

PRESENCIA DE CAULERPACEAE (CHLOROPHYTA) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

JULIO ESPINOZA-AVALOS¹, LUIS E. AGUILAR-ROSAS², RAÚL AGUILAR-ROSAS³,
JORGE M. GÓMEZ-POOT⁴ Y RODOLFO RAIGOZA-FIGUERAS⁵

¹El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California,
Ensenada, Baja California, México

³Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México

⁴Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Chetumal,
Quintana Roo, México

⁵Acuario Xcaret, Playa de Carmen, Quintana Roo, México

¹Autor para la correspondencia: jespino@ecosur.mx

Resumen: Veintitrés taxones de Caulerpaceae (14 especies, 3 variedades y 6 formas) se encontraron en 70 sitios a lo largo de las costas de la península de Yucatán, México. La macroalga invasora *C. brachypus* f. *parvifolia* se reporta por primera vez en Quintana Roo. El análisis cualitativo de clasificación jerárquica aglomerativa (“clustering”) mostró ausencia de agrupamientos de sitios representativos de las costas del Caribe mexicano y del Golfo de México, en contraste con otros estudios que han reportado diferencias a ambos lados de la península de Yucatán, con base a la presencia de otros grupos de la biota marina. *Caulerpa cupressoides*, *C. prolifera* y *C. verticillata* fueron las especies con más registros (en 30, 23 y 21 sitios, respectivamente), mientras que *C. brachypus*, *C. lanuginosa*, *C. microphysa* y *C. webbiana* fueron las menos comunes, con un registro cada especie.

Palabras clave: *Caulerpa*, Caribe mexicano, Golfo de México, macroalgas invasoras, Quintana Roo.

Abstract: Twenty-three taxa of Caulerpaceae (14 species, 3 varieties, and 6 forms) were found in 70 sites along the coast of the Yucatan peninsula, Mexico. The invasive macroalgae *C. brachypus* f. *parvifolia* is reported for the first time in Quintana Roo, Mexico. A hierarchical agglomerative clustering analysis showed the nonexistence of sites grouping at both sides of the Yucatan peninsula, in contrast with other studies that have reported differences at both sides of the peninsula based on the presence of other groups of the marine biota. *Caulerpa cupressoides*, *C. prolifera*, and *C. verticillata* were the species having more records (in 30, 23, and 21 sites, respectively), while *C. brachypus*, *C. lanuginosa*, *C. microphysa*, and *C. webbiana* were among the less common species, with one record each species.

Key words: *Caulerpa*, Gulf of Mexico, Mexican Caribbean, invasive macroalgae, Quintana Roo.

La familia Caulerpaceae incluye a algas verdes cenocíticas y comprende a los géneros *Caulerpa* y *Caulerpella*, siendo el primero más diverso en especies, con respecto al último que sólo contiene una especie (Prud’Homme *et al.*, 1996). *Caulerpa* es uno de los géneros predominantes y de amplia distribución en mares tropicales y subtropicales del mundo, con algunas especies presentes en aguas templadas (Carruthers *et al.*, 1993). Hasta finales de la década de los 80’s, el número de especies de *Caulerpa* reconocido consistía de aproximadamente 75 taxones (Price *et al.*, 1998).

Actualmente, el número de especies aceptadas taxonómicamente de este género es 93 (Guiry y Guiry, 2014).

El Mar Caribe, la región de Malesia y la parte sur de Australia, representan centros con alta diversidad de especies de *Caulerpa* (Prud’Homme *et al.*, 1996). En algunas partes del Caribe, la presencia de algunas especies de *Caulerpa* ha sido evaluada particularmente abundante (De-Rios, 1972; John y Price, 1979; Norris y Bucher, 1982). En muchos estudios florísticos de la península de Yucatán se han incluido especies del género *Caulerpa*, no obstante, en estudios re-

cientes siguen reportándose nuevos registros de especies de *Caulerpa* para los tres estados que conforman la península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) (Mendoza-González *et al.*, 2000; Robledo y Freile-Pelegrín, 2005; Ortigón-Aznar *et al.*, 2008; Pacheco-Cervera *et al.*, 2010).

Al delimitar la distribución mundial de organismos marinos, la punta noreste de la península de Yucatán se ha señalado como el límite entre ecorregiones (Caribe Occidental y Sur del Golfo de México; Spalding *et al.*, 2007) y regiones (Golfo de México y Caribe; Costello *et al.*, 2010). Particularmente, esta punta se ha considerado como la frontera o zona de transición entre zonas biogeográficas del Mar Caribe y el Golfo de México. En lo que respecta a la fauna, Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus (1994) y Salazar-Vallejo (2000) separaron las subprovincias Macroantillana y del Golfo de México. De manera similar, para el caso de macroalgas marinas, Díaz-Martín y Espinoza-Avalos (2000) y Aguilar-Rosas *et al.* (2001) consideraron que la punta noreste de la península indicaba una frontera en la distribución de taxones de Phaeophyceae, Halimedaceae y Udoteaceae.

El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de taxones Caulerpáceae a lo largo de las costas de la península de Yucatán, y si la punta noreste de la Península delimitaba asociaciones de especies de Caulerpáceae, comparando la estructura de la comunidad con base en la presencia o ausencia de los taxones de Caulerpáceae entre el Golfo de México y el Caribe mexicano.

Materiales y métodos

La península de Yucatán se localiza en la parte sureste de México e incluye los estados de Campeche y Yucatán hacia el Golfo de México y Quintana Roo hacia el Mar Caribe (Figura 1).

Múltiples ejemplares de Caulerpáceae se recolectaron de ambientes marinos en diferentes épocas del año, de septiembre de 1991 a abril de 2001, sin seguir un patrón de muestreo. Los ejemplares se separaron de muestras generales de macroalgas y pastos marinos. Con la excepción de Xcaret, el muestreo de ejemplares no se repitió en ninguno de los 70

