

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *PADINA BOERGESENII*
(DICTYOTACEAE, PHAEOPHYCEAE) EN LA COSTA MEXICANA DEL GOLFO
DE MÉXICO Y MAR CARIBE**

Alejandrina G. Ávila-Ortiz¹, Luz Elena Mateo-Cid² y A. Catalina Mendoza-González²

¹Herbario FEZA. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de Mayo y Fuerte de Loreto. Col. Ejército de Oriente C.P. 09230 México, DF.

²Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Col. Santo Tomás. CP 11340 México, DF.

Correo electrónico: agao@xanum.uam.mx

RESUMEN

Se realizó la caracterización morfológica de *Padina boergesenii* Allender y Kraft para México, con base en el estudio de los talos esporofitos y gametofitos masculino y femenino, estos últimos se reconocen por primera vez en el litoral mexicano del Golfo de México y Mar Caribe. Se revisaron un total de 78 ejemplares, 47 del herbario ENCB, 30 del herbario FEZA y uno del UAMIZ. Los especímenes correspondieron a 14 localidades litorales y 20 insulares de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, México, recolectados durante los años 1960 a 2007. Del total de ejemplares examinados, el 95% fueron esporofitos, el 5% gametofitos, dos femeninos y uno masculino, así como un talo con ambos tipos de gametangios de Isla Chica, Yucatán. Este último hallazgo sugiere que esta especie puede ser dioica o monoica. La morfología del talo de *Padina boergesenii* es variable, ya que en localidades litorales crece generalmente en la zona intermareal y las láminas tienden a ser divididas; mientras, que en localidades insulares también habita la zona intermareal y las láminas son enteras o poco divididas.

Finalmente, este taxón se distribuye desde Veracruz hasta Quintana Roo, México.

Palabras clave: Dictyotales, esporofito, gametofito, morfología.

ABSTRACT

A morphological characterization of *Padina boergesenii* Allender & Kraft was carried out based on variation in sporophytes and gametophytes of male and female plants from Mexican populations from the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. We analyzed 78 herbarium specimens from ENCB (47 vouchers), FEZA (30) and UAMIZ (1). The specimens were taken during 1960 to 2007 at 14 coastal and 20 insular localities from Veracruz, Campeche, Yucatan and Quintana Roo. Of the specimens examined 95% were sporophytic thalli; only 5% were gametophytic, two female and one male. The one thallus seen with both types of gametangia came from Isla Chica, Yucatan, suggesting that *P. boergesenii* can have monoecious or dioecious thalli. In coastal localities the thalli become shallowly split into fan-shaped segments, whereas in insular localities they

are semicircular with entire margins and only rarely split into segments. Finally, this taxon, which inhabits the intertidal zone, is distributed in Mexico from Veracruz to Quintana Roo.

Key words: Dictyotales, gametophyte, morphology, sporophyte.

INTRODUCCIÓN

El género *Padina* es un alga parda (Dictyotaceae, Phaeophyceae) con distribución pantropical (Womersley, 1987). Para las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe se han registrado seis especies: *P. boergesenii* Allender *et Kraft*, *P. gymnospora* (Kützinger) Sonder, *P. haitiensis* Thivy, *P. pavonica* (Linnaeus) Thivy, *P. perindusiata* Thivy y *P. sanctae-crucis* Børgesen (Ortega *et al.*, 2001). La diferenciación entre las especies mencionadas se basa en el número de capas de células medulares del talo, grosor de la lámina en el margen, zona media y basal, disposición de los soros esporangiales en uno o en ambos lados de la lámina, así como su relación con los pelos feofíceos. En la mayoría de las diagnósticos de estas especies se incluye información sobre los soros esporangiales, pero no así de los gametangiales (oogoniales y anteridiales). Sin embargo, es común que los caracteres, sobre todo los vegetativos se empalmen, lo que crea confusión al momento de la determinación taxonómica de las especies (Taylor, 1960; Littler y Littler, 2000). En este sentido, en el presente estudio se proporciona información sobre la variación morfológica de *Padina boergesenii*, basada en la comparación de talos recolectados en diferentes ambientes y localidades litorales e insulares del Golfo de México y Mar Caribe. Además, se registran por primera vez

los talos gametofitos femenino y masculino para *P. boergesenii*.

