<b>Familia Siphonocladaceae</b>				
<i>Chamaedoris peniculum</i> (J. Ellis & Solander) Kuntze		CG	FC	
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i> (Forsskål) Børgesen	GJ, C, P, CG	GJ, P, G, CG, FG, E	S, GJ, G, CG,	S, GJ, FC
<i>Dictyosphaeria ocellata</i> (M.A. Howe) J.L. Olsen-Stojkovich	P	GJ, CG	C, FC	G, FC
<b>Familia Valoniaceae</b>				
<i>Valonia aegagropila</i> C. Agardh		E		
<i>Valonia macrophysa</i> Kützing	S	S, GJ, CF, P, CG, FC, FG, E	S, GJ, C, G, CG, FC, FG	S, GJ, C, P, FC
<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C. Agardh	CG	GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG	GJ, C, G, CG, FC, FG	C, P, FC
<i>Valonia ventricosa</i> J. Agardh	S, C, P, G, CG	GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, C, G, CG, FG, E	S, GJ, CF, C, P, G, CG, E
<b>Clase Bryopsidophyceae</b>				
<b>Orden Bryopsidales</b>				
<b>Familia Codiaceae</b>				
<i>Codium intertextum</i> Collins & Harvey				C
<i>Codium repens</i> P.L. Crouan & H.M. Crouan			C, G	G, CG, E
<b>Familia Caulerpaceae</b>				
<i>Caulerpa cupressoides</i> (West) C. Agardh	GJ, C	P, G, FG	E	
<i>Caulerpa mexicana</i> Sonder ex Kützing		CG, FC, FG	CG, FG, E	S, FC
<i>Caulerpa microphysa</i> (Weber-van Bosse) J. Feldmann			P, E	
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux		CG		
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh		P, G, CG, FC, FG	CG, FC, FG	
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i> (J.V. Lamouroux) Eubank		FG		
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G.Gmelin) M.A. Howe		FG		
<i>Caulerpa webbiana</i> Montagne			G	
<i>Caulerpella ambigua</i> (Okamura) Prud'homme van Reine & Lokhorst		CG, FC	CG, FG	



Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
<b>Familia Dichotomosiphonaceae</b>				
<i>Avrainvillea nigricans</i> Decaisne		GJ, P, CG, FC, FG, E	GJ, P, G, FC	GJ, C, P
<i>Avrainvillea rawsonii</i> (Dickie) M.A. Howe			GJ, E	
<i>Cladocephalus luteofuscus</i> (P.L. Crouan & H.M. Crouan) Børgesen		GJ, CG	C	C
<b>Familia Halimedaceae</b>				
<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne	G	S, E	S, GJ, C, P, G, E	GJ, G, FC, FG, E
<i>Halimeda goreauii</i> W.R. Taylor		CF, FG, E	FG, E	C
<i>Halimeda incrassata</i> (J. Ellis) J.V. Lamouroux		P, CG	CG	S, GJ
<i>Halimeda lacrimosa</i> M.A. Howe	CG	S, GJ, CF, P, G, CG, FC, FG, E		S, GJ, CF, FC
<i>Halimeda monile</i> (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux	S, GJ, C, P, CG			
<i>Halimeda monile</i> f. <i>cylindrica</i> (Børgesen) Collins & Hervey		P, CG, FG		
<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux	GJ, C, P, G	CF, P, FG	P, E	G
<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux	C, P, G, CG	S, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, C, P, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, CF, C, P, G, CG, FC, FG, E
<i>Halimeda</i> sp1	G	GJ, CF, CG	G, CG, FC, FG	FC
<i>Halimeda</i> sp2			FG	
<b>Familia Udoteaceae</b>				
<i>Penicillus dumetosus</i> (J.V. Lamouroux) Blainville		FG	FG	
<i>Penicillus lamourouxii</i> Decaisne	GJ	P, G, FG	E	S
<i>Penicillus pyriformis</i> A. Gepp & E.S. Gepp	C	P, FG	CG, FG, E	
<i>Penicillus</i> sp.				C
<i>Rhypocephalus oblongus</i> (Decaisne) Kützing		FG	P, G, FG	
<i>Rhypocephalus phoenix</i> (J. Ellis & Solander) Kützing	S, GJ, C	S, GJ, CF, C, G, CG, FC, FG, E	S, GJ, P, G, CG, FG, E	S, GJ, CF, P, G, CG, FC, FG
<i>Udotea cyathiformis</i> Decaisne			FG, E	
<i>Udotea cyathiformis</i> f. <i>sublittoralis</i> (W.R. Taylor) D.S. Littler & M.M. Littler	GJ	P, G, E		
<i>Udotea flabellum</i> (J. Ellis & Solander) M.A. Howe	S	FG, E	S, GJ, CG, FC, FG, E	S, GJ
<i>Udotea spinulosa</i> M.A. Howe	GJ	GJ, CF, P, FC, FG, E	S, GJ, FG	CF, C, PFC
<i>Udotea norrisii</i> Littler & Littler		C, P, CG	GJ, C, CG, FC	CF, E
<b>Clase Dasycladophyceae</b>				
<b>Orden Dasycladales</b>				
<b>Familia Dasycladaceae</b>				
<i>Batophora oerstedii</i> J. Agardh		CG, FC		
<i>Dasycladus vemicularis</i> (Scopoli) Krasser	C, G, CG	GJ, P, CG, FG	CG, FC	
<i>Neomeris annulata</i> Dickie	S	CG, FC, E	P, CG, FC, E	GJ, G, FC



Taxones	ZT	5 m	10 m	20 m
<b>Familia Polyphysaceae</b>				
<i>Acetabularia crenulata</i> J.V. Lamouroux		CG	CG, FC	S, GJ, FC
<i>Chalmasia antillana</i> Solms-Laubach		G		C

La mayor riqueza de macroalgas se presentó en la zona del arrecife frontal a 5 m de profundidad (Fig. 2), donde se registraron en total 102 especies, mientras que los menores, en las zonas traseras con 58. En 10 y 20 m de profundidad de los arrecifes frontales se hallaron 88 y 81 especies, respectivamente.

