



Macroalgas de la laguna "El Carmen", Tabasco, México

Macroalgae of the lagoon "El Carmen", Tabasco, Mexico

Graciela María Pérez-Jiménez^{1,3} , Ma. Guadalupe Rivas-Acuña¹ , Daniel León Álvarez² , Bernardita Campos Campos¹ 
y Nataly Quiroz-González² 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: Debido a la escasez de conocimiento sobre macroalgas en lagunas costeras de Tabasco, en este trabajo se determina la diversidad ficoflorística de macroalgas asociadas a la laguna El Carmen, municipio Cárdenas, y se contribuye al conocimiento biológico y ecológico en el estado de Tabasco.

Métodos: Se realizaron muestreos en un ciclo anual de 2015 a 2016 durante la época de lluvias, la de nortes y la de secas. Los organismos se recolectaron manualmente, se fijaron con agua marina y formol al 4%, se identificaron y se depositaron en los herbarios FCME (UNAM) y UJAT.

Resultados clave: Se reportan 21 especies de macroalgas marinas, tres de las cuales son nuevos registros para el estado de Tabasco. La división Rhodophyta con las familias Gracilariaceae y Rhodomelaceae tiene la mayor riqueza de especies; *Gracilaria blodgettii* fue la más abundante. Durante la temporada de nortes se registró la mayor riqueza y abundancia.

Conclusiones: Se incrementó a 125 el número de registros de Rhodophyta y 28 de Ochrophyta para Tabasco. Se sugiere ampliar el número de muestreos sistemáticos en un ciclo anual con la finalidad de tener una mejor representación de la diversidad y la estacionalidad de las macroalgas en la laguna El Carmen.

Palabras clave: algas marinas, diversidad, estacionalidad, laguna costera.

Abstract:

Background and Aims: Due to the lack of knowledge about macroalgae in Tabasco's coastal lagoons, this work determined the macroalgae diversity associated to the El Carmen lagoon, municipality Cardenas, and contributes to the biological and ecological knowledge of the state of Tabasco, Mexico.

Methods: Three samplings were carried out in an annual cycle from 2015 to 2016, during the rainy, northern wind and dry seasons. The organisms were collected manually, fixated with seawater and 4% formalin, identified, and deposited in the UJAT and FCME (UNAM) herbaria.

Key results: Twenty-one species of marine macroalgae were recorded, of which three are new records for the state of Tabasco. The Rhodophyta division with the families Gracilariaceae and Rhodomelaceae had the highest species richness and *Gracilaria blodgettii* was the most abundant species. The greatest diversity and abundance appeared in the northern winds season.

Conclusions: There is an increase to 125 species in the number of records of Rhodophyta species and 28 in the Ochrophyta for Tabasco. Hence, it is suggested to extend the sampling time and perform systematic work in an annual cycle, in order to have a better representation of the diversity and seasonality of the macroalgae in the El Carmen lagoon.

Key words: coastal lagoon, diversity, marine algae, seasonality.

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5 s/n, entronque a Bosque de Saloya, 86150 Villahermosa, Tabasco, México.

²Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Herbario, Laboratorio de Ficología y Sección de Algas, 04510 CDMX, México.

³Autor para la correspondencia:
gjimenez9@outlook.com

Recibido: 26 de agosto de 2019.

Revisado: 1 de octubre de 2019.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain:
25 de noviembre de 2019.

Primero en línea: 6 de febrero de 2020.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 127 (2020).

Citar como: Pérez-Jiménez, G. M., M. G. Rivas-Acuña, D. León-Álvarez, B. Campos Campos y N. Quiroz-González. 2020. Macroalgas de la laguna "El Carmen", Tabasco, México. Acta Botanica Mexicana 127: e1606.
DOI: 10.21829/abm127.2020.1606



Este es un artículo de acceso abierto
bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

Las lagunas costeras son ecosistemas que poseen las tasas más elevadas de productividad primaria y secundaria, son sitios de reproducción, desarrollo y refugio de muchos organismos acuáticos de valor comercial, lo que permite encontrar una gran biodiversidad de peces, crustáceos y moluscos de crecimiento rápido, altas tasas de reproducción, ciclo de vida corto y resistentes a las fluctuaciones ambientales (Contreras y Castañeda, 2004).

La comunicación de la laguna con el mar puede ser permanente o efímera, siendo el resultado del encuentro de dos masas de agua con características diferentes; son los factores ambientales fisicoquímicos que presenta cada una, lo que hace a las lagunas costeras zonas peculiares. Las lagunas costeras están protegidas de las fuerzas del mar por una barrera paralela a la línea de costa (Lankford, 1977; Contreras y Castañeda, 2004).

En las lagunas costeras el desarrollo de las macroalgas es dependiente de la luz, la temperatura y los nutrientes; se ve modificado por los aportes fluviales y por los intercambios mareales, alterando la dominancia de las macroalgas en función de la época climática presentada a lo largo del año. Por esos motivos, los factores abióticos son de suma importancia en la determinación de las características biológicas de las especies que ahí habitan (Gutiérrez-Mendieta et al., 2006).

Las macroalgas son organismos fundamentales en los sistemas acuáticos debido a que participan en el sustento de la red trófica, son fijadoras de dióxido de carbono, por lo que se les considera principales productoras de oxígeno atmosférico y son refugio y hábitat para la reproducción de diferentes especies de invertebrados y peces (Littler y Arnold, 1982; Huerta-Múzquiz et al., 1987; Robledo, 1997). A nivel mundial, son fuente de recursos económicos, debido al alto potencial que presentan para la industria alimenticia, médica y química (Balina et al., 2017).

El conocimiento que se tiene sobre macroalgas en el estado de Tabasco se ha incrementado en los últimos años, debido a las exploraciones y revisiones de los ejemplares ficológicos depositados en las colecciones de herbarios estatales y nacionales. A la fecha, se cuenta con el registro de 123 especies de Rhodophyta, 57 de Chlorophyta y 27 de Ochrophyta (Orozco-Vega y Dreckmann, 1995; Ra-

mírez, 1996; Dreckmann y De Lara-Isassi, 2000; Senties y Dreckmann, 2013; Mendoza-González et al., 2017; Quiroz-González et al., 2017, 2018). Las zonas más exploradas en Tabasco abarcan los municipios Centla, Comalcalco, Paraíso y Cárdenas; los dos últimos son los que cuentan con la presencia de lagunas costeras.

