

ESTUDIO SOBRE EL GÉNERO *LITHOPHYLLUM* (CORALLINALES, RHODOPHYTA) EN EL GOLFO DE MÉXICO Y EL CARIBE MEXICANO

Study on the genus *Lithophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) in the Mexican Gulf and the Mexican Caribbean

Deisy Yazmín GARCÍA-LÓPEZ, Luz Elena MATEO-CID
y Catalina MENDOZA-GONZÁLEZ

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional
de Ciencias Biológicas. Departamento de Botánica,
Carpio y Plan de Ayala, Col. Santo Tomás, Unidad
Profesional Lázaro Cárdenas México D.F. C.P.11340.
deisy yazmin@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre las especies del género *Lithophyllum* de las costas del Golfo de México y Caribe mexicano. El material fue recolectado en la región insular y litoral de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, de 1990 a 2012; además se revisaron especímenes de *Lithophyllum* depositados en el herbario ENCB. Se delimitaron caracteres útiles para identificar las especies: hábito, diámetro y altura de la cámara bi/tetrasporangial, número de células subepiteliales y anatomía del canal del conceptáculo. Se determinó la presencia de cinco especies del género *Lithophyllum*. De las cinco especies solo *Lithophyllum congestum* forma rodolitos, las cuatro restantes son epilíticas o epifitas. Se registra por primera vez a *L. corallinae* y *L. incrustans* en el área de estudio.

Palabras clave: costas mexicanas, *Lithophyllum*, nuevos registros

ABSTRACT

A survey on the genus *Lithophyllum* was conducted in the Gulf coasts of Mexico and Mexican Caribbean. The material was collected in the insular and coastal region of Veracruz, Campeche, Yucatan and Quintana Roo, during 1990-2012; in addition specimens of *Lithophyllum* deposited in the herbarium ENCB were reviewed. Characters useful were defined to identify the species as: habit, diameter and height of the bi/tetrasporangial chamber, number of sub-epithelial cells and canal anatomy of conceptacle. The characters determines the presence of five species of the genus *Lithophyllum*. Of the five species found only *Lithophyllum congestum* grows as rhodoliths, the last four are epilithic or epiphytic. *L. corallinae* and *L. incrustans* are recorded for the first time in the study area.

Key words: *Lithophyllum*, Mexican coast, new records

INTRODUCCIÓN

Estudios sobre la distribución y diversidad de las algas coralinas incrustantes (Corallinaceae, Rhodophyta) son importantes porque proporcionan la información que se requiere para una planificación y protección adecuada de la zona insular y

costera. Además, éstos permiten la identificación de áreas prioritarias para conservación y mejoran el manejo de áreas protegidas ya existentes (Guzmán & Guevara 1999). En México las subfamilias de la familia Corallinaceae que han sido mejor estudiadas son: Hydrolithoideae (Dawson 1960; Fragoso-Tejas & Rodríguez 2002; Mendoza-González *et al.* 2009) y Corallinoideae (Dawson 1960), siendo Lithophylloideae una de las subfamilias de las que se dispone poca información. Esta subfamilia es un componente característico de la zona insular de la costa Atlántica de México. Específicamente en la Costa Atlántica mexicana no se ha realizado un estudio sobre estos organismos y solo se encuentran registros de ellas en catálogos o artículos de corte florístico (Ortega *et al.* 2001; Mateo-Cid *et al.* 2013). En este sentido, el presente estudio aporta información sobre las especies del género *Lithophyllum* encontradas en el área de estudio, así como sus características morfoanatómicas y reproductivas útiles para la determinación de especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Costa Atlántica mexicana y el Caribe mexicano tienen una extensión de 3294 km de litoral (INEGI 2002), abarca desde la desembocadura del río Bravo del Norte, frontera con Estados Unidos de América, hasta la desembocadura del río Hondo y la frontera con Belice. La zona costera incluye seis entidades federativas: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Tanto en la zona costera como en la región insular se encuentra una gran diversidad de ambientes marinos. A lo largo de este litoral existen cabos, morros, puntas rocosas, bahías, caletas, playas, bancos de conchas, muelles, humedales, manglares, arrecifes litorales, entre otros, mientras que mar adentro se encuentran formaciones insulares de origen biógeno. Tanto las corrientes como los giros ciclónicos y anticiclónicos de la zona representan un papel importante en la circulación, renovación, balance térmico y distribución de nutrientes (Ortega *et al.* 2001).

El material biológico perteneciente al género *Lithophyllum* fue recolectado en diversas localidades litorales e insulares en Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Fig. 1) durante el período comprendido entre 1990 y 2012. Asimismo se obtuvieron 20 especímenes depositados en el Herbario ENCB del Instituto Politécnico Nacional.

De cada uno de los especímenes recolectados se obtuvieron fragmentos que se descalcificaron con una solución de HNO₃ 0,6 M, se deshidrataron con alcohol etílico a diferentes concentraciones y posteriormente se aclararon e incluyeron en parafina. Se realizaron cortes con un micrótopo de mano American Optical de 9-12 µm de grosor, los cortes se fijaron en portaobjetos con adhesivo Riu-ter (Martoja & Martoja-Pierson 1970) y se tiñeron con hematoxilina-eosina para hacer observaciones anatómicas y medir tanto estructuras vegetativas como de reproducción con un microscopio marca Zeiss; se tomaron fotografías de aspectos macroscópicos y microscópicos con las cámaras digitales de la marca Canon

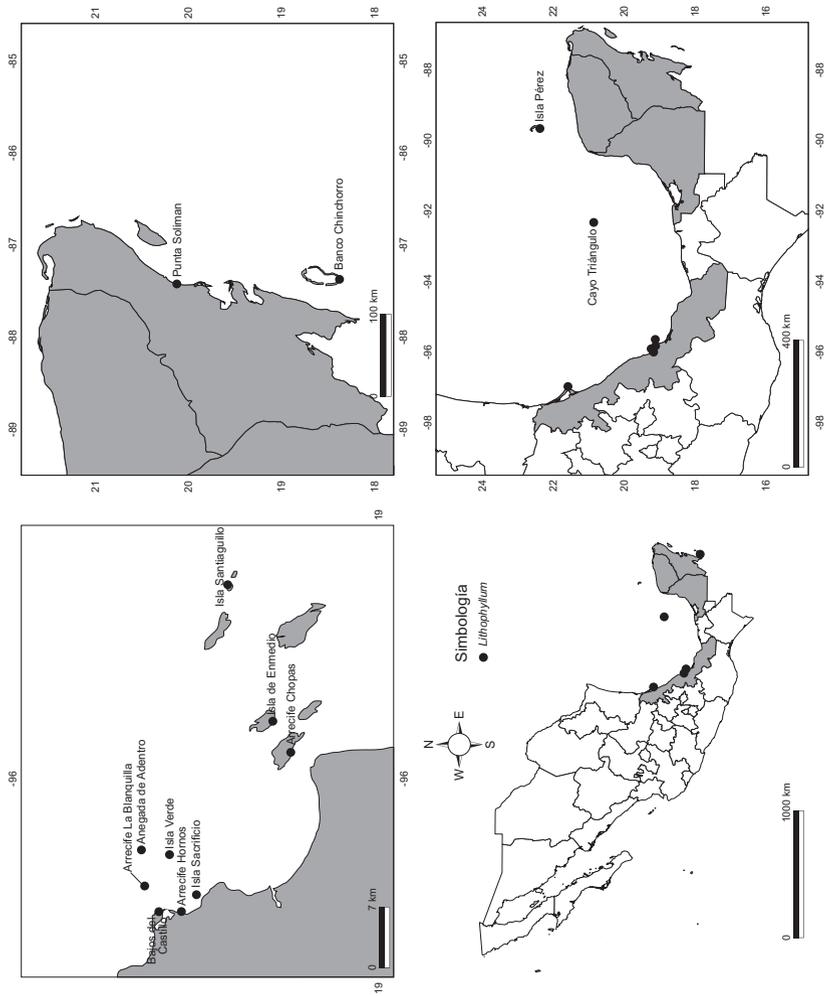


Fig. 1. Distribución de *Lithophyllum* en el área de estudio.

modelos Power Shot SD500 y A2300. Se describen detalladamente las especies encontradas y su distribución en la costa Atlántica mexicana.