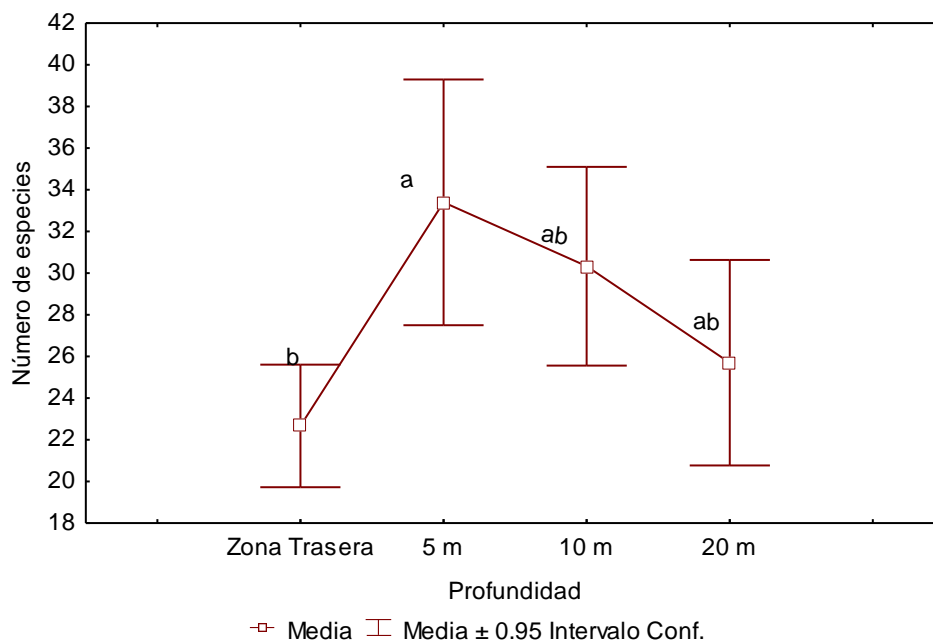


Figura 2. Promedio de número de especies por zonas del arrecife (Prueba de Kruskal-Wallis:  $H = 8,722714$  ( $p = 0,0332$ )).

Figure 2. Average number of species per reef zone (Kruskal-Wallis test:  $H = 8.722714$  ( $p = 0.0332$ )).

El predominio de las especies en la zona trasera y a los 20 m de profundidad del arrecife frontal fue muy heterogéneo entre los perfiles, mientras que en 5 m de profundidad predominó *Cladophora catenata*, y en 10 m *Cladophora catenata* y *Microdictyon marinum* (Tabla 2).

Tabla 2. Especies predominantes por perfiles y zonas del arrecife.

Table 2. Predominant species per profile and reef zone.

Localidades	Zona trasera		Arrecife frontal	
	1 m	5 m	10 m	20 m
Sabinal	<i>Dictyota mertensii</i>	<i>Cladophora catenata</i> <i>Microdictyon marinum</i>	<i>Cladophora catenata</i> <i>Microdictyon marinum</i>	<i>Microdictyon marinum</i>

Localidades	Zona trasera		Arrecife frontal	
	1 m	5 m	10 m	20 m
<b>Guajaba</b>	<i>Lobophora variegata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	
		<i>Halimeda lacrimosa</i>	<i>Microdictyon marinum</i>	
<b>Confites</b>	<i>Lobophora variegata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Microdictyon marinum</i>
		<i>Microdictyon marinum</i>		
<b>Coco</b>	<i>Dasycladus vermicularis</i>	<i>Halimeda tuna</i>	<i>Dictyota spp.</i>	<i>Microdictyon marinum</i>
			<i>Halimeda tuna</i>	
<b>Paredón del Medio</b>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Microdictyon marinum</i>	<i>Rhipocephalus phoenix</i>
		<i>Microdictyon marinum</i>		<i>Rhipocephalus oblongus</i>
<b>Oeste Guillermo</b>	<i>Sargassum platycarpum</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Microdictyon marinum</i>	<i>Lobophora variegata</i>
	<i>Styopodium zonale</i>			
<b>Caimán Grande</b>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Halimeda lacrimosa</i>	<i>Lobophora variegata</i>
				<i>Dictyota sp.</i>
<b>Francés</b>		<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Halimeda tuna</i>
<b>Fragoso</b>	<i>Styopodium zonale</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Halimeda lacrimosa</i>	<i>Dictyota spp.</i>
				<i>Halimeda tuna</i>
<b>Esquivel</b>		<i>Cladophora catenata</i>	<i>Cladophora catenata</i>	<i>Lobophora variegata</i>

En el área de estudio se encontraron 24 especies con frecuencia de aparición mayor que 70%. Las más destacadas por aparecer con mayor frecuencia en las cuatro profundidades fueron: *Cladophora catenata*, *Anadyomene stellata*, *Microdictyon marinum*, *Halimeda tuna* y *Valonia ventricosa* (Tabla 3).

Tabla 3. Especies que aparecieron en más del 70% de las estaciones en el archipiélago Sabana-Camagüey (en gris se señalan las más frecuentes en todas las zonas del arrecife).

Table 3. Species that occurred in more than 70% of stations in Sabana-Camagüey Archipelago (grey shading highlights more frequent species at all reef zones).

