

ALGAS MARINAS BENTÓNICAS ASOCIADAS A PECIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS SUBMAREALES DE CAMPECHE, MÉXICO

Subtidal benthic marine algae associated to pecios and other structures of Campeche, Mexico

Catalina MENDOZA-GONZÁLEZ¹, Luz Elena MATEO-CID¹
y Pedro H. LÓPEZ GARRIDO²

¹Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas, C.P. 11340

²Instituto Nacional de Antropología e Historia, Subdirección de Arqueología Subacuática, Calle Moneda # 16 1er. piso. Col. Centro México, D.F.
¹am7124@gmail.com

RESUMEN

Se recolectaron 32 muestras de algas marinas asociadas a 29 pecios y a otras estructuras submareales de la bahía de Campeche, México, obtenidas por medio de buceo autónomo en junio de 2004 y julio de 2005. Se determinaron 85 especies de algas marinas, siendo el phylum Rhodophyta el más diverso con 47, siguen en importancia, Heterokontophyta y Chlorophyta con 18 cada uno y por último Cyanophyta con dos. Se ubicaron diez registros nuevos para Campeche: *Ceramium cimbricum* f. *flaccidum*, *Spongoconium caribaeum*, *Dasya hutchinsiae* var. *minor*, *Neosiphonia gorgoniae*, *Osmundaria obtusiloba*, *Gelidium corneum*, *Onslowia bahamensis*, *Padina antillarum*, *Blastophysa rhizopus* y *Halymenia elongata*, esta última constituye además un nuevo registro para la costa occidental del Atlántico de México. Los resultados indican que existe una alta riqueza específica de algas marinas relacionada a los pecios y otras estructuras submareales de la bahía de Campeche.

Palabras clave: Algas bentónicas, Atlántico mexicano, inventario, submareal

ABSTRACT

Thirty-two samples of marine algae inhabiting on 29 “pecios” and others subtidal structures of the Campeche Bay, Mexico, were obtained through scuba diving in June 2004 and July 2005. Results indicates the presence of 85 species from Campeche. Rhodophyta showed the greatest diversity with 47 species; Heterokontophyta and Chlorophyta both with 18 species, and finally Cyanophyta with two. Ten new records were located to Campeche: *Ceramium cimbricum* f. *flaccidum*, *Spongoconium caribaeum*, *Dasya hutchinsiae* var. *minor*, *Neosiphonia gorgoniae*, *Osmundaria obtusiloba*, *Gelidium corneum*, *Onslowia bahamensis*, *Padina antillarum*, *Blastophysa rhizopus* and *Halymenia elongata*, the last species is also a new record for the Atlantic West coast of Mexico. Results indicated that a high species richness of seaweeds is related to “pecios” and others subtidal structures of the Campeche Bay.

Key words: Benthic algae, inventory, Mexican Atlantic, subtidal

INTRODUCCIÓN

El entorno marino reúne un amplio espacio donde un extenso conjunto de factores físicos, químicos y biológicos, todos íntimamente relacionados, mantienen procesos dinámicos y evolutivos. Este entorno tan complejo alberga restos de distintas actividades del hombre que se ven inmersos a su vez en todos los factores que interactúan en el mar. En el caso de pecios y restos arqueológicos de diferentes materiales están sometidos a procesos físicos de abrasión, transporte, deposición y floculación, entre otros; dentro de los químicos se tiene la disolución y a distintas reacciones entre elementos, destacando las de oxidación y reducción. Finalmente, los organismos vivos también dejan sus vestigios, que van desde las reacciones bioquímicas de la biopelícula de contacto, hasta el asentamiento y crecimiento de organismos micro y macro bentónicos sobre las estructuras. Los pecios y otros restos arqueológicos sumergidos, por su propia naturaleza, están asociados al ambiente de los fondos, al medio bentónico donde, junto con las características del agua, hay que añadir las peculiaridades asociadas a los diferentes tipos de fondo, ya sean sedimentarios o de roca, y a las biocenosis asociadas a cada uno de ellos. Se calcula que en la actualidad en los fondos oceánicos se encuentran más de tres millones de pecios de navíos, si bien como es obvio, se trata sólo de una estimación (García-Castrillo *et al.* 2003).

En cualquier caso, algunos de estos pecios tienen miles de años de antigüedad, por lo que, si el entorno permite preservarlos, pueden proporcionar información biológica e histórica de lo más valiosa como por ejemplo: las comunidades que colonizan y sus sucesiones, el lugar de origen, posibles trayectorias marítimas, costumbres y actividades comerciales, entre otras. Desde sus inicios, mediante la localización y registro arqueológico de gran número de restos de naufragios, la Subdirección de Arqueología Subacuática (SAS) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México, ha emprendido diversas acciones para la protección y difusión del patrimonio cultural sumergido que yace en aguas territoriales mexicanas. Se han estudiado las particularidades y generalidades de los hallazgos, principalmente los procesos de formación de los contextos arqueológicos así como su probable cronología y filiación cultural (Moya & Reichert 2010).

El análisis de la literatura ficológica registrada para el Golfo de México (Ortega *et al.* 2001) indica lo reducido de las investigaciones sobre algas marinas de la región submareal de Campeche; esto se debe a que la mayoría de los estudios realizados en esta región están enfocados a la zona intermareal, tanto de la zona litoral como de la insular, entre ellos se encuentran los de Callejas-Jiménez *et al.* (2005) que adicionan 51 taxa a las especies registradas previamente y analizan la flora de la zona litoral, estuarina y del Banco de Campeche, Mateo-Cid *et al.* (2013) citaron 30 registros nuevos que incrementan a 211 las especies distribuidas en la zona litoral de Campeche.

En el caso de los organismos marinos asociados a pecios, López-Garrido (2008) presenta un inventario florístico y faunístico de 18 sitios arqueológicos de

la bahía de Campeche que tienen una antigüedad promedio entre 20 y 30 años y un sitio con restos del siglo XVIII; este autor cita 154 especies en nueve phyla de plantas y animales, de los cuales el 24% (37 especies) son algas bentónicas. En este contexto, el presente estudio incorpora nuevos registros de algas marinas bentónicas en Campeche y una integración de la composición florística de las algas asociadas a restos de patrimonio cultural sumergido y otras estructuras submareales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Golfo de México, estado de Campeche, delimitada al norte por las coordenadas 20°11'41,698" N, 90°30'8,042" O y hacia el sur 19°22'10,576" N, 90°43'27,960" O (Fig. 1).

