



FOTO: JOSÉ ESPINOSA

Daily Zúñiga-Ríos

dailyzuniga50@gmail.com

Instituto de Oceanología, Ave. 1^{ra} #18406 entre 184 y 186, Playa, La Habana, Cuba.

UII

MACROALGAS DE LOS ARRECIFES DE CORAL DEL ARCHIPIÉLAGO JARDINES DE LA REINA, CUBA

Introducción

Los esquemas de distribución y abundancia de los organismos sésiles del bentos en un arrecife coralino son el reflejo de procesos históricos, de condiciones ambientales predominantes, requerimientos de sus nichos, la dinámica de sus poblaciones y de complejas relaciones ecológicas entre las especies coexistentes (Díaz-Pulido, Sánchez, Zea, Díaz, & Garzón, 2004). El aumento rápido del cubrimiento de algas en los arrecifes coralinos, especialmente en el Caribe, ha sido un tópico controvertido durante las últimas décadas, dado que existe un gran desacuerdo dentro de la comunidad científica acerca de sus causas

(Hughes, Szmant, Steneck, Carpenter, & Miller, 1999; Szmant, 2001; Littler, Littler, & Brooks, 2009; Zúñiga-Ríos, Martínez-Daranas, & Alcolado, 2012). Por lo tanto, conocer la composición y distribución de las macroalgas en un arrecife de coral es un elemento clave que ayuda a entender qué tipo de control domina, concentraciones de nutrientes (control *bottom-up*) o los niveles de herbivoría (control *top-down*) (Lapointe, Littler, & Littler, 1993; Lapointe, 1999; Hughes *et al.*, 1999; Littler *et al.*, 2009).

Ha sido documentado por algunos autores los cambios ocurridos en las comunidades arrecifales del archipiélago Jardines de la Reina en cuanto a la disminución de la cobertura de corales y el incremento de la cobertura de algas (Alcolado *et al.*, 2001; Newman, Paredes, Sala, & Jackson, 2006; Pina, Hernández, Clero, & González, 2008; Martín, Clero, González, & Pina, 2011; Roff & Mumby, 2012). Sin embargo, la distribución y composición de las algas cuando aún los arrecifes se encontraban dominados por corales, no se conocen.

Este documento pretende aportar la primera caracterización de las comunidades algales obtenida en 1995 a través del proyecto, "*Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina*", a la línea base de este archipiélago en el marco del proyecto, "*Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y desarrollo de estrategias de adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles de Cuba*", con el fin de brindar nuevos elementos para entender los procesos que han estado ocurriendo.

Breve descripción del área

En los muestreos realizados en 1995 en el marco del proyecto "*Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina*", se encontró que en las crestas arrecifales de este archipiélago predominó la especie de coral *Acropora palmata* (Lamarck, 1816). La zona trasera se encuentra entre 1 y 2 m de profundidad y estuvo dominada por la macroalga *Halimeda opuntia* (Linnaeus) Lamouroux en los cayos Bretón y Caballones, y *Halimeda tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux y *Dictyota bartayresiana* J. V. Lamour en cayo Cinco Balas. En el arrecife frontal a 5 m de profundidad el fondo fue plano y

dominado en todos los casos por *H. tuna*; a los 10 m se encontró un fondo plano en los cayos Bretón y Cinco Balas dominado por *H. tuna*, mientras que en cayo Caballones el fondo se presentó irregular con parches de arena y la misma especie dominante. A los 20 m de profundidad el fondo fue irregular en las tres localidades con predominio de *H. tuna*, con grandes cabezos en los cayos Caballones y Cinco Balas, donde además se observaron grandes paredes verticales dominadas por *Dictyota linearis* (C. Agardh) Greville y *D. bartayresiana* (Tabla 1).

Riqueza de especies y distribución espacial de la ficoflora en los arrecifes del archipiélago Jardines de la Reina

Las macroalgas en los arrecifes de coral del archipiélago Jardines de la Reina han sido poco estudiadas, limitándose a escasas publicaciones, en las cuales éstas no siempre han sido el centro de atención. Por ejemplo, Valdés-Iglesias *et al.* (2003) realizaron colectas de especies para la obtención de bio-activos; Pina *et al.* (2008) en un estudio sobre la complejidad estructural de los hábitats coralinos del archipiélago utilizaron la cobertura cuantitativa de componentes del bentos, dentro de los que incluyeron los grupos morfofuncionales (GMF) de algas, y registran 25 especies y 12 géneros; Martín *et al.* (2011) estudiaron la influencia de las poblaciones de *Diadema antillarum* (Philippi, 1845) sobre la estructura de las comunidades de algas del archipiélago pero solo hasta nivel de género; y Clero & Cabrera (2012) realizaron inventarios de macroalgas marinas reportando 110 taxones infragenéricos para el área, incluyendo arrecifes coralinos, lagunas interiores pre-arrecifales y canalizos. Otros estudios enfocados en los corales, también han evaluado las algas a nivel de GMF (Alcolado *et al.*, 2001; Pina *et al.*, 2008). Los primeros estudios conocidos sobre la riqueza de especies en el archipiélago fueron realizados en el marco del proyecto, "*Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina*", y datan de 1995. Se establecieron tres perfiles perpendiculares a la costa en los arrecifes de coral de los cayos Bretón, Cinco Balas y Caballones. En cada uno de ellos, se muestreó la zona trasera de la cresta arrecifal y el arrecife frontal a 5, 10 y 20 m de

Tabla 1. Descripción de los sitios de muestreos evaluados en 1995 en el marco del proyecto "Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina".