Especies	Frecuencia de aparición (%)			
	Zona trasera	5 m	10 m	20 m
<i>Amphiroa sp.</i>		80		
<i>Galaxaura sp.</i>		80		
<i>Digenea simplex</i>		80		80
<i>Hypnea sp.</i>			70	
<i>Jania sp.</i>			70	90
<i>Botryocladia pyriformis</i>				70
<i>Padina sanctae-crucis</i>	100			
<i>Sargassum platycarpum</i>	71	70		
<i>Styopodium zonale</i>	71	70		
<i>Dictyota sp. 1</i>		80	80	80
<i>Lobophora variegata</i>		90	100	100

Especies	Frecuencia de aparición (%)			
	Zona trasera	5 m	10 m	20 m
<i>Sargassum buxifolium</i>		70	80	70
<i>Anadyomene stellata</i>	85	100	100	90
<i>Cladophora catenata</i>	100	100	100	100
<i>Dictyosphaeria cavemosa</i>	71			
<i>Halimeda tuna</i>	71	80	100	90
<i>Halimeda lacrimosa</i>		90		
<i>Microdictyon marinum</i>	85	100	90	90
<i>Valonia ventricosa</i>	100	90	80	80
<i>Rhipocephalus phoenix</i>		90	80	80
<i>Valonia macrophysa</i>		70	80	
<i>Valonia utricularis</i>		80	70	

El análisis de agrupamiento (Fig. 3) muestra una tendencia a que se agrupen las estaciones por zonas, donde las de la zona trasera quedan bien diferenciadas del arrecife frontal, y las de este último aparecen entremezcladas, aunque con tendencia a definir grupos por profundidades. El análisis evidencia la presencia de 7 grupos:

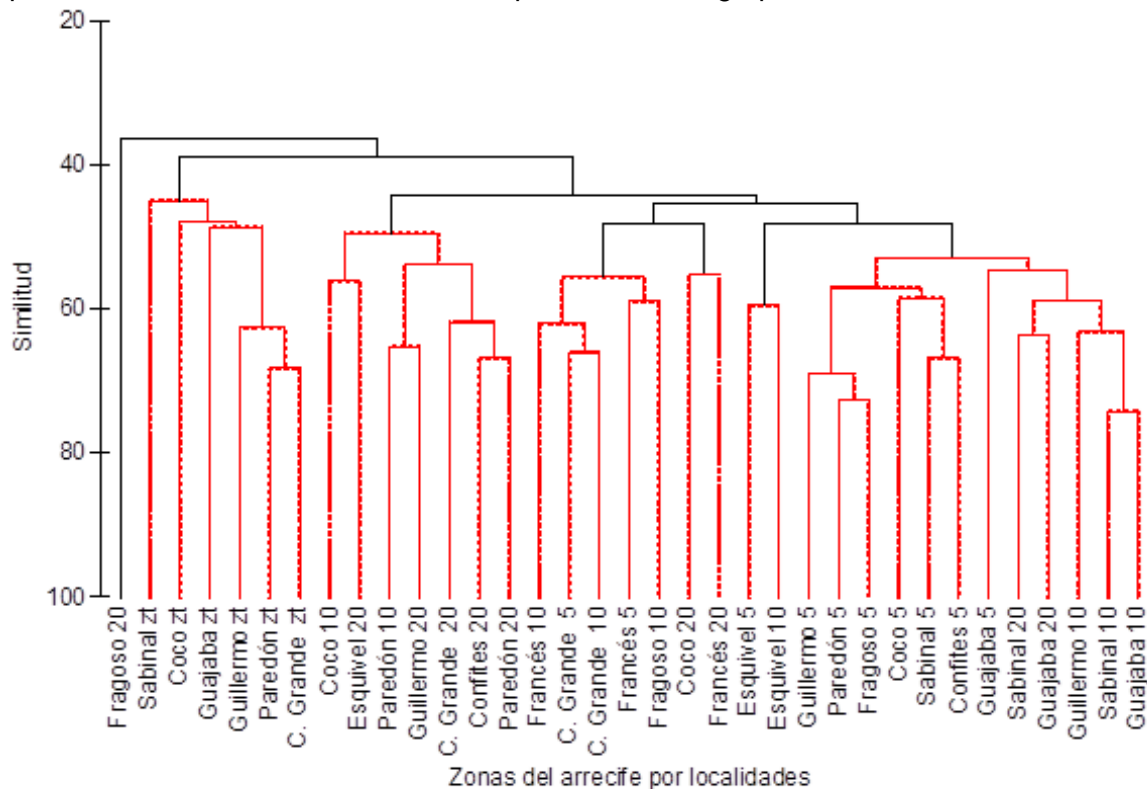


Figura 3. Dendrograma de clasificación de las estaciones. Las líneas negras señalan los grupos que son diferentes con un 5% de significación, según la prueba SIMPROF.

Figure 3. Dendrogram of the classification of stations. Black lines highlight groups that are significantly different with 5% significance, according to the SIMPROF test.

El primero integrado únicamente por el arrecife frontal a 20 m en cayo Frago,

significativamente diferente al resto de las estaciones con las cuales solo comparte el 38% de las especies. En el mismo grupo se presentó un fondo rocoso, irregular, con estructuras de pequeños mogotes (cabezos), abundantes corales, octocorales, y esponjas. Las especies predominantes según apreciación visual anotada fueron las del género *Dictyota* y *Halimeda tuna*.

El segundo grupo reúne todas las zonas traseras muestreadas, caracterizadas por la presencia de macroalgas de la clase Phaeophyceae, principalmente *L. variegata*, *Styopodium zonale* y varias especies del género *Sargassum*, que se apreciaron como abundantes.

El tercer grupo abarca la mayor parte de las estaciones del arrecife frontal a 20 m y las estaciones de 10 m de las localidades Coco y Paredón del Medio. En este grupo, además de estar presentes, abundaban *M. marinum*, *H. tuna*, *Jania* sp., *Halimeda discoidea* y *L. variegata*, entre otras.

El cuarto grupo abarca profundidades variables del arrecife frontal de 5, 10 y 20 m, donde quedaron incluidas las profundidades de 5 y 10 m evaluadas en cayo Francés, 5 y 10 m de Caimán Grande y 10 m de cayo Frágoso. En este grupo se observaron con abundancia *C. catenata*, *M. marinum*, *A. stellata*, *Halimeda lacrimosa* y *H. tuna*.

El quinto grupo está integrado por las estaciones a 20 m de profundidad de los cayos Coco y Francés. En las estaciones de este grupo se apreció *H. tuna* con una alta frecuencia.