Las exploraciones ficológicas para La laguna Mecoacán, ubicada en el municipio Paraíso, se destacan por el estudio de Orozco-Vega y Dreckmann (1995), reportando siete especies las cuales están clasificadas en seis de Rhodophyta y una Ochrophyta; el registro de Ramírez (1996) con 13 especies de algas Rhodophyta y Mendoza-González et al. (2017), en su inventario de algas bénticas marinas y estuarinas en Tabasco, registran 26 algas para la Laguna Mecoacán y además 31 especies para la laguna La Machona que pertenece al cuerpo lagunar Carmen-Pajonal, Machona, localizada en el municipio Cárdenas, y diversos autores (Ramírez, 1996; Senties y Dreckmann, 2013; Mendoza-González et al., 2017 y Quiroz-González et al., 2017, 2018) han registrado especies de macroalgas en las escolleras del puerto Andrés Sánchez Magallanes, en el municipio Cárdenas. Finalmente, Senties y Dreckmann (2013), en su listado actualizado de macroalgas, realizaron un análisis de afinidades ficoflorísticas para Tabasco, reportando 50 especies distribuidas en cinco sitios (Escolleras Sánchez Magallanes, Playa El Bellote, Laguna Mecoacán y Playa Cangrejo).

El presente estudio tiene como objetivo determinar, en tres temporadas, la diversidad ficoflorística de las macroalgas asociadas a la laguna El Carmen en el municipio Cárdenas y así contribuir a su conocimiento biológico y ecológico en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

Zona de estudio

La laguna costera El Carmen se encuentra ubicada al Suroeste del Golfo de México en el municipio Cárdenas, Tabasco, México, y forma parte del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona. Se localiza entre los 18°18'30" de latitud norte y 93°44'30" latitud oeste. La laguna El Carmen tiene un área de 92 km², se comunica al mar y está influenciada por aportes de agua dulce por la desembocadura de los ríos San Felipe y Santa Ana, presenta un clima tropical cálido

húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), donde las temperaturas promedio oscilan entre 24 y 26 °C y la precipitación promedio anual es de 3246.5 mm (Solano, 1995; Ramos, 2006).

Muestreo de macroalgas

Se realizaron tres muestreos durante octubre de 2015 (lluvias), febrero (nortes) y junio (secas) de 2016. La recolecta de macroalgas se definió con base en la presencia y ausencia de algas bajo la fórmula de tamaño de muestra para poblaciones indeterminadas de acuerdo con Hill et al. (2005). Se utilizó un cuadrante de 25 m² dividido en 25 subcuadrantes de 1 m². Todos los ejemplares se recolectaron manualmente con ayuda de espátulas y navajas de acuerdo con el sustrato observado, después fueron depositados en frascos de plástico. Se fijaron con agua marina y formol al 4% (Lot y Chiang, 1986) y se conservaron en neveras du-

rante su traslado al herbario de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) para su identificación taxonómica.

Las macroalgas se colectaron en tres sitios en la laguna El Carmen:

Sitio 1: 18°28'39"N, 93°84'77"W, profundidad de 30 a 50 cm; sustrato arenoso.

Sitio 2: 18°26'70"N, 93°84'77"W, 20 cm de profundidad; sustrato arenoso.

Sitio 3: 18°31'28"N, 93°75'99"W, 30 a 40 cm de profundidad; sustrato arenoso con conchas de ostión y piedras (Fig. 1).

Preparación de las muestras para su determinación taxonómica

Para el procesamiento de muestras se realizaron observaciones de los ejemplares completos; posteriormente, de forma manual se hicieron cortes transversales histológicos con una