Padina boergesenii se caracteriza por la presencia de dos a tres capas de células a todo lo largo de la lámina, organizada en una capa de células medulares y dos corticales. Además posee otras características del Orden Dictyotales como talos parenquimáticos, con crecimiento marginal y células con plastos numerosos y discoidales sin pirenoides, su ciclo de vida es digenético, isomórfico con alternancia entre un gametofito haploide y un esporofito diploide, reproducción sexual oogámica (Graham y Wilcox, 2000). Presenta una distribución amplia en el litoral del Golfo de México y Mar Caribe mexicano (Mendoza-González *et al.*, 2000, Ortega *et al.*, 2001, = *P. gymnospora* (Kützinger) Vickers = Huerta, 1961; Huerta y Garza-Barrientos, 1964; Díaz-Martín *et al.*, 1998).

La mayoría de las especies de *Padina* son dioicas, entre ellas: *P. antillarum* (Kützinger) Piccone (Wynne y De Clerck, 1999), *P. crispata* Thivy, *P. durvillei* Bory de Saint Vincent, *P. mexicana* Dawson (Ávila-Ortiz, 2003; Ávila-Ortiz y Pedroche, 2005), *P. gymnospora* (Kützinger) Sonder, *P. sanctae-crucis* Børgesen y *Padina boergesenii* (Allender y Kraft, 1983; Taylor, 1960; Littler y Littler, 2000). Solamente se ha descrito a *P. australis* Hauck (Abbott y Huisman, 2004) y *P. mexicana* Dawson (Lawson y John, 1987) como monoicas. Un caso particular es el de *Padina pavonica*, que fue registrada como dioica y monoica por Gómez-Garreta *et al.* (2007). Sin embargo, aún se desconocen los talos gametofitos fértiles en otras especies: *P. crassa* Yamada, *P. elegans* Kho ex Womersley, *P. fraseri* (Greville) Greville, *P. haitiensis* Thivy, *P. japonica*

Yamada, *P. minor* Yamada, *P. perindusiata* Thivy (Womersley, 1987), *P. profunda* Earle y *P. boryana* Thivy (Chapmann, 1963; Dawson et al., 1964; Gaillard, 1967, 1975; Fagerberg y Dawes, 1973, Lawson y John, 1987; Phillips, 1988; Trono, 1997 y Abbott y Huisman, 2004).

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la morfología de los esporofitos y evidenciar la presencia tanto de los gametofitos femenino y masculino de *Padina boergesenii*, además de confirmar y complementar la distribución de esta especie en el Golfo y Caribe mexicano.

MATERIAL Y MÉTODO

Se revisaron un total de 78 ejemplares fértiles y maduros de *Padina boergesenii*, 50 depositados en los herbarios de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FEZA) y de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAMIZ) (Holgremm et al., 1990), 28 fueron recolectados, durante este trabajo, de 2004 a 2007, los especímenes fueron desprendidos del sustrato con una espátula y fijados en formol al 4%. Los ejemplares datan de 1960 a 2007 (tabla 1), los cuales corresponden a 14 localidades litorales y 20 insulares de los estados de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, México (tabla 2, fig. 1). Los datos de fecha, ubicación, número de herbario, número de colecta, hábitat y datos reproductivos se indican en la (tabla 1).