Zona/localidad		Bretón	Cinco Balas	Caballones
Cresta arrecifal	Zona trasera	Fondo rocoso, dominado por <i>A. palmata</i> . La macroalga dominante fue <i>H. opuntia</i> .	Zona rocosa con cresta dominada por <i>A. palmata</i> , con predominio de las algas <i>H. tuna</i> y <i>D. bartayresiana</i> .	Fondo rocoso con abundancia de corales de varios géneros y dominancia de <i>A. palmata</i> . Macrofitobentos dominado por <i>H. opuntia</i> .
Arrecife frontal	5 m	Fondo plano, rocoso, con abundancia de gorgonias y algunos corales, macrofitobentos dominado por <i>H. tuna</i> .	Fondo plano rocoso con abundancia de gorgonias y corales. La especie de alga que se encontró dominando fue <i>H. tuna</i> .	Fondo plano, rocoso con abundancia de <i>H. tuna</i> .
	10 m	Fondo plano, rocoso, con abundancia de gorgonias y algunos corales, muy semejante a los 5 m, con predominio de <i>H. tuna</i> .	Fondo plano con abundancia de gorgonias y corales.	Fondo rocoso, irregular, con grandes cabezos rocosos separados por parches de arena, abundantes corales y gorgonias. Abundante <i>H. tuna</i> .
	20 m	Fondo irregular, rocoso, con algunos parches de arena, abundancia de gorgonias y corales, predominio de <i>H. tuna</i> y algunas especies de <i>Dictyota</i> .	Fondo muy irregular formado por grandes cabezos, con paredes verticales, gorgonias y corales, con predominio de <i>D. linearis</i> , <i>D. bartayresiana</i> y <i>H. tuna</i> .	Fondo irregular con grandes cabezos, parches de arena, abundantes gorgonias y corales, dominio de <i>H. tuna</i> .

profundidad, con un cuadrante metálico de 50 cm de lado y el tamaño de muestra fue 15. La riqueza de especies de algas en los arrecifes de estas tres localidades estuvo integrada por 56 especies, de ellas 22 pertenecientes a la división Rhodophyta, 18 a Chlorophyta y 16 a Ochrophyta. Se registraron 39, 36 y 31 especies de macroalgas en los cayos Cinco Balas, Caballones y Bretón, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies de algas en los arrecifes de coral del archipiélago Jardines de la Reina. Fuente: Proyecto “Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina”

	Bretón	Cinco Balas	Caballones
Phylum Chlorophyta			
Orden Cladophorales			
Familia Anadyomenaceae			
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh		X	X
<i>Anadyomene saldanhae</i> Joly & Oliveira		X	
Familia Cladophoraceae			
<i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory) Kutzing		X	
<i>Cladophora catenata</i> (Linnaeus) Kutzing	X		X
<i>Cladophora</i> sp.		X	
Orden Siphonocladales			
Familia Boodleaceae			
<i>Cladophoropsis membranacea</i> (C. Agardh) Borgesen			X
Familia Valoniaceae			
<i>Valonia macrophysa</i> Kützing			X
<i>Valonia ventricosa</i> J. Agardh	X		X
Orden Bryopsiales			
Familia Caulerpaceae			
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskal) J. Agardh	X		
<i>Caulerpa verticillata</i> J. Agardh	X		
Familia Halimedaceae			
<i>Halimeda gereauii</i> W. Taylor		X	X
<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux	X	X	X
<i>Halimeda tuna</i> (Ellis & Solander) Lamouroux	X	X	X
<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne		X	
Familia Udoteaceae			
<i>Rhipocephalus phoenix</i> (Ellis & Solander) Kutzing	X	X	X
<i>Udotea cyathiformis</i> Decaisne			X
Orden Dasycladales			
Familia Dasycladaceae			
<i>Neomeris annulata</i> Dickie		X	
Familia Polyphysaceae			
<i>Parvocaulis polyphysoides</i> (P. Crouan & H. Crouan) S. Berger, Fettweiss, Gleissberg, Liddle, Richter, Sawkitzky & Zuccarello)			X
Clase Phaeophyceae			
Orden Sporochneales			

Tabla 2 (cont.). Lista de especies de algas en los arrecifes de coral del archipiélago Jardines de la Reina. Fuente: Proyecto "Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina"