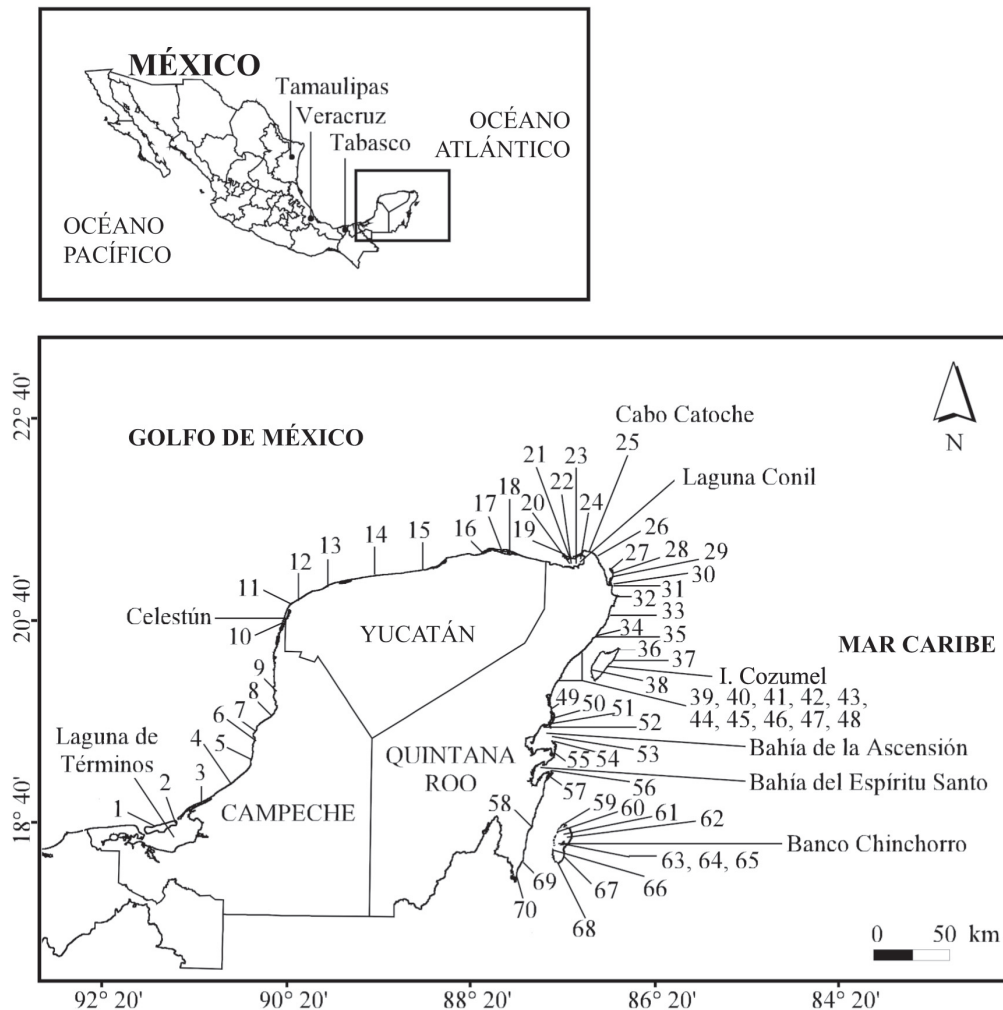


Figura 1. Península de Yucatán, mostrando los sitios donde se recolectaron los especímenes de Caulerpáceae.

sitios que se incluyen en este estudio. El nombre, la fecha de recolecta y la posición geográfica de los sitios de muestreo se muestran en la tabla 1. Las muestras se recolectaron aleatoriamente y sin un procedimiento con fines cuantitativos. Algunas muestras se obtuvieron de caletas y cenotes. Las algas se recolectaron manualmente mediante buceo libre y autónomo, usualmente en sitios de menos de 4 m de profundidad. Las algas se preservaron en formalina al 4 % diluida con agua de mar. La salinidad se midió con un refractómetro manual ATAGO® S/Mill, únicamente en caletas y cenotes.

Las determinaciones taxonómicas se llevaron a cabo usando

microscopios estereoscópico Olympus y fotónico Carl Zeiss con iluminación de campo claro, siguiendo los trabajos de Weber-van-Bosse (1898), Taylor (1960) y Dawes y Mathieson (2008). La nomenclatura de las especies se basó en Wynne (2011), y las actualizaciones nomenclaturales se obtuvieron de AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2014).

Los especímenes recolectados se depositaron en el Herbario de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, México (= CIQR), en dos modos de preservación: secos en papel de herbario y en formalina al 4 %.

Para determinar la existencia de posibles diferencias en

Tabla 1. Nombre, posición geográfica y fecha de colecta de los sitios donde se encontraron especies Caulerpáceae en la península de Yucatán. Los números de sitios corresponden con los de la figura 1.

| Sitio | Nombre | Posición Latitud N | Longitud O | Fecha de colecta | Sitio | Nombre | Posición Latitud N | Longitud O | Fecha de colecta |
|--------------|-------------------|-----------------------|--------------|---------------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------|---------------------|
| Campeche | | | | | Quintana Roo | | | | |
| 1 | Punta Bajamita | 18°43'38.30" | 91°38'58.73" | 15-11-1993 | 35 | Punta Maroma | 20°43'42.41" | 86°57'48.54" | 19-05-1992 |
| 2 | Puerto Real | 18°46'36.56" | 91°31'46.11" | 13-11-1993 | 36 | Punta Molas | 20°35'00.20" | 86°44'31.36" | 07-04-1992 |
| 3 | Sabancuy | 19°01'19.15" | 91°12'43.06" | 13-11-1993 | 37 | Playa Chen Río | 20°22'55.57" | 86°52'29.04" | 09-04-1992 |
| 4 | Chenkán | 19°08'47.37" | 90°57'26.04" | 12-11-1993 | 38 | Playa San Francisco | 20°22'04.64" | 87°01'31.60" | 07-04-1992 |
| 5 | Tide pools | 19°16'24.14" | 90°47'39.55" | 16-11-1993 | 39 | Xcaret | 20°34'04.25" | 87°06'36.09" | 04-04-2001 |
| 6 | Punta Morro | 19°40'30.24" | 90°42'25.21" | 12-11-1993 | 40 | Puerto Aventuras | 20°29'53.12" | 87°13'37.46" | 26-05-1995 |
| 7 | Playa Bonita | 19°47'40.62" | 90°37'17.46" | 11-11-1993 | 41 | Xpu-há | 20°28'48.24" | 87°14'49.01" | 26-05-1995 |
| 8 | Ría San Francisco | 19°51'47.62" | 90°31'54.78" | 11-11-1993 | 42 | Yalkú | 20°24'43.24" | 87°18'13.37" | 25-05-1995 |
| 9 | Tenabo | 20°05'41.65" | 90°28'52.75" | 11-11-1993 | 43 | Akumal | 20°23'43.25" | 87°18'49.97" | 12-03-1992 |
| Yucatán | | | | | 44 | Xcabel | 20°20'24.03" | 87°20'33.75" | 04-06-1993 |
| 10 | Celestún | 20°52'31.47" | 90°23'43.81" | 11-08-1995 | 45 | Xel-há | 20°19'04.09" | 87°21'27.91" | 24-05-1995 |
| 11 | Punta Piedra | 21°09'22.65" | 90°05'46.18" | 12-08-1995 | 46 | Predio San Francisco | 20°17'18.17" | 87°22'30.00" | 24-05-1995 |
| 12 | Sisal | 21°09'56.59" | 90°02'57.44" | 12-08-1995 | 47 | Tankah | 20°15'59.34" | 87°23'28.97" | 23-05-1995 |
| 13 | Progreso | 21°18'33.25" | 89°40'22.07" | 12-08-1995 | 48 | Shangri-La | 20°05'27.96" | 87°28'22.74" | 12-03-1992 |
| 14 | Telchac Puerto | 21°20'43.48" | 89°15'35.24" | 13-08-1995 | 49 | Punta Xamach | 19°55'50.74" | 87°26'27.00" | 11-03-1992 |
| 15 | Dzilam de Bravo | 21°23'45.76" | 88°52'50.72" | 13-08-1995 | 50 | Punta Xoquem | 19°49'58.12" | 87°27'16.71" | 07-10-1991 |
| 16 | San Felipe | 21°34'07.63" | 88°14'13.87" | 13-08-1995 | 51 | Vigía Chico | 19°46'24.69" | 87°35'09.75" | 08-10-1991 |
| 17 | Las Coloradas | 21°36'42.52" | 87°58'54.06" | 14-08-1995 | 52 | Cayo Culebras | 19°42'19.38" | 87°29'48.08" | 06-10-1991 |
| 18 | El Cuyo | 21°31'51.31" | 87°44'31.02" | 14-08-1995 | 53 | Arrecife del Barco | 19°44'20.12" | 87°25'12.86" | 06-10-1991 |
| Quintana Roo | | | | | 54 | Punta Piedra | 19°33'29.91" | 87°24'54.95" | 07-10-1991 |
| 19 | Punta Sirinjote | 21°30'10.64" | 87°23'26.57" | 09-09-1993 | 55 | La Victoria | 19°26'39.16" | 87°28'11.87" | 24-09-1991 |
| 20 | Chiquilá | 21°26'00.56" | 87°20'10.91" | 08-09-1993 | 56 | Candelaria de Chal | 19°21'36.15" | 87°29'54.44" | 26-09-1991 |
| 21 | Punta Mosquito | 21°33'45.00" | 87°19'48.44" | 07-09-1993 | 57 | La Sardina | 19°15'36.64" | 87°29'15.93" | 25-09-1991 |
| 22 | Punta Chen | 21°26'28.60" | 87°19'02.10" | 09-09-1993 | 58 | Río Indio | 18°45'44.18" | 87°40'06.57" | 28-02-1992 |
| 23 | Punta Chuchú | 21°25'47.08" | 87°13'36.36" | 08-09-1993 | 59 | Cayo Norte | 18°45'04.47" | 87°18'17.96" | 20-10-1991 |
| 24 | Bajo Media Luna | 21°27'13.46" | 87°09'54.83" | 08-09-1993 | 60 | Bajo | 18°42'51.83" | 87°21'57.72" | 18-10-1991 |
| 25 | Cabo Catoche | 21°36'18.66" | 87°06'14.68" | 07-09-1993 | 61 | Agua Verde | 18°36'28.95" | 87°16'51.45" | 19-10-1991 |
| 26 | Boca Iglesias | 21°31'51.03" | 86°57'47.29" | 07-09-1993 | 62 | San Andrés | 18°33'39.00" | 87°17'45.31" | 20-10-1991 |
| 27 | Bahía Chacmochuc | 21°25'42.91" | 86°50'39.00" | 16-03-1992 | 63 | Cayo Centro NE | 18°35'55.73" | 87°18'12.39" | 20-10-1991 |
| 28 | Isla Blanca | 21°25'53.92" | 86°48'27.51" | 16-03-1992 | 64 | Cayo Centro SW | 18°34'50.00" | 87°20'05.75" | 18-10-1991 |
| 29 | Punta Sam | 21°13'58.90" | 86°48'03.41" | 15-03-1992 | 65 | La Herradura | 18°30'33.88" | 87°18'47.94" | 18-10-1991 |
| 30 | Isla Mujeres | 21°15'20.28" | 86°44'54.09" | 01-06-1993 | 66 | Cordillera | 18°29'22.64" | 87°25'47.48" | 19-10-1991 |
| 31 | Bajo Pepito | 21°13'09.23" | 86°44'15.23" | 14-04-1994 | 67 | El Tropic | 18°29'20.21" | 87°18'41.51" | 19-10-1991 |
| 32 | Laguna Bojórquez | 21°05'20.85" | 86°46'24.30" | 05-06-1996 | 68 | Cayo Lobos | 18°23'41.17" | 87°23'22.42" | 19-10-1991 |
| 33 | Punta Caracol | 20°53'20.32" | 86°51'38.17" | 19-05-1992 | 69 | Punta Xcayal | 18°23'15.12" | 87°46'58.13" | 27-02-1992 |
| 34 | La Caleta | 20°47'02.57" | 86°56'15.85" | 19-05-1992 | 70 | Xcalak | 18°16'28.65" | 87°50'03.29" | 08-11-1997 |