El clima del litoral de Campeche se distribuye de norte a sur desde el semiseco muy cálido y cálido (BS_1 (h') w (i') y BS_0 (h') w" (x') hasta el cálido subhúmedo (Aw_0 (i') gw") y cálido húmedo (Am) (García 1983). En el Golfo de México la temperatura está determinada por el influjo de la Corriente del Lazo, que transporta aguas superficiales cálidas, tiene forma de herradura y fluye en el sentido de las agujas del reloj, transfiriendo aguas cálidas subtropicales del mar Caribe a través del Estrecho de Yucatán hacia el Golfo de México (Mateo-Cid *et al.* 2012, 2013).

Esta región se caracteriza por presentar costas primarias de suspensión con ríos y deltas, con deposición terrestre así como numerosos cañones y sumideros, costas secundarias por deposición marina que originan playas e islas de barrera y por organismos marinos que favorecen la formación de arrecifes coralinos (Pica *et al.* 1991), la temperatura media anual supera 26°C y la precipitación varía entre 1100 y 2000 mm³, presenta tres estaciones climáticas de lluvias durante septiembre a diciembre, Nortes o tormentas en invierno de octubre a febrero y de secas desde febrero a mayo.

Para llevar a cabo este trabajo se recolectó el material en 29 localidades de Campeche (Fig. 1, Tabla 1) mediante inmersiones por buceo autónomo entre 2 a 15 m de profundidad durante los meses de junio de 2004 y julio de 2005 (Fig. 2) obteniéndose muestras bentónicas a mano con ayuda de espátulas sobre diversos materiales de los pecios (pedazo o fragmento de la nave que ha naufragado) en donde se desarrollaban las algas como: metal, madera, textiles (cuerdas y redes), cemento (Tabla 1). Las muestras se etiquetaron y se fijaron en una solución de formol y agua de mar al 5% y se trasladaron al Laboratorio de Ficología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Para la observación de las algas se utilizaron un microscopio estereoscópico Zeigen y un microscopio binocular Olympus CX31RBSF, realizándose cortes de los talos con navajas (de doble filo) de estructuras reproductivas y vegetativas. Para la descalcificación de los representantes de la familia Corallinaceae se utilizó HNO₃ 0,6 M. La determinación de este material ficológico se llevó a cabo utilizando las claves y descripciones de los trabajos

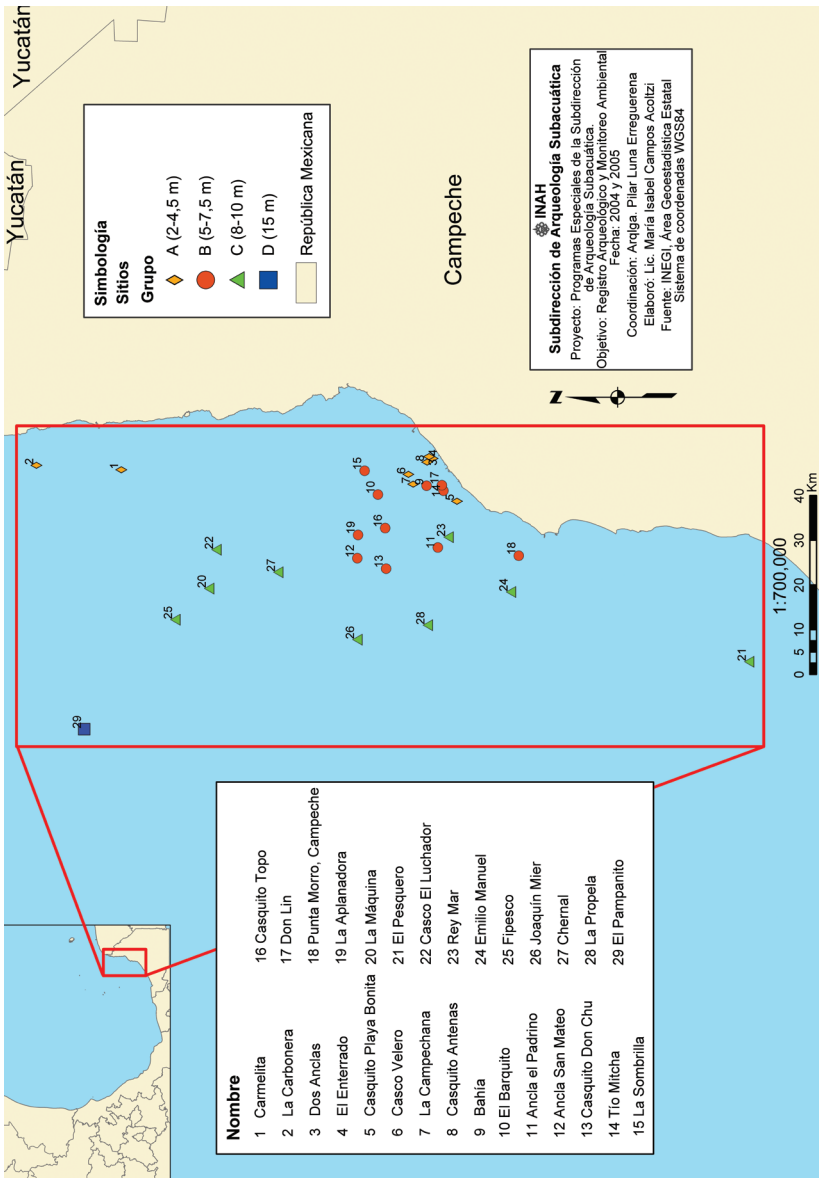


Fig. 1. Ubicación del área de estudio y de los sitios de muestreo en Campeche, Golfo de México.

de Taylor (1960), Schneider & Searles (1991), Littler & Littler (2000), Cho *et al.* (2008), Dawes & Mathieson (2008) y Martín-Lescanne *et al.* (2010). La secuencia de la lista florística sigue el orden propuesto por Anagnostidis & Komárek (1988) para Cyanophyta y el de Wynne (2011) para Rhodophyta, Heterokontophyta y Chlorophyta. El material procesado fue depositado en el herbario ENCB.