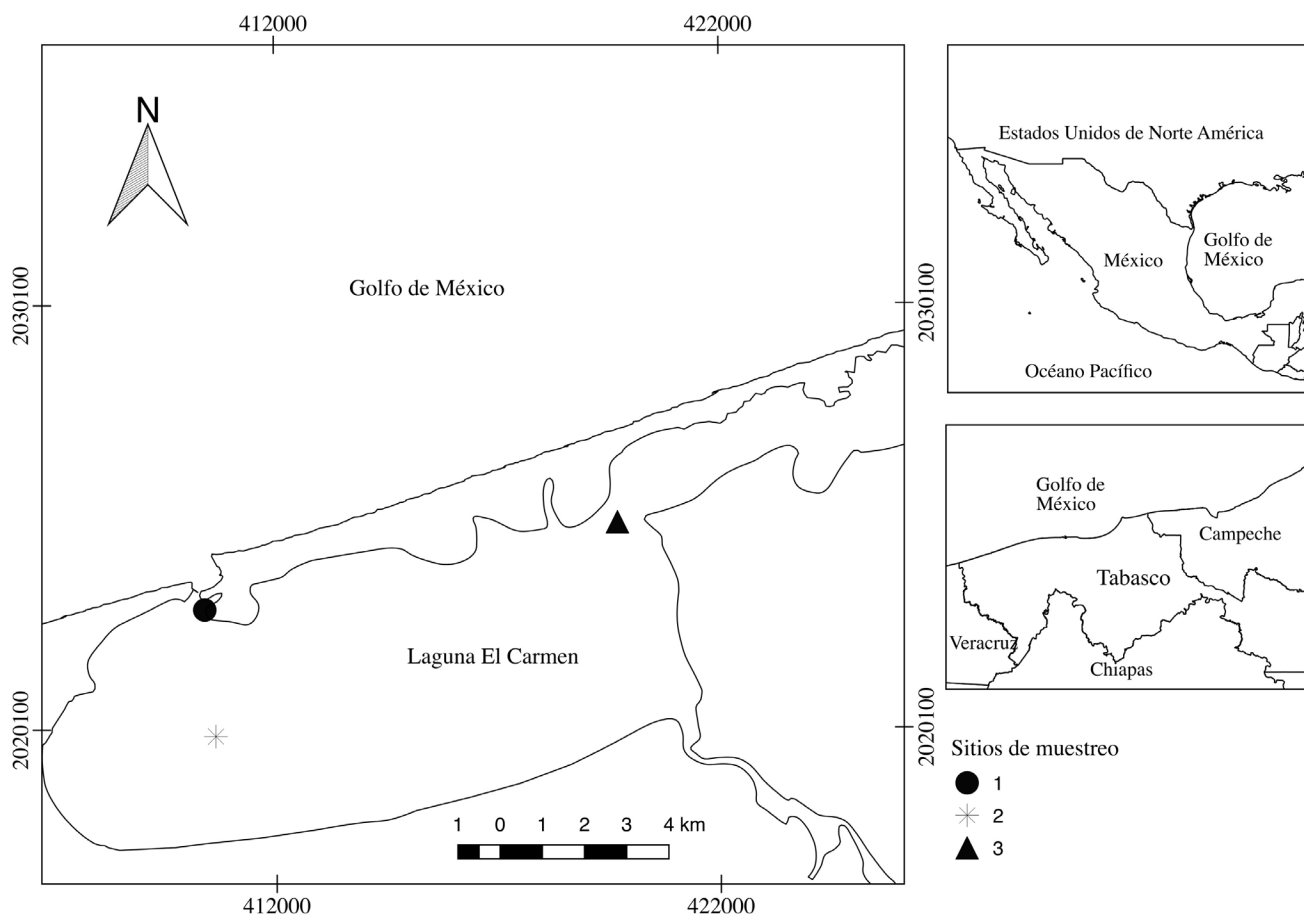


Figura 1: Ubicación de los tres sitios de recolección de las macroalgas en la laguna El Carmen, Tabasco, México.

navaja de disección y se tiñeron con cristal violeta y safranina. Finalmente, se montaron permanentemente con gelatina glicerizada al 75% (Castellaro et al., 2007). Se observaron estructuras morfológicas de los ejemplares con un microscopio estereoscópico (Olympus SZ61 y CX31, Tokio, Japón).

Mediante el microscopio óptico (Leica DM500 LAS EZ, Leica Microsystems, Wetzlar, Alemania), se observaron a mayor detalle los talos completos y los cortes transversales previamente fotografiados con una cámara digital (Canon, modelo 70D, lente Canon EF 100 mm f/2 macro USM, Tokio, Japón).

Identificación taxonómica

La determinación taxonómica de los ejemplares se realizó usando claves taxonómicas (León-Alvarez et al., 2007; León-Alvarez y Núñez-Reséndiz, 2012) y libros especializados (Taylor, 1960; Earle, 1969; Abbott y Hollenber, 1976; Littler et al., 1989; Littler y Littler, 2000).

Para la comparación de caracteres morfológicos (tamaño de talos, rúmulas y caracteres importantes para la delimitación), taxonómicos y reproductivos del género *Gracilaria* Greville se utilizaron los trabajos de Dreckmann y Senties (2009) y Salgado y Peña (2011). El trabajo de Robinson et al. (2012) se utilizó para la determinación del género *Dictyota* Lamouroux y para la de la especie *Rosenvingea intricata* (J. Agardh) Bergesen; así como el estudio de Núñez-Reséndiz et al. (2015) para la determinación del género *Hydropuntia* Montagne. Para la actualización nomenclatural y sistemática de las especies se consultó la base de datos AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2017).

El material biológico determinado se depositó en el herbario FCME de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y en el herbario UJAT de la División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBiología-UJAT).

Se elaboró un listado florístico en el que se indica la abundancia total para cada especie (Total) y su abundancia relativa (%) por temporada (lluvias, nortes y secas) (a, b y c). La abundancia total se estimó con el número de individuos por cada especie; mientras que la abundancia relativa es el valor porcentual de cada valor total de cada especie. La riqueza de especies se calculó como el número total de especies presentes en una muestra (S).

Se describen e ilustran, con fotografías, los nuevos registros de la laguna El Carmen a partir de los ejemplares recolectados.

Resultados

Se recolectaron 147 especímenes pertenecientes a 21 especies, 17 géneros, 11 familias, nueve órdenes y tres divisiones (Cuadro 1). De las macroalgas encontradas, tres son nuevos registros para el estado de Tabasco: *Bostrychia montagnei* Harvey, *Canistrocarpus cervicornis* (Kützinger) De Paula & De Clerck y *Crassiphycus corneus* (J. Agardh) Gurgel, J.N. Norris & Fredericq. Los órdenes con mayor riqueza de especies fueron Ceramiales con seis y Gracilariales con cinco. Las familias mayormente representadas fueron Rhodomelaceae y Gracilariaceae con cinco especies respectivamente y el género con mayor número de especies fue *Gracilaria* con tres.

De los tres sitios, el 2 fue el que presentó la mayor riqueza específica con 12 especies, seguido por el 3 con 10. El sitio 1 fue el menos diverso con ocho, *Gracilaria blodgettii* Harvey fue el ejemplar con mayor presencia en este estudio con 24 especímenes (16.3%).

La mayor diversidad por estación se registró en la temporada de nortes con 21 especies y 85 especímenes, seguida por la de lluvias con 12 y 49 respectivamente. La temporada de secas fue la menos diversa con siete especies y 10 especímenes. *Bryocladia cuspidata* (J. Agardh) De Toni, *Crassiphycus corneus*, *Hydropuntia caudata* (J. Agardh) Gurgel y Fredericq, *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützinger, *Rosenvingea intricata*, *Ulothrix* sp., *Ulva fasciata* Delile y *U. prolifera* O.F. Müller fueron las especies que mostraron una estacionalidad marcada, manifestándose solo en la temporada de nortes (Cuadro 1).