RESULTADOS

Se confirmó la presencia de cinco especies para el género *Lithophyllum*: *L. congestum*, *L. corallinae*, *L. incrustans*, *L. prototypum* y *L. stictaeforme*. Solo *L. congestum* forma rodolitos, mientras que las demás son epilíticas o epífitas. En la Tabla 1 se indican las características encontradas de las especies de *Lithophyllum*.

Tabla 1. Caracteres vegetativos y reproductivos de las especies del género *Lithophyllum*.

Especie	Hábito	Construcción de la médula	Diámetro cámara del conceptáculo tetrasporangial (µm)	Altura de la cámara del conceptáculo tetrasporangial (µm)	Anatomía del canal del conceptáculo tetrasporangial (µm)	Número de células subepiteliales
<i>L. congestum</i>	Protuberante ramificado	Monómera radial	238-241	48-126	Cónico	3-4
<i>L. corallinae</i>	Incrustante liso	En empalizada o dímera; dímera y en empalizada	153-297	66-138	Alargado	8-10
<i>L. incrustans</i>	Incrustante liso con excrescencias	Monómera coaxial y no coaxial	255-296	118-141	Alargado y cónico	6-15
<i>L. prototypum</i>	Incrustante liso	En empalizada Dímera Dímera y en empalizada	192-360	36-60	Alargado	2-3
<i>L. stictaeforme</i>	Incrustante liso, liso con excrescencias o protuberantes	Monómera Dímera Monómera y Dímera	117-252	33-168	Cónico	3-5

Para los organismos en los que se encontraron estructuras reproductivas se asignó la siguiente simbología:

Carpogonios y carposporangios ♀, Espermacios ♂, Tetrasporangios ⊕, Bisporangios ⊖.

Clave específica para el género *Lithophyllum*

- 1a. Talos ramificados (con ramas molariformes), formando rodolitos *L. congestum*
- 1b. Talos lisos, con excrescencias, protuberantes o ramificados, siempre epilíticos 2
- 2a. Médula con construcción dímera y/o en empalizada 3

- 2b. Médula con construcción monómera y/o dímera, nunca en empalizada. . . . 4
 3a. Cámaras tetrasporangiales con 153-297 μm diámetro, células subepiteliales de 8 a 10, en ocasiones los conceptáculos están embebidos . . . *L. corallinae*
 3b. Cámaras tetrasporangiales con 192-360 μm diámetro, células subepiteliales de 1 a 3, conceptáculos nunca embebidos. *L. prototypum*
 4a. Médula monómera coaxial o no coaxial, cámaras tetrasporangiales 252-296 μm diámetro, células subepiteliales de 1 a 15, anatomía del canal alargada, cónica, cuando los conceptáculos están embebidos *L. incrustans*
 4b. Médula monómera nunca coaxial y/o dímera, cámaras tetrasporangiales 117-252 μm diámetro, células subepiteliales de 1 a 5, anatomía del canal cónica, conceptáculos nunca embebidos *L. stictaeforme*

Lithophyllum Phil. 1837

Lithophyllum congestum (Foslie) Foslie 1900b (Fig. 2)

Sinónimos homotípicos:

Lithophyllum frutescens var. *congestum* (Foslie) Me. Lemoine 1917

Gonolithon congestum Foslie 1898

Sinónimos heterotípicos:

Lithophyllum platyphyllum (Foslie) Foslie 1900b

Lithophyllum daedaleum Foslie & Howe 1906

Localidad tipo: Saint Barthelemy, India occidental.

Talos costrosos protuberantes, ramificados: en las porciones ventrales la costra tiene un grosor total de 2 mm. En los talos ramificados, la porción basal mide 2 mm de grosor y las ramillas redondeadas 1,2 mm alto y 0,4 mm diámetro, éstas son simples o ramificadas y anastomosadas. Construcción del talo monómera en la porción dorsiventral y monómera radial en los fragmentos ramificados; la médula tiene una cobertura del 3 al 12% del total del talo; las células de la corteza son oblongas y ovadas, con un diámetro de 6-9 μm y 9-12 μm de alto. Epitalo formado por varias capas de células lenticulares, 6 μm diámetro y 3 μm de alto. Talos femeninos no observados. Conceptáculos espermatangiales de forma casi aplanada, con canal alargado, algunos se observaron inmersos en el tejido; espermacios dispuestos en el piso de la cámara del conceptáculo; diámetro de la cámara 135-189 μm y 36-60 μm de alto. Conceptáculos tetrasporangiales distribuidos en todo el talo, uniporados, no visibles a simple vista, desarrollándose en la zona dorsiventral; las cámaras tetrasporangiales elipsoidales 138-231 μm de diámetro y 48-126 μm de alto, con restos de columela que puede estar excéntrica dentro de la cámara tetrasporangial, canal del conceptáculo con anatomía cónica y (15)24-36(45) μm de largo; tetrasporangios desarrollándose en el piso de la cámara, 15-30 μm de diámetro y 18-48 μm de largo.

Hábitat: sobre arena formando rodolitos.

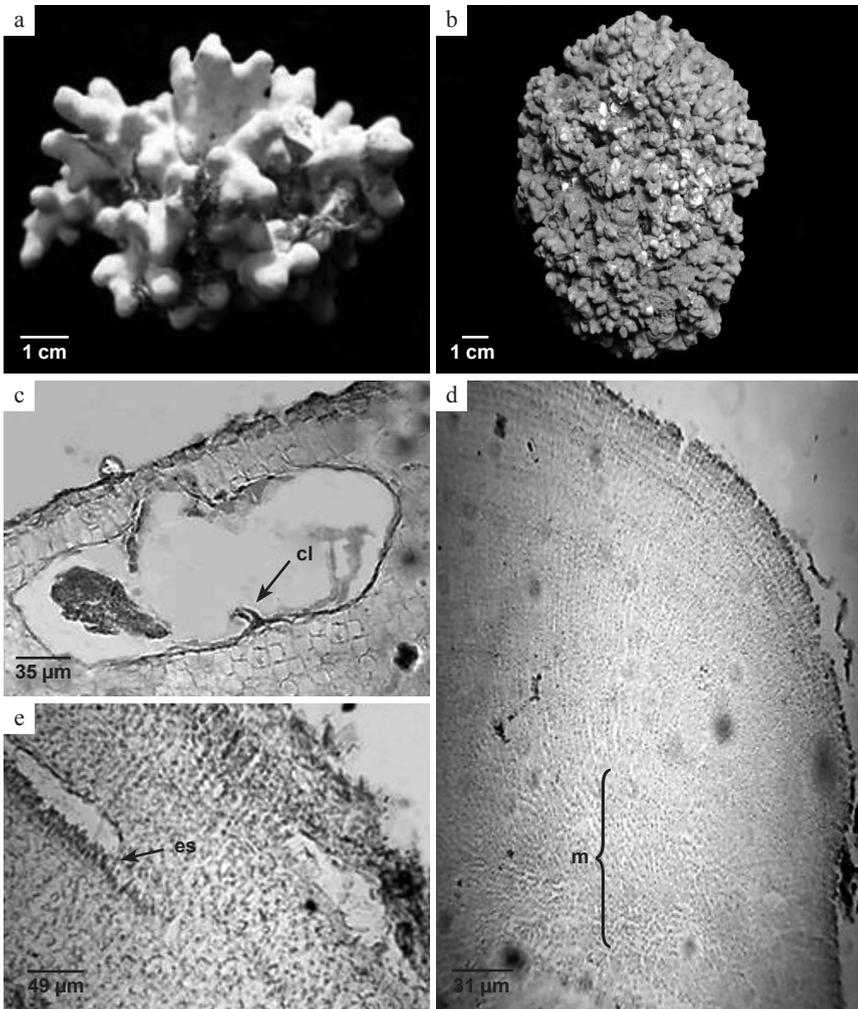


Fig. 2. *Lithophyllum congestum*. **a.** Rodolito ramificado. **b.** Rodolito con ramas molariformes. **c.** Conceptáculo tetrasporangial con restos de columela (cl), canal cónico y tetrasporangio. **d.** Médula (m) con construcción monómera radial. **e.** Conceptáculos espermatangiales con espermacios (es) dispuestos en el piso de la cámara espermatangial.