Tabla 1. Ubicación de las localidades de muestreo, profundidad, sustrato y fechas de colecta. Colector Pedro López Garrido.

Grupo	Localidad	Coordenadas geográficas	Profundidad de colecta (m)	Sustrato	Fecha de colecta
A	Carmelita	20°18'45" N 90°34'04" O	2,6	Madera	01/07/2005
	La Carbonera	20°26'31" N 90°33'13" O	3	Metal y epifita	01/07/2005
	Las dos Anclas	19°50'10" N 90°34'47" O	3,2	Metal	12/07/2004
	El Enterrado	19°50'29" N 90°34'18" O	3,4	Hule y llantas	21/07/2005
	Casquito Playa Bonita	19°48'08" N 90°38'46" O	4	Cemento y metal	01/06/2005
	Casco Velero	19°52'28" N 90°35'56" O	4	Madera	4/07/2005
	La Campechana (Col. Jerónimo Aviléz)	19°52'04" N 90°37'11" O	4,4	Metal y madera	5/06/2004
	Casquito Antenas	19°50'42" N 90°34'50" O	4	Metal	16/06/2004
	Bahía	19°50'52" N 90°37'07" O	5,4	Madera	07/06/2004
B	El Barquito	19°55'22" N 90°38'01" O	5	Metal, madera, textil	27/06/2004
	Ancla El Padrino	19°50'07" N 90°43'10" O	7	Metal	06/06/2005
	Ancla San Mateo	19°57'33" N 90°43'49" O	7,2	Metal	10/06/2005
	Casquito Don Chu	19°54'57" N 90°44'58" O	7	Metal	14/07/2005
	Tío Mitcha	19°49'21" N 90°37'58" O	5,2	Metal y madera	06/06/2004
	La Sombrilla	19°56'29" N 90°35'39" O	5,5	Madera y epifitas	24/06/2004
	Casquito Topo	19°54'51" N 90°41'02" O	5,6	Madera	18/06/2005
	Don Lin	19°49'28" N 90°37'08" O	5	Metal, madera, textil	22/06/2004

Tabla 1. Continuación.

Grupo	Localidad	Coordenadas geográficas	Profundidad de colecta (m)	Sustrato	Fecha de colecta
	Punta Morro	19°42'44" N 90°44'21" O	5	Metal	22/06/2004
	La Aplanadora	19°57'23" N 90°41'51" O	6,3	Metal	27/06/2005
	La Máquina	20°11'16" N 90°46'21" O	6,7-9,7	Metal	28/06/2004
	El Pesquero	19°22'04" N 90°55'59" O	8,1	Metal	22/07/2004
	Casco El luchador	20°10'25" N 90°42'19" O	8,3	Metal	24/06/2005
	Rey Mar	19°49'06" N 90°42'30" O	8,3	Textil	10/06/2005
	Emilio Manuel	19°43'37" N 90°48'07" O	9,3	Metal	15/07/2004
	Fipesco	20°14'31" N 90°48'56" O	10,1	Madera	28/06/2005
	Joaquín Mier	19°57'55" N 90°51'44" O	10,5	Madera	23/06/2005
C	Chernal	20°04'52" N 90°44'49" O	9,6-10,5	Metal	17/06/2005
	La Propela	19°51'23" N 90°50'57" O	10,5	Metal y madera	26/06/2005
D	El Pampanito	20°23'21" N 90°59'09" O	15	Madera	7/07/2005

Se realizó una revisión bibliográfica de los estudios llevados a cabo en la región litoral de Campeche desde 1958 hasta 2013, entre los que se encuentran los de Huerta-Múzquiz (1958), Huerta-Múzquiz & Garza-Barrientos (1966), Huerta-Múzquiz *et al.* (1987), Ortega *et al.* (2001), Gallegos-Martínez *et al.* (2009), Sentíes & Dreckmann (2011) y Mateo-Cid *et al.* (2012, 2013), con el fin de obtener los registros de algas marinas previamente citados para el litoral del estado y con ello compararlo con los datos obtenidos en el presente estudio. Con la información obtenida se elaboró una lista de especies de algas marinas asociadas a pecios de Campeche, en la cual las familias, géneros y especies están ordenadas alfabéticamente, se indica a que profundidad se encontraron, localidades, en qué sustrato, el estado reproductivo o vegetativo, epifitismo y referencias a los nuevos registros. La actualización nomenclatural se realizó con el esquema propuesto por Wynne (2011) y Guiry & Guiry (2013).

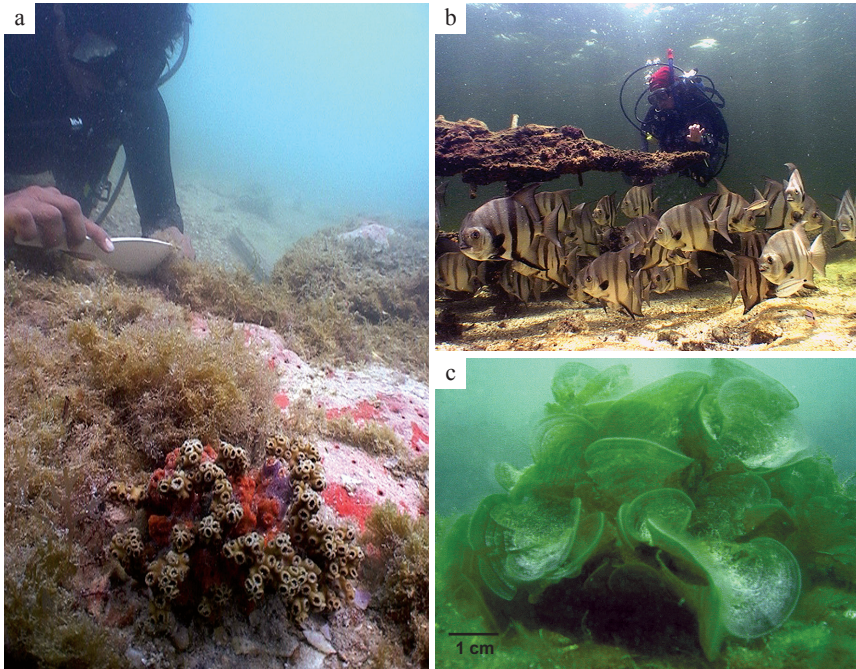


Fig. 2. a. Obtención de muestras en el pecio El Barquito, se observa la cobertura de algas incrustantes calcáreas coralinas, corales y otras algas como *Dictyota*, *Canistrocarpus* y *Laurencia*. b. Pecio Carmelita cubierto por diversas algas y animales bentónicos. c. Ejemplar de *Padina boergesenii*, además se observan diversas algas filamentosas creciendo sobre el pecio de metal.