De los 78 ejemplares, se tomaron muestras del margen, zona media y basal de la lámina, los cuales fueron rehidratados para hacerles cortes histológicos en sentido

longitudinal con una navaja de doble filo, éstos fueron teñidos con verde yodo para evidenciar la presencia del indusio y apreciar los soros maduros en los esporofitos, se midieron los esporangios en división, en el caso de los soros anteridiales se tomó en cuenta los anteridios más desarrollados que por lo general se ubican en el centro del soro, en el caso del soro oogonial las medidas se tomaron de manera similar, descartando en todos los casos los talos inmaduros o vegetativos (Ávila-Ortiz y Pedroche, 2005), con los cortes se elaboraron preparaciones semipermanentes con miel *Karo*® y fenol. De cada ejemplar se tomaron cinco medidas de cada uno de los caracteres vegetativos y reproductivos que definen a esta especie. Para fotografiar las estructuras más representativas se utilizó un microscopio *Olympus CX31* y una cámara digital *Canon*®.

RESULTADOS

Los ejemplares revisados presentaron las características vegetativas y reproductivas de *Padina boergesenii* propuesta por Thivy (1959) y Allender y Kraft (1983), el carácter distintivo de esta especie es la presencia de dos a tres capas de células a lo largo de la lámina, ésta es la principal característica que distingue a *P. boergesenii* de las otras especies registradas en la zona de estudio. De los 78 especímenes, 74 fueron esporofitos (94.87%) y 4 gametofitos (5.13%), dos de ellos con oogonios, uno con anteridios y otro con oogonios y anteridios. Los gametofitos fértiles de *Padina boergesenii* solamente fueron observados en ejemplares de herbario provenientes de las islas Cozumel, Mujeres, Quintana Roo e Isla Chica, Yucatán (tabla 1, figs. 2-13).

Tabla 1. Material revisado y lista de localidades georreferenciadas.

LOCALIDAD	Núm.	HERBARIO	FECHA	COROLOGÍA	HÁBITAT
Veracruz					
1. Isla Lobos	ENCB 3470		12-05-1963	esporofito	Protegido, somero
N 21° 28' 48" W 97° 13' 17"	ENCB 18473		04-05-1964	esporofito	
	ENCB 14351		04-05-1964	esporofito	
	ENCB 3262		07-04-1967	esporofito	
	ENCB 1937		13-04-1968	esporofito	
	ENCB 1942		13-04-1968	esporofito	
2. Punta Delgada	FEZA 952		08-05-2005	esporofito	Expuesto, riscos
N 19° 51' 39" W 96° 27' 36.5"	ENCB 4465		19-12-1979	esporofito	
3. Mar Azul	(UAMIZ. s/n)		22-04-2002	esporofito	Expuesto sustrato rocoso
N 19° 49' 42" W 96° 26' 48"					
4. Playa Muñecos	ENCB 3735		29-05-1975	esporofito	Expuesto, sustrato rocoso
N 19° 44' 35" W 96° 24' 25"	FEZA 438		11-05-1990	esporofito	
	FEZA 694		15-05-2004	esporofito	
	FEZA 695		12-12-2004	esporofito	
	FEZA 698		12-12-2004	esporofito	
5. Villa Rica	ENCB 4887		16-03-1974	esporofito	Riscos sumergidos
N 19° 40' 33" W 96° 23' 32"	FEZA 696		15-05-2004	esporofito	
	FEZA 697		08-07-2004	esporofito	
	ENCB 11692		15-11-1994	esporofito	
	ENCB 1729		21.09.2004	esporofito	
	FEZA 714		12-12-2004	esporofito	

Tabla 1. Continuación.