Las macroalgas registradas en este estudio se hallaron en diferentes tipos de sustratos como arena, conchas de ostión, epífitas sobre otras algas, rocas, pasto marino, raíces de mangle y troncos. Cerca de la zona de estudio se encuentran granjas o bancos ostrícolas, lo que explica que algunas especies se encontraran en ese sustrato (Cuadro 1). De las macroalgas de este estudio, 38% son epífitas, tales como *Bryocladia cuspidata*, *Ceramium* sp., *Chondria littoralis* Harvey, *Cladophora* sp., *Feldmannia* sp., *Polysiphonia subtilissima* Montagne y *Ulothrix* sp.

Cuadro 1: Riqueza y abundancia de macroalgas de la laguna El Carmen en Tabasco, México, recolectadas por sitios y temporadas. Registros de las especies por temporada: en una temporada=**a**, en dos temporadas=**b**, en las tres temporadas=**c**. Nuevos registros para Tabasco=*. Total=abundancia total de las especies por los tres sitios de recolecta. Porcentaje que ocupa cada especie por los tres sitios (abundancia relativa)=%. Sustratos: Arena (Ar), Conchas de ostión (Co), Epífitas (Epí), Rocas (Ro), Pasto marino (Pm), Raíces de mangle (Rm), Troncos (Tr).

	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Total	%	Lluvias	Nortes	Secas	Total	%	Sustrato
División Chlorophyta											
Cladophorales											
Cladophoraceae											
<i>Cladophora</i> sp. (b)	0	3	0	3	2	1	2	0	3	2.04	Epí
Ulotrichales											
Ulotrichaceae											
<i>Ulothrix</i> sp. (a)	0	0	2	2	1.4	0	2	0	2	1.36	Epí
Ulvales											
Ulvaaceae											
<i>Ulva fasciata</i> Delile (a)	0	1	0	1	0.7	0	1	0	1	0.68	Ar, Co, Tr
<i>U. lactuca</i> Linnaeus (b)	0	3	1	4	2.7	1	3	0	4	2.72	Co, Ro
<i>U. prolifera</i> O.F. Müller (a)	0	0	2	2	1.4	0	2	0	2	1.36	Ro, Tr
División Phaeophyta											
Dictyotales											
Dictyotaceae											
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kützinger) De Paula y De Clerck* (c)	0	0	17	17	11.16	6	10	1	17	11.56	Ar, Co,
Ectocarpales											
Acinetosporaceae											
<i>Feldmannia</i> sp. (c)	3	0	10	13	8.8	4	8	1	13	8.84	Epí
Scytosiphonaceae											
<i>Rosenvingea intricata</i> (J. Agardh) Bergesen (a)	0	3	0	3	2	0	3	0	3	2.04	Co
División Rhodophyta											
Ceramiales											
Ceramiales											
Ceramiales											
<i>Ceramium</i> sp. (b)	0	3	0	3	2	1	2	0	3	2.04	Epí
Rhodomelaceae											
<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Bergesen (c)	3	8	0	11	7.5	5	5	1	11	7.48	Co, Ro
<i>Bostrychia montagnei</i> Harvey* (a)	0	1	2	3	2	0	3	0	3	2.04	Rm
<i>Bryocladia cuspidata</i> (J. Agardh) De Toni (a)	0	0	2	2	1.4	0	2	0	2	1.36	Epí
<i>Chondria littoralis</i> Harvey (c)	7	0	10	17	11.6	9	5	3	17	11.56	Co, Epí
<i>Polysiphonia subtilissima</i> Montagne (b)	0	0	6	6	4.1	1	5	0	6	4.08	Co, Epí, Tr, Pm
Gracilariales											
Gracilariaceae											
<i>Crassiphycus corneus</i> (J. Agardh) Gurgel, J.N. Norris y Fredericq* (a)	0	1	0	1	0.7	0	1	0	1	0.68	Ar, Co
<i>Gracilaria blodgettii</i> Harvey (c)	14	10	0	24	16.3	6	17	1	24	16.33	Ar, Co, Pm
<i>G. tikvahiae</i> McLachlan (c)	7	5	0	12	8.2	5	5	2	12	8.16	Ar, Co, Ro, Pm

Cuadro 1: Continuación.

	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Total	%	Lluvias	Nortes	Secas	Total	%	Sustrato
<i>Gracilaria</i> sp. (b)	6	0	3	9	6.1	5	4	0	9	6.12	Ar, Ro, Pm
<i>Hydropuntia caudata</i> (J. Agardh) Gurgel y Fredericq (a)	3	0	0	3	2	0	3	0	3	2.04	Ar, Ro, Pm
Gigartinales											
Cystocloniaceae											
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützinger (a)	0	1	0	1	0.7	0	1	0	1	0.68	Epí
Halymeniales											
Halymeniaceae											
<i>Grateloupia filicina</i> (J.V. Lamouroux) C. Agardh (a)	1	9	0	10	6.8	5	1	1	1	0.68	Co, Ro
Riqueza	8	12	10	-	100	12	21	7	-	100	
Abundancia	44	48	55	147	-						

Descripciones morfológicas de los nuevos registros para Tabasco

Rhodophyta

Florideophyceae

Ceramiales

Rhodomelaceae

Bostrychia montagnei Harvey, Smithsonian Contributions to Knowledge 5(5): 1853. TIPO: INGLATERRA. Selsey Sussex, 1724. Ray. s. Figs. 2A-B.

Hábito arbustiforme, partes compactas con un eje postrado, varios erectos con rámulas cortas sobre la superficie de color rojo-púrpura, 2-8 cm de alto; ápices en formas de espinas; origen de ramificación monopodial hacia varios planos, ramas principales alternadas hacia un plano (3 mm de longitud); fijadas al sustrato mediante una masa rizoidal; en corte transversal hilera de células pericentrales, 4-6 células, forma rectangular (4-9.7 µm de diámetro), una célula central, varias rámulas con reducción a una sola célula hacia el ápice, tetrasporangios en el ápice.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Cárdenas, Sánchez Magallanes, raíces de mangle *Rhizophora* sp. 17.II.2016, G. Pérez CA0261 (UJAT); 17.II.2016, G. Pérez CA0271 (UJAT).