Material examinado: CAMPECHE: Cayo Triángulos, lado oeste del faro, 07/05/1986, L. Huerta Múzquiz. VERACRUZ: Arrecife Chopas, 27/06/2005, L.E. Mateo-Cid, A.C. Mendoza González ENCB 19 768; Isla de Enmedio (♀, ♂), 05/1957, L. Huerta- Múzquiz; 05/1966, L. Huerta Múzquiz ENCB 19 758; 28/02/1976, R. Cruz Cisneros; 22/11/1983; L.E. Mateo-Cid & A. C. Mendoza González ENCB 19 759, 02/12/1984; C. Flores Granados, 09/07/2004; A.C. Mendoza González, L.E. Mateo-Cid ENCB 19 770; Isla Verde (♀), 27/11/1985; L.E. Mateo-Cid, A.C. Mendoza-González & D. Barbosa.

Esta especie fue descrita originalmente por Foslie (1898) como *Gonolithon*; posteriormente, Foslie (1900a) la tipificó como *Lithophyllum*. La descripción original se basó exclusivamente en la morfología externa de los talos, sin citar medidas de estructuras vegetativas o reproductivas, ni de la construcción del talo. Algunos de los especímenes analizados en el presente estudio concuerdan con las descripciones realizadas por Foslie & Howe (1906) de la especie *Lithophyllum daedaleum*, actualmente sinónimo de *L. congestum*; estas coincidencias son: las ramas son molariformes, cilíndricas y en la superficie son achatadas con una concavidad central, medidas de las costras primarias (más jóvenes), el diámetro de los conceptáculos esporangiales con 300 µm en vista superficial, así como las de las células de la médula (8-36 µm diámetro, 8-14 µm de largo) y su morfología cuboidal o subglobosa a cilíndrica oblonga. Previamente registrado para los estados de Veracruz y Yucatán (Ortega *et al.* 2001).

Lithophyllum corallinae (P. Crouan & H. Crouan) Heydr. (Fig. 3)

Localidad tipo: Banc du Chateau et Baie de la Ninon, Rade de Brest, Francia.

Talos costrosos lisos, en ocasiones verrucosos; fuertemente adheridos al sustrato de forma irregular, debido a que sigue el contorno del sustrato; la costra tiene un grosor que varía entre 354 a 1842 µm, médula en empalizada, ésta contribuye entre 28-30% al crecimiento del talo; sus células miden 9-12 µm ancho y 27-39 µm alto; la corteza con células alargadas de menor tamaño en comparación con las de la médula miden 6-15 µm diámetro y 15-33 µm alto; epitalo constituido por una capa de células planoconvexas que miden 6-9 µm ancho y 3-6 µm alto. Talos femeninos no observados. Conceptáculos espermatangiales distribuidos en la superficie del talo; cámara de forma globosa, 114-126 µm de diámetro y 36-63 µm de alto; espermacios dispuestos en el piso de la cámara. Conceptáculos carposporangiales inmersos en el talo; cámara en forma de mama, 69-331 µm de diámetro, 30-57 µm de alto; carposporangios con 24 µm de diámetro, 39 µm de alto. Conceptáculos tetrasporangiales distribuidos por todo el talo; algunos visibles a simple vista, otros inmersos en el tejido; cámaras tetrasporangiales elipsoidales, algunas con una columela prominente, 153-297 µm de diámetro, 66-138 µm de alto; tetrasporangios 24 µm de diámetro, 60 µm de alto; anatomía del canal alargada. Las células subepiteliales que se encuentran por encima de los conceptáculos varían de 1-2(-3).

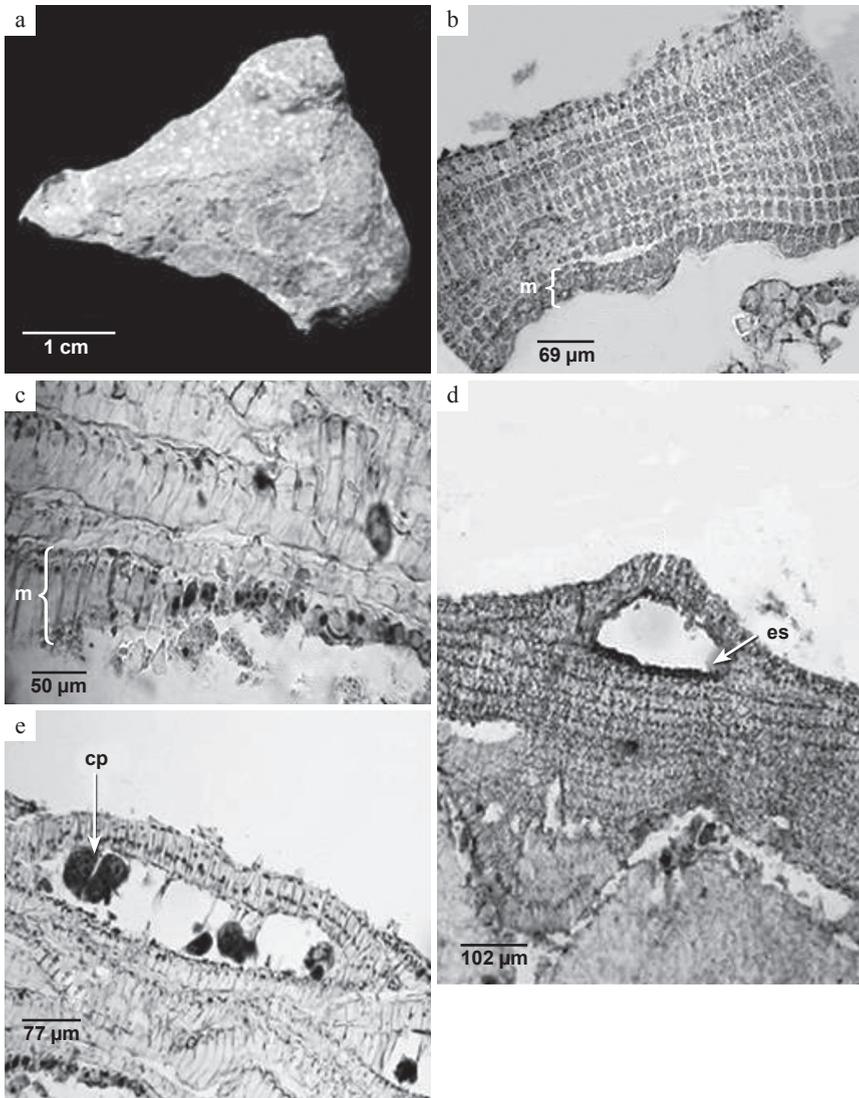


Fig. 3. *Lithophyllum corallinae*. **a.** Aspecto macroscópico. **b.** Médula (m) con construcción dímica. **c.** Porción de la médula (m) en empalizada. **d.** Conceptáculo espermatangial y espermacios (es) dispuestos en la cámara del conceptáculo. **e.** Conceptáculo carposporangial con carposporangios (cp).

Hábitat: sobre esqueletos de corales, en praderas de *Thalassia* sp.

Material examinado: VERACRUZ: Anegada de Adentro, 08/07/2004, L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza González; Arrecife Chopas (♀, ♂), 27/06/2005; A.C. Mendoza González & L.E. Mateo-Cid; Isla de Enmedio (♂, ♀) 05/1957, L. Huerta Múzquiz; 19/11/2001, 07/07/2004, 09/07/2004, L.E. Mateo Cid, A.C. Mendoza González; Villa Rica, 08/07/2004.

Especie fue descrita por primera vez como *Melobesia corallinae* (Crouan & Crouan 1867), la descripción se basó en la morfología externa de los talos y coloración, los autores registran medidas de estructuras vegetativas (tamaño del talo), así como el hábitat que presentaba: epilítico. Respecto a estructuras reproductivas, sólo se registra la presencia de bisporangios. Las características analizadas de los especímenes asignados en este estudio a *L. corallinae* coinciden con las descritas por Woelkerling & Campbell (1992). Previo a este trabajo no se encontró registro alguno de esta especie para el Atlántico de México.

Lithophyllum incrustans Phil. (Fig. 4)

Sinónimos homotípicos:

Lithothamnion incrustans (Phil.) Foslie 1895

Crodelia incrustans (Phil.) Heydr. 1911

Sinónimos heterotípicos:

Lithophyllum incrustans f. *angulata* Foslie

Spongites confluens Kütz. 1841

Lithothamnion incrustans f. *depressum* (P. Crouan & H. Crouan) Foslie 1895

Localidad tipo: cerca de Sicilia, Italia.