El sexto grupo lo forman las estaciones del arrecife frontal a 5 y 10 m de profundidad de cayo Esquivel. Además de estar presentes se destacaban por su abundancia *C. catenata*, *A. stellata*, *V. ventricosa*, *A. stellata*, *Hypnea musciformis* y *Jania cubensis*, entre otras.

El séptimo grupo está formado por la mayor parte de las estaciones ubicadas a 5 m de profundidad, tres estaciones a 10 m de profundidad y dos a 20 m, donde aparte de estar presentes, abundaban *C. catenata* y *M. marinum*, entre otras.

En el ANOVA bifactorial, que compara el comportamiento de la biomasa en las diferentes localidades y en las cuatro profundidades reveló una interacción altamente significativa entre los niveles de los dos factores analizados (Fig. 4). Las mayores biomásas se presentaron en las estaciones de 5 m de profundidad del arrecife frontal, y fueron significativamente superiores en los perfiles de Frágoso, Paredón del Medio y Oeste de Guillermo, con 3110, 2764 y 2653 gPH.m<sup>-2</sup> respectivamente; mientras que los valores más bajos se presentaron a los 20 m en los cayos Frágoso con 267 y Esquivel con 271 gPH.m<sup>-2</sup>. Se observó, además, que la biomasa de macroalgas de los cayos Coco y Francés no se diferenciaron con la profundidad.

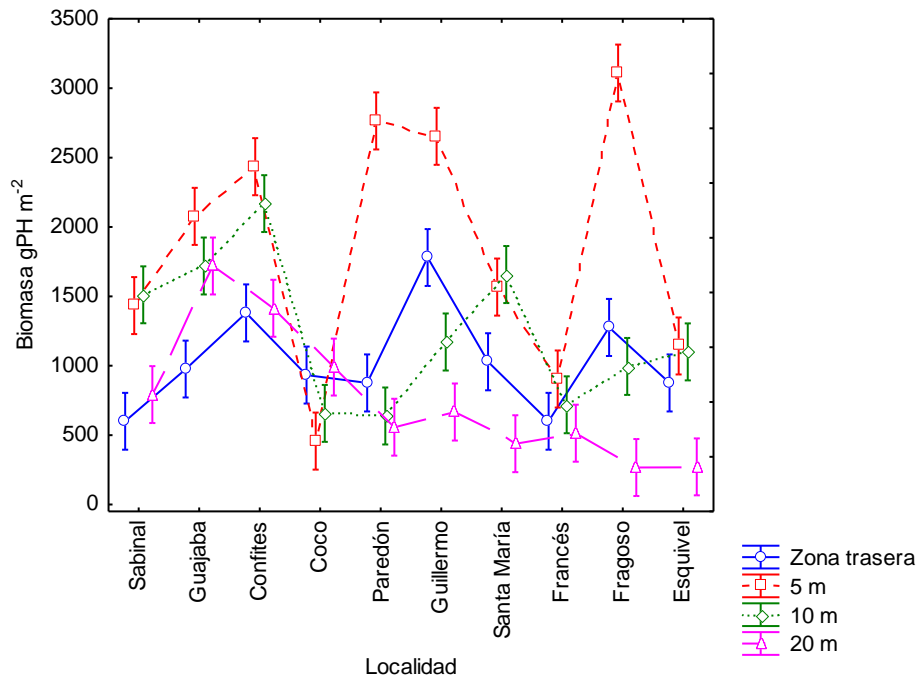


Figura 4. Biomasa húmeda de macroalgas en las zonas del arrecife de los diez perfiles del Archipiélago Sabana-Camagüey. (ANOVA bifactorial  $F_{(27, 560)} = 24,480$ ;  $p = 0,0000$ ; las barras verticales denotan intervalos de confianza de 0,95).

Figure 4. Macroalgae wet biomass in reef zones of the ten profiles in Sabana-Camagüey Archipelago. (Bifactorial ANOVA  $F_{(27, 560)} = 24,480$ ;  $p = 0,0000$ ; vertical bars denote the confidence intervals of 0.95).

## DISCUSIÓN

Martínez-Daranas *et al.* (2008) compilaron las especies del macrofitobentos registradas en el ASC durante veinte años de investigaciones realizadas por varios autores, incluyendo las especies de otras 88 estaciones de arrecifes coralinos. Este inventario da un acumulado de 196 taxones infragenéricos de macroalgas, incluyendo 83 de los identificados en el presente trabajo. En el presente estudio se añaden al inventario antes citado, para los arrecifes coralinos, las rodofíceas *Galaxaura comans*, *Wrightiella tumanowiczii*, la feofíceas *Dictyota pinnatifida* y las clorofíceas *Cladophora prolifera*, *Struvea elegans*, *Caulerpa webbiana* y *Chalmasia antillana*, mientras que *Corallina officinalis* se registra por primera vez en el ASC. Muchas de las especies coinciden con las que han sido registradas en la zona sublitoral con biotopo rocoso-coralino al norte de y sur de Cuba (Suárez y Cortés, 1983; Alcolado *et al.*, 2001; Valdivia & de la Guardia, 2004; Valdivia *et al.*, 2004; Pina, Hernández, Clero & González-Sansón, 2008), así como entre las que se consideran típicas de estos biotopos en Cuba y el Caribe (Suárez, 1989; Littler & Littler, 2000).