Gracilariales

Gracilariaceae

Crassiphycus corneus (J. Agardh) Gurgel, J.N. Norris & Fredericq. Not. Alg. 82: 1-4. 2018. TIPO: BRASIL. Pernambuco: LD (29370). Figs. 2C-D.

Hábito arbustiforme, talo erecto, compacto, liso, robusto, 25 cm de alto, color verde, marrón a rojo, consistencia cartilaginosa semirrígido; origen de ramificación monopodial en varios planos a irregular, ramas aplanadas a cilíndricas sin constricción, rámulas cortas en forma de espinas lisas; ápices unilaterales, forma redondeada u obtusa; fijados al sustrato mediante disco basal; en corte transversal células subcorticales, 28-40 µm de diámetro, células medulares, 100-315 µm de diámetro, disminuyendo su tamaño hacia la superficie; células piriniformes a irregulares, tetrasporangios en el largo de la corteza, 32 µm de diámetro promedio; cistocarpos presentes, 800-2000 µm de diámetro.

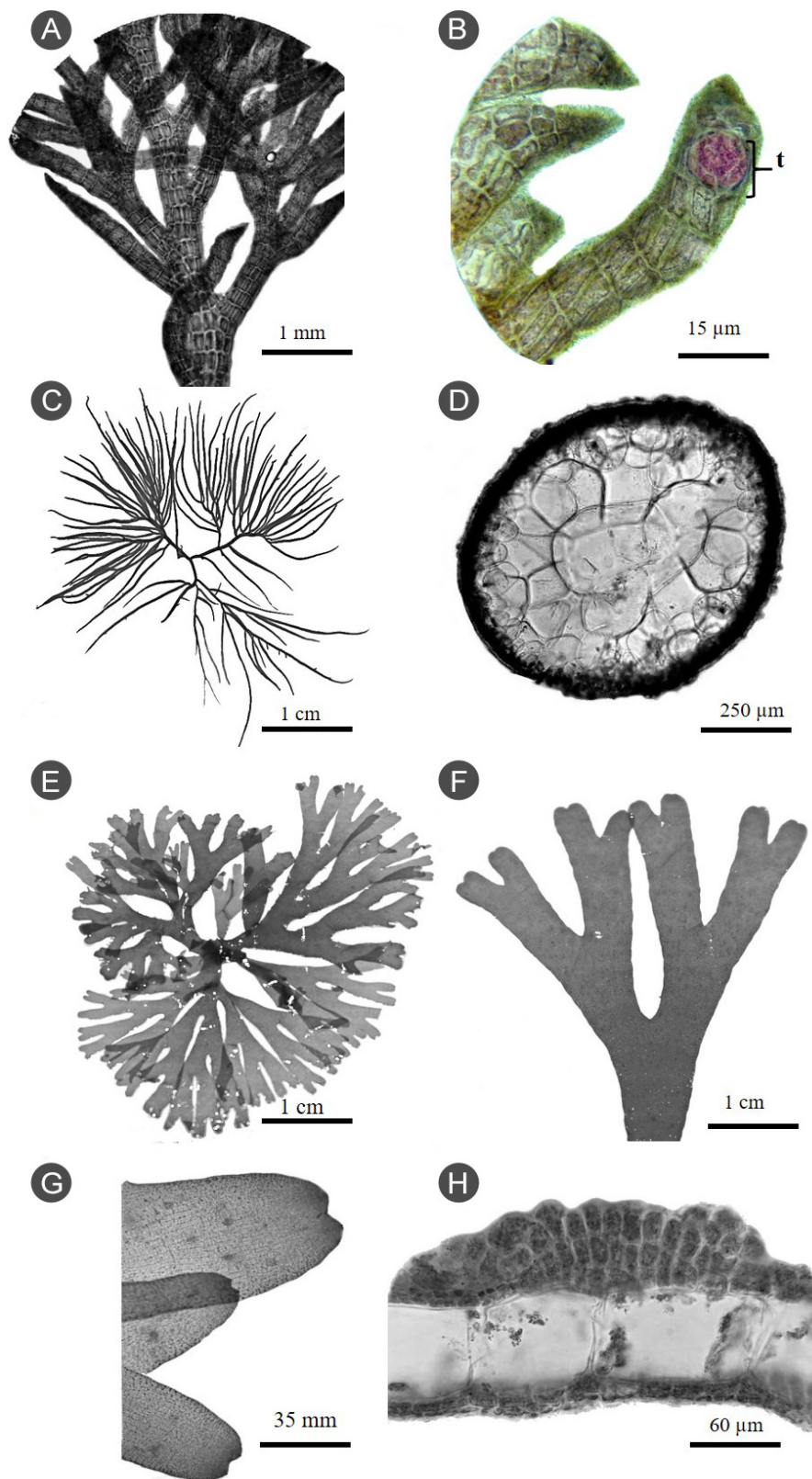


Figura 2: *Bostrychia montagnei* Harvey: A. hábito arbustiforme, ramificación monopodial; B. células de forma rectangular y tetrasporangio (t) en el ápice y pelos feofíceos en las râmulas. *Crassiphycus corneus* (J. Agardh) Gurgel, J.N. Norris y Fredericq: C. hábito con talos erectos, lisos, ramificación monopodial; D. células de forma piriniforme a irregular en corte transversal. *Canistrocarpus cervicornis* (Kützing) De Paula y De Clerck: E. hábito membranáceo, talos ramificación dicotómica sin nervio central; F. râmulas dicotómicas; G. ápice ovoide; H. corte transversal, células en rectangulares a irregulares, plurangios en la corteza.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Cárdenas, Sánchez Magallanes, arena y conchas de ostión, 17.II.2016, G. Pérez CA0267 (UJAT).

Ochrophyta

Phaeophyceae

Dictyotales

Dictyotaceae

Canistrocarpus cervicornis (Kützinger) De Paula y De Clerck, Tub. Phy. 24. 2006. 1859. TIPO: ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA. Florida Key West (holotipo: MEL 537258!). Figs. 2E-H.