LOCALIDAD	Núm. HERBARIO	FECHA	COROLOGÍA	HÁBITAT
6. Playa Paraíso N 19° 35' 14" W 96° 23' 05"	FEZA 249	20-04-2001	esporofito	Semiprotegido, sobre esqueletos de coral y cantos rodados
	FEZA 205	16-12-2001	esporofito	
	FEZA 206	24-10-2003	esporofito	
	FEZA 354	23-04-2004	esporofito	
	FEZA 373	23-04-2004	esporofito	
	FEZA 458	29-10-2004	esporofito	
7. Anegada de Adentro N 19° 13' 42" W 96° 03' 40"	FEZA 690	08-07-2004	esporofito	Arrecife, 2 m profundidad
	FEZA 691	25-04-2005	esporofito	
8. La Blanquilla N 19° 13' 24" W 96° 05' 54"	FEZA 699	24-04-2005	esporofito	Protegido, somero
	ENCB 17650	24-04-2005	esporofito	
9. Isla Verde N 19° 11' 55" W 96° 04' 02"	ENCB 1287	01-05-1957	esporofito	Protegido, somero
	ENCB 1433	11-05-1959	esporofito	
	ENCB 9696	01-02-1984	esporofito	
	ENCB 11176	16-11-1992	esporofito	
	FEZA 700	24-04-2005	esporofito	
10. Isla Sacrificios N 19° 10' 26" W 96° 06' 17"	ENCB 3116	24-04-1966	esporofito	Protegido, 1.5 m profundidad
	ENCB 17648	26-04-2005	esporofito	
11. Penacho de Indio N 19° 09' 12.1" W 96° 05' 33"	FEZA 457	28-10-2004	esporofito	Semiprotegido, sobre esqueletos de coral

Tabla 1. Continuación.

LOCALIDAD	Núm. HERBARIO	FECHA	COROLOGÍA	HÁBITAT
12. Isla de En medio N 19° 06' 01" W 95° 56' 19.5"	ENCB 425	19-05-1963	esporofito	Protegido, somero
	ENCB 1700	-05-1957	esporofito	
	ENCB 3161	19-06-1963	esporofito	
	ENCB 3261	16-05-1971	esporofito	
	ENCB 3159	16-05-1971	esporofito	
13. Playa Escondida N 18° 35' 39.31" W 95° 03' 3.93"	FEZA 476	31-01-2003	esporofito	Expuesto, sustrato rocoso
	FEZA 692	09-07-2004	esporofito	
	FEZA 693	25-04-2005	esporofito	
14. Monte Pío N 18° 38' 37" W 95° 05' 59"	FEZA 945	01-09-2001	esporofito	Expuesto, riscos
	ENCB 1635	31-08-1964	esporofito	
Campeche 15. Puerto Real N 18° 41' 40" W 91° 31' 45"	ENCB 1777	19-05-1956	esporofito	Expuesto, plataforma rocosa
	ENCB 2438	04-09-1965	esporofito	
16. Sabancuy N 18° 59' 21" W 91° 11' 30.7"	FEZA 706	24-06-2006	esporofito	Expuesto, sustrato rocoso, cerca de estero
	FEZA 707	24-06-2006	esporofito	
	FEZA 929	12-04-2007	esporofito	
	FEZA 953	13-06-2007	esporofito	
17. 29 Km de Sabancuy N 19° 07' 50" W 90° 58' 35.6"	FEZA 709	24-06-2006	esporofito	Protegido, cantos rodados

Tabla 1. Continuación.

LOCALIDAD	Núm. HERBARIO	FECHA	COROLOGÍA	HÁBITAT
18. Punta Xen N 19° 10' 50" W 90° 54' 9.6"	FEZA 1651	24-06-2006	esporofito	Semiprotegido, sustrato rocoso
19. Cayo Arcas N 20° 12' 00" W 91° 58' 00"	ENCB 10628 ENCB 7180	10-01-1986 10-01-1986	esporofito esporofito	Protegido, somero
20. Playa Bonita N 19° 48' 16" W 90° 37' 16"	ENCB 2672	01-09-1965	esporofito	Protegido, somero
21. Tío Mich N 19° 49' 21.6" W 90° 37' 41.4"	ENCB 17649	06-06-2004	esporofito	Protegido, sobre madera 6 m profundidad
Yucatán				
22. Isla Desertora N 22° 26' 50" W 89° 45' 08"	ENCB 7110	12-06-1983	esporofito	Protegido, somero
23. Isla Pérez N 22° 23' 20" W 89° 41' 14"	ENCB 7179	11-01-1982	esporofito	Protegido, somero
24. Isla Pájaros N 22° 22' 31" W 89° 31' 34"	ENCB 373	13-07-1960	esporofito	Protegido, somero
25. Isla Chica N 22° 22' 58" W 89° 40' 15"	ENCB 1541	18-07-1960	gametofito ♀ ♂	Protegido, somero
Quintana Roo				
26. Pie del Faro, Isla Mujeres N 21° 15' 23.46" W 86° 45' 1.65"	ENCB 6900 ENCB 5782	01-11-1984 06-02-1964	gametofito ♀ esporofito	Protegido, somero

Tabla 1. Conclusión.