Plantas de hábito liso en las porciones dorsiventrales, con excrecencias prominentes. Grosor de la costra de 687 μm hasta 1077 μm . Médula con construcción monómera, en algunas porciones es monómera coaxial, ésta contribuye del 13 al 17% de crecimiento total del talo, las células que la componen son de forma cuadrada a rectangular en las regiones donde la costra es joven, 9-20 μm de diámetro, 12-20 μm de alto; células de la corteza con menor tamaño, de 3-6 μm de diámetro, 9-18 μm de largo. Epitalo compuesto por 2 capas de células con 3 μm de diámetro, 3-9 μm de alto. Talos femeninos y masculinos no observados. Conceptáculos tetrasporangiales superficiales o embebidos; cámara elíptico-ovalada de 255-296 μm de diámetro, 118-141 μm de alto; tetrasporangios dispuestos en el piso del conceptáculo con 13 μm de diámetro, 22 μm de alto; con columela prominente en algunos conceptáculos; la anatomía del canal de tipo cónica en los conceptáculos que se encuentran inmersos en el talo y alargada en los conceptáculos distribuidos hacia la superficie. Número de células subepiteliales de 3 a 5 en los conceptáculos más próximos a la superficie y en más de 15 en los que se encuentran inmersos en el talo.

Hábitat: sobre esqueletos de coral.

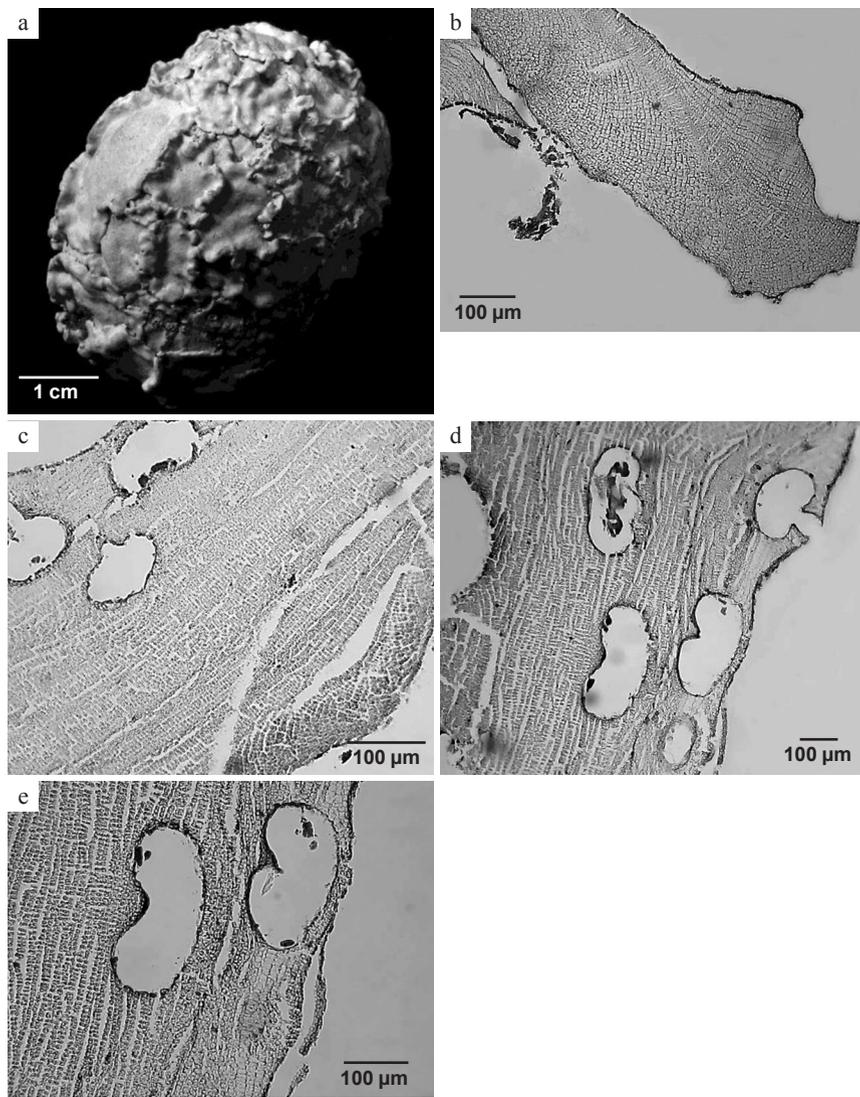


Fig. 4. *Lithophyllum incrustans*. **a.** Aspecto general de la costra. **b.** Médula en la porción de la costra joven. **c.** Médula en la porción más desarrollada de la costra. **d.** Conceptáculos tetrasporangiales con anatomía del canal cónica y alargada. **e.** Conceptáculos tetrasporangiales con columela prominente.

Material examinado: QUINTANA ROO: Banco Chinchorro (☉), 11/07/1982, *L. Huerta-Múzquiz*.

Philippi (1837) detalla en la descripción de esta especie la construcción de la médula y las estructuras de reproducción, sin embargo no adiciona dimensiones. En contraste, Ballantine *et al.* (2011) describen detalladamente los caracteres vegetativos y reproductivos, especificando medidas para las estructuras observadas. La descripción de estos autores coincide con las ubicadas en este estudio.

Lithophyllum prototypum (Foslie) Foslie (Fig. 5)

Localidad tipo: Saint Croix, I. Virginia, USA.

Talos costrosos lisos, fuertemente adheridos al sustrato y siguiendo la forma de éste. Morfología externa del talo completamente lisa a excepción de las granulaciones ocasionadas por los conceptáculos; el talo posee un grosor total de 141-870 µm. La médula cubre el 11-18% de las células con 12-27 µm ancho y 30-45 µm alto. Las células de la corteza con 9-10 µm ancho y 18-27 µm alto. Epitalo formado de una a dos capas de células de forma circular a aplanada, estas células miden 3-9 µm diámetro y 9 µm alto. No se observaron talos femeninos. Conceptáculos espermatangiales, embebidos en el tejido con 7 a 9 células subepiteliales; cámara espermatangial de 231-252 µm de diámetro, 66-90 µm de alto, canal del conceptáculo con 36-57 µm de largo; espermacios en el piso de la cámara. Conceptáculos tetrasporangiales distribuidos por todo el talo, visibles a simple vista, algunos embebidos en el tejido; cámaras tetrasporangiales en forma de mama a globosa, 192-360 µm de diámetro, 36-60 µm de alto; tetrasporangios con 30 µm de diámetro, 48 µm de alto, carecen de restos de columela. Las subepiteliales que están por encima de los conceptáculos son columnares (Fig. 4d), su número varía de 2 a 3. Los conceptáculos con anatomía en su canal de tipo cónica.

Hábitat: sobre esqueletos de coral.

Material examinado: QUINTANA ROO: Bahía Ascensión, arrecife frente a Punta Solimán, *A.C. Mendoza-González & L.E. Mateo-Cid*. VERACRUZ: Isla de Enmedio (♂,♀) 05/1957 *L. Huerta Múzquiz ENCB 2906*; 05/06/2001,09/07/2004, *L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza-González*; Isla Verde (☉), 27/11/1995; *A.C. Mendoza-González & L.E. Mateo-Cid*.

Esta especie fue descrita originalmente por Foslie (1897) en el género *Lithothamnion*; posteriormente Foslie (1905) la transfirió a *Lithophyllum*. La descripción original se basó exclusivamente en la morfología externa de los talos, sin citar medidas de estructuras vegetativas o reproductivas, ni de la construcción del talo. Las medidas encontradas en este estudio de estructuras vegetativas y reproductivas se asemejan a las descritas por Harvey *et al.* (2009) y Woelkerling & Campbell (1992) para especímenes de *L. prototypum* de Australia. Registrada previamente para el estado de Quintana Roo (Ortega *et al.* 2001).