la estructura de la comunidad de las Caulerpáceae recolectadas en aguas del Golfo de México y del Caribe mexicano, se utilizó la técnica de clasificación jerárquica aglomerativa ("clustering"). Con los datos de presencia-ausencia de los taxones de *Caulerpa* se elaboró una matriz de similitud de distancias de Bray-Curtis, utilizando el método de ligamiento promedio. Para evaluar la evidencia genuina de agrupaciones de los sitios de estudio se usó la prueba SIMPROF (prueba de permutaciones). Los análisis se realizaron con el software Primer 6 (Clarke y Gorley, 2006). Para contrarrestar el menor número de sitios visitados en Campeche y Yucatán con respecto a los de Quintana Roo, en los análisis cualitativos se agregaron los registros de *Caulerpa* en sitios reportados por otros autores para los dos estados del Golfo de México.

Resultados

Veintitrés taxones de Caulerpáceae (14 especies, 3 variedades y 6 formas) se encontraron en 70 sitios de la península de Yucatán, México (Tabla 2). *Caulerpa cupressoides*, *C. prolifera*, *C. verticillata* y *C. sertularioides* fueron las especies con mayor presencia en la península, (en 30, 23 y 21 sitios, respectivamente), mientras que *C. brachypus*, *C. lanuginosa*, *C. microphysa*, *C. webbiana* y *Caulerpella ambigua* fueron las especies menos comunes, con un registro las cuatro primeras y dos registros la última especie (Tabla 2).

Caulerpa verticillata estuvo presente en las caletas de Yalkú, Predio San Francisco y Xel-há (con salinidad de 25 PSU), al igual que *C. sertularioides* en las caletas de los sitios 42, 45, 46, y 47 (Figura 1). *Caulerpa fastigiata* fue la única especie que se recolectó en cenotes, como Xpu-há y Tankah, donde los valores de salinidad fueron 15 PSU y 12 PSU, respectivamente.

Un piso completamente cubierto por especies de *Caulerpa*, principalmente *C. prolifera*, se observó en rocas de Punta Bajamita, Campeche (15-11-1993) y en fondos lodosos de Dzilám de Bravo, Yucatán (13-07-1995). Otras especies de *Caulerpa* se encontraban mezcladas con *C. prolifera* en los sitios 1 y 15 (Figura 1).

Caulerpa brachypus f. *parvifolia* (Harvey) A. B. Cribb es un nuevo registro para el Caribe mexicano, se recolectó el 04-04-2001 y el 11-04-2001 a 24 m y 27 m de profundidad, respectivamente, enfrente del Parque Xcaret (sitio 39, Figura 1). Los ejemplares se encontraban creciendo encima de un conglomerado compuesto de escombros de corales, arena y la esponja *Geodia* sp. Céspedes de *C. brachypus* f. *parvifolia* se trasplantaron a los tanques de exhibición del parque. Estas algas (frondas con estípites cortos, planas, 3(-4) cm de largo, sin ramificarse, ovales a elongadas, con márgenes lisos, raramente dentados), aparentemente muy resistentes, agresivamente colonizaron el sustrato ocupado por otros organismos que se encontraban en los tanques de exhibición. Para controlar su capacidad de invasión, los dos primeros