LOCALIDAD	Núm. HERBARIO	FECHA	COROLOGÍA	HÁBITAT
27. Base Naval, Isla Mujeres N 21° 14' 22.9" W 86° 44' 22.65"	ENCB 6918	13-05-1985	gametofito ♀	Protegido, somero
28. Playa Lancheros, Isla Mujeres N 21° 12' 59.4" W 86° 43' 41.1"	ENCB 6893 ENCB 6896 ENCB 6895 ENCB 6899	02-03-1985 02-03-1985 12-10-1983 13-09-1985	esporofito esporofito esporofito esporofito	Protegido, somero
29. Lado este de Isla Mujeres N 21° 12' 44" W 86° 43' 06"	ENCB 17386	20-05-1998	esporofito	Expuesto, somero
30. Cancún, Playa Chac Mol N 21° 08' 56" W 86° 47' 53"	ENCB 7103 ENCB 9221	12-10-1983 29-10-1984	esporofito esporofito	Expuesto, somero
31. Recorrido, Isla Cozumel N 20° 30' 32.4" W 86° 57' 07.2"	ENCB 6913	6-11-1984	esporofito	Expuesto, somero
32. Pie del Faro, Isla Cozumel N 20° 29' 16.2" W 86° 58' 05.4"	ENCB 3259	25-03-1979	esporofito	Expuesto, somero
33. Playa Maya N 20° 24' 24.6" W 87° 00' 57.6"	ENCB 17387	19-09-1993	gametofito ♂	Protegido, somero
34. Chén Río N 20° 23' 18" W 86° 52' 08"	ENCB 9676	27-02-1985	esporofito	Expuesto, somero

Tabla 2. Talla y morfología de las láminas en localidades litorales.

Localidad	Fecha	Talla (cm)	Lámina (Ancho lóbulos en cm)
Punta Delgada	08-05-2005	5-6.5	Dividida, lóbulos (3)
	29-06-2005	6.5-7	Muy dividida , lóbulos (1)
Mar Azul	22-04-2002	2.5	Entera
Playa Muñecos	02-12-2004	6.5	Dividida, lóbulos (1)
	23-04-2005	5	Dividida, lóbulos (2 a 3.5)
	29-06-2005	5	Muy dividida, lóbulos (1)
Villa Rica	31-03-2006	3.5-6.5	Dividida, lóbulos (3)
	15-05-2004	6-8	Dividida, lóbulos (4)
	08-05-2005	6	Dividida, lóbulos (3)
	12-12-2004	3-5	Muy dividida, lóbulos (1)
Playa Paraíso	12-04-1977	8	Poco dividida, lóbulos (4)
	08-05-2004	12	Entera a poco dividida
	29-10-2004	5.5	Entera
	28-10-2004	5	Poco dividida, lóbulos (4)
Penacho de Indio	09-11-2007	3	Entera
	01-09-2001	3	Poco dividida, lóbulos (2)
Playa Escondida	01-09-2001	3	Poco dividida, lóbulos (2)
Monte Pío	31-08-1964	4	Poco dividida, lóbulos (2)
Puerto Real	13-06-2007	5-6	Poco dividida, lóbulos (2)
Sabancuy	21-04-2006	5-7	Dividida, lóbulos (3)
	12-04-2007	6-7	Dividida, lóbulos (4)
	24-06-2006	6	Dividida, lóbulos (3)
29 Km de Sabancuy	21-03-2006	5	Dividida, lóbulos (3.5)
Punta Xen	24-06-2006	10	Dividida, lóbulos (3)
Playa Bonita	01-09-1965	9	Dividida, lóbulos (1.5)
Playa Chac-Mol	29-10-1984	3.7	Entera