RESULTADOS

Se determinaron 85 especies, destaca la división Rhodophyta con 47 especies, Chlorophyta con 18, Heterokontophyta (Phaeophyceae y Bacillariophyceae) con 18 y finalmente Cyanophyta con dos (Tabla 2). Las familias mejor representadas son: Rhodomelaceae con 10 especies, Dictyotaceae con 8, Caulerpaceae y Udoteaceae con 5 cada una, y Ceramiaceae con cuatro. Estas familias en conjunto incluyen 38,1% del total de la diversidad florística registrada.

De las especies determinadas, 74 son macroalgas y de éstas 39 han sido citadas previamente en ambientes submareales como *Amphiroa fragilissima*, *Jania cubensis*, *Callithamnion corymbosum*, *Gayliella flaccida*, *Centroceras micracanthum*, *Bryothamnion seaforthii*, *Dictyota menstrualis*, *Padina pavonica*, *Bryopsis hypnoides* y *Cladocephalus luteofuscus*, entre otras (Callejas-Jiménez *et al.* 2005; Mendoza-González *et al.* 2007; López-Garrido 2008; Mateo-Cid *et al.* 2006, 2013). Además, se ubicaron diez registros nuevos para Campeche; *Ceramium cimbricum* f. *flaccidum*, *Spongoclonium caribaeum*, *Dasya hutchinsiae*

var. *minor*, *Neosiphonia gorgoniae*, *Osmundaria obtusiloba*, *Gelidium corneum*, *Onslowia bahamensis* (Fig. 3c, d), *Padina antillarum*, *Blastophysa rhizopus* (Fig. 3a, b) y *Halymenia elongata*, esta última constituye un nuevo registro para la costa occidental del Atlántico de México (Tabla 2).

Los resultados indican que el menor número de especies se ubicó a 15 m de profundidad, mientras que entre 5 y 10 m de profundidad se presentó la riqueza específica más alta; el sustrato más colonizado fue el metal con 52 especies, 39 sobre madera, siguiendo el epifitismo con 32, sobre textil 27 y en menor proporción se ubicaron epizoicas con sólo 5 especies; en cuanto a cemento, arena, hule y llantas se localizaron 12, 6 y 2 especies, respectivamente (Tabla 2).

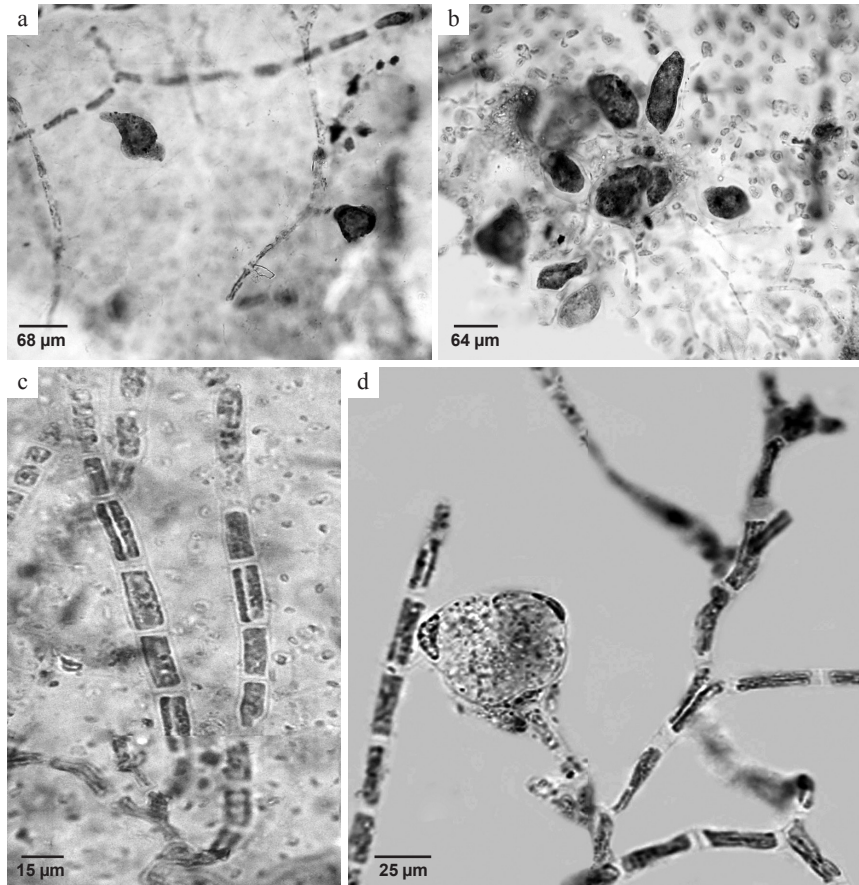


Fig. 3. a. *Blastophysa rhizopus*, detalle de los filamentos ramificados de los que se forman las células vesiculares. b. *Blastophysa rhizopus*, conjunto de células vesiculares sobre el hospedero. c. *Onslowia bahamensis*, note la base de los filamentos unidos o biseriados. d. *Onslowia bahamensis*, detalle del propágulo.

Tabla 2. Algas marinas bentónicas asociadas a pecios y otras estructuras submareales de Campeche.