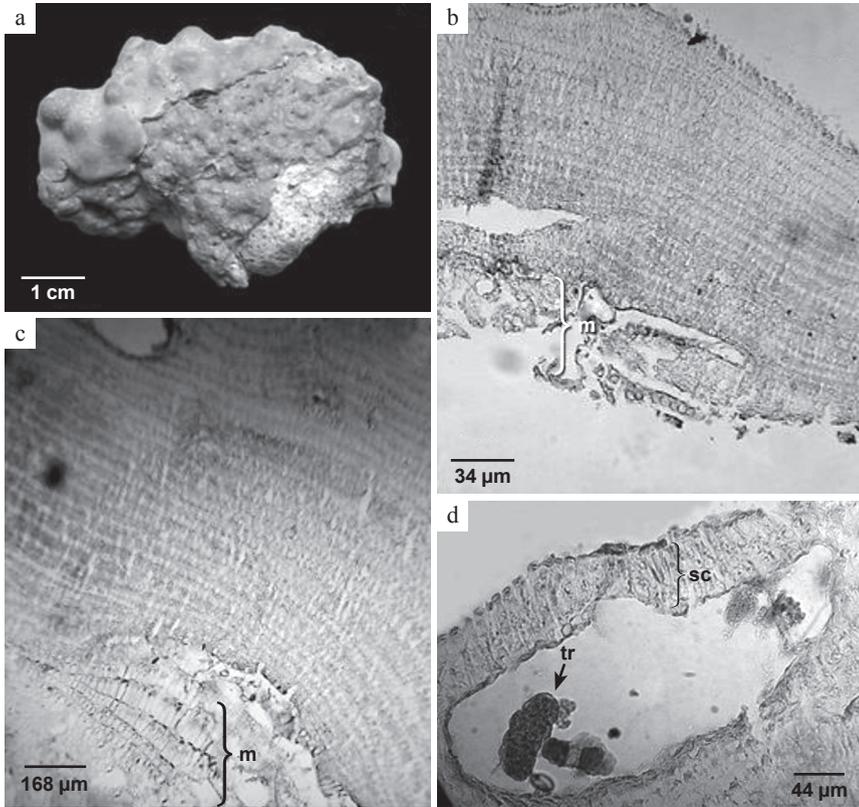


Fig. 5. *Lithophyllum prototypum*. **a.** Morfología macroscópica del talo creciendo sobre esqueleto de coral. **b.** Médula (m) con construcción dímica. **c.** Porciones de la médula (m) en empalizada. **d.** Conceptáculo con tetrasporangio (tr), células subepiteliales columnares (sc) y con anatomía del poro del canal alargada.

***Lithophyllum stictaeforme* (Aresch.) Hauck 1877 (Fig. 6)**

Sinónimos homotípicos:

Melobesia stictaeformis Aresch. 1852

Lithophyllum expansum f. *stictaeformis* (Aresch.) Foslie 1901

Sinónimos heterotípicos:

Dermatolithon bermudense (Foslie & M.A. Howe) Foslie & M.A. Howe 1909

Lithophyllum bermudense Foslie & M.A. Howe 1906

L. frondosum (Dufour) G. Furnari, Cormaci & Alongi 1996

Melobesia frondosa Dufour 1861

Tenarea bermudensis (Foslie & M. Howe) Adey 1970

Titanoderma bemudense (Foslie & M. Howe) Woelk. *et al.* 1985

Pseudolithophyllum cabiochiae Boudour. & M. Verlaque 1978

Localidad tipo: Mar Mediterráneo.

Organismos con alto polimorfismo, se les encuentra de tipo liso, lisos con pequeñas excrecencias, talos protuberantes y talos con excrecencias muy desarrolladas. El grosor total de la costra varía de 213 hasta 1863 μm . La construcción del talo de estas plantas es principalmente monómera, y raramente dímera. En los talos monómeros la médula representa el 5-15% del total del talo, las células de morfología planoconvexas o rectangulares con 6-15 μm de ancho y 9-15 μm de largo. La corteza formada por células elongadas y planoconvexas que poseen 3-6 μm de ancho y 3-7 μm de largo con una tonalidad tenue al igual que la médula. El epitalo, la capa más externa, está compuesto por células planas, con 2 μm ancho y 1 μm largo. Construcción dímera con células de mayor tamaño en la médula, cuya morfología varía de globosa a ovada, poseen un diámetro de 15-37 μm y 15-29 μm de alto y contribuye al crecimiento de la costra con 3-5%; las células de la corteza son elongadas, 15-29 μm de ancho, 44-67 μm de largo, con una tonalidad pálida, epitalo formado por una o dos capas de células con morfología planoconvexa y circulares, 15-22 μm de ancho, 7-22 μm de largo y presentan mayor afinidad por el colorante; el grosor total de la costra varía entre 357 a 687 μm . Cámaras de los conceptáculos carpogoniales elipsoidales, de 11-126 μm de diámetro, 33-57 μm de alto, los carpogonios se encuentran sobre células auxiliares en el piso de la cámara carpogonial. Conceptáculos espermatangiales, las cámaras espermatangiales con forma elipsoidal a aplanada de 96-117 μm de diámetro, 30-36 μm de alto, con spermacios dispuestos exclusivamente en el piso de la cámara (Fig. 5e). Conceptáculos carposporangiales de tamaño variable, no visibles a simple vista, cámaras de 135-171 μm de diámetro, 45-69 μm de alto; carposporangios con 15-27 μm de diámetro, 27-33 μm de alto. Conceptáculos tetrasporangiales, en algunos especímenes hay presencia de columela; cámaras tetrasporangiales con forma elipsoidal a globosa, 117-252 μm de diámetro, 33-168 μm de alto. Tetrasporangios con 15-36 μm de diámetro, 27-57 μm de alto. La anatomía que presenta el canal es de tipo cónica, con 1 a 4 (5) células subepiteliales.

Hábitat: sobre conchas de moluscos y esqueletos de coral.

Material examinado: VERACRUZ: Anegada de Adentro (♂), 25/04/2005, 08/07/2006, L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza-González; Arrecife Chopas (♂), 27/06/2005, L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza-González, Arrecife Hornos (♂), 13/12/2004, L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza-González; Arrecife La Blanquilla (♂), 03/05/1964, L. Huerta-Múzquiz; 24/04/2005, A.C. Mendoza-González, Bajos del Castillo (♂) 16/06/1993, A.C. Mendoza-González; Isla de Enmedio, 05/06/2001, C. Galicia-García; Isla Sacrificios (♀, ♂), 21/11/1986, 24/11/1986, 26/04/2005, A.C. Mendoza-González & L.E. Mateo-Cid, Isla Santiaguillo (♂),