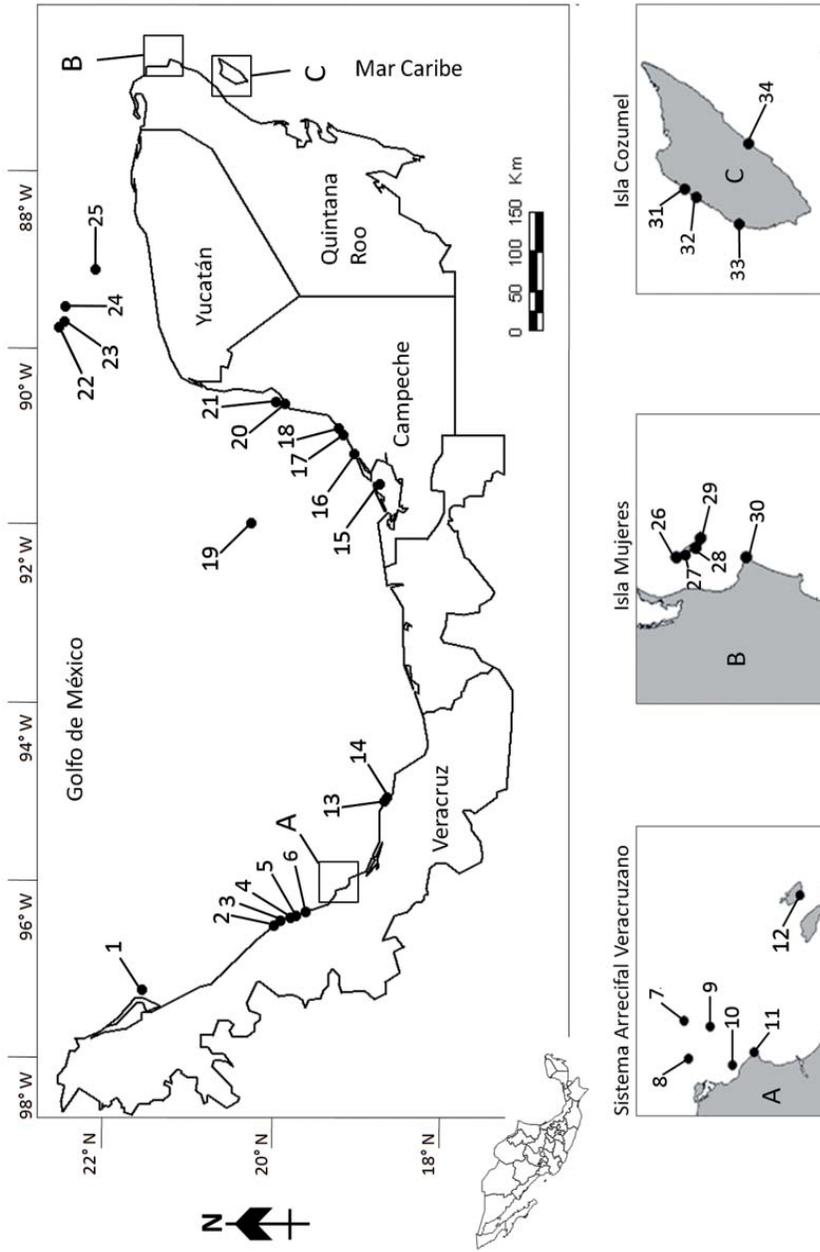


Fig. 1. Distribución de *Padina boergesii* en el área de estudio. Los nombres de las localidades se muestran en la tabla 1.