En este estudio, la biomasa algal fue superior en la plataforma rocosa a 5 m de profundidad, lo que coincide con lo hallado por otros investigadores en arrecifes cubanos (Guardia, Valdivia & González-Díaz, 2004; Valdivia, 2004). En las diferencias en la abundancia y composición específica de macroalgas en las diferentes zonas del arrecife y las estaciones estudiadas pueden intervenir numerosas variables que actúan simultáneamente, como la intensidad y composición de la luz a las distintas profundidades, la geomorfología, la dinámica del agua y de

la arena, las concentraciones de nutrientes, y el herbivorismo. Estos factores influyen en la riqueza de especies, la estructura y abundancia de las macroalgas bentónicas (Lehman & Tunnell, 1992; Díaz-Pulido, Sánchez, Zea, Díaz, & Garzón, 2004; Anderson, McKune, Bolton, Declerck & Tronchin, 2005; Díaz-Pulido & McCook, 2008). Además, las propias características de las especies, como sus ciclos de vida y metabolismo (requerimientos de luz y nutrientes) determinan su presencia y abundancia ante las diferentes condiciones ambientales (Kain & Norton, 1990).

Como se encontró en este trabajo, en la zona trasera suelen predominar algas pardas erectas, destacándose por su abundancia *Sargassum* spp., *Turbinaria* spp., *Dictyota* spp. y *Styopodium zonale*, las que cuentan con talos resistentes al movimiento del agua (Littler, Littler & Taylor, 1983). En varias estaciones del arrecife frontal se dominaron los géneros *Halimeda*, *Dictyota* y *Lobophora*, típicos de este biotopo en el Caribe según Williams & Polunin (2001). *Lobophora variegata* tiene una alta plasticidad fenotípica que le permite adoptar diferentes formas según la intensidad de la dinámica del agua, la profundidad y el nivel de herbivorismo, por lo que es común en todas las zonas del arrecife (Littler & Littler, 2000). Otras especies, como *Halimeda tuna*, que apareció con alta frecuencia entre 10 y 20 m, parecen sufrir de fotoinhibición a profundidades menores (Vroom *et al.*, 2003). No obstante, en la mayoría de las estaciones del arrecife frontal predominaron *Cladophora catenata* y *Microdictyon marinum*, o fueron abundantes. Estos resultados coinciden con los encontrados posteriormente por Carrodegua, Arencibia & Capetillo (1997) y González *et al.* (2007) en el ASC, quienes atribuyen este desarrollo algal a la falta de herbivorismo y a un posible exceso de nutrientes. En este sentido, en muestras de agua de mar tomadas en la misma expedición en que se realizó este trabajo se encontró una concentración promedio de nitrógeno inorgánico de 3.68  $\mu\text{M}$  para la zona, mientras que el de fósforo inorgánico fue de 0.28  $\mu\text{M}$ , con algunos valores puntuales superiores a 0,6 (Penié & García, 1998; Montalvo-Estévez, Perigó-Arnaud & Martínez-Canals, 2007). Estos valores triplican los propuestos por Lapointe, Littler & Littler, (1993) como umbrales para que ocurran cambios de fase de ecosistemas dominados por corales hermatípicos, a dominados por macroalgas ( $\sim 1.0 \mu\text{M}$  de nitrógeno inorgánico disuelto y  $\sim 0.1 \mu\text{M}$  para el fósforo reactivo soluble).

Por otra parte, Claro Madruga, Cantelar, Pina Amargós, & García-Arteaga (2000) comprobaron afectaciones en las comunidades de peces del ASC al comparar las comunidades de peces entre los años 1988-89 y el año 2000. Se destaca una reducción en la densidad y la biomasa de peces herbívoros como los barberos (*Acanthurus* spp.) y de loros (*Scarus* spp. y *Sparisoma* spp.) en los arrecifes coralinos. También señalan que en los años 80s, el cubrimiento algal en los arrecifes no era significativo, a diferencia de lo que encontraron en el año 2000, cuando observaron grandes tapetes de macroalgas. Estos autores atribuyen esta pérdida de diversidad de peces a la acción conjunta de factores ambientales naturales, provocados por el cambio climático (principalmente por la elevación de la temperatura relacionada con eventos ENOS que aparentemente provocó la mortalidad de los corales, reduciendo así la disponibilidad de refugio y alimento), así como por factores antrópicos que provocaron drásticas alteraciones de las condiciones naturales.

Entre los factores antrópicos destacan, el incremento de la salinidad, provocada por el represamiento y la construcción de viaductos que interrumpieron el régimen de circulación de las lagunas interiores del ASC, induciendo así la degradación de los fondos y de las condiciones vitales para los procesos ecológicos (reclutamiento, cría, alimentación, crecimiento, etc.), el uso de métodos y artes de pesca nocivos, y la sobrepesca.

Los valores de biomasa húmeda total indican que la abundancia de éstas es elevada, al compararla con otras áreas estudiadas en épocas anteriores. Las biomásas húmedas totales de

macroalgas en los arrecifes del ASC en 1994 superaron en varios órdenes a las obtenidas por Suárez y Cortés (1983) en el pavimento rocoso entre 2 y 15 m en la costa norte de La Habana, que varió entre 65,9 y 473,1 gPH.m<sup>-2</sup> entre 1975 y 1976, y a las halladas en arrecifes coralinos entre 5 y 15 m de profundidad en la zona SW de Cuba entre 1987 y 1988, que variaron entre 0,2 y 130,5 gPH.m<sup>-2</sup> (datos inéditos).

La vegetación marina en los arrecifes coralinos del Caribe era calificada como pobre o inconspicua durante los 60s y 70s del siglo pasado (Díaz-Piferrer, 1967; van den Hoek, 1969; Wanders, 1976) Estos autores explicaron que la causa de ello era control que ejercían los herbívoros (peces y erizos) sobre las macroalgas. Posteriormente, el incremento de la abundancia de algas fue atribuido a la pérdida de herbívoros (tanto por sobrepesca de peces como por la mortalidad masiva del erizo negro *Diadema antillarum* en el Caribe en la década de los 80), al aumento de las concentraciones de nutrientes inorgánicos en el agua, así como a la mortalidad de los corales ocasionada por enfermedades, blanqueamiento, la sedimentación y daños físicos, que deja espacio disponible para el asentamiento de las algas (Hughes, Szmant, Steneck, Carpenter & Miller, 1999; McCook, 1999; Knowlton & Jackson, 2001; Nugues & Roberts, 2003; Bellwood, Hughes, Folke & Nyström, 2004).