	Bretón	Cinco Balas	Caballones
Familia Sporochneaceae			
<i>Sporochnus</i> sp.	X	X	X
Orden Dictyotales			
Familia Dictyotaceae			
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kützinger) De Paula & De Clerck,		X	
<i>Dictyota bartayresiana</i> J. V. Lamour	X	X	X
<i>Dictyota ciliolata</i> Sond. ex Kütz			X
<i>Dictyota crenulata</i> J. Agardh	X	X	
<i>Dictyota pulchella</i> Hörnig & Schnetter	X	X	X
<i>Lobophora variegata</i> (Lamouroux) Womersley	X	X	X
<i>Padina gymnospora</i> (Kützinger) Sonder	X	X	X
<i>Styopodium zonale</i> (Lamouroux) Papenfuss		X	
<i>Zonaria tournefortii</i> (J.V. Lamouroux) Montagne	X		
Orden Fucales			
Familia Sargassaceae			
<i>Sargassum hystrix</i> J. Agardh	X	X	X
<i>Sargassum hystrix</i> var. <i>hystrix</i> J. Agardh		X	
<i>Sargassum platycarpum</i> Montagne	X	X	
<i>Sargassum polyceratium</i> Montagne			X
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh			X
Phylum Rhodophyta			
Orden Nemaliales			
Familia Galaxauraceae			
<i>Dichotomaria obtusata</i> (Ellis & Solander) Lamarck		X	
<i>Galaxaura rugosa</i> (Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	X	X	
Orden Corallinales			
Familia Corallinaceae			
<i>Hydrolithon farinosum</i> (J. V. Lamouroux) D. Penrose & Y. M. Chamberlain)	X	X	X
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux	X	X	X
<i>Amphiroa rigida</i> Lamouroux	X	X	
<i>Amphiroa tribulus</i> (Ellis & Solander) Lamouroux	X	X	
<i>Jania adhaerens</i> Lamouroux	X	X	X

Tabla 2 (cont.). Lista de especies de algas en los arrecifes de coral del archipiélago Jardines de la Reina. Fuente: Proyecto “Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina”

	Bretón	Cinco Balas	Caballones
Orden Gelidiales			
Familia Gelidiaceae			
<i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis		X	X
Orden Gigartinales			
Familia Cystocloniaceae			
<i>Hypnea</i> sp.	X	X	
Orden Gracilariales			
Familia Gracilariaceae			
<i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh			X
Orden Rhodymeniales			
Familia Champiaceae			
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	X	X	X
<i>Coelothix irregularis</i> (Harvey) Børgesen		X	
Familia Rhodymeniaceae			
<i>Botryocladia pyriformis</i> (Børgesen) Kylin	X	X	X
Orden Ceramiales			
Familia Ceramiaceae			
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh in Kunth) Montagne in Durieu de Maisonneuve		X	X
<i>Ceramium</i> sp.	X	X	X
Familia Delesseriaceae			
<i>Hypoglossum aff. anomalum</i> Wynne & Ballantine	X	X	X
Familia Rhodomelaceae			
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh			X
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn			X
<i>Herposiphonia</i> sp.	X	X	X
<i>Laurencia</i> sp.			X
<i>Polysiphonia</i> sp.	X		
Orden Gelidiales			
Familia Gelidiellaceae			
<i>Gelidiella acerosa</i> (Forssk.) Feldmann & Hamel	X	X	X

Al comparar los datos de 1995, con los trabajos de Valdés-Iglesias *et al.* (2003), Pina *et al.* (2008), Martín *et al.* (2011) y Clero & Cabrera (2012), se encontró que aún permanecían sin consignar 15 especies de macroalgas para el archipiélago Jardines de la Reina, las que son: *Anadyomene saldanhae*, *Chaetomorpha antennina*, *Cladophora catenata*, *Parvocaulis polyphysoides*, *Canistrocarpus cervicornis*, *Dictyota ciliolata*, *Dictyota crenulata*, *Zonaria tournefortii*, *Sargassum hystrix* var. *hystrix*, *Sargassum platycarpum*, *Sargassum polyceratium*, *Sargassum vulgare*, *Dichotomaria obtusata*, *Hydrolithon farinosum* y *Gracilaria cervicornis*.

La riqueza de especies de macroalgas fue significativamente diferente entre las profundidades del arrecife (ANOVA bifactorial ($F_{(6, 168)} = 3,83$; $p = 0,001$), las más altas se corresponden con las profundidades de 5 y 10 m del arrecife frontal en cayo Caballones, mientras que las más bajas se encontraron en las zonas traseras de las crestas arrecifales de los cayos Bretón y Cinco Balas, y los 20 m de profundidad del arrecife frontal de cayo Bretón. El resto de los sitios presentaron un comportamiento intermedio y no se diferenciaron entre sí (Fig. 1).