Hábito membranáceo, laminar, talos en forma acinada, pseudoparenquimatoso, color verde olivo a café, de menor diámetro hacia la base, 5.25(8-35) mm de largo, 33.2(25-40) mm de ancho; ramificación dicotómica a subdicotómica, sin nervio central, ramas en forma de cinta, ramulas 1-5 mm de diámetro, ápices dicotómicos, márgenes lisos y bifurcados, célula apical ovoide; en corte transversal una hilera de células, 23 µm de largo, 25 µm de ancho, 14 células medulares hialinas en una sola hilera de forma cuadrada a irregular, 55-102.5(83) µm de diámetro, células superficiales rectangulares a irregulares, plurangios en la corteza; esporangios esféricos y solitarios, 70-150 µm de largo, soros en los ápices.

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Cárdenas, Sánchez Magallanes, arena y conchas de ostión, 14.X.2015, M. Rivas CA0249 (UJAT); Laguna El Carmen, 15.X.2016, D. Falcón CA0254 (UJAT); Laguna El Carmen, 17.II.2016, G. Pérez CA0272 (UJAT); 17.XI.2016, G. Pérez GM839 (FCME); 18.XI. 2016, G. Pérez GM842 (FCME).

Discusión

En la presente contribución ficoflorística se reportan por primera vez macroalgas para la laguna El Carmen, se documentan 17 géneros con 21 especies, tres de las cuales son nuevos registros para el estado de Tabasco. Con esos núme-

ros se incrementa de 123 a 125 el número de especies de Rhodophyta previamente reportado (Sentíes y Dreckmann, 2013; Mendoza-González et al., 2017; Quiroz-González et al., 2018) y de 27 a 28 las especies de Ochrophyta con base en lo descrito por Sentíes y Dreckmann (2013) y Mendoza-González et al. (2017). En comparación con la diversidad de macroalgas en el resto de los estados costeros del país, Tabasco aún presenta una baja riqueza de especies conocida (Pedroche y Sentíes, 2003), debido a que la mayoría de las aportaciones en el inventario de la ficoflora han sido de recolectas esporádicas y de revisiones de ejemplares de herbario (Quiroz-González et al., 2018).

De las 21 especies identificadas en el presente estudio, *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen y *Gracilaria blodgettii* han sido reportadas por Orozco-Vega y Dreckmann (1995) y por Mendoza-González et al. (2017) para Tabasco, en las lagunas Mecocacán y La Machona. Además, siete especies del presente estudio se han reportado en otras localidades de ambientes marinos del estado de Tabasco, como *Bryocladia cuspidata*, *Gracilaria tikvahiae* McLachlan, *Hydropuntia caudata*, *Hypnea spinella*, *Ulva fasciata*, *U. lactuca* L. y *U. prolifera* (Ramírez, 1996; Dreckmann y De Lara-Isassi, 2000; Ortega et al., 2001; Sentíes y Dreckmann, 2013; Mendoza-González et al., 2017; Quiroz-González, 2017, 2018).

Además, nueve especies han sido reportadas para Veracruz en las lagunas Tamiahua y Tampamachoco y el estuario del Río Tuxpan: *Ulva lactuca*, *U. prolifera*, *Rosenvingea intricata*, *Acanthophora spicifera*, *Chondria littoralis*, *Gracilaria blodgettii*, *Grateloupia filicina* J.V. Lamouroux C. Agardh, *Hypnea spinella* y *Polysiphonia subtilissima* (Dreckmann y Pérez-Hernández, 1994; Orozco-Vega y Dreckmann, 1995).

Las diferencias entre la riqueza y abundancia que presentaron los sitios pueden estar causadas por las fluctuaciones en la profundidad, como ocurrió en el sitio 2, el cual registró la mayor riqueza de especies y la menor profundidad (20 cm), tal como mencionaron Delgado et al. (2008), quienes señalan que la mayor diversidad está relacionada con la menor profundidad en lagunas costeras debido a la variación de la intensidad lumínica y la temperatura, que son factores importantes para la presencia de macroalgas.

Respecto al epifitismo, [Mendoza-González et al. \(2017\)](#) y [Quiroz-González et al. \(2018\)](#) reportan a *Bryocladia cuspidata* sobre roca y algunas especies de los géneros *Ceramium* Roth sobre rocas, como epífitas y flotadoras, así como especies de *Cladophora* Kützing sobre rocas y arena. [Mendoza-González et al. \(2017\)](#) reportaron especies de *Chondria* C. Agardh sobre rocas y de *Feldmannia* G. Hamel sobre rocas y como epífitas.

Polysiphonia subtilissima es una especie generalista ya que se desarrolla en diferentes sustratos: roca, limo, animales y como epífita ([Quiroz-González et al., 2018](#)). En el presente estudio se encontró también como epífita, sobre conchas de ostión, troncos y pasto marino, mientras que el género *Ulothrix* Kützing fue colectado por [Quiroz-González et al. \(2017\)](#) sobre costales, en ambiente marino, y en el presente estudio como epífita de *Gracilaria tikvahiae*.

La presencia de *Bostrychia montagnei* en el sitio 3 fue también reportada sobre mangle en ecosistemas costeros de Quintana Roo por [De la Lanza et al. \(2000\)](#), como una especie sensitiva a cambios ambientales que indica características naturales de los sitios.

[Contreras y Castañeda \(2004\)](#) mencionaron que los cambios climáticos determinan y alteran los periodos de lluvias y secas, lo cual modifica el comportamiento de los factores físicos, químicos y biológicos, por lo que la variación de la temperatura es un factor determinante de la estacionalidad de las especies. De igual manera, la salinidad, pH, oleaje, tipo de sustrato y la herbivoría controlan las distribuciones locales dentro de un ecosistema ([Dawes, 1998](#); [Contreras-Porcía et al., 2011](#)).