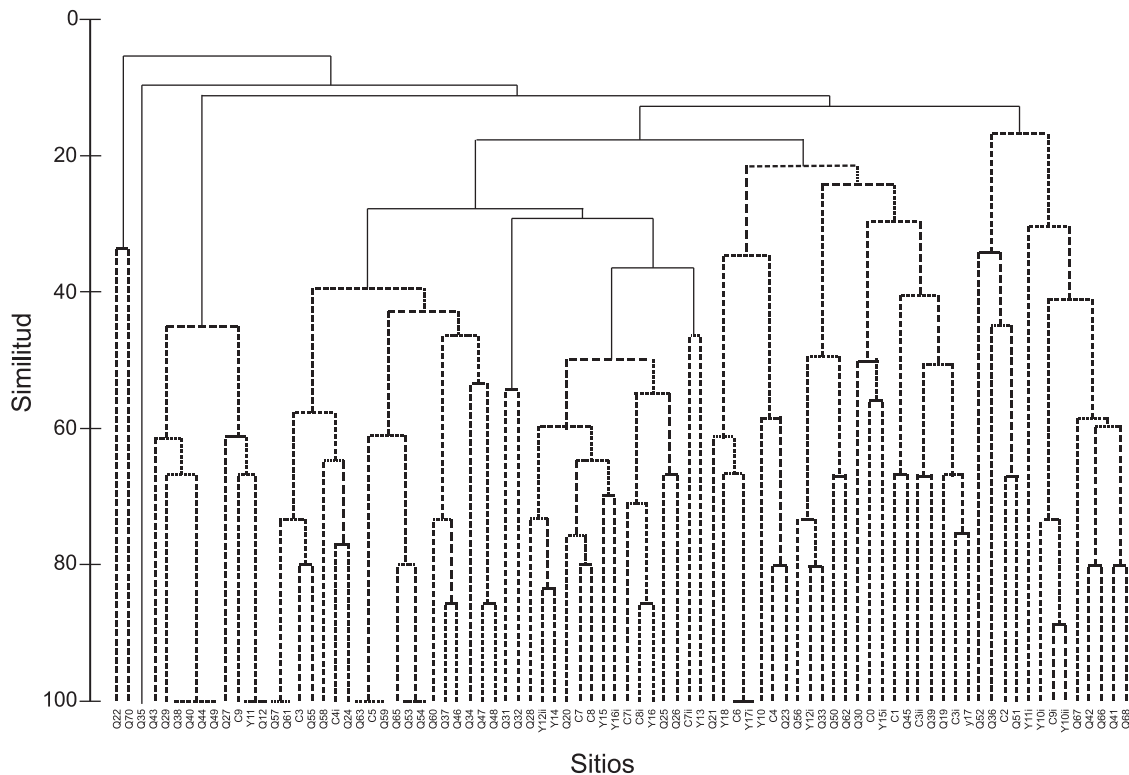


Figura 2. Dendrograma de agrupamientos por sitios de recolecta, con base a datos de presencia-ausencia; C (Campeche), Q (Quintana Roo) y Y (Yucatán), en la península de Yucatán.

años fue necesario podarlas aproximadamente cada mes, hasta que alcanzaron una condición de crecimiento estable, y finalmente desaparecieron después de cinco años (2006) de estar en exhibición. En la naturaleza, *C. brachypus* f. *parvifolia* desapareció después del paso por la zona de Xcaret de los huracanes Emily y Wilma, el 18-07-2005 y 21-10-2005, ambos con categoría 4 de la escala Saffir-Simpson. El paso de estos huracanes causó modificaciones extremas a los hábitats de arrecife de coral a 15-27 m de profundidad, y posteriormente *C. brachypus* f. *parvifolia* no se ha observado en los alrededores de Xcaret.

El número total de especies de Caulerpaceae para la península de Yucatán, cuando se sumaron los taxones encontrados en este estudio y los reportados en la literatura por

otros autores, fue 36 (15 especies, 11 variedades y 10 formas), como se muestra en la tabla 3. Las especies con mayor presencia en la península fueron *C. racemosa*, *C. prolifera*, *C. cupressoides* y *C. mexicana* (en 26, 25, 24 y 24 sitios, respectivamente), mientras que las menos comunes fueron *C. serrulata*, *C. brachypus*, *C. lanuginosa* y *C. webbiana* (en 1, 2, 5 y 6 sitios, respectivamente; Tabla 3).

El análisis de agrupamiento mostró que la comunidad de *Caulerpa* fue similar a uno y otro lado de la península de Yucatán, sugiriendo la ausencia de grupos bien definidos que permitan separar las comunidades de ambos lados de la península (Figura 2). La prueba SIMPROF indicó que las agrupaciones sugeridas por el dendrograma únicamente son significativas a valores de similitud menores a 29.1 % ($P_i =$

Tabla 2. Taxones Caulerpaceae encontrados en cada estado en la península de Yucatán. Los números representan los sitios de colecta indicados en la figura 1.

| TAXÓN | ESTADO | | | TAXÓN | ESTADO | | |
|-------------------------------------------------------------|------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------------------------|
| | CAMPECHE | YUCATÁN | QUINTANA ROO | | CAMPECHE | YUCATÁN | QUINTANA ROO |
| <i>C. ashmeadii</i> Harvey | 8 | 13, 14, 15, 16 | 20, 24, 25, 26, 28 | <i>C. peltata</i> J.V.Lamouroux | 2 | 15, 17 | 30, 36, 42, 51, 52, 53, 54, 65, 66, 68 |
| <i>C. brachypus</i> f. <i>parvifolia</i> (Harvey) A.B.Cribb | | | 14 | | | | |
| <i>C. cupressoides</i> (West in Vahl) C.Agardh | 3, 5, 7, 8 | 14, 15, 16 | 20, 24, 25, 28, 32, 34, 35, 37, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66 | <i>C. prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux | 2, 4, 6, 7, 8 | 14, 15, 16, 17, 18 | 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 55, 56 |
| var. <i>mamillosa</i> (Montagne) Weber-van Bosse | | | 41, 68 | <i>f. obovata</i> J.Agardh | 4, 7, 8 | 10, 14, 15 | 22, 23, 24 |
| <i>C. fastigiata</i> Montagne | 1 | 15, 17 | 19, 39, 45 | <i>f. zosterifolia</i> Børgesen | 1 | | |
| <i>C. lanuginosa</i> J.Agardh | | | 30 | <i>C. racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh | 7, 8 | 13, 16, 17 | 20, 24, 30, 34, 41, 42, 47, 48, 58, 66, 67, 68 |
| <i>C. mexicana</i> Sonder ex Kützing | 1 | 15 | 19, 24, 30, 33, 37, 50, 56, 57, 58, 61, 62 | <i>C. sertularioides</i> (S.G.Gmelin) M.A.Howe | 1, 3 | 14, 15 | 23, 24, 28, 29, 30, 38, 40, 43, 44, 45, 49, 55, 57, 61 |
| <i>f. laxior</i> (Weber-van Bosse) W.R.Taylor | | | 50 | <i>f. farlowii</i> (Weber-van Bosse) Børgesen | | | 37, 46, 47, 52, 60 |
| <i>C. microphysa</i> (Weber-van Bosse) Feldmann | | | 36 | <i>f. longiseta</i> (Bory de Saint-Vincent) Svedelius | | | 31 |
| <i>C. paspaloides</i> (Bory de Saint-Vincent) Greville | | | 19, 20, 22, 25, 26, 34, 37, 46 | <i>C. verticillata</i> J.Agardh | 7, 8, 9 | 11, 12, 14, 15, 17, 18 | 19, 20, 27, 31, 34, 38, 40, 43, 44, 49, 52, 65 |
| var. <i>compressa</i> (Weber-van Bosse) M.A. Howe | | | 20, 24, 28, 30, 32, 35, 47, 48 | <i>C. webbiana</i> Montagne | | | 30 |
| var. <i>wurdeimanni</i> Weber-van Bosse | 8, 9 | 15 | 21 | <i>Caulerpella ambigua</i> (Okamura) Prud'homme et Lokhorst | | | 27, 36 |

Tabla 3. Taxones Caulerpáceae registrados en este y otros estudios en cada estado de la península de Yucatán. Los números representan las referencias de los registros.