La mayor riqueza de macroalgas en cayo Caballones a los 5 y 10 m de profundidad del arrecife frontal (Fig. 2), pudiera estar relacionada con que a los 10 m de profundidad, el fondo es irregular con grandes

cabezos de coral. Según González, Cruz, Domínguez, Serrano & Basañez (2007b), los ambientes rocosos con superficie irregular favorecen el asentamiento de las algas y el incremento de la riqueza de especies. A los 5 m de profundidad de esta localidad el fondo es plano (Tabla 1), pero como la plataforma presenta pendientes muy abruptas (Pedroso, 2001; Cruz, 2013; Claro, García-Arteaga, Pina-Amargós, Cantelar, Lara, & García-Rodríguez, 2014), los 5 y 10 m se encuentran espacialmente uno cerca del otro y solo se diferencian por la profundidad, hecho que pudiera facilitar que compartan la mayor parte de las especies.

Los 20 m de profundidad de las tres localidades presentan fondos irregulares, pero su riqueza de especies se ve limitada por la profundidad. En relación con lo anterior, Díaz-Pulido *et al.* (2004) mencionan la profundidad, el oleaje, la luz y la geomorfología como los principales factores que controlan los esquemas de zonación en los arrecifes coralinos del Caribe.

La clasificación de las estaciones de muestreo por la composición y abundancia relativa de macroalgas, mostró que las mismas se ordenaron en solo dos grupos coincidentes con las zonas del arrecife, uno formado por todas las estaciones de las zonas traseras de las crestas arrecifales y otro por todas las estaciones del arrecife frontal (Fig. 2). Las estaciones dentro de cada grupo no se diferenciaron entre sí, lo que pudiera deberse a que los hábitats coralinos son relativamente homogéneos a lo largo del archipiélago

Jardines de la Reina (Pina *et al.*, 2008).

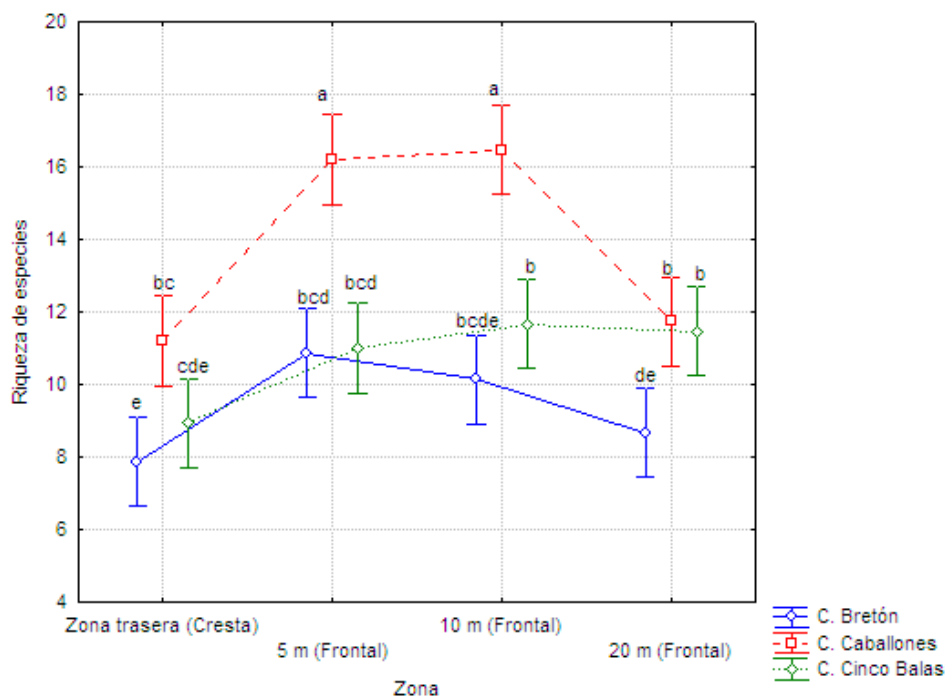


Figura 1. Riqueza de especies de macroalgas entre localidades y zonas del arrecife. Las barras verticales denotan intervalos de confianza de 0,95. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias con $p \leq 0,05$. Fuente: datos del proyecto "Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina"