Phylum Familia Especie	Localidades				Grupo	Hábitat	Epifita de *	Obs.
	A 2-4,5 m prof.	B 5-7,5 m prof.	C 8-10,5 m prof.	D 15 m prof.				
CYANOPHYTA								
Oscillatoriaceae								
1. <i>Blennothrix lyngbyacea</i> (Kütz.) Anagn. & Komárek	Ve Hm	Ve Hm	Ve Hm	Ve	Ve Hm	Epi, S/Me S/m, S/TX Epz	10, 11, 12, 22, 27, 36, 38, 39, 40, 48, 60, 65, 81, 82	
Dermocarpellaceae								
2. <i>Dermocarpa acervata</i> (Setch. & Gardner) Pham-Hoàng Hô				Ve		Epi	36	
Rhodophyta								
Stylonemataceae								
3. <i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K.M. Drew				Ve		Epi	25	
Erythrotrichiaceae								
4. <i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	Ve	Ve	Ve	Ve	Ve	Epi, S/Me, S/m, S/TX	8, 16, 31, 38, 40, 47, 50, 51, 58, 63, 68	
Acrochaetiaceae								
5. <i>Acrochaetium microscopicum</i> (Nägeli) Nägeli		Mn				S/Me S/m S/ TX Epi	47	

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades				Hábitat	Epífita de *	Obs.
	A	B	C	D			
Colaconemataceae	2-4,5 m prof.	5-7,5 m prof.	8-10,5 m prof.	15 m prof.			
6. <i>Colaconema hallandicum</i> (Kyllin) Alfonso-Carr., M. Sansón, C. Sangil & T. Diaz-Villa		Mn			Epi	17, 36	
7. <i>C. hypneae</i> (Børgesen) A.A. Santos & C.W.N. Moura		Mn			Epi	37	
Coraliniaceae							
8. <i>Amphiroa fragilissima</i> (L.) J.V. Lamour.	Ve	Ve	Ve		S/Me S/Ce S/m Epi S/TX S/a	47, 81	
9. <i>Jania adhaerens</i> J. V. Lamour.	Ve	Ve			Epi S/a S/Me S/m	28, 27	
10. <i>J. cubensis</i> Mont.			Ve		Epi S/TX	32	
11. <i>J. rubens</i> J.V. Lamour.	Ve				S/Ce	27	
Callithamniaceae							
12. <i>Aglaothamnion cordatum</i> (Børgesen) Feldm.-Maz.			♀ Te		S/TX Epi S/Me S/m	48	
13. <i>Antithamnionella boergeseni</i> (Cormaci & G. Furnari) Athanas.			Te		Epi	51	
14. <i>A. elegans</i> (Berthold) J.S. Prince & D.M. John			Te		Epi	71	
15. <i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngb.		Te, ♂, ♀	Te		S/m S/Me S/ TX Epz		
16 <i>Crouania attenuata</i> (C. Agardh) J. Agardh		Ve	Ve		S/Me S/m S/ TX	27	

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades				Hábitat	Epífita de *	Obs.
	A 2-4,5 m prof.	B 5-7,5 m prof.	C 8-10,5 m prof.	D 15 m prof.			
Ceramiales							
17. <i>Centroceras micracanthum</i> Kützting	Ve	Ve	Ve		S/m S/Me S/ TX Epi	40, 47, 48, 66	
18. <i>Ceramium cimbriicum</i> f. <i>flaccidum</i> (H.E. Petersen) Furnari & Serio	Ve	Te			S/m S/H, Epi Epi	48	NRC
19. <i>C. nitens</i> (C. Agardh) J. Agardh	Ve				Epi S/Ce	60	
20. <i>Gayliella flaccida</i> (Harvey) T.O. Cho & L.J. McIvor	Ve	Ve	Ve	I	S/Me S/m S/ TX, Epi	48	
Spyridiales							
21. <i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey				Ve	S/Me		
Wrangeliales							
22. <i>Anotrichium tenue</i> (C. Agardh) Nägeli	Ve	Ve	Ve		S/Me S/m Epi S/TX	8, 48, 82	
23. <i>Spongoclonium caribaeum</i> (Børgesen) M.J. Wynne			Ve	Te	S/Me S/m, Epi	44	NRC
Dasyales							
24. <i>Dasya hutchinsiae</i> Harvey var. <i>minor</i> (E.C. Oliveira) M. J. Wynne					S/H		NRC
25. <i>D. rigidula</i> (Kütz.) Ardiss.		Ve, Te			Epi	21, 48, 72	
26. <i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) M.J. Wynne		Ve			Epi S/Me S/m S/TX	44, 73, 80, 82	

Tabla 2. Continuación.

Phylum	Localidades				Hábitat	Epífita de *	Obs.
	A	B	C	D			
Familia	2-4,5 m prof.				8-10,5 m prof.	15 m prof.	
Especie							
Rhodmelaceae							
27. <i>Bryothamnion seaforthii</i> (Turner) Kütz.	Ve	Ve			S/Ce S/Me S/m		
28. <i>Digenea simplex</i> (Wulfen) Harvey	Ve	Ve			S/Ce S/Me S/m		
29. <i>Laurencia intricata</i> J.V. Lamour.		Ve			S/Me S/m S/ TX S/A		
30. <i>L. obtusa</i> (Hudson) J.V. Lamour.		Va			S/Me S/m	48	NRC
31. <i>Neosiphonia gorgoniae</i> (Harvey) S.M. Guim. & M.T. Fujii		♀ Te			S/Me		
32. <i>N. sphaerocarpa</i> (Børgesen) M.S. Kim & I.K. Lee		Ve	Te		Epi	48	
33. <i>Osmundaria obtusiloba</i> (C. Agardh) R.E. Norris					S/Me		NRC
34. <i>Palisada corallopsis</i> (Mont.) A. Sentes, M.T. Fujii & Ve J. Diaz-Larrea					S/Ce		
35. <i>Polysiphonia atlantica</i> Kapraun & J.N. Norris			Te	I	S/Me	48	
36. <i>P. denudata</i> (Dillwyn) Grev.	Ve	♂	Ve, ♀ Te, ♂	Te	S/Ce S/Me S/m	8, 15, 44, 48	
Gelidiaceae							
37. <i>Gelidium crinale</i> (Turner) J.V. Lamour.		Te			Epz S/TX Epi		
38. <i>G. corneum</i> Hudson (J.V. Lamour.)			Ve		S/Me		NRC
Cystocloniaceae							
39. <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamour.		Ve	Te	Ve	S/Me Epi	48	