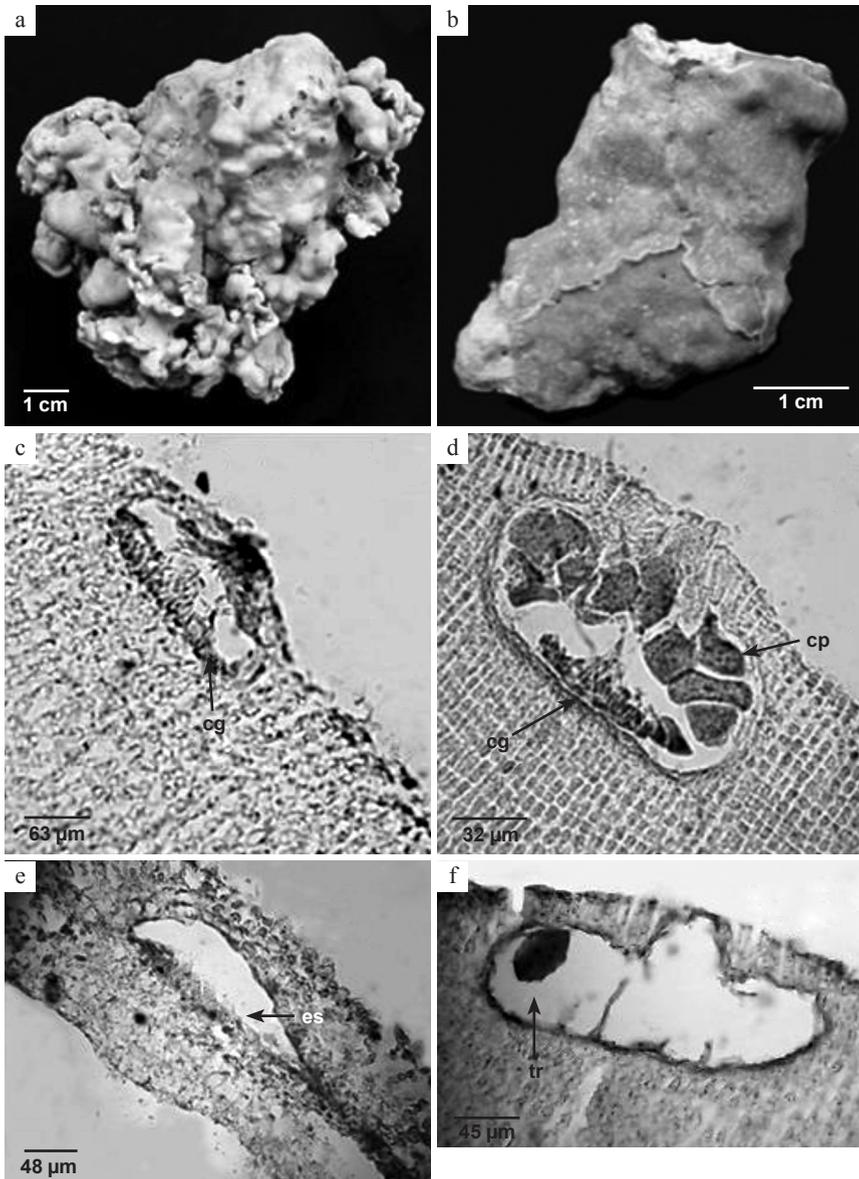


Fig. 6. *Lithophyllum stictaeforme*. **a.** Costra incrustante con excrecencias muy desarrolladas. **b.** Protuberancias simples creciendo sobre esqueletos de coral. **c.** Conceptáculo carpogonial con carpogonios (cg). **d.** Conceptáculo carposporangial con carpogonios (cg) y carposporas (cp). **e.** Conceptáculo espermatangial con espermacios (es). **f.** Conceptáculo tetrasporangial con tetrasporangio (tr).

18/05/1980, 18/05/1984, 04/11/2008, L.E. Mateo-Cid & A.C. Mendoza-González; Isla Verde (♀, ♂), 24/05/1983, C. Flores-Granados, 25/11/1985, 27/11/1985, 23/09/1986, 24/04/2005, A.C. Mendoza-González. YUCATÁN: Isla Pérez, 03/1989, L. Huerta Múzquiz & L.E. Mateo-Cid.

Esta especie fue descrita originalmente en el género *Melobesia* por Areschoug (1852), incluyendo la morfología externa del talo así como de las características anatómicas vegetativas; posteriormente, Hauck (1877) la transfirió a *Lithophyllum*. Las características de algunos de los especímenes analizados en este estudio, coinciden con las descritas por Furnari *et al.* (1996) para *Lithophyllum frondosum*; mientras que otros especímenes concuerdan con la descripción de Foslie & Howe (1906) de *Lithophyllum bermudense*. Registrado para el estado de Veracruz como *L. frondosum* (Ortega *et al.* 2001).

DISCUSIÓN

Caracteres morfológicos y reproductivos

El análisis de los 44 especímenes del género *Lithophyllum* evidencia características que pueden ser utilizadas en el trabajo taxonómico y que permiten separar con mayor certeza a las especies encontradas en este estudio. Los caracteres morfoanatómicos y reproductivos que permitieron determinar a las cinco especies son: organización de la médula y número de células subepiteliales; esta última característica no ha sido empleada en la clasificación de los representantes del género. Con respecto a los caracteres reproductivos, se consideró únicamente a los esporófitos, ya que en los 44 especímenes revisados solo se ubicaron siete gametófitos: cuatro masculinos y tres femeninos. La característica considerada de los tetrasporófitos fue la anatomía del canal del conceptáculo alargado o cónico, la cual sólo ha sido considerada por Athanasiadis (1999); en este estudio se comprobó que este carácter es útil en la delimitación de especies ya que generalmente se observa un sólo tipo de anatomía del canal en cada especie.

Las características cuantitativas como el diámetro y longitud de las cámaras y de los tetrasporangios, bisporangios y carposporangios, se consideran de poco valor taxonómico ya que la altura y el diámetro de estas estructuras se solapan entre ellas o son muy parecidas entre sí.

Los organismos asignados a *Lithophyllum congestum* se diferencian de los demás por su morfología particular, son talos con ramificaciones que pueden ser simples, dicotómicas o molariformes, además de que forman rodolitos. Las características que presentaron los especímenes de esta especie coinciden con las descritas por Foslie (1898, 1900b), también las comparten con la especie *Lithophyllum daedaleum* descrita por Foslie & Howe (1906) la cual se encuentra en sinonimia con *L. congestum*; en *L. daedaleum* la región apical de las ramificaciones es achatada o molariforme. *Lithophyllum stictaeforme* tiene una morfología externa variable en los especímenes revisados, este hecho coincide con las descripciones realizadas por Athanasiadis (1999) y Harvey *et al.* (2009), así como con las

distintas especies que han sido incluidas como sinónimas, por ejemplo: *Lithophyllum bermudense* (Foslie & Howe 1906) y *Lithophyllum frondosum* (Furnari *et al.* 1999). Los talos de los ejemplares varían desde la forma incrustante (totalmente lisa), pasando por la lisa con excrescencias poco desarrolladas hasta excrescencias tan desarrolladas que parecieran formar crestas. Además del parecido morfológico externo, el análisis microscópico mostró que las medidas de las estructuras reproductivas y el tipo de construcción de la médula también coincidían con aquellas descritas por Foslie & Howe (1906) y Furnari *et al.* (1996) para las especies *L. bermudense* y *L. frondosum*, respectivamente. La variación morfológica y anatómica entre los especímenes exige estudios más específicos, ya sea moleculares para determinar si se trata de especies crípticas o de un complejo, y de tipo ecológico que expliquen la importancia que tiene esta especie, ya que en el área de estudio es una de las que se encuentra mejor representada.

L. corallinae y *L. prototypum* presentan una gran similitud morfológica externa, son costras lisas, esto impide una asignación de especies basada únicamente en la apariencia externa. El análisis microscópico evidencia coincidencias entre ambas especies, como la construcción de la médula que suele ser dímica. Sin embargo, también se presenta la dímica con porciones en empalizada o solamente en empalizada.

Con respecto al número de células subepiteliales, en *L. corallinae* y *L. incrustans* las capas de células subepiteliales son numerosas, de 8 a 10 y de 5 a 15 respectivamente, hasta el punto de ubicarse a los conceptáculos tetrasporangiales embebidos en el tejido; por el contrario, en *L. prototypum* las capas de células subepiteliales varían de 1 a 3.

En el caso del diámetro de las cámaras tetrasporangiales, se tiene que para *L. corallinae* se encontró que el intervalo es menor (153-297 μm) en comparación con el determinado para *L. prototypum* que es de 192-360 μm . Al analizar la anatomía del canal del conceptáculo tetrasporangial se delimitaron dos formas: cónico y alargado, observándose únicamente el segundo en *L. corallinae*, mientras que en los especímenes pertenecientes a *L. prototypum* se presentaron en algunos casos el cónico y en otros un canal con anatomía alargada. En contraste, para *L. incrustans* se denotó la presencia de las dos formas del canal, siendo los conceptáculos de las porciones maduras (embebidos) los que presentan anatomía del canal cónico y con anatomía alargada los que se encuentran cerca de la superficie. Estas dos especies presentan una problemática desde el punto de vista taxonómico ya que se han asignado al género *Titanoderma* debido a que existen ejemplares con médula compuesta por células en empalizada, en este estudio se ha observado tal característica. Sin embargo, esta porción de la médula no es uniforme en todo el talo como se reporta en la bibliografía para la especie tipo *T. pustulatum* (Woelkerling 1988). En el presente estudio un mismo ejemplar presentó tanto una médula dímica formada por células casi cuadradas, como una médula con células en empalizada, el porcentaje de las primeras es mayor en comparación con las segundas; así mismo, la corteza está formada por células en su mayoría oblongas y

no en empalizada, por tales motivos se siguen considerando a las especies *L. corallinae* y *L. prototypum* dentro de este género, además de que sin duda alguna es necesario realizar estudios moleculares para delimitar a los ejemplares con estas características, ya que el único antecedente es el estudio realizado por Bailey (1999) en el cual establece que *Lithophyllum* y *Titanoderma* son dos géneros diferentes.