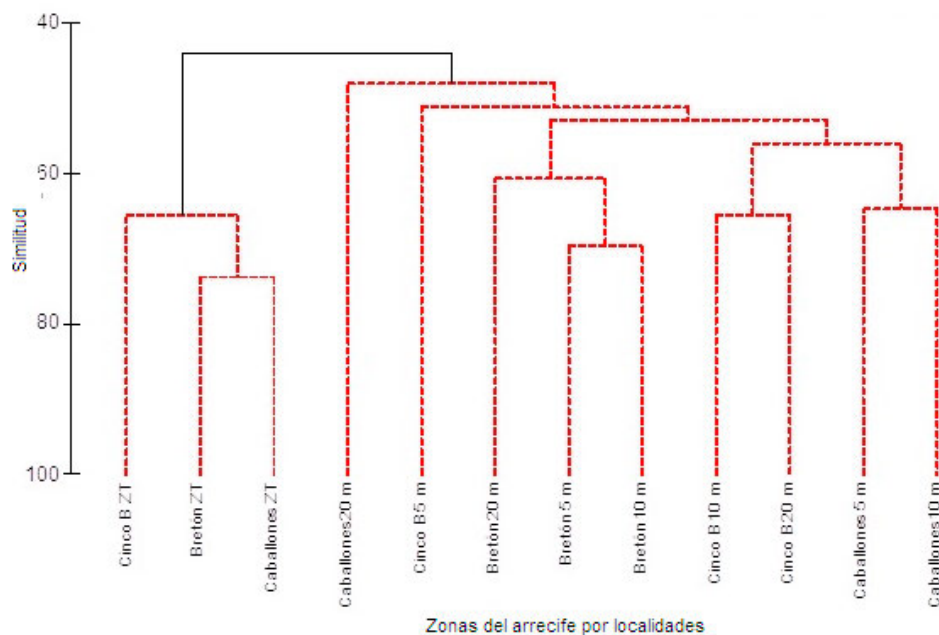


Figura 2. Dendrograma de clasificación de las estaciones por la composición y abundancia relativa de especies de macroalgas. Las líneas negras señalan grupos diferentes con un nivel de significación de 0,05 según la prueba SIMPROF. Fuente: datos del proyecto “Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina”

Frecuencia de aparición y dominancia de especies de macroalgas

H. tuna fue la especie de macroalga más frecuente en los muestreos realizados en 1995, pues se encontró en todas las profundidades de las tres localidades con una frecuencia de aparición superior al 80%, alcanzando 100% en los 20 m de profundidad (Tabla 3). Es de destacar además, que *Amphiroa fragilissima* fue frecuente en las zonas traseras y a 5 y 10 m de profundidad, pero su distribución se limitó por la profundidad.

En la zona trasera de las crestas arrecifales, las especies dominantes fueron *H. opuntia* en los cayos Bretón y Caballones, y *H. tuna* en cayo Cinco Balas. El arrecife frontal estuvo mayormente dominado por *H. tuna*, aunque en cayo Cinco Balas dominaron *D. linearis* y *D. bartayresiana* (Tabla 4).

Tabla 3. Especies de macroalgas con frecuencia de aparición superior al 60% en los muestreos realizados en 1995 en las tres localidades. Fuente: datos del proyecto “Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina”

Especies más frecuentes	ZT	5 m	10 m	20 m
<i>Halimeda opuntia</i>	80			
<i>Halimeda tuna</i>	83,3	83,3	96,7	100
<i>Amphiroa fragilissima</i>	70	66,7	73,3	
<i>Dictyota bartayresiana</i>		70		83,3
<i>Hypnea spinella</i>		63,3		
<i>Dictyota linearis</i>			66,7	90
<i>Herposiphonia secunda</i>			70	
<i>Lobophora variegata</i>				83,3

Tabla 4. Especies de macroalgas dominantes por localidades y zonas del arrecife. Fuente: datos del proyecto "Conservación de la naturaleza y desarrollo del turismo en la porción centro-occidental del archipiélago Jardines de la Reina"

Localidad/Zona	Crestas	Arrecife frontal		
	ZT	5 m	10 m	20 m
Cayo Bretón	<i>H. opuntia</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>
Cayo Cinco Balas	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>	<i>D. linearis</i>
	<i>D. bartayresiana</i>			<i>D. bartayresiana</i>
				<i>H. tuna</i>
Cayo Caballones	<i>H. opuntia</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>	<i>H. tuna</i>
		<i>D. linearis</i>		

La dominancia de los géneros *Halimeda* y *Dictyota* encontrada en los arrecifes de Jardines de La Reina en 1995 coincide con los resultados de Martín *et al.* (2011), quienes además mencionan a *Lobophora* dentro de los tres géneros dominantes. En 1995, si bien *Lobophora* no fue dominante, presentó un 83% de frecuencia de aparición en las tres localidades a 20 m de profundidad (Tabla 3). La dominancia de estos tres géneros ha sido documentada por varios autores para otros arrecifes de coral de Cuba (Trelles, Suárez, & de la Guardia, 2001; Valdivia, 2004; Valdivia & de la Guardia, 2004), y del Caribe (Ogden & Ogden, 1998; Szmant, 2001; Williams & Polunin, 2001; Borges-Souza, 2010), y son el reflejo de ambientes oligotróficos con alta herbivoría.

En contraste con estos resultados, se encuentran los arrecifes del archipiélago Sabana-Camagüey al norte de Cuba, en el que prevalece el control por nutrientes (control *bottom-up*), y las especies dominantes son *Cladophora catenata* y *Microdyction marinum* (Carrodegua, Arencibia, & Capetillo, 1997; González *et al.*, 2007a; Zúñiga-Ríos *et al.*, 2012). El desarrollo excesivo de esas especies oportunistas (filamentosas y carnosas) es el resultado de bajos niveles de herbivorismo y de un incremento de los nutrientes (Littler *et al.*, 2009; Carrodegua *et al.*, 1997; González *et al.*, 2007a; Zúñiga-Ríos *et al.*, 2012).