La abundancia y el tipo de macroalgas predominantes en los ecosistemas marino-costeros tropicales como los arrecifes coralinos, cuando la luz no es limitante suele encontrarse controlada por las concentraciones de nutrientes en el medio (control *bottom-up*) y por los niveles de herbivorismo (control *top-down*) actuando simultáneamente (Cardoso, Pardal, Lillebø, Ferreira, Raffaelli & Marques, 2004; Bellwood, Hughes & Hoey, 2006; Littler, Littler & Brooks, 2006; 2009), así como a impactos de diversa índole que controlan su desarrollo excesivo (Kraufvelin, Lindholm, Pedersen, Kirkerud & Bonsdorff, 2010).

Durante cierto tiempo se ha suscitado la controversia de cuál de estos controles son los determinantes para la conservación de los arrecifes coralinos (Lapointe, Littler, & Littler, 1993; Lapointe, 1999; Hughes *et al.*, 1999). Littler, Littler & Brooks (2009) mantienen la propuesta de un modelo de dominancia relativa para los arrecifes coralinos, en el cual, bajos niveles de herbivorismo, o un aumento de los nutrientes, favorecen el desarrollo excesivo de las macroalgas oportunistas (foliosas y filamentosas) en primera instancia, seguido de las carnosas si se mantienen dichas condiciones.

*Cladophora catenata* es una especie de alga verde filamentosa que ha sido mencionada como oportunista por Amado Filho, Barreto, Marins, Felix & Reis (2003) quienes la hallaron dominando en sitios contaminados. Lapointe, Bedford, Littler & Littler (2007) hallaron cambios de fase en un arrecife del sur de la Florida, coral-esponja-alga donde se produce un sobrecrecimiento de otra especie del género *Cladophora* durante la época de lluvia, pero sólo si no aumenta la turbidez.

Por otro lado, *Microdyction marinum*, muy abundante en el presente trabajo, está constituida por filamentos que forman un enrejado uniestratoso, por lo que puede ser catalogada como foliosa o filamentosa. De la literatura revisada de Cuba, *M. marinum* solo apareció predominando en Cayo Largo del Sur en 1998, en arrecifes estresados donde escaseaban los herbívoros, se registraron altas concentraciones de nutrientes y se presentaron altas temperaturas asociadas a eventos ENOS y La Niña (Alcolado *et al.*, 2001). Ambas especies son del tipo de algas que pueden crecer rápidamente al aumentar los nutrientes en el medio, gracias a su morfología simple y la alta relación superficie/volumen, por lo que pudieran considerarse como indicadoras de problemas en los arrecifes coralinos.

La respuesta de las macroalgas ante un aumento de la concentración de nutrientes es muy variable por su relación con otros muchos factores que actúan simultáneamente, como el herbivorismo, la competencia con otros organismos, la sedimentación, la luz y el hidrodinamismo, y dicha respuesta puede depender de las especies, las características del

hábitat y la región (Beach, Walters, Borgeas, Smith, Coyer & Vroom, 2003; Jompa & McCook, 2003; Littler, Littler & Brooks, 2006, 2009). Un ejemplo de lo anterior es que se ha observado que el enriquecimiento por fósforo y nitrógeno no favorece el sobre-crecimiento por algas pardas, pero sí el de algas pertenecientes a los Phyla Chlorophyta y Rhodophyta (McClanahan, Sala, Mumby & Jones, 2004; Fabricius *et al.*, 2005).

Otro aspecto que puede contribuir al predominio de determinadas especies de macroalgas en los arrecifes coralinos son sus defensas contra el herbivorismo. Entre los diversos mecanismos que poseen las macroalgas para prevenir ser consumidos se encuentran la dureza y complejidad del talo, incluyendo en algunos casos carbonato de calcio (como *Halimeda* spp.), y los metabolitos secundarios (Littler, Littler & Taylor, 1983; Steneck & Dethier, 1994; Hay, 1997; Paul, 1997). Entre las que producen metabolitos secundarios se destacan precisamente las algas pardas de los órdenes Dictyotales y Fucales (De Paula, Vallim & Teixeira, 2011; Sotka, Taylor & Hay, 2002).

Las comunidades de macroalgas en los arrecifes coralinos del ASC evaluadas en 1994 muestran que este ecosistema se encontraba amenazado por diversos factores que estaban provocando un cambio de fase de una comunidad dominada por corales escleractínios a otra dominada por macroalgas de gran porte, muchas de ellas oportunistas. En muestreos posteriores se ha constatado que la cobertura por coral vivo fue descendiendo desde un 24% en el 1994 hasta un 7.8% en el 2003 (González *et al.*, 2007), lo que evidencia que las comunidades de corales no se habían recuperado, hasta entonces.

## REFERENCIAS

- Alcolado P.M., García E.E., & Espinosa N. (Eds.) (1999). *Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el ecosistema Sabana-Camagüey*. Madrid, CESYTA S.L.
- Alcolado, P.M., Claro-Madruga, R., Martínez-Daranas, B., Menéndez-Macía, G., García-Parrado, P., Cantelar, K.,... del Valle, R. (2001). Evaluación ecológica de los arrecifes coralinos del oeste de Cayo Largo del Sur, Cuba: 1998-1999. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 30, 109-132.
- Alcolado, P.M., García-Parrado, P., & Hernández-Muñoz, D. (2008). Estructura y composición de las comunidades de gorgonias de los arrecifes del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba: conectividad y factores determinantes. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 37, 9-26.
- Amado Filho G., Barreto M., Marins B., Felix C., & Reis R. (2003). Estrutura das comunidades fitobentônicas do infralitoral da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26, 329-342.
- Anderson, R.J., McKune, C., Bolton J.J., De Clerck, O., & Tronchin, E. (2005). Patterns in subtidal seaweed communities on coral-dominated reefs at Sodwana bay on the Kwazulu-Natal coast, South Africa. *African Journal of Marine Science*, 27, 529-537.
- Beach, K., Walters, L., Borgeas, H., Smith, C., Coyer, J., & Vroom, P. (2003). The impact of *Dictyota* spp. on *Halimeda* populations of Conch Reef, Florida Keys. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 297, 141-159.
- Bellwood, D.R., Hughes T.P., & Hoey A.S. (2006). Sleeping functional group drives coral-reef recovery. *Current Biology*, 16, 2434-2439.
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 429, 827-833.
- Cardoso, P.G., Pardal, M.A., Lillebø, A.I., Ferreira, S.M., Raffaelli, D., & Marques, J.C. (2004). Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for