Biodiversidad y distribución geográfica

En general las algas coralinas incrustantes que habitan la costa del Atlántico de México y el Caribe mexicano han presentado problemas desde el punto de vista taxonómico, lo que ha derivado en la confusión de nombres, en sobrestimación del número de géneros y especies presentes en esta zona o en su defecto se ha ignorado su presencia. Algunas de estas complicaciones pueden atribuirse a la dificultad para recolectarlos o que pasan inadvertidos al colector por su tamaño o su hábito. En el Océano Atlántico de América sólo se han reportado 13 especies (Horta 2002; Nunes *et al.* 2008; Wynne 2011), mientras que en el Océano Pacífico de América este género está representado por alrededor de 40 especies; estos números están aún por debajo de lo registrado en el Océano Indo-Pacífico que cuenta con 75 especies (Adey *et al.* 1982; Silva *et al.* 1996; Woelkerling 1996). Es notoria la diversidad de *Lithophyllum* en el litoral del Pacífico de México donde se han registrado 26 especies (Dawson 1960; Fragoso-Tejas & Rodríguez 2002) y además presenta una mayor cobertura en donde se desarrolla; tal es el caso de *L. imitans*, especie que se extiende desde la zona intermareal (Mendoza-González *et al.* 1994) hasta la submareal. Este hecho sugiere que *Lithophyllum* desempeña un rol ecológico similar al que presenta *Neogoniolithon* en el mar Caribe, donde este género domina en los arrecifes (Mateo-Cid 2006).

Los resultados de esta investigación indican que el género *Lithophyllum* está poco representado en el área de estudio ya que sólo se ubicaron cinco especies, todas ellas con una distribución discontinua, y sólo *L. prototypum* está en la región insular de Veracruz y en los arrecifes de Quintana Roo, siendo así la especie mejor representada. En la localidad de Isla de Enmedio se ubicaron cuatro especies, seguida de Arrecife Chopas e Isla Verde con tres, estas islas pertenecen al estado de Veracruz. El número de especies de *Lithophyllum* ubicado en el Sistema Arrecifal Veracruzano es más alto que el situado en la Península de Yucatán en donde sólo se han registrado dos especies.

En este sentido, aún no han sido claramente determinados los factores que intervienen en la distribución de este grupo, sin embargo se ha observado que en lugares donde es notoria la ausencia de *Lithophyllum*, éste es sustituido por otros géneros de coralinas incrustantes principalmente *Neogoniolithon* y *Goniolithon* (Sanchis-Solera 1991) y en menor grado por *Hydrolithon* (Mendoza-González *et al.* 2009). De acuerdo con las observaciones realizadas por Sanchis-Solera (1991) sobre la distribución de *Lithophyllum lichenoides* en el Mediterráneo Ibérico, la interacción de factores como la temperatura del agua, dureza del sustrato, ausencia de sedimentación, emersión, insolación e hidrodinamismo son los que deter-

minan la presencia o ausencia de esta especie. Por otro lado, Steneck (1986) propone otra serie de factores más complejos que intervienen en la distribución de las algas coralinas, como la relación hábito-grado de adherencia, la cual establece que las que presentan mayor adherencia al sustrato son las de hábito liso grueso, como es el caso de *L. prototypum*; esta característica podría ponerla en ventaja con respecto a las otras especies, así como la relación hábito-profundidad que en caso de las coralinas de aguas tropicales son las costras lisas gruesas las que se encuentran a mayor profundidad de manera uniforme, en cambio a las lisas delgadas también se les encuentra a una profundidad considerable pero de forma discontinua; aunque *L. corallinae* presenta este último tipo de hábito no se le encontró ampliamente distribuido en este estudio, sin embargo, esto no significa que no esté presente, ya que como se mencionó anteriormente la problemática que presenta este grupo es una de las razones de la subestimación tanto del número de especies reales como su distribución.

CONCLUSIONES

Se determinó que los caracteres de mayor importancia para la delimitación de especies del género *Lithophyllum* fueron el número de células subepiteliales y la anatomía del canal del conceptáculo bi/tetrasporangial. Se registra por primera vez la presencia de *Lithophyllum corallinae* y *L. incrustans* para el área de estudio. Se recomienda realizar estudios moleculares para dilucidar con certeza si las muestras asignadas a *L. stictaeforme* son la misma especie que presenta una alta plasticidad morfológica debido al hábitat en el que se desarrolla, o si se trata de un complejo de especies atribuidas a *L. stictaeforme*.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional (SIP-20121102, SIP-20130481 y SIP-20131415), por facilitar el apoyo económico, las instalaciones y equipo necesario para el desarrollo de este estudio. La segunda y tercera autora agradecen la beca otorgada por la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y los incentivos EDI-IPN. A la Dirección General de Ordenamiento Pesquero y Acuícola de México, por el permiso otorgado para recolectar en áreas protegidas (Permiso de Pesca de Fomento No. DGOPA.08980.011111.3063).

BIBLIOGRAFIA

- Adey, W. 1970. A revision of the Foslíe crustose coralline herbarium. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1970(1): 1-46.
- Areschoug, J.E. 1852. Ordo XII. Corallinaceae. In: Agardh, J.G. (ed.) 1852. *Species genera et ordines algarum*, pp. 577-700. Lund, C.W.K. Gleerup.
- Athanasiadis, A. 1999. The taxonomic status of *Lithophyllum stictaeforme* (Rhodo-

- phyta, Corallinales) and generic position in light of phylogenetic considerations. *Nordic J. Bot.* 19(6): 735-745.
- Bailey, J. 1999. Phylogenetic positions of *Lithophyllum incrustans* and *Titanoderma pustulatum* (Corallinaceae, Rhodophyta) based on 18 rRNA gene sequence analyses, with a revised classification of the Lithophylloideae. *Phycologia* 38(3): 208-216.
- Ballantine, D.L., A. Athanasiadis & H. Ruiz. 2011. Notes on the benthic marine algae of Puerto Rico. X. Additions to the flora. *Bot. Mar.* 54(3): 293-302.
- Bassi, D., J.C. Braga & Y. Iryu. 2009. Palaeobiogeographic patterns of a persistent monophyletic lineage: *Lithophyllum pustulatum* species group (Corallinaceae, Corallinales, Rhodophyta). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 284(2009): 237-245.
- Belsher, T., H. Augler, C. Boudouresque & E. Coppejans. 1976. Inventaire des algues marines benthiques de la rade et des îles d'Hyères. *Trav. Sci. Parc Natl. Port-Cros* 2: 39-89.
- Bittner, L., C.E. Payri, G.W. Manevelt, A. Couloux, C. Cruaud, B. De Reviers & L.L. Gall. 2011. Evolutionary history of the Corallinales (Corallinophycidae, Rhodophyta) inferred from nuclear, plastidial and mitochondrial genomes. *Molec. Phylogen. Evol.* 6(2011): 697-713.
- Boudouresque, C.F. & M. Verlaque. 1978. Végétation marine de la Corse (Méditerranée). I. Documents pour la flore des algues. *Bot. Mar.* 21: 265-275.
- Campbell, S.J. & W.J. Woelkerling. 1990. Are *Titanoderma* and *Lithophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta) distinct genera? *Phycologia* 29: 114-125.
- Chamberlain, Y.M. 1991. Historical and taxonomic studies in the genus *Titanoderma* (Rhodophyta, Corallinales) in the British Isles. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Bot.* 21: 1-80.
- Crouan, P.L. & H.M. Crouan. 1867. Florule du Finistère contenant les descriptions de 360 espèces nouvelles de sporogames, de nombreuses observations et une synonymie des plantes cellulaires et vasculaires qui croissent spontanément dans ce département, accompagnées de trente-deux planches où est représentée l'organographie, faite sur l'état vif, des fruits et des tissus de 198 genres d'algues avec la plante grandeur naturelle ou réduite plus une planche supplémentaire où sont figures 24 champignons nouveaux. pp. [i]-x, [1]-262. Paris & Brest. Friedrich Klincksieck & J.B. et A. Lefournier.
- Dawson, E.Y. 1960. Marine red algae of Pacific Mexico. Part 3. Cryptonemiales, Corallinaceae, subfamily Melobesioideae. *Pacific Naturalist* 2(1): 3-125.
- Dufour, D. 1861. Quadro delle Melobesie del mare di Génova. *Comment. Soc. Crittog. Ital.* 1: 37-40.
- Fragoso-Tejas, D. & D. Rodríguez. 2002. Algas coralinas no geniculadas (Corallinales, Rhodophyta). *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot.* 73(2): 97-136.