| TAXÓN | ESTADO | | | TAXÓN | ESTADO | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | CAMPECHE | YUCATÁN | QUINTANA ROO | | CAMPECHE | YUCATÁN | QUINTANA ROO |
| <i>C. ashmeadii</i> Harvey | 25, 32 | 5, 11i, 12, 16, 20ii, 22, 29, 31i, 32 | 9, 16, 19, 32 | <i>C. peltata</i> J.V.Lamouroux | 16, 17, 21 ^e , 32 | 1 ^e , 16, 22, 32 | 1 ^e , 9, 12, 13 ^f , 16, 16 ^g , 19 ^e , 20 ^e , 27, 32 |
| <i>C. brachypus</i> f. <i>parvifolia</i> (Harvey) A.B.Cribb | | 23 | 32 | <i>C. prolifera</i> (Forsskål) J.V.Lamouroux | 6, 16, 17, 21, 25, 32 | 11i, 16, 20ii, 22, 24, 29, 31i, 32 | 1, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 19, 20i, 27, 32 |
| <i>C. cupressoides</i> (West) C.Agardh | 6, 32 | 11i, 12, 20ii, 22, 24, 13, 16, 18, 29, 31i, 32 | 1, 8, 9, 12, 19, 20, 20i, 27, 28, 31, 32 | f. <i>obovata</i> J. Agardh | 15, 16, 32 | 16, 22, 32 | 1, 9, 16, 32 |
| var. <i>flabellata</i> Børgesen | 25 | 16 | 9, 10, 27, 30 | f. <i>zosterifolia</i> Børgesen | 21, 32 | 16 | 16 |
| var. <i>lycopodium</i> Weber-van Bosse | | 16 ^a | 10, 27, 30 ^a | <i>C. racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh | 6, 14 ^b , 16 ^b , 25, 32 | 11i, 14 ^b , 16 ^b , 20ii, 24, 29, 32 | 1, 2, 5, 8, 9, 13, 14 ^b , 16 ^b , 19, 20, 27, 28, 31, 32 |
| var. <i>mamillosa</i> (Montagne) Weber-van Bosse | 16 | 16 | 1, 2, 13, 16, 27, 32 | var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützinger) W.R.Taylor | 16 | 16 | 11, 13, 16, 20 |
| var. <i>serrata</i> (Kützinger) Weber-van Bosse | 16 | | | var. <i>occidentalis</i> (J.Agardh) Børgesen | 21 | 16 | 13, 16 |
| var. <i>turneri</i> Weber-van Bosse | 15, 16 | 16 | 1, 2, 13, 16, 20 | var. <i>turbinata</i> (J.Agardh) Eubank | | | 16 ^g |
| <i>C. fastigiata</i> Montagne | 15 ^b , 16, 21 ^b , 32 | 16, 22, 32 | 7, 10, 13, 16, 27, 28, 30, 32 | <i>C. serrulata</i> (Forsskål) J.Agardh | | | 20 |
| <i>C. lanuginosa</i> J.Agardh | | | 3, 8, 19, 27, 32 | <i>C. sertularioides</i> (S.G.Gmelin) M.A.Howe | 6, 16, 32 | 16, 20ii, 24, 32 | 1, 2, 9, 11, 12, 16, 19, 20, 20i 27, 28, 30, 31i, 32 |
| <i>C. mexicana</i> Sonder ex Kützinger | 6, 25, 32 | 4, 11i, 16, 16 ^c , 29, 32 | 1, 4, 8, 9, 13, 16, 16 ^c , 18, 19, 20, 27, 28, 30, 31i, 32 | f. <i>brevipes</i> (J.Agardh) Svedelius | 14, 21 | 16 | 1, 9, 13, 16, 19, 20i, 27 |
| f. <i>laxior</i> (Weber-van Bosse) W.R.Taylor | | | 4, 16, 32 | f. <i>corymbosa</i> W.R.Taylor | 21 | | |
| f. <i>pectinata</i> (Kützinger) Taylor | 21 | | 4, 20 | f. <i>farlowii</i> (Weber-van Bosse) Børgesen | | 16 | 1, 13, 14, 16, 19, 27, 32 |
| <i>C. microphysa</i> (Weber-van Bosse) Feldmann | 17 ^d | | 1, 8, 13, 20, 20i, 27, 32 | f. <i>longiseta</i> (Bory de Saint-Vincent) Svedelius | 16, 21 | 16, 22 | 1, 9, 13, 16, 32 |
| <i>C. paspaloides</i> (Bory de Saint-Vincent) Greville | 25 | 11i, 29, 31i | 1, 2, 8, 9, 12, 13, 19, 20, 20i, 27, 28, 32 | <i>C. verticillata</i> J. Agardh | 16, 32 | 16, 22, 23, 24, 32 | 1, 5, 8, 9, 11, 12, 16, 19, 20, 20i, 27, 28, 30, 32 |
| var. <i>compressa</i> (Weber-van Bosse) M.A.Howe | | 20ii | 13, 27, 32 | <i>C. webbiana</i> Montagne | | 23 | 20, 26, 27, 28, 32 |
| var. <i>laxa</i> Weber-van Bosse | | | 16 | <i>Caulerpella ambigua</i> (Okamura) Prud'homme & Lokhorst | 14 ^k , 16 ^l | 16 ^l , 23 | 1 ^k , 13 ^l , 16 ^l , 19 ^k , 20, 27 ^l , 28, 32 |
| f. <i>phleoides</i> (Bory de Saint-Vincent) Weber-van Bosse | | | 16 | REFERENCIAS: 1) Aguilar-Rosas et al., 1998; 2) Aguilar-Rosas et al., 1989; 3) Aguilar-Rosas et al., 1992; 4) Apartado et al., 2002; 5) Bastida-Zavala et al., 2000; 6) Callejas-Jiménez et al., 2005; 7) Collado-Vides et al., 1995; 8) Collado-Vides et al., 1998; 9) Díaz-Martín et al., 1998; 10) Díaz-Martín y Quan-Young, 2001; 11) Espinoza-Avalos et al., 2009; 11i) Freile-Pelegrín y Morales, 2004; 12) Garduño-Solórzano | | | |
| var. <i>wurdemanni</i> Weber-van Bosse | 16, 32 | 16, 32 | 16, 27, 32 | | | | |

Tabla 3. Continuación.

et al., 2005; 13) Garza-Barrientos, 1975; 14) Huerta-Múzquiz, 1958; 15) Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos, 1966; 16) Huerta-Múzquiz et al., 1987; 17) Humm, 1952; 18) Mateo-Cid et al., 2006; 19) Mendoza-González y Mateo-Cid, 1992; 20) Mendoza-González et al., 2000; 20i) Mendoza-González et al., 2007; 20ii) Okolodkov et al., 2014; 21) Ortega, 1995; 22) Ortigón-Aznar et al., 2001; 23) Ortigón-Aznar et al., 2008; 24) Ortigón-Aznar et al., 2009; 25) Pacheco-Cervera et al., 2010; 26) Quan-Young et al., 1998; 27) Quan-Young et al., 2004; 28) Quan-Young et al., 2006; 29) Robledo y Freile-Pelegrín, 2005; 30) Serviere-Zaragoza et al., 1992; 31) Tussenbroek y Collado-Vides, 2000; 31i) Zubia et al., 2007; 32) Este estudio. ^a como *C. cupressoides* var. *lycopodium* (J. Agardh) Weber-van Bosse, ^b como *C. fastigiata* var. *confervoides* P. et H. Crouan ex Weber-van Bosse, ^c como *C. taxifolia* (Vahl) C. Agardh (ver Apartado et al. 2002), ^d como *C. racemosa* var. *microphysa* (Weber-van Bosse) Taylor, ^e como *C. racemosa* var. *pel-tata* (Lamouroux) Eubank, ^f como *Caulerpa racemosa* var. *laetevirens* (Montagne) Weber-van Bosse, ^g como *C. racemosa* var. *chemnitzia* (Esper) Weber-van Bosse, ^h como *C. racemosa* var. *uvifera* (Turner) J. Agardh, ⁱ como *C. racemosa* var. *clavifera* (Turner) Weber-van Bosse, ^j como *C. vickersiae* var. *luxurians* Taylor, ^k como *C. vickersiae* Børgesen, ^l como *Caulerpa ambigua* Okamura.

4.51; $P < 0.1$ %). A este nivel de similitud se formaron siete grupos; sin embargo, estos están compuestos por muestras de ambos lados de la península de Yucatán.