- recovery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302, 233– 248.
- Carrodegua, C., Arencibia G., & Capetillo N. (1997). Consideraciones sobre el estado ambiental de los arrecifes coralinos cubanos. *Enciclopedia cubana ECURED*. Recuperado de [http://www.ecured.cu/index.php/Arrecifes\\_Coralinos\\_\(Cuba\)](http://www.ecured.cu/index.php/Arrecifes_Coralinos_(Cuba))
- Clarke, K.R., & Gorley, R.N. (2006). *PRIMER v6: User manual/Tutorial*. Plymouth, UK, PRIMER-E.
- Claro Madruga, R., Cantelar, K., Pina Amargós, F., & García-Arteaga, J.P. (2000). Biodiversidad y manejo de la ictiofauna del archipiélago Sabana-Camagüey. Informe final de proyecto, *Archivo Científico del Instituto de Oceanología* (pp. 96). La Habana: Instituto de Oceanología, Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros.
- De Paula, J.C., Vallim, M.A., & Teixeira, V.L. (2011). What are and where are the bioactive terpenoids metabolites from Dictyotaceae (Phaeophyceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21, 216-228.
- Díaz-Piferrer, M. (1967). Las algas superiores y fanerógamas marinas, En: R. Margalef (Ed.), *Ecología Marina* (273-307). Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas.
- Díaz-Pulido, G., & McCook, L. (2008). Macroalgae (Seaweeds). En: A. Chin (Ed.). *The State of the Great Barrier Reef*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville. Recuperado de [http://www.gbrmpa.gov.au/corp\\_site/info\\_services/publications/sotr/downloads/](http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/info_services/publications/sotr/downloads/).
- Díaz-Pulido, G., Sánchez J.A., Zea S., Díaz J.M., & Garzón J. (2004). Esquemas de distribución espacial en la comunidad bentónica de arrecifes coralinos continentales y oceánicos del Caribe Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 28(108), 337-347.
- Elliot, J.M. (1971). Some methods of the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Fresh Water Biological Association, Scientific Publication*, 25, 144.
- Fabricius, K., De'ath, G., McCook, L., Turak, E., & Williams, D.M.(2005). Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the inshore Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin*, 51, 384-398.
- Fernández, C. (2008). Flora marina del Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical*, 56 (Supl. 2), 57-69.
- González, G.C., Cruz A.M., Domínguez B.C., Serrano S.A., & Basañez M.A.J. (2007). Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 252-257.
- González, S., Cantelar K., Pina F., Alcolado P., Jiménez A., Espinosa J.,... Hernández J.L. (2007). Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características, ambientales y tendencias. Estado de los arrecifes coralinos. En: P.M. Alcolado, E.E. García & M. Arellano-Acosta (Eds.), *Ecosistema Sabana-Camagüey, estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad* (38-50).La Habana, Ed. Academia.
- Guardia, E.de la, Valdivia, A., & González-Díaz, P. (2004). Estructura de comunidades bentónicas en la zona de buceo de María la Gorda, Ensenada de Corrientes, sureste de la península de Guanahacabibes, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25, 103-111.
- Guiry, M.D., & Guiry G.M. (2011). AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. Recuperado de <http://www.algaebase.org>.
- Hay, M.E. (1997). The ecology and evolution of seaweed-herbivore interactions on coral reefs. *Coral reefs*, 16, S67-S76.
- Hughes, T., Szmant, A.M., Steneck, R., Carpenter, R., & Miller, S. (1999). Algal blooms on coral

- reefs: What are the causes? *Limnology and Oceanography*, *44*, 1583-1586.
- Jompa, J., & McCook, L.J. (2003). Coral–algal competition: macroalgae with different properties have different effects on corals. *Marine Ecology Progress Series*, *258*, 87–95.
- Kain, J.M., & Norton, T.A. (1990). Marine Ecology. En: K.M. Cole & R.G. Sheet (Eds.), *Biology of the Red Algae* (377-422). Cambridge, Cambridge University Press.
- Knowlton, N., & Jackson, J.B.C. (2001). The ecology of coral reefs. En: M.D. Bertness, S.D. Gaines & M.E. Hay (Eds.), *Marine community ecology* (395-422). Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc.
- Kraufvelin, P., Lindholm, A., Pedersen, M.F., Kirkerud, L.A., & Bonsdorff, E. (2010). Biomass, diversity and production of rocky shore macroalgae at two nutrient enrichment and wave action levels. *Marine Biology*, *157*, 29–47.
- Lapointe, B. (1999). Simultaneous top-down and bottom-up forces control macroalgal blooms on coral reefs (Reply to the comment by Hughes *et al.*). *Limnology and Oceanography*, *44*, 1586-1592.
- Lapointe, B.E., Bedford, B.J., Littler, M.M., & Littler, D.S. (2007). Shifts in coral overgrowth by sponges and algae. *Coral reefs*, *26*, 515.
- Lapointe, B.E., Littler, M.M., & Littler, D.S. (1993). *Modification of benthic community structure by natural eutrophication: the Belize Barrier Reef*. Paper presented at the 7th Coral Reef Symposium, Guam.
- Lehman, R.L., & Tunnell J.W. (1992). Species composition and ecology of the macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, Mexico. *The Texas Journal of Science*, November 1, 1992 Department of Biology, Texas A & M University, College Station, Texas, and Center for Coastal Studies, Corpus Christi State University, Corpus Christi, Texas . Recuperado de <http://www.thefreelibrary.com/>
- Littler, D.S., & Littler M.M. (2000). *Caribbean Reef Plants*. Washington, D.C., OffShore Graphics, Inc.
- Littler, D.S., Littler M.M., Bucher K.E., & Norris J.N. (1989). *Marine plants of the Caribbean*. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press.
- Littler, M.M., Littler D.S., & Brooks B.L. (2006). Harmful algae on tropical coral reefs: Bottom-up eutrophication and top-down herbivory. *Harmful Algae*, *5*, 565-585.
- Littler, M.M., Littler D.S., & Brooks B.L. (2009). Herbivory, nutrients, stochastic events, and relative dominances of benthic indicator groups on coral reefs: A review and recommendations. En: M.A. Lang, I.G. Macintyre & K. Rützler (Eds.), The Smithsonian Marine Science Symposium, Washington, D.C., *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, *38*, 401-414.
- Littler, M.M., Littler, D.S., & Taylor, P.R. (1983). Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional-form group of marine macroalgae. *Journal of Phycology*, *19*, 229-237.
- Martínez-Daranas, B., Cabrera R., Perdomo M.E., Esquivel M., Hernández M., Clero, L.... Cabrerías, L. (2008). Inventario de la flora marina de Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Botanica Complutensis*, *32*, 49-62.
- McClanahan, T.R., Sala, E., Mumby, P.J., & Jones, S. (2004). Phosphorus and nitrogen enrichment do not enhance brown frondose “macroalgae”. *Marine Pollution Bulletin*, *48*, 196-199.
- McCook, L.J. (1999). Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, *18*, 357-367.