Si se tienen en cuenta los dos tipos de controles propuestos para los arrecifes de hoy en día,

concentraciones de nutrientes (control *bottom-up*) y los niveles de herbivorismo (control *top-down*) (Lapointe *et al.*, 1993; Lapointe, 1999; Hughes *et al.*, 1999; Littler *et al.*, 2009), es de esperar que en los arrecifes de Jardines de la Reina el control que domine sea el herbivorismo, pues el archipiélago se encuentra alejado de las poblaciones humanas (Martín *et al.*, 2011), y las concentraciones de nutrientes se corresponden con los estándares de aguas oligotróficas reportadas para el Caribe (González de Zayas, Zúñiga-Ríos, Camejo-Cardoso, Batista-Tamayo, & Cárdenas-Murillo, 2006; Martín *et al.*, 2011; Jomarrón *et al.*, 2012).

En 1997, Claro *et al.* (2014) hallaron que los peces herbívoros presentaron moderada densidad y biomasa en las crestas y pendientes arrecifales, y que en esas crestas se mantenía una alta complejidad estructural, gracias a la existencia de corales muy grandes, principalmente *A. palmata*, a pesar que muchas colonias de esta especie y otros corales se encontraban destruidos y cubiertos parcial o totalmente por algas.

En muestreos posteriores, se han encontrado valores elevados de riqueza de especies, densidad y biomasa de peces (Alcolado *et al.*, 2001; Pina-Amargós *et al.*, 2002; Newman *et al.*, 2006; Pina *et al.*, 2008), al parecer por el efecto del área protegida, por lo que pudieran descartarse los problemas de herbivorismo

por peces. Las poblaciones de *D. antillarum* se encuentran en recuperación principalmente en las crestas (Martín *et al.*, 2011), aunque los resultados sobre la influencia de *D. antillarum* en la cobertura de macroalgas han sido contradictorios en algunos casos.

A partir del 2001, la instrumentación del protocolo AGRRA y otros métodos han permitido dar un seguimiento a las coberturas de corales y macroalgas, y se ha encontrado que la cobertura viva de corales tanto en crestas como en arrecifes frontales es inferior a un 20% (Pina-Amargós *et al.*, 2006), con alta mortalidad de *A. palmata* (Alcolado *et al.*, 2001). La cobertura de macroalgas ha aumentado a partir del 2001 desde 32,9% y 58,4% en crestas y arrecifes frontales, respectivamente (Alcolado *et al.*, 2001), a 50% en crestas y 75,3% en frontales en el 2012 (datos del proyecto: *Aplicación de un enfoque regional al manejo de áreas costeras y marinas protegidas en los archipiélagos del sur de Cuba*).

Las informaciones anteriores muestran que las crestas arrecifales del archipiélago Jardines de la Reina han experimentado un cambio de fase a favor de las macroalgas; que debió ocurrir en el período entre 1997 y 2000, ya que en las evaluaciones realizadas en 1995 y en enero de 1997 por Claro *et al.* (2014) aún se observaba dominancia de *A. palmata*. Además, en el 2001 la mayoría de las colonias de esta especie estaban muertas (Alcolado *et al.*, 2001), lo que pudo estar relacionado con el evento ENOS (Evento El Niño-Oscilación del Sur) más intenso del siglo, ocurrido en los años 1997-98, durante el cual se registraron nuevos récords de temperatura (Hernández, 2002; Fonseca, 2015), y las aguas se mantuvieron con anomalías positivas desde el inicio de 1997 y durante 1998, reportándose en junio la anomalía más alta de temperatura superficial del mar (TSM) (Hernández, 2002). Las fluctuaciones en las anomalías de TSM tienen una influencia directa sobre la comunidad bentónica y particularmente sobre los corales (Glynn, 1990; Arntz, Tarazona, Gallardo, Flores, & Salzwedel, 1991; Hernández, 2002).

Además, este evento ENOS (1997-98) afectó el área de estudio con fuertes "sures" y organismos ciclónicos generadores de oleaje. En la temporada invernal de ese período (1997-98), se estableció un nuevo récord en la frecuencia de los vientos de región sur (18), siendo el mes de febrero el más significativo por la intensidad que éstos alcanzaron, y el más severo

desde 1919 en cuanto a los "sures" (García, Ballester, Llanes, & Núñez, 1998).

En este mismo período, dos ciclones tropicales incidieron en el área de estudio, aunque no pasaron directamente sobre ella, el Huracán Georges de categoría 1 en septiembre de 1998 cruzó a lo largo de Cuba y el huracán Mitch de categoría 5 (del 22 de octubre al 5 de noviembre de 1998), aunque no afectó a Cuba, fue uno de los ciclones tropicales más poderosos de la era moderna, con una velocidad máxima de vientos sostenidos de 290 km/h (NOAA, 2015), por lo que al pasar por el mar Caribe debió generar fuerte oleaje sobre los arrecifes de coral del archipiélago Jardines de la Reina, que ya habían sufrido temperaturas extremas.