Discusión

El número relativamente alto de las especies Caulerpaceae registradas para la península de Yucatán (15), incluyendo *Caulerpella ambigua*, resalta la importancia del área de estudio (particularmente la porción caribeña de la península de Yucatán), al ser considerado como uno de los tres centros mundiales con alta diversidad de especies de *Caulerpa* (Prud'Homme et al., 1996). Por ejemplo, el número de especies de *Caulerpa* en la península de Yucatán (14) es similar al reportado por Price (2011) para las zonas tropical y subtropical del norte de Australia (16). Prud'Homme et al. (1996) mencionaron que el Caribe albergaba 22 especies de *Caulerpa*, incluyendo siete endémicas; este número de especies es similar al registrado actualmente para el Gran Caribe (comprendiendo el Golfo de México, el Mar Caribe, Bermuda y el litoral norteño de Brasil; Salazar-Vallejo 2000) y aceptadas taxonómicamente en Algaebase, que es de 25 especies, siendo cuatro de ellas endémicas (*C. floridana* W.R. Taylor, *C. kempffii* A.B.Joly et S.M.B.Pereira, *C. murrayi* Weber-van Bosse y *C. pusilla* (Kützting) J. Agardh; Guiry y Guiry, 2014). No obstante, cabe mencionar que ninguno de estos cuatro taxones endémicos del Gran Caribe ha sido registrado en la península de Yucatán hasta la fecha.

La gran cantidad de variedades (11) y formas (10) de *Caulerpa* registrados para la península de Yucatán, resalta las dificultades taxonómicas potenciales originadas por la gran plasticidad morfológica existente dentro del género (Carruthers et al., 1993; Silva et al., 1996). Por ejemplo, en el trabajo de Taylor (1969) se evidenciaron los problemas taxonómicos infraespecíficos relacionados con *Caulerpa*

cupressoides: una vez que él había identificado varios especímenes como *C. cupressoides* var. *cupressoides*, mencionó que eran muy similares a otras cinco variedades. Debido a que una variabilidad morfológica similar ocurrió con *C. paspaloides*, Steidinger y van-Breedveld (1971) decidieron mantener cuatro posibles variedades al nivel de especie. Estos ejemplos enfatizan la necesidad de emprender una revisión taxonómica de *Caulerpa* en la región de estudio.

Las especies que sobrevivieron a los valores mínimos y en condiciones extremas de salinidad en la península de Yucatán fueron *C. fastigiata* (12 PSU, en cenotes, este estudio) y *C. prolifera* (60 PSU, en Ría Lagartos, Yucatán; Ortigón-Aznar, 1997). Estos valores de salinidad corresponden a los valores mínimo (13 PSU) y máximo (60 PSU) tolerados por *C. lagara* en Perth, Australia (Kendrick et al., 1990) y *C. lentillifera* en Shark Bay, Australia (Carruthers et al., 1993), respectivamente.

El análisis de aglomeración, con los datos de presencia-ausencia de las Caulerpaceae, no mostró algún arreglo definido en lo que respecta a los sitios de recolecta para ambos lados de la península de Yucatán. En contraste, los estudios de Aguilar-Rosas et al. (2001), con taxones de Phaeophyceae, y Díaz-Martín y Espinoza-Avalos (2000), con taxones de Halimedaceae y Udoteaceae, proponen que Cabo Catoche es el punto geográfico costero que separa los elementos ficoflorísticos de ambos lados de la península i.e., Golfo de México y Caribe mexicano. La punta noreste de la península igualmente se ha sugerido por otros autores para separar subprovincias (Salazar-Vallejo, 2000), regiones (Costello et al., 2010) y ecoregiones (Spalding et al., 2007) zoogeográficas. Díaz-Martín y Espinoza-Avalos (2000) registraron que el 21 % de 63 especies Phaeophyceae no se compartían en ambos lados de la península, mientras que Aguilar-Rosas et al. (2001) reportaron que el 68 % de 41 taxones de Halimedaceae y Udoteaceae registrados en el Caribe mexicano no se había registrado en el lado del Golfo de México. En los dos trabajos anteriores se dan elementos diferenciales existentes hacia ambos lados de la península, que podrían explicar las diferencias florísticas que ellos registraron, como la dimensión de la plataforma continental, los tipos de sustrato, las velocidades de corriente, la presencia de surgencias y la extensión de comunidades de arrecifes de coral. Sin embargo, esas mismas características diferenciales no fueron suficientes para separar los sitios por la presencia de taxones Caulerpaceae. Por otro lado, no se puede descartar que un muestreo cuantitativo (estimando abundancia y biomasa de ejemplares, por ejemplo) y más equitativo en el número de sitios de colecta con presencia de taxones Caulerpaceae (menor en el lado del Golfo de México que en el lado caribeño; Tabla 2), pudiera revelar una agrupación distintiva de sitios a ambos lados de la península.

Cabe señalar el caso particular de *Caulerpa brachypus* f. *parvifolia*, especie nativa del océano Pacífico y considerada como un alga invasora en las aguas del sureste de Florida

donde se registró por primera vez en mayo de 2001 (Lapointe *et al.*, 2005). Este taxón invasivo también ha sido referido como *C. brachypus* Harvey (Trowbridge, 2004; Walters *et al.*, 2006; Glardon *et al.*, 2008). Sin embargo, cuando los autores (Jacoby *et al.*, 2004; Banks *et al.*, 2005) presentaron fotografías es claro que la especie invasora pertenece a *C. brachypus* f. *parvifolia*, y lo mismo sería para los registros de las Antillas Mayores y Antillas Menores dados por Littler y Littler (2000). En comparación a la forma *parvifolia*, *C. brachypus* Harvey var. *brachypus* tiene fronda ligulada, alcanza 5-6 (-9) cm de largo, frecuentemente (sub-)dicotómica o con proliferaciones en el ápice, con márgenes irregularmente constrictos y algunos con espinas mucromadas (Coppejans y Prud'Homme van Reine, 1992).

Además de Australia, la forma *parvifolia* se ha registrado en China, Filipinas, Indonesia, Japón, Nueva Zelanda, Fiyi y África (Silva *et al.*, 1996; Guiry y Guiry, 2014), por lo que cada una de esas zonas es una fuente potencial del alga invasora. El sitio y modo de introducción de *C. brachypus* f. *parvifolia* al Atlántico occidental/Caribe se desconoce. Algas pertenecientes a este taxón se han reportado de Florida, Antillas Mayores, Antillas Menores y Quintana Roo, México. Acuaristas profesionales y aficionados pudieran ser los vectores de la introducción de *C. brachypus* f. *parvifolia*. Por ejemplo, Walters *et al.* (2006) obtuvieron *Caulerpa* spp., de 30 páginas de internet, que representaron 25 estados de EUA y Gran Bretaña.

Caulerpa brachypus f. *parvifolia* desapareció de las aguas enfrente de Xcaret después del paso de los huracanes Emily y Wilma en 2005. Del mismo modo, las algas de este taxón fueron completamente removidas por el paso de los huracanes Frances, Jeanne (en 2004) y Wilma (in 2005) por el área de Florida (Lapointe *et al.*, 2006; Lapointe y Bedford, 2010). Es importante resaltar que tapetes de esta alga invasora creciendo en los tanques de exhibición de Xcaret sobrevivieron por un año más después de su desaparición en el mar.

En resumen, en la península de Yucatán se ha registrado el 60 % de especies de Caulerpaceae que habita en la cuenca del Mar Caribe, uno de los centros mundiales de alta diversidad de especies de esta familia de macroalgas. Se registra por primera vez a la especie invasora *Caulerpa brachypus* f. *parvifolia*, taxón que coloniza agresivamente sustratos y que desplaza flora y fauna nativa de ambientes arrecifales (Jacoby *et al.*, 2004; Lapointe *et al.*, 2005), similares a los que se encuentran principalmente en el lado caribeño de la Península. Las especies de Caulerpaceae no se agruparon diferencialmente en ambos lados de la Península, el caribeño y del Golfo de México, como se ha reportado para otros grupos de organismos marinos.