- McCook, L.J., Jompa, J., & Díaz-Pulido, G. (2001). Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs*, 19, 400-417.
- Montalvo-Estévez, J.F., Perigó-Arnaud, E., & Martínez-Canals, M. (2007). La contaminación marina. En: Alcolado, P. M., García, E. E., & Arellano-Acosta, M. (Eds.), *Avances en el conocimiento de la flora y la fauna del Ecosistema Sabana-Camagüey. Ecosistema Sabana-Camagüey: Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. Editorial Academia, La Habana, pp. 79-83.
- Nugues, M.M., & Roberts, C.M. (2003). Coral mortality and interaction with algae in relation to sedimentation. *Coral reefs*, 22, 507-516.
- Paul, V.P. (1996). *Secondary metabolites and calcium carbonate as defenses of calcareous algae on coral reefs*. Paper presented at the 8th International Coral Reef Symposium, Panama.
- Penié, I., & García, I. (1998). Hidroquímica y calidad ambiental del archipiélago Sabana Camagüey. En: Martínez, F., Sorinas, L., Torres, T., Lima, L. A., & Sánchez, D., Contribución a la educación y la protección ambiental. IV Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, Ciudad de la Habana, Cuba, Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares, 155-159.
- Pina, F., Hernández, L., Clero, L., & González-Sansón, G. (2008). Características de los hábitats coralinos en Jardines de la Reina, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 29, 225-237.
- Smith, J.E., Shaw, M., Edwards, R.A., Obura, D., Pantos, O., Sala, E.,... Rohwer, F.L. (2006). Indirect effects of algae on coral: algae-mediated, microbe-induced coral mortality. *Ecology Letters*, 9, 835-845.
- Sotka, E.E., Taylor, R.B., & Hay, M.E. (2002). Tissue-specific induction of resistance to herbivores in a brown seaweed: the importance of direct grazing versus waterborne signals from grazed neighbors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 277, 1-12.
- StatSoft Inc. (1995). STATISTICA for Windows (Computer Program Manual).Tulsa, USA.
- Steneck, R.S., & Dethier, M.N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69, 476-498.
- Suárez, A.M. (1989). Ecología del macrofitobentos de la plataforma de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 10, 187-206.
- Suárez, A.M. (2005). Lista de las macroalgas marinas cubanas. *Revista de Investigaciones Marinas*, 26 (2), 93-148.
- Suárez, A.M., & Cortés, I. (1983). Riqueza del macrofitobentos en una zona de la costa norte de La Habana. *Revista de Investigaciones Marinas*, 4(1), 3-21.
- Taylor, W.R. (1960). *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.
- Valdivia, A. (2004). Variación espacial y temporal de las asociaciones de algas en zonas del sublitoral norte habanero, Cuba. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, La Habana.
- Valdivia, A., & de la Guardia, E. (2004). Variación espacial y temporal de la comunidad de algas en el arrecife costero de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25, 123-131.



- Valdivia, A., de la Guardia, E., Armenteros, M., González, P., Suárez, A.M., Aguilar, C., & González-Sansón, G. (2004). Inventario de los componentes más comunes de la flora y la fauna de algunos arrecifes coralinos de la península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25, 113-121.
- van den Hoek, C. (1969). Algal vegetation-types along the shores of open coasts of Curacao, Netherlands Antilles I. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series C*, 72(5), 537-577.
- Vroom, P.S., Smith, C.M., Coyer, J.A., Walters, L.J., Hunter, C.L., Beach, K.S., & Smith, J.E. (2003). Field biology of *Halimeda tuna* (Bryopsidales, Chlorophyta) across a depth gradient: comparative growth, survivorship, recruitment, and reproduction. *Hydrobiologia*, 501, 149–166.
- Wanders, J.B.W. (1976). The role of benthic marine algae in the shallow reef of Curaçao (Netherlands Antilles). I. Primary productivity in the coral reef. *Aquatic Botany*, 2, 235-270.
- Williams, I.D., & Polunin, N.V.C. (2001). Large-scale associations between macroalgal cover and grazer biomass on mid-depth reefs in the Caribbean. *Coral reefs*, 19, 358-366.
- Wynne, M.J. (2011). Checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: Second revision. *Nova Hedwigia*, 140, 1-166.
- Zar, J.H. (1996). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

**Recibido: octubre de 2011.**

**Aceptado: agosto de 2012.**