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades				Hábitat	Epifita de *	Obs.
	A	B	C	D			
40. <i>H. spinella</i> (C. Agardh) Kütz.	2-4,5 m prof. Ve	5-7,5 m prof. Ve	8-10,5 m prof. Ve	15 m prof. D	S/m, Epi S/TX Epz S/Me	48	
Gracilariaceae							
41. <i>Gracilaria blodgettii</i> Harvey		Ve			S/Me		
Halymeniaceae							
42. <i>Halymenia elongata</i> C. Agardh			Te		S/m		NRM
43. <i>H. floresia</i> (Clemente) C. Agardh			Ve		S/Me S/m		
Solieriaceae							
44. <i>Meristotheca gelidium</i> (J. Agardh) E.J. Faye & Masuda		Ve		Ve	S/Me		
45. <i>Agardhiella subulata</i> (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne			Ve		S/Me		
Lomentariaceae							
46. <i>Ceratodictyon intricatum</i> (C. Agardh) R.E. Norris			Ve		S/Me		
47. <i>C. planicaule</i> (W.R. Taylor) M.J. Wynne		Ve			S/Me S/m S/ TX S/R		
48. <i>C. variabile</i> (J. Agardh) R.E. Norris	Ve	Ve	Ve	Ve	S/m S/Ce S/Me S/TX		
49. <i>Lomentaria rawitscheri</i> A.B. Joly				♀	S/Me		

Tabla 2. Continuación.

Phylum	Familia	Especie	Localidades			Hábitat	Epífita de *	Obs.
			A	B	C			
HETEROKONTOPHYTA			2-4,5 m prof.	5-7,5 m prof.	8-10,5 m prof.	15 m prof.		
Bacillariophyceae								
Aulacoseiraceae								
50.	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen			Db			Epi	48
Berkeleyaceae								
51.	<i>Berkeleya hyalina</i> (Round & De Paula) E.J. Cox			Db			S/TX	
Biddulphiaceae								
52.	<i>Biddulphia pulchella</i> Gray		Db	Db			Epi S/Ce	33, 60
Cocconeidaceae								
53.	<i>Cocconeis pediculus</i> var. <i>placentula</i> (Ehrenb.) Grunov			Db			Epi	33, 35, 48
Licmophoraceae								
54.	<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh			Db	Db		Epi Epz	33, 34, 48, 60
55.	<i>L. flabellata</i> C. Agardh		Db				Epi	47, 48, 66
Melosiraceae								
56.	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müll.) C. Agardh			Db			Epi	47
Pleurosigmaaceae								
57.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.			Db			Epi	19

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades			Epifita de *	Hábitat	Obs.
	A 2-4,5 m prof.	B 5-7,5 m prof.	C 8-10,5 m prof.			
Triceratiaceae						
58. <i>Odomella aurita</i> (Lyngb.) C. Agardh		Db			Epi	17, 35, 66
Phaeophyceae						
Onslowiaceae						
59. <i>Onslowia bahamensis</i> E.C. Henry			Un, Pro		S/m	NRC
Dictyotaceae						
60. <i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kütz.) J.C. De Paula & O. De Clerck					S/Ce S/Me	48
61. <i>Dictyota jamaicensis</i> W.R. Taylor		Ve	Ve		S/Me	
62. <i>D. menstrualis</i> (Hoyt) Schnetter, Hörning & Weber-Peukert		Ve	Ve		S/Me S/m	78
63. <i>D. pulchella</i> Hörmig & R. Schnetter		Ve	Ve		S/m S/Me S/Te S/Ce	
64. <i>Padina antillarum</i> (Kütz.) Picc.			Ve		S/Me	NRC
65. <i>P. boergesenii</i> Allender & Kraft		♀, Esp	Ve		S/Me S/m S/ TX	
66. <i>P. gymnospora</i> (Kütz.) Sond.		Ve	Ve		S/Me S/m S/ TX	
67. <i>P. pavonica</i> (L.) Thivy		♀	Ve		S/Me S/m	

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades				Grupo	Hábitat	Epífita de *	Obs.
	A 2-4,5 m prof.	B 5-7,5 m prof.	C 8-10,5 m prof.	D 15 m prof.				
CHLOROPHYTA								
Phaeophyta								
Phaeophyta								
68. <i>Phaeophila dendroides</i> (P. Crouan & H. Crouan) Batters								
Bryopsida								
Bryopsida								
69. <i>Bryopsis hypnoides</i> J.V. Lamour.								
70. <i>Pseudobryopsis blonquistii</i> Diaz-Pif.								
71. <i>Trichosolen duchassaingii</i> (J. Agardh) W.R. Taylor								
Chaetosiphonaceae								
72. <i>Blastophyssa rhizopus</i> Reinke								
Caulerpaceae								
73. <i>Caulerpa ashmeadii</i> Harv.								
74. <i>C. cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh								
75. <i>C. cupressoides</i> var. <i>flabellata</i> Børgesen								
76. <i>C. cupressoides</i> var. <i>lycopodium</i> Weber-van Bosse								
77. <i>C. verticillata</i> C. Agardh								
Halimedaceae								

Tabla 2. Continuación.

Phylum Familia Especie	Localidades				Hábitat	Epifita de *	Obs.
	A	B	C	D			
78. <i>Halimeda incrassata</i> (J. Ellis) J.V. Lamour.	2-4,5 m prof.	5-7,5 m prof.	8-10,5 m prof.	15 m prof.	S/A		
79. <i>H. opuntia</i> (L.) J.V. Lamour.	Ve	Ve			S/Me S/m S/Ce S/TX		
Udotaceae							
80. <i>Cladocephalus luteofuscus</i> (P. Crouan & H. Crouan) Borgesen	Ve				S/Me		
81. <i>Penicillus capitatus</i> f. <i>laxus</i> Borgesen		Ve			S/A		
82. <i>P. pyriformis</i> A. Gepp & E. Gepp	Ve				S/A S/Me		
83. <i>Rhipocephalus phoenix</i> f. <i>brevifolius</i> A. Gepp & E. Gepp	Ve				S/Me		
84. <i>U. unistratea</i> D.S. Littler & Littler		Ve			S/Me S/m S/ TX		
Polyphysaceae							
85. <i>Acetabularia crenulata</i> J.V. Lamour.		Gm			S/Me S/m S/ TX		

Las localidades por grupo se indican en la tabla 1.