Descripción

Padina boergesii Allender & Kraft 1983: 87-88

Localidad Tipo: Islas Vírgenes

Gametofito masculino

figuras 2-3

Talo de 4 cm de largo, lámina lobada a dividida de 2 a 4 cm de ancho, color café claro, estípite de 0.5 cm de longitud. Ligera presencia de carbonato de calcio en la superficie interna del talo. En sección longitudinal presenta tres capas de células a todo lo largo de la lámina, excepto en el ápice. Margen con 14.8 μm de grosor. Células corticales internas de 7.4 μm de largo por 7.4 μm de ancho, las externas 14.8 μm de largo por 7.4 μm de ancho. Zona media de 74 μm de grosor, en esta zona las células internas 48.1 a 55.5 μm de largo por 18.5 μm de ancho, células corticales externas 37 μm de largo y 29.6 μm de ancho, célula medular de 55.5 a 66.6 μm de largo por 18.5 a 22.2 μm de ancho. Zona basal de 85.1 μm de grosor, en este caso las células corticales internas de 85.1 μm de largo por 37 μm de ancho, células corticales externas de 44.4 a 74 μm de largo por 25.9 μm de ancho, célula medular de 77.7 a 81.4 μm de largo por 25.9 μm de ancho. Soros anteridiales en bandas con 2 mm de distancia sobre la superficie externa. Anteridios de 48.1 a 51.8 μm de largo por 18.5 μm de ancho.

Gametofito femenino

figuras 4-5

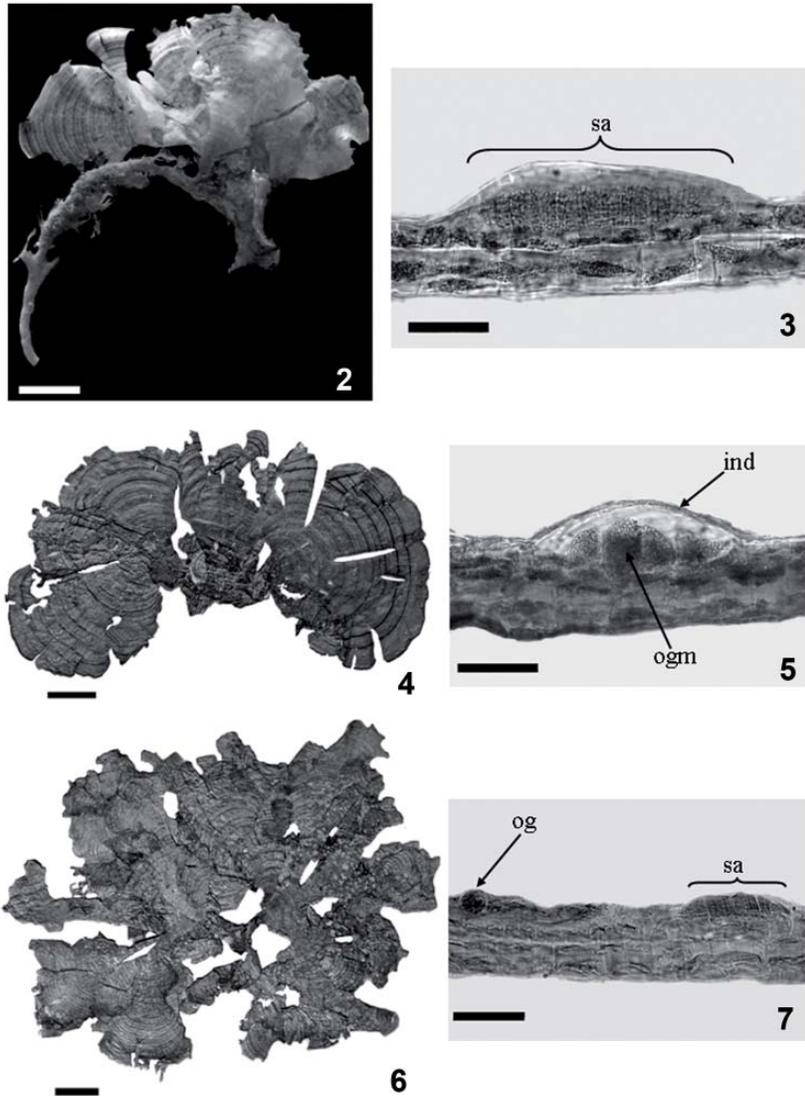
Talo de 4.0 a 10 cm de largo, lámina lobado-dividida de 1.0 a 6 cm de ancho, color café amarillento, estípite de 3 a 5 mm de largo. Presencia de carbonato de calcio en