- Foslie, M. 1895. The Norwegian forms of *Lithothamnion*. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1894: 29-208.
- Foslie, M. 1897. On some *Lithothamnium*. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1897(1): 1-20.
- Foslie, M. 1898. List of species of the *Lithothamnium*. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1898 (3):1-11.
- Foslie, M. 1900a. *Melobesia caspica*, a new alga. *Öf. K. Vet-Akad. Förhan.* 1898(9): 131-133.
- Foslie, M. 1900b. Revised systematical survey of the Melobesieae. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1900(5): 1-22.
- Foslie, M. 1901. New Melobesieae. *K Dan Vidensk Selsk Biol Skr.* 1900(6): 1-24.
- Foslie, M. 1902. New species or forms of Melobesieae. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1902(2): 1-11.
- Foslie, M. 1904. Algologiske notiser. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1904(2): 1-9.
- Foslie, M. 1905. Remarks on northern *Lithothamnium*. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1905(3): 1-138.
- Foslie, M. 1909. Algologiske notiser. VI. *Kongel. Norsne Vidensk. Selsk. Skr.* 1909(2): 1-63.
- Foslie, M. & M.A. Howe. 1906. New American corallineae algae. *Bull. New York Bot. Gard.* 4(13): 128-136.
- Furnari, G., M. Cormaci & G. Alongi. 1996. *Lithophyllum frondosum* (Dufour) comb. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta): the species to which Mediterranean *Pseudolithophyllum expansum* should be referred. *Eur. J. Phycol.* 31(2): 117-122.
- Guzmán, H.M. & C.A. Guevara. 1999. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá. III. Distribución, estructura y estado de conservación de los arrecifes de las islas Pastores, Cristóbal, Popa y Cayo Agua. *Revista Biol. Trop.* 47: 659-675.
- Harvey, A.S., W.J. Woelkerling & A.J. Millar. 2009. The genus *Lithophyllum* (Lithophylloideae, Corallinaceae, Rhodophyta) in south-eastern Australia, with the description of *L. riosmenae*, sp. nov. *Austral. Syst. Bot.* 22: 299-317.
- Hauck, F. 1877. Beiträge zur Kenntnis der Adriatischen Algen. V. *Ös. Bot. Zeits.* 27: 292-293.
- Heydrich, F. 1897. Corallinaceae, insbesondere Melobesieae. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 15: 34-70.
- Heydrich, F. 1911. *Lithophyllum incrustans* Phil. mit einem Nachtrag über *Paraspora fruticulosa* (Ktz.) Heydrich. *Biblioth. Bot.* 18(75): 1-24.
- Horta, P.A. 2002. Bases para a identificação das coralináceas não articuladas do litoral brasileiro-uma síntese do conhecimento. *Biotemas* 15(1): 7-44.
- INEGI. 2002. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Primera edición. México.

- Kützing, F.T. 1841. Über die "Polypieres calcifères" des Lamouroux. In: Kützing, F.T. (ed.). *Zu der öffentlichen Prüfung sämmtlicher Classen der Realschule zu Nordhausen*. pp. 3-34. Nordhausen: Realschule.
- Lamouroux, J. V.F. 1816. Histoire des polypiers coralligènes flexibles, vulgairement nommés zoophytes. pp. [i]-lxxxiv, chart, [1]-560, [560, err], pls I-XIX, uncol. by author. Caen: De l'imprimerie de F. Poisson.
- Lemoine, Me. 1921. Note sur les algues calcaires recueillies par MM. A. et L. Joleaud et catalogue des mélobésiées des côtes françaises de la Méditerranée. *Bull. Soc. Linn. Provence* 3: 5-15.
- Lemoine, Me. 1930. Les Corallinacées de l'archipel de Galapagos et du Golfe de Panamá. *Arch. Mus. Natl. Hist. Nat. Paris, Ser. 6, 4*: 37-88.
- Lemoine, Me. 1971. Apparition de la structure monostromatique dans un thalle épais de Dermatolithon (Mélobésiées, Corallinacées). *Bull. Soc. Bot. France* 117: 547-562.
- Littler, M.M. 1972. The crustose Corallinaceae. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 10: 311-347.
- Littler, M.M., D.S. Littler, S.M. Blair & J.N. Norris. 1985. Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount. *Science* 227: 57-59.
- Martoja, R. & M. Martoja-Pierson. 1970. *Técnicas de histología animal*. Toray-Masson. Barcelona.
- Mateo-Cid, L.E. 2006. Estudio taxonómico de los géneros *Neogoniolithon*, *Spongites* y *Pneophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) en la costa del Atlántico de México. Tesis de Doctorado, Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana. México, DF.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, A.G. Avila-Ortiz & S. Díaz-Martínez. 2013. Algas marinas bentónicas del litoral de Campeche, México. *Acta Bot. Mex.* 2013(104): 53-92.
- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid & L. Huerta-Múzquiz. 1994. Algas bentónicas de Mazatlán, Sinaloa, México. *Acta Bot. Mex.* 27: 99-115.
- Mendoza-González, A.C., F.F. Pedroche & L.E. Mateo-Cid. 2009. El género *Hydrolithon* Foslie (Corallinales, Rhodophyta) en la Costa Atlántica y Caribe de México. *Gayana Bot.* 66(22): 218-239.
- Morse, A.N.C. 1992. *Role of algae in recruitment of invertebrate larvae. Plant-animal interations in the marine benthos*. Clarendon Press. Oxford.
- Nägeli, C. 1858. Die Stärkekörner. In: Nägeli, C. & C. Cramer (eds.). *Pflanzenphysiologische Untersuchungen* 2: 1-623.
- Notoya, M. 1974. Spore germination in crustose coralline *Tenarea corallinae*, *T. dispar*, and *T. tumidula*. *Bull. Jap. Soc. Phycol.* 22: 47-51.
- Nunes, J.M., S.M. De Beauclair, A. Donnangelo, J. Farias & P. Horta. 2008. Aspectos taxonómicos de três espécies de Coralináceas não articuladas do litoral do Estado da Bahia, Brasil. *Rodriguésia* 59 (1): 75-86.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez & 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 y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Philippi, R.A. 1837. Beweis, dass die Nulliporen Pflanzen sind. *Archiv für Naturgeschichte* 3: 387-393.
- Sanchis-Solera, J. 1991. *Lithophyllum lichenoides* Philippi [= *Lithophyllum tortuosum* (Esper) Foslie] (Rhodophyta, Corallinaceae: Distribución en el Mediterráneo Ibérico. *Lazaroa* 12: 43-51.
- Setchell, W.A. & L.R. Mason. 1943. *Goniolithon* and *Neogoniolithon*: Two genera of crustaceous corallinae algae. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 29: 87-92.
- Steneck, R.S. 1986. The ecology of Corallinae algal crusts: Convergent patterns and adaptative strategies. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 17(1986): 273-303.
- Woelkerling, W.J. 1988. The coralline red algae: *An analysis of the genera and subfamilies of nongeniculate Corallinaceae*. Ed. Oxford University.
- Woelkerling, W.J. 1996. Nongeniculate Corallinales. In: Womersley, H.B.S. (ed.). *The marine benthic flora of Southern Australia*. Part IIIB, pp. 146-323. Australian Biological Resources Study. Canberra.
- Woelkerling, W.J. & S.J. Campbell. 1992. An account of southern Australian species of *Lithophyllum* (Corallinaceae, Rhodophyta). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.). Bot.* 22(1): 1-107.
- Woelkerling, W.J., Y.M. Chamberlain & P.C. Silva. 1985. A taxonomic and nomenclatural reassessment of *Tenarea*, *Titanoderma* and *Dermatolithon* (Corallinaceae, Rhodophyta) based on studies of type and other critical specimens. *Phycologia* 24: 317-337.
- Wynne, M.J. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Beih. Nova Hedwigia* 129: 1-15.