Los elementos anteriores relacionados con el evento ENOS de 1997-98, aparentan ser las causas más probables de la muerte de las grandes colonias de *A. palmata* en el archipiélago Jardines de la Reina, y del cambio de fase a favor de las macroalgas en ese período; y porque, la dominancia de los géneros *Halimeda*, *Dictyota* y *Lobophora* durante tantos años, pudiera indicar que en la zona no se han producido cambios significativos en la calidad de las aguas como para afectar el desarrollo de los corales.

Conclusiones

1. La riqueza de especies de los arrecifes de coral de los cayos Bretón, Cinco Balas y Caballones estuvo integrada por 56 especies, de las cuales 15 constituyen nuevas adiciones para la zona. La riqueza varió con la profundidad y las mayores se encontraron a los 5 y 10 m del arrecife frontal en el cayo Caballones.
2. La composición y abundancia relativa de especies de macroalgas solo varió entre las crestas y los arrecifes frontales. Las estaciones dentro de estas zonas no se diferenciaron entre sí.
3. Las especies *H. tuna* y *A. fragilissima* presentaron la mayor frecuencia de aparición, la primera en todas las profundidades, y la segunda hasta los 10 m de profundidad, mientras que las especies dominantes de la zona trasera fueron *H. opuntia* en los cayos Bretón y Caballones, y *H. tuna* en el cayo Cinco Balas. En el arrecife frontal dominó la especie *H. tuna* en todas las profundidades y localidades, a excepción de los 20 m de profundidad del cayo Cinco Balas donde

predominó *D. linearis* y *D. bartayresiana*.

4. Se determinó que el cambio de fase a favor de las macroalgas en estos arrecifes ocurrió entre los años 1997 y 2000, al parecer por factores relacionados con el severo evento ENOS de 1997-1998.

Referencias

- Alcolado, P. M., Ginsburg, R., Lang, J. C., Kramer, P. A., Marks, K., Rodríguez, E. A., . . . Hernández, J. I. (2001).** Estado de salud de los arrecifes coralinos del archipiélago Jardines de la Reina (SE de Cuba). Informe Preliminar de la Expedición CUBAGRRA II. Instituto de Oceanología: 58 pp.
- Arntz, W. E., Tarazona, J., Gallardo, V. A., Flores, L. A., & Salzwedel, H. (1991).** Benthos communities in oxygen deficient shelf and upper slope areas of the Peruvian and Chilean Pacific coast, and changes caused by El Niño. En: Tyson, R. V. & Pearson, T. H. (eds.). Modern and ancient continental shelf anoxia. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 58, 131-154.
- Borges-Souza, J. M. (2010).** Patrones estructurales de la comunidad bentónica arrecifal de banco Chinchorro, México. Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz BSC.
- Carrodegas, C., Arencibia, G., & Capetillo, N. (1997).** Consideraciones sobre el estado ambiental de los arrecifes coralinos cubanos. Enciclopedia cubana ECURED. En línea: [http://www.ecured.cu/index.php/Arrecifes_Coralinos_\(Cuba\)](http://www.ecured.cu/index.php/Arrecifes_Coralinos_(Cuba)).
- Claro, R., García-Arteaga, J., Pina-Amargós, F., Cantelar, K., Lara, A., & García-Rodríguez, A. (2014).** Laberinto de Doce Leguas, Archipiélago Jardines de la Reina. En: Claro, R. (ed.), Una línea base para el monitoreo de los peces arrecifales en Cuba Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba. p. 109-143. ISBN 978-959-298-032-7. En línea [citado 2015-02-06]. <http://www.redciencia.cu/>.
- Clero, L., & Cabrera, R. (2012).** Comunidades de algas marinas en el archipiélago Jardines de la Reina y en la bahía de Nuevitás, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 32-33, 269-275.
- Cruz, P. R. (2013). Producto turístico "Paraíso azul Jardines de la Reina", desde un enfoque de sostenibilidad. Tesis en opción al título de Licenciatura en turismo y hospitalidad. Universidad de Camagüey. Facultad de ciencias económicas y empresariales. Carrera de turismo y hospitalidad. Camagüey.
- 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.
- Fonseca, R. C. (2015).** Evaluación de los impactos del ENOS y estrategias de respuestas en Cuba. Centro del Clima, Instituto de Meteorología de Cuba [citado 2015-02-06]. <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd046995/CFonseca.pdf>.
- García, O., Ballester, M., Llanes, M., & Núñez, A. (1998).** Temporada Invernal de 1997-1998 en Cuba. SOMETCUBA Bulletin, 4(2). En línea [citado 2015-02-06]. http://www.met.inf.cu/sometcuba/boletin/v04_n02/espanol/tempora1.htm.
- Glynn, P. W. (1990).** Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. *Elsevier Oceanography Series*, 52, 584 pp.
- González de Zayas, R., Zúñiga-Ríos, A., Camejo-Cardoso, O., Batista-Tamayo, L.M., & Cárdenas-Murillo, R. (2006).** Atributos físicos del ecosistema Jardines de la Reina, p. 296-351. En Pina-Amargós, F. (ed.). Ecosistemas costeros: biodiversidad y gestión de los recursos naturales. Compilación por el XV Aniversario del Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC). CUJAE, Ciudad de la Habana, Cuba.
- González, S., Cantelar, K., Pina, F., Alcolado, P., Jiménez, A., Espinosa, J., . . . Hernández, J. L. (2007a).** Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características ambientales y tendencias. Estado de los arrecifes coralinos. En: Ecosistema Sabana-Camagüey, estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad. Ed. Academia, La Habana, p. 39.
- González, G. C., Cruz, A. M., Domínguez, B. C., Serrano, S. A., & Basáñez, M. A. J. (2007b).** Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 252-257.
- Hernández, B. (2002).** Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). *Investig. Mar.*, 30(2), 21-31.
- 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.
- Jomarrón, J. M., Moreno, S. O., Borges, R. M., Lake, B. J., Pina-Amargós, F., Abad, R. G., . . . Rodríguez, B. A. (2012).** Plan de manejo 2012-2016. Parque Nacional Jardines de