Hábitat: S/m = sobre madera, S/Me = sobre metal, S/A = sobre hule y llantas, S/TX = sobre textil (redes de pesca), S/Ce = sobre cemento, Epi = epifito, Epz = epizoica, Ve = vegetativa. Reproducción asexual: Hm = hormogonios, Un = unangrios, Te = tetrasporangios, Pro = propágulos, Mn = monosporas, Db = división binaria, Esp = esporangios. Reproducción sexual: Gm = gamelango, ♂ = gametos masculinos, ♀ = cistocarpos o gonimoblastos (Rhodophyta) oogonios (Heterokontophyta). NRC = nuevo registro Campeche. NRM = nuevo registro México. * = los números que se indican en esta columna corresponden al algá sobre la cual está.

De las 32 epífitas, 2 corresponden a Cyanophyta, 21 a Rhodophyta, 8 a Heterokontophyta y una a Chlorophyta. El mayor número de epífitas pertenece a las familias Ceramiaceae y Rhodomelaceae, siendo en su mayoría algas filamentosas de los géneros *Ceramium* y *Polysiphonia*. La Cyanophyta, *Blennothrix lyngbyacea* fue la especie epífita que se encontró habitando sobre 13 diferentes especies, tanto anuales como perennes (Tabla 2). *Ceratodictyon variable* se ubicó en todas las localidades de muestreo y además es la especie en la que se localizó a la mayoría de epífitas.

La fase reproductiva más frecuente entre estos organismos fue la asexual, Cyanophyta mediante hormogonios, Rhodophyta con monosporas y tetrasporangios; estos tipos de reproducción tienen la ventaja de requerir un menor gasto de energía, son formas de resistencia y pueden ser diseminadas con facilidad. Otra estrategia de tipo asexual es la multiplicación vegetativa observada en Heterokontophyta, por ejemplo en *Onslowia* por propágulos que permiten ampliar la distribución de las especies y en diatomeas por división binaria. En contraste, las algas Chlorophyta se encontraron en estado vegetativo debido a que algunas de ellas como *Caulerpa*, crecen por estolones lo que les permite una rápida propagación en su hábitat, mientras que *Halimeda* se reproduce fácilmente por propágulos y rizoides, además de que las fases sexuales son poco notorias y efímeras (Mateo-Cid *et al.* 2006), de ellas sólo se observaron los gametocistos de *Acetabularia*.

DISCUSIÓN

Diversos autores que han estudiado los procesos de colonización y sucesión de algas marinas bentónicas indican que la colonización está integrada en primer lugar por una serie de organismos pioneros con tasas de reproducción elevadas y ciclos de vida cortos que modifican las características fisicoquímicas del sustrato denominado “estado inicial” (Murray & Littler 1978), en el cual se observan algas efímeras y oportunistas, principalmente diatomeas coloniales que forman una capa de barrillo amarronado que pueden llegar a cubrir el 100% del sustrato (García-Castrillo *et al.* 2003; Choi *et al.* 2006). En esta investigación, aun cuando no se estudiaron estos procesos, los resultados muestran que en los pecios y otras estructuras submareales se observa una clara dominancia de diatomeas y cianofitas que formaban colonias mucilaginosas así como de algas anuales efímeras. Se observó también que algunas especies de *Ceramium*, *Chondria*, *Polysiphonia* y *Dictyota* se encontraban colonizando metal, madera y como epífitas en estadios juveniles, por lo que no se logró determinar la especie, sin embargo, esto indica que asociadas a las especies perennes ya establecidas como *Padina boergesensis*, *Ceratodictyon variable* y *Digenea simplex* formarán parte de esta flora. El 35% de las especies determinadas son epífitas y en su mayoría Rhodophyta; de la misma forma, las hospederas pertenecen a este grupo, como: *Jania cubensis*, *J. rubens*, *Laurencia obtusa*, *Ceratodictyon planicaule* y *Bryothamnion seaforthii*, entre otras; en este contexto, se ha sugerido que la longevidad del huésped debe

ser lo suficientemente larga para permitir a estos organismos completar su ciclo vital (Santelices 1977; López-Rodríguez & Pérez-Cirera 1995; Choi *et al.* 2006).

Callejas-Jiménez *et al.* (2005) presentan una tabla comparativa del índice de Cheney (1977) (R+C/P) calculado para algunas floras de ambientes estuáricos y marinos de las costas mexicanas del Golfo de México y Caribe mexicano basados en diversas referencias, así como de las especies localizadas por ellos en Campeche. Asimismo, Mateo-Cid *et al.* (2013) calculan el mismo índice para algunas regiones de Quintana Roo, Yucatán y el litoral de Campeche utilizando las especies localizadas por Huerta (1958), Huerta *et al.* (1987) y Mendoza-González *et al.* (2007), así como los datos obtenidos por ellos, encontrando que la flora se define como predominantemente tropical. Al aplicar el índice de Cheney (1977) a la flora localizada en este estudio, se obtiene un valor de 7,2 el cual es muy cercano al obtenido en Isla Mujeres, Isla Cozumel, ambiente marino de Campeche, el litoral de Veracruz y Tabasco, lo que indica que la flora es de distribución tropical.