Agradecimientos

Agradecemos a M. D. Esquivel-Moreno, por su apoyo en la colecta de campo; E. Torres-Mejía y M. A. A. Díaz-Mar-

tín, por su ayuda en el campo y por separar las Caulerpaceae de muestras de algas y pastos marinos; A. Ortega-Jasso, por proporcionar los especímenes y datos de cenotes y caletas; J. J. Bolaños-Guerra, J. A. Bautista-Martínez y A. Naal-Gutiérrez, por su apoyo para recolectar *C. brachypus* f. *parvifolia*; N. P. Cetz-Navarro, por elaborar las figuras 1 y 2, y sus comentarios al manuscrito; y a C. G. Montañó-Moctezuma, por su orientación con los análisis estadísticos y sus valiosos comentarios al manuscrito. Dos revisores anónimos ayudaron a mejorar sustancialmente la versión final del manuscrito.

Literatura citada

- Aguilar-Rosas M.A., Aguilar-Rosas L.E. y Aguilar-Rosas R. 1998. Algas marinas de la región central de Quintana Roo, México. *Polibotánica* 7:15-32.
- Aguilar-Rosas M.A., Aguilar-Rosas L.E. y Fernández-Prieto J.A. 1989. Algas marinas bentónicas de la bahía de la Ascención, Quintana Roo, México. *Boletín del Instituto de Oceanografía de Venezuela* 28:67-75.
- Aguilar-Rosas L.E., Aguilar-Rosas M.A., Gómez-Pedroso-Cedillo A. y Fernández-Prieto J.A. 1992. Adiciones a la flora marina del caribe mexicano. *Acta Botanica Mexicana* 19:77-84.
- Aguilar-Rosas L.E., Espinoza-Avalos J. y Aguilar-Rosas R. 2001. Distribución de las especies de la familia Udoteaceae (Bryopsidales, Chlorophyta) de la península de Yucatán, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 47:99-108.
- Apartado F.P., Dreckmann K.M. y Sentíes-Granados A. 2002. *Caulerpa mexicana* Sonder ex Kützinger (Caulerpaceae, Chlorophyta) en México. *Polibotánica* 13:97-105.
- Banks K., Beaver C., Bohnsack J., Dodge R.E., Gilliam D., Jaap W., Keller B., Leeworthy V.R., Matthews T., Ruiz-Carus R., Santavy D. y Spieler R. 2005. The state of coral reef ecosystems of Florida. En: Waddell J.E. Ed. *The State of Coral Reef Ecosystems of the United States and Pacific Freely Associated States: 2005*, pp. 150-200. Silver Spring, Maryland.
- Bastida-Zavala J.R., Beltrán-Torres A.U., Gutiérrez-Aguirre M.A. y Fuente-Betancourt G. 2000. Rapid assessment of reef patches in Majagual, Quintana Roo, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 48:137-143.
- Callejas-Jiménez M.E., Sentíes-Granados A. y Dreckmann K.M. 2005. Macroalgas bentónicas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. *Hidrobiológica* 15:89-96.
- Carruthers T.J.B., Walker D.I. y Huisman M. 1993. Culture studies on two morphological types of *Caulerpa* (Chlorophyta) from Perth, Western Australia, with a description of a new species. *Botanica Marina* 36:589-596.
- Clarke K.R. y Gorley R.N. 2006. *PRIMER v6: User manual / Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Collado-Vides L., González-González J. y Ezcurra E. 1995. Patrones de distribución ficroflorística en el sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo, México. *Acta Botanica Mexicana* 31:19-32.
- Collado-Vides L., Ortegón-Aznar I., Sentíes-Granados A., Combarra Barrera L. y González-González J. 1998. Macroalgae of Puer-

- to Morelos reef system, Mexican Caribbean. *Hidrobiológica* **8**:133-143.
- Coppejans E. y Prud'homme van Reine W.F. 1992. Seaweeds of the Snellius-II Expedition (E. Indonesia): the genus *Caulerpa* (Chlorophyta-Caulerpaceae). *Bulletin Séances Académie Royale des Sciences D'Outre-Mer - Mededelingen del Zittingen Koninklijke Academie vor Overzeese Wetenschappen* **37**:667-712.
- Costello M.J., Coll M., Danovaro R., Halpin P., Ojaveer H. y Miloslavich P. 2010. A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PLoS ONE* **5**:e12110.
- Dawes C.J. y Mathieson A.C. 2008. *The Seaweeds of Florida*. University Press of Florida, Gainesville.
- De-Rios N.R. 1972. Contribución al estudio sistemático de las algas macroscópicas de las costas de Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica* **7**:219-324.
- Díaz-Martín M.A. y Espinoza-Avalos J. 2000. Distribution of brown seaweeds (Phaeophyta) in the Yucatan peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science* **66**:279-289.
- Díaz-Martín M.A. y Quan-Young L.I. 2001. Ampliación de ámbito de 32 macroalgas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* **49**:391-394.
- Díaz-Martín M.A., Torres-Mejía E. y Espinoza-Avalos J. 1998. Lista de algas del Área de Protección Yum Balam, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* **46**:487-492.
- Díaz-Merlano J.M. y Puyana-Hegedus M. 1994. *Moluscos del Caribe Colombiano. Un Catálogo Ilustrado*. Colciencias, Fundación Natura e Invemar, Santafé de Bogotá.
- Espinoza-Avalos J., Hernández-Arana H.A., Álvarez-Legorreta T., Quan-Young L.I., Oliva-Rivera J.J., Valdez-Hernández M., Zavala-Mendoza A., Cruz-Piñón G., López C.Y., Sepúlveda-Lozada A., Worum-Ference P., Villegas-Castillo A. y van Tussenbroek B.I. 2009. Vegetación acuática sumergida. En: Espinoza-Avalos J., Islebe G.A. y Hernández-Arana H.A. Eds. *El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal / Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*, pp. 28-40, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal.
- Freile-Pelegrín Y. y Morales J.L. 2004. Antibacterial activity in marine algae from the coast of Yucatan, Mexico. *Botanica Marina* **47**:140-146.
- Garduño-Solórzano G., Godínez-Ortega J.L. y Ortega M.M. 2005. Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **76**:61-78.
- Garza-Barrientos M.A. 1975. Primeras consideraciones referentes sobre la flora marina del sureste de la república mexicana. *Memorias de Simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica, Universidad de Oriente* **2**:7-27.
- Gardon C.G., Walters L.J., Quintana-Ascencio P.F., McCauley L.A., Stam W.T. y Olsen J.L. 2008. Predicting risks of invasion of macroalgae in the genus *Caulerpa* in Florida. *Biological Invasions* **10**:1147-1157.
- Guiry M.D. y Guiry G.M. 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <<http://www.algaebase.org>> (consultado 8 abril 2014).
- Huerta-Múzquiz L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de la Sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* **9**:115-123.
- Huerta-Múzquiz L. y Garza-Barrientos M.A. 1966. Algas marinas del litoral del estado de Campeche. *Ciencia* **24**:193-200.
- Huerta-Múzquiz L., Mendoza-González A.C. y Mateo-Cid L.E. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. *Phytologia* **62**:23-53.
- Humm H.J. 1952. Marine algae from Campeche banks. *Florida State University Studies* **7**:27.
- Jacoby C., Lapointe B. y Creswell L. 2004. Are native and non-indigenous seaweeds overgrowing Florida's East coast reefs? *Florida Sea Grant College Program SGEF-156*. Disponible en: <<https://www.flseagrant.org/wp-content/uploads/flsgpg01015.pdf>>
- John D.M. y Price J.H. 1979. The marine benthos of Antigua (Lesser Antilles) I. Environment, distribution and ecology. *Botanica Marina* **22**:313-326.
- Kendrick G.A., Huisman J.M. y Walker D.I. 1990. Benthic macroalgae of Shark Bay, Western Australia. *Botanica Marina* **33**:47-54.
- Lapointe B.E., Barile P.J., Littler M.M. y Littler D.S. 2005. Macroalgal blooms on southeast Florida coral reefs: II. Cross-shelf discrimination of nitrogen sources indicates widespread assimilation of sewage nitrogen. *Harmful Algae* **4**:1106-1122.
- Lapointe B.E. y Bedford B.J. 2010. Ecology and nutrition of invasive *Caulerpa brachypus* f. *parvifolia* blooms on coral reefs off southeast Florida, U.S.A. *Harmful Algae* **9**:1-12.
- Lapointe B.E., Bedford B.J. y Baumberger R. 2006. Hurricanes Frances and Jeanne remove blooms of the invasive green alga *Caulerpa brachypus* forma *parvifolia* (Harvey) Cribb from coral reefs off northern Palm Beach County, Florida. *Estuaries and Coasts* **29**:966-971.
- Littler D.S. y Littler M.M. 2000. *Caribbean Reef Plants: an Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. OffShore Graphics, Inc., Washington, D.C.
- Mateo-Cid L.E., Mendoza-González A.C. y Searles R.B. 2006. A checklist and seasonal account of the deepwater Rhodophyta around Cozumel island on the Caribbean coast of Mexico. *Caribbean Journal of Science* **42**:39-52.
- Mendoza-González A.C. y Mateo-Cid L.E. 1992. Algas marinas bentónicas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Acta Botanica Mexicana* **19**:37-61.
- Mendoza-González A.C., Mateo-Cid L.E. y Searles R.B. 2000. New records of benthic marine algae from Isla Cozumel, Mexico: Phaeophyta and Chlorophyta. *Bulletin of Marine Science* **66**:119-130.
- Mendoza-González A.C., Mateo-Cid L.E. y Searles R.B. 2007. Yucatan seaweeds from the offshore waters of Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. *Botanica Marina* **50**:280-287.
- Norris J.N. y Bucher K.E. 1982. Marine algae and seagrasses from Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contribution Marine Science* **12**:167-223.
- Okolodkov Y.B., Merino-Virgilio F.C., Aké-Castillo J.A., Aguilar-Trujillo A.C., Espinosa-Matías S. y Herrera-Silveira J.A. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the northern coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. *Acta Botanica Mexicana* **107**:121-151.
- Ortega M.M. 1995. Observaciones del fitobentos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales Instituto Biología UNAM, México, Serie Botánica* **66**:1-36.
- Ortegón-Aznar I. 1997. Estudio de integración ficoflorística de tres lagunas costeras de la península de Yucatán. Tesis de Maes-