la Reina. Ciego de Ávila-Camagüey. MINAGRI/ENPFF. Ciego de Ávila/Camagüey. 135 pp.

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., 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.

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: Lang, M. A., Macintyre, I. G. & Rützler, K. The Smithsonian Marine Science Symposium, Washington, D.C., Smithsonian Contribution the Marine Sciences, 38, 401-414.

Martín, B. F., Clero, A. L., González, G. S., & Pina, F. A. (2011). Influence of *Diadema antillarum* populations (Echinodermata: Diademataidae) on algal community structure in Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 59(3): 1149-1163.

Newman, J. H. M., Paredes, A. G., Sala, E., & Jackson, B. C. J. (2006). Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters*, 9, 1216-1227.

NOAA (2015). 1998 North Atlantic hurricane season. En línea. [citado 2015-03-03]. <http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=1998&basin=atl>.

Ogden, J. C., & Ogden, N. B. (1998). Reconnaissance Survey of the Coral Reef and Associate Ecosystems of Cayo Cochinos, Honduras. *Rev. Biol. Trop.*, 46(4), 67-74.

Pedroso, B. I. (2001). Caracterización general de la cayería Jardines del Rey. <http://www.ceditur.cu/content/productos/monografias/cayeria-camaguey.pdf>.

Pina-Amargós, F., Alcolado, P. M., Hernández-Fernández, L., González-Sansón, G., González de Zayas, R., Clero-Alonso, L.,... González-Ferrer, S. (2002). Estado de salud de los arrecifes coralinos de Jardines de la Reina. Resultado: Caracterización de los arrecifes coralinos de Jardines de la Reina, p.1-20. En F. Pina-Amargós (ed.). Caracterización y manejo de los ecosistemas marinos en el archipiélago Jardines de la Reina (Informe Final de Proyecto). Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC), Cayo Coco, Ciego de Ávila, Cuba.

Pina-Amargós, F., Clero-Alonso, L., Martín-Blanco, F., Hernández-Fernández, L., Acosta de la Red, W., Cabreja-Ávila,

L.,... Artiaga, J. P. (2006). Biota marina del ecosistema Jardines de la Reina, p. 396-449. En: Pina-Amargós, F. (ed.). Ecosistemas costeros: biodiversidad y gestión de los recursos naturales. Compilación por el XV Aniversario del Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC). CUJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.

Pina, F., Hernández, L., Clero, L., & González, G. (2008). Características de los hábitats coralinos en Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 29(3), 225-287.

Roff, G., & Mumby, P. (2012). Global disparity in the resilience of coral reefs. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(7), 404-413.

Szmant, A. M. (2001). Introduction to the special issue of Coral Reefs on Coral Reef Algal Community Dynamics. Why are reef world-wide becoming overgrown by algae? Algae, algae everywhere, and nowhere a bite to eat. *Coral Reefs*, 19, 299-302.

Trelles, J., Suárez, A. M., & de la Guardia, E. (2001). Macroalgas dominantes de Playa Herradura plataforma noroccidental de Cuba: *Caulerpa* lesand *Dictyotales*. *Rev. Invest. Mar.*, 22(1), 1-6.

Valdés-Iglesias, O., Díaz, N., Cabranes, Y., Acevedo, M., Areces, A., Graña, L.,... Díaz, C. (2003). Macroalgas de la plataforma insular cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia*, 16, 36-45.

Valdivia, A. 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 Master en Biología Marina y Acuicultura con mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.

Valdivia, A. 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. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2), 123-131.

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(4), 358-366.

Zúñiga-Ríos, D., Martínez-Daranas, B., & Alcolado, P. M. (2012). Ficoflora de los arrecifes coralinos del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Serie Oceanológica*, 11, 57-76. <http://oceanologia.redciencia.cu/articulos.php>.