La comparación por temporadas mostró que la de nortes fue la que obtuvo la mayor riqueza y abundancia, en comparación con lluvias y secas. Esto difiere de lo reportado por [Ortega et al. \(2001\)](#) para el Golfo de México y Mar Caribe y [Callejas-Jiménez et al. \(2005\)](#) para Campeche, ya que ambos trabajos documentan que en la temporada de lluvias obtuvieron la mayor riqueza. Sin embargo, [Mateo-Cid et al. \(2013\)](#) reportaron para el litoral de Campeche la mayor riqueza en la temporada de secas.

Cabe mencionar que las recolectas en los estudios anteriores solo se han efectuado en dos temporadas (secas y lluvias), sin considerar la de nortes. Además, la laguna

El Carmen es un ecosistema intermareal, donde la variación estacional de las macroalgas depende de los aportes de agua marina, de los factores ambientales como la luz, la habilidad de competir y de la respuesta fisiológica de cada especie, manteniendo una condición estable a los cambios estacionales ([Mateo-Cid y Mendoza-González, 1994](#); [Gunnarsson y Ingólfsson, 1995](#); [Candelaria et al., 2006](#)). Esto ocurre en la temporada de nortes, donde hay frentes fríos y tormentas fuertes que ocasionan arrastre de sedimentos y movimiento de agua, que hacen que los niveles de nutrientes aumenten, teniendo mayor presencia de especies de macroalgas ([Santelices, 1977](#)).

[Sánchez-Molina et al. \(2007\)](#) reportan 41 especies de macroalgas en una zona costera de Yucatán, sus muestreos se realizaron en la temporada de lluvias, obteniendo una mayor riqueza comparada con estudios anteriores en ese estado, lo cual coincide con nuestro trabajo. De las especies que reportan estos autores, se tienen en común *Acanthophora spicifera*, *Canistrocarpus cervicornis* y *Polysiphonia subtilissima*. La presencia de *Canistrocarpus cervicornis* en el estado de Tabasco amplía su rango de distribución.

Conclusión

Se presenta el primer estudio de macroalgas para la laguna El Carmen, Tabasco, México. Se dan a conocer tres nuevos registros para el estado, aumentando a 125 especies de macroalgas Rhodophyta (divididas en 21 órdenes, 35 familias y 53 géneros) y 28 Ochrophyta (nueve órdenes, 14 familias y 16 géneros). Además, se señala la riqueza, con lo que se demuestra que es un ecosistema rico en especies. Se sugiere continuar con estudios sistemáticos en lagunas costeras que consideren parámetros fisicoquímicos para complementar el conocimiento sobre la diversidad, distribución y uso potencial de las macroalgas, así como incrementar el esfuerzo de muestreo en la laguna El Carmen y zonas costeras, con el fin de aumentar el registro de la fitoflora de Tabasco.

Contribución de autores

GP, MR, BC llevaron a cabo la recolecta del material en el sitio de estudio. GP realizó la preparación del material e identificación, cortes, fotografías y descripción de los ejem-

plares. NQ y DL ayudaron en la identificación taxonómica. GP, MR, DL y BC contribuyeron con la elaboración de este manuscrito.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el proyecto de investigación "Riqueza de Macroalgas de la laguna El Carmen, Cárdenas, Tabasco, México" con clave: UJAT-2014-IB-33 por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, de la División Académica de Ciencias Biológicas.

Agradecimientos

El primer autor agradece a José Ángel Gaspar-Génico, Diego A. Falcón y Kiara L. Arévalo, por su asistencia en la recolecta de las muestras. Se agradece a Manuel H. May, por la toma y edición de algunas fotografías. Agradecemos también a Elias José Gordillo Chávez, por la elaboración del mapa.

Literatura citada

- Abbott, I. y G. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Standford. California, USA. 827 pp.
- Balina, K., F. Romagnoli y D. Blumberga. 2017. Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources. Energy Procedia 128: 504-511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.067>.
- Callegas-Jiménez, M. E., A. Sentíes-Granados y K. M. Dreckmann. 2005. Macroalgas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. Hidrobiológica 15(1): 89-96.
- Candelaria-Silva, C. F., D. Rodríguez-Vargas, N. A. López-Gómez y J. González-González. 2006. Patrón de distribución de macroalgas en una canal de corrientes. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico Biológicas 9(2): 65-72.
- Castellaro, G., F. Squella, T. Ullrich, F. León y A. Raggi. 2007. Algunas técnicas microhistológicas utilizadas en la determinación de la composición botánica de dietas de herbívoros. Agricultura Técnica 67(1): 6-93. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000100011>.
- Contreras, F. y O. Castañeda. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. Ciencias 76: 46-56.
- Contreras-Porcía, L., D. Thomas, V. Flores y J. A. Correa. 2011. Tolerance to oxidative stress induced by desiccation in *Pophyra columbina* (Bangiales, Rhodophyta). Journal Experimental Botany 62(2): 1815-1829. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/jxb/erq364>.
- Dawes, C. J. 1998. Marine Botany. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York, USA. 480 pp.
- De la Lanza, G., S. Hernández y J. Carbajal. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Editor Plaza y Valdés. México, D.F., México. 633 pp.
- Delgado, M. J. C., J. A. Palacio y N. J. Aguirre. 2008. Variación vertical y estacionalidad de la comunidad de macroalgas en los costados noroccidental y nororiental del golfo de Urabá, Caribe Colombiano. Gestión y Ambiente 11(3): 27-42. DOI: <https://dx.doi.org/10.15446/ga>.
- Dreckmann, K. y G. De Lara-Isassi. 2000. *Gracilaria caudata* J. Agardh (Gracilariaceae, Rhodophyta) en el Atlántico mexicano. Hidrobiológica 10(2): 125-130.
- Dreckmann, K. y M. A. Pérez-Hernández. 1994. Macroalgas bentónicas de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. Revista de Biología Tropical 42(3): 715-717.
- Dreckmann, K. y A. Sentíes. 2009. *Gracilaria*, subgenus *Textoriella* (Gracilariaceae, Rhodophyta) in the Gulf of Mexico and the Mexican Caribbean. Revista Mexicana de Biodiversidad 80(3): 593-601.
- Earle, S. A. 1969. Phaeophyta of the Eastern Gulf of Mexico. Phycologia 7: 1-254. DOI: <https://dx.doi.org/10.2216/i0031-8884-7-2-71.1>.
- Guiry, M. D. y G. Guiry. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. Galway, Ireland. <http://www.algaebase.org> (consultado junio de 2017).
- Gunnarsson, K. y A. Ingólfsonn. 1995. Seasonal changes in the abundance of intertidal algae in southwestern Iceland. Botánica Marina 38: 69-77. DOI: <https://dx.doi.org/10.1515/botm.1995.38.1-6.69>.
- Gutiérrez-Mendieta, J. F., F. Varona-Cordero y F. Contreras. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. Hidrobiológica 16(2): 137-146.
- Hill, D., M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry y P. Shaw. 2005. Handbook of Biodiversity Methods. Cambridge University