- tría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 143 pp.
- Ortegón-Aznar I., González-González J. y Sentíes-Granados A. 2001. Estudio ficológico de la laguna de Río Lagartos, Yucatán, México. *Hidrobiológica* **11**:97-104.
- Ortegón-Aznar I., Leon-Tejera H., Gold-Morgan M. y Ramírez-Miss N. 2008. Preliminary results on marine algae of Madagascar Reef, Yucatan, México: a functional group approach. Proceedings of the 11th *International Coral Reef Symposium*, pp. 1373-1376. Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July.
- Ortegón-Aznar I., Sánchez-Molina I. y Casanova-Cetz R.H. 2009. The distribution of marine algae in a coastal lagoon, northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Neotropical Biology and Conservation* **42**:99-105.
- Pacheco-Cervera M.C., Pacheco-Ruiz I., Ramos-Miranda J., Cetz-Navarro N.P. y Soto-Ávila J.L. 2010. Presencia del género *Caulerpa* en la Bahía de Campeche, Camp. *Hidrobiológica* **20**:57-69.
- Price I.R. 2011. A taxonomic revision of the marine green algal genera *Caulerpa* and *Caulerpella* (Chlorophyta, Caulerpaceae) in northern (tropical and subtropical) Australia. *Australian Systematic Botany* **24**:137-213.
- Price I.R., Huisman J.M. y Borowitzka M.A. 1998. Two new species of *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) from the west coast of Australia. *Phycologia* **37**:10-15.
- Prud'homme Van Reine W., Verheij E. y Coppejans E. 1996. Species and ecads of *Caulerpa* (Ulvophyceae, Chlorophyta) in Malaysia (South-East Asia): Taxonomy, biogeography and biodiversity. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **30**:83-98.
- Quan-Young L.I., Díaz-Martín M.A. y Espinoza-Avalos J. 1998. *Caulerpa webbiana* (Chlorophyta: Caulerpaceae) en la península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* **46**:847.
- Quan-Young L.I., Díaz-Martín M.A. y Espinoza-Avalos J. 2004. Floristics, cover, and phenology of marine macroalgae from Bajo Pepito, Isla Mujeres, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* **75**:11-25.
- Quan-Young L.I., Díaz-Martín M.A. y Espinoza-Avalos J. 2006. Algas epífitas de Bajo Pepito, Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* **54**:317-328.
- Robledo D. y Freile-Pelegrín Y. 2005. Seasonal variation in photosynthesis and biochemical composition of *Caulerpa* spp. (Bryopsidales, Chlorophyta) from the Gulf of Mexico. *Phycologia* **44**:312-319.
- Salazar-Vallejo S.I. 2000. Biogeografía marina del Gran Caribe. *Interciencia* **25**:7-12.
- Serviere-Zaragoza E., Collado-Vides L. y González-González J. 1992. Caracterización ficológica de la Laguna de Bojórquez, Quintana Roo, México. *Caribbean Journal of Science* **28**:126-133.
- Silva P.C., Basson P.W. y Moe R.L. 1996. Catalogue of the Benthic Marine Algae of the Indian Ocean. University of California Publications in Botany vol. **79**, University of California Press, Estados Unidos de America.
- Spalding M.D., Fox H.E., Allen G.R., Davidson N., Ferdaña Z.A., Finlayson M., Halpern B.S., Jorge M.A., Lombana A., Lourie S.A., Martin K.D., McManus E., Molnar J., Recchia C.A. y Robertson J. 2007. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *Bioscience* **57**:573-583.
- Steidinger K.A. y Van Breedveld J.F. 1971. Benthic Marine Algae from Waters Adjacent to the Crystal River Electric Power Plant (1969 and 1970). Professional Papers Series No. 16., Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory, St. Petersburg.
- Taylor W.R. 1960. *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coast of the Americas*. University Michigan Press, Ann Arbor.
- Taylor W.R. 1969. Notes on the distribution of West Indian marine algae particularly in the Lesser Antilles. *Contribution University of Michigan Herbarium* **9**:125-203.
- Trowbridge C.D. 2004. Emerging associations on marine rocky shores: specialist herbivores on introduced macroalgae. *Journal of Animal Ecology* **73**:294-308.
- van Tussenbroek B.I. y Collado-Vides L. 2000. Filamentous algae dominate a tropical reef community in the Mexican Caribbean: an unexpected organization of reef vegetation. *Botanica Marina* **43**:547-557.
- Walters L.J., Brown K.R., Stam W.T. y Olsen J.L. 2006. E-commerce and *Caulerpa*: unregulated dispersal of invasive species. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**:75-79.
- Weber-van-Bosse A. 1898. Monographie des Caulerpes. *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg* **15**:243-401.
- Wynne M.J. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: third revision. Nova Hedwigia Beihefte 140, J. Cramer, Stuttgart.
- Zubia M., Robledo D. y Freile-Pelegrín Y. 2007. Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Applied Phycology* **19**:449-458.

Recibido: 13 de junio de 2014

Aceptado: 10 de octubre de 2014