Con respecto a los diez nuevos registros para esta zona, son especies también de afinidad tropical y han sido citadas para el Caribe, Cuba y Florida (Wynne 2011; Guiry & Guiry 2013), lo cual indica que su presencia en la costa del Golfo de México es resultado de la influencia de las corrientes cálidas oceánicas tanto la Norecuatorial como la Corriente del Lazo (Mateo-Cid *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

La determinación taxonómica y descripción de las comunidades asociadas a restos culturales y otras estructuras sumergidas representan la base para futuros estudios, enfocados principalmente en la conservación e investigación de los mismos en el ambiente marino. Los resultados alcanzados en este estudio demuestran que existe una importante riqueza específica de algas marinas que está asociada a los pecios y otras estructuras submareales de la bahía de Campeche, por lo que es necesario continuar con los estudios sobre las algas que habitan este tipo de sustratos que permitan conocer la importancia de estos organismos en el establecimiento y sucesión de las comunidades.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional por facilitar el apoyo económico, las instalaciones y equipo necesario para el desarrollo de este estudio. La primera y segunda autora agradecen la beca otorgada por la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA), México.

BIBLIOGRAFÍA

Anagnostidis, K. & J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Algol. Stud.* 50-53: 327-472.

- Callejas-Jiménez, M.E., A. Senties & 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.
- Cheney, D.P. 1977. R & C/P. A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *J. Phycol.* (suppl.) 13: 12.
- Cho, T.O., S.M. Boo, M.H. Hommersand, C.A. Maggs, L. McIvor & S. Fredericq. 2008. *Gayliella* gen. nov. in the Tribe Ceramieae (Ceramiales, Rhodophyta) based on molecular and morphological evidence. *J. Phycol.* 44(3): 721-738.
- Choi, C.G., M. Ohno & C.H. Sohn. 2006. Algal succession on different substrata covering the artificial iron reef at Ikata in Shikoku, Japan. *Algae* 21(3): 305-310.
- Dawes, C.J. & A.C. Mathieson. 2008. *The seaweeds of Florida*. University Press of Florida. Gainesville.
- Gallegos-Martínez, M., M.E. Meave del Castillo, C.S. Álvarez, A. Senties-Granados, R.R. Roldán, R. Chacón-Alvarado, K.M. Dreckmann & M.E. Zamudio-Reséndiz. 2009. Biodiversidad costera en la Sonda de Campeche. In: Soto, A.L. & M.C. González-Macias (eds.). *PEMEX y la Salud Ambiental en la Sonda de Campeche, México*, pp. 169-264. IMP-Batelle Memorial Institute-UNAM-UAM.
- García, E. 1983. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- García-Castrillo Riesgo, G., P. Lanuza Alfonso & P. López García. 2003. El entorno marino de los restos arqueológicos. *Monte Buciero* 9: 95-108.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2013. Algaebase versión 4.2. World-wide electronic Publication. National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Huerta Múzquiz, L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de la Sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. *Anales Esc. Nac. Ci. Biol.* 9(1-4): 115-123.
- Huerta-Múzquiz, L. & A.M. Garza-Barrientos. 1966. Algas marinas del litoral del estado de Campeche. *Ciencia* (México) 24(5, 6): 193-200.
- Huerta-Múzquiz, L., A.C. Mendoza-González & L.E. Mateo-Cid. 1987. Avance de un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. *Phytologia* 62(1): 23-53.
- Littler, D.S. & 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.
- López-Garrido, P.H. 2008. Organismos marinos asociados al patrimonio cultural

- sumergido de Campeche, México: Relación y efectos de la interacción biológica. *Arqueología Mexicana* 39: 155-172.
- López-Rodríguez, M.C. & J.L. Pérez-Cirera. 1995. Estudio de la colonización y sucesión de la comunidad de *Fucus spiralis* L. (Fucaceae, Phaeophyta) en las cercanías de un colector de aguas residuales de la Ría Pontevedra (N.O. de España). *Nova Acta Ci. Compostelana, Biol.* 5: 25-29
- Martin-Lescanne, J., F. Rousseau, B. de Reviers, C. Payri, A. Couloux, C. Cruaud & L. Le Gall. 2010. Phylogenetic analyses of the *Laurencia* complex (Rhodomelaceae, Ceramiales) support recognition of five genera: *Chondrophyucus*, *Laurencia*, *Osmundea*, *Palisada* and *Yuzurua* stat. nov. *Eur. J. Phycol.* 45(1): 51-61.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González & R.B. Searles. 2006. A checklist and seasonal account of the deepwater Rhodophyta around Cozumel Island on the Caribbean Coast of Mexico. *Caribbean J. Sci.* 42(1): 39-52.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, A.G. Ávila-Ortiz, S. Díaz-Martínez & K. Hernández-Cruz. 2012. Algas marinas y estuarinas de la costa de Campeche y Yucatán. In: Sánchez, A.J., X. Chiappa-Carrara & R. Brito Pérez (eds.). *Recursos acuáticos costeros del Sureste. Vol. II*, pp. 201-223. CONCIYTEY, FOMIX, CONACYT, ECOSUR, UADC, UADY, Mérida.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, A.G. Ávila-Ortiz & S. Díaz-Martínez. 2013. Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta Bot. Mex.* 104:53-92
- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid & R.B. Searles. 2007. Yucatán seaweeds from the offshore waters of Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Bot. Mar.* 50: 280-287.
- Moya, S.V. & R. Reichert. 2010. El pecio cuarenta cañones. Joya Arqueológica en el Caribe mexicano. *Arqueología Mexicana* 102: 70-75.
- Murray, S.N. & M.M. Littler. 1978. Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community. *J. Phycol.* 14: 506-512
- Ortega, M.M., J.L. Godínez & G. Garduño Solórzano. 2001. *Catálogo de algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Pica, Y.G., G. Ponce & M.E. Barrón. 1991. Golfo de México y Mar Caribe. In: De La Lanza, G. (ed.). *Oceanografía de mares mexicanos*, pp. 31-63. AGT Editor, México, D.F.
- Santelices, B. 1977. *Ecología de las algas marinas bentónicas*. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
- Schneider, C.W. & R.B. Searles. 1991. *Seaweeds of the Southeastern United States. Cape Hatteras to Cape Cañaveral*. Duke University Press. Durham.

- Senties, A. & K.M. Dreckmann 2011. Reino Vegetal. Diversidad de especies: Macroalgas. In: Villalobos Zapata, A. (ed.) *La biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*, pp. 202-207. CONABIO. UA de Campeche, ECOSUR.
- Taylor, W.R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the America*. University of Michigan Press. Ann Arbor.
- Wynne, M.J. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia Beih.* 140(1-6): 7-66.