- Press. New York, USA. pp. 4-296.
- Huerta-Múzquiz, L., C. Mendoza-González y L. E. Mateo-Cid. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Península de Yucatán. *Phytologia* 62: 23-53.
- Lankford, R. 1977. "Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification". In: Wiley, M. (ed.). *Estuarine processes*. Academic Press. New York, EUA. 182-215 pp.
- León-Alvarez, D., C. Candelaria, P. Hernández y H. León. 2007. Géneros de algas marinas tropicales de México: I Algas Verdes. Editorial Las prensas de Ciencia, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 173 pp.
- León-Alvarez, D. y M. L. Núñez-Reséndiz. 2012. Géneros de algas marinas tropicales de México: II Algas pardas. Editorial Las prensas de Ciencia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 107 pp.
- Littler, M. M. y K. E. Arnold. 1982. Primary productivity of marine macroalgal functional-form groups from southwestern north America. *Journal of Phycology* 18: 307-311.
- Littler, D. S. y M. M. Littler. 2000. Caribbean reef plants: an identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Offshore Graphics. Washington, D.C., USA. 542 pp.
- Littler, D. S., M. M. Littler, K. E. Bucher y J. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean, a field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA. 263 pp.
- Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México, D.F., México. 142 pp.
- Mateo-Cid, L. E. y C. Mendoza-González. 1994. Algas marinas bentónicas de Todos Los Santos, Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 29: 31-47. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm29.1994.721>.
- Mateo-Cid, L., E. C. Mendoza-González, A. G. Ávila-Ortiz y S. Díaz-Martínez. 2013. Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta Botanica Mexicana* 104: 53-92. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm104.2013.57>
- Mendoza-González, C., L. E. Mateo-Cid. y L. D. García. 2017. Inventory of benthic marine and estuarine Algae and Cyanobacteria for Tabasco, México. *Biota Neotropica* 17(4): 1-14. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0379>.
- Núñez-Reséndiz, M. L., K. Dreckmann, A. Sentíes, J. Díaz-Larrea y G. Zuccarello. 2015. Genetically recognizable but not morphologically: the cryptic nature of *Hydropuntia cornea* and *H. usneoides* (Gracilariales, Rhodophyta) in the Yucatan Peninsula. *Phycologia* 54(4): 407-416. DOI: <https://dx.doi.org/10.2216/15-009.1>.
- Orozco-Vega, H. y K. Dreckmann. 1995. Microalgas (Macroalgas) estuarinas del litoral mexicano del Golfo de México. *Criptogamie Algologie* 16(3): 189-198.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez y G. Garduño Solórzano. 2001. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 594 pp.
- Pedroche, F. y A. Sentíes. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y Problemática actual. *Hidrobiológica* 13(1): 23-32.
- Quiroz-González, N., D. León-Alvarez y M. G. Rivas-Acuña. 2017. Nuevos registros de algas verdes marinas (Ulvophyceae) para Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana* 118: 121-138. DOI: <https://dx.doi.org/10.2189/abm118.2017.1204>.
- Quiroz-González, N., D. León-Alvarez y M. G. Rivas-Acuña. 2018. Biodiversidad de algas rojas marinas (Rhodophyta) en Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana* 123: 103-120. DOI: <https://dx.doi.org/10.21829/abm123.2018.1253>.
- Ramírez, L. A. 1996. Estudio preliminar de las algas rojas (Rhodophyta) del litoral del estado de Tabasco, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores, Unidad Iztacala. Tlalneptla, Estado de México, México. 66 pp.
- Ramos, J. L. 2006. Variación temporal de la comunidad de peces del sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, después de la apertura de la Boca de Panteones, Tabasco, México. Tesis de maestría. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 54 pp.
- Robinson, N., C. Galicia-García y B. Okolodkvov. 2012. New records of green (Chlorophyta) and brown algae (Phaeophyta) for cabezo reef, national park sistema arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. México. *Acta Botanica Mexicana* 101(1): 11-48. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm101.2012.24>
- Robledo, D. 1997. Las algas y la biodiversidad. *Biodiversitas* 13: 2-4.

- Salgado, H. y E. Peña. 2011. Características histológicas de las fases reproductivas del alga roja *Gracilaria blodgettii* (Gracilariaceae). *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 35(135): 125-132.
- Sánchez-Molina, I., J. González, C. Zetina y R. Casanova. 2007. Análisis de la biodiversidad de algas marinas situadas entre Uaymitún y Chuburná, Yucatán. *Ingeniería* 11(1): 43-51.
- Santelices, B. 1977. *Ecología de algas marinas bentónicas; Efecto de factores ambientales*. Vicerrectoría académica, Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 488 pp.
- Sentíes, A. y K. Dreckmann. 2013. Lista actualizada de las macroalgas de Tabasco, México. *Acta Botánica Venezuelica* 36(2): 109-117.
- Solano, F. R. 1995. *Evaluación de la densidad poblacional de Crassostrea virginica en el sistema lagunar, Carmen-Pajonal-Machona, Cárdenas, Tabasco*. Tesis de licenciatura. División Académica de Ciencias Biológicas, Unidad Sierra. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 57 pp.
- Taylor, W. R. 1960. *Marine algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*. University of Michigan Press. Michigan, USA. 823 pp.