la superficie interior. En sección longitudinal presenta tres capas de células a todo lo largo de la lámina, excepto en el ápice. En el margen de 18.5 a 60.2 μm de grosor. Células corticales internas de 22.2 a 29.6 μm de largo por 11.1 a 33.3 μm de ancho, las corticales externas de 25.9 μm de largo por 7.4 a 25.9 μm de ancho. En la zona media, con 77.7 μm de grosor. Células corticales internas de 37 μm de largo por 25.9 μm de ancho, las externas de 59.5 a 111 μm de largo por 18.5 a 29.6 μm de ancho, célula medular 62.9 a 74 μm de largo por 37 a 59.2 μm de ancho. Zona basal de 62.6 a 74 μm de grosor. Células corticales internas 48.1 a 70.3 μm de largo por 22.2 a 33 μm de ancho, las externas de 29.6 μm de largo por 22.2 a 25.9 μm de ancho, célula medular de 40.7 a 70.3 μm de largo por 18.5 a 22.2 μm de ancho. Pelos feofíceos presentes en ambas superficies de la lámina, se localizan junto a los soros. Soros oogoniales en bandas con 3 a 5 mm de distancia en la superficie externa de la lámina, oogonios de 66-74 μm longitud y 25.9-74 μm de ancho.

Talo monoico

figuras 6-7

Talo de 10 cm de largo, lámina lobado-dividida de 3 a 4 cm de ancho, color café amarillento, estípite anchamente cónico de 1 cm de largo y 3 mm de ancho, estuposo. Presencia de carbonato de calcio en la superficie interior. En sección longitudinal presenta tres capas de células a todo lo largo de la lámina, excepto en el ápice. En el margen con 70.3 μm de grosor. Células corticales internas de 51.8 μm de largo por 33.3 a 37 μm de ancho, células corticales externas de 29.6 μm de largo por 14.8 a 29.6 μm de ancho. Zona media de 85 μm de grosor. Células corticales internas de 40.7 a 44.4



Figs. 2-7. 2. *Padina boergeseni*, hábito del talo masculino, epifito de *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh, ejemplar de Playa Maya, Isla Cozumel, Quintana Roo (ENCB 17387). Escala 1 cm. 3. Corte longitudinal del soro anteridial (sa) (ENCB 17387). Escala 72 μ m. 4. Hábito del talo femenino de Isla Mujeres (ENCB 6900). Escala 2 cm. 5. Corte longitudinal del soro oogonial maduro (ogm), con indusio (ind) (ENCB 6900). Escala 72 μ m. 6. Hábito de un talo monoico de Isla Chica, Yucatán (ENCB 1541). Escala 2 cm. 7. Corte longitudinal del talo monoico con oogonio (og) y soro anteridial (sa) (ENCB 1541). Escala 78 μ m.

µm de largo por 40.7 a 50.2 µm de ancho, las externas de 29.6 µm de largo por 11.1 a 33.3 µm de ancho, célula medular 66.6 µm de largo por 22.2 a 25.9 µm de ancho. Zona basal, con 70.3 µm de grosor. Células corticales internas 55.5 a 62 µm de largo por 37 µm de ancho, las externas 70.3 µm de largo y 22.2 a 29.6 µm de ancho, célula medular de 33.3-85.1 µm de largo por 25.9 µm de ancho. Pelos feofíceos presentes en ambas superficies, soro anteridial de 355 µm de largo, anteridios 37 µm largo y 29.6 µm de ancho. Oogonios dispersos de 66.6 µm longitud y 74 µm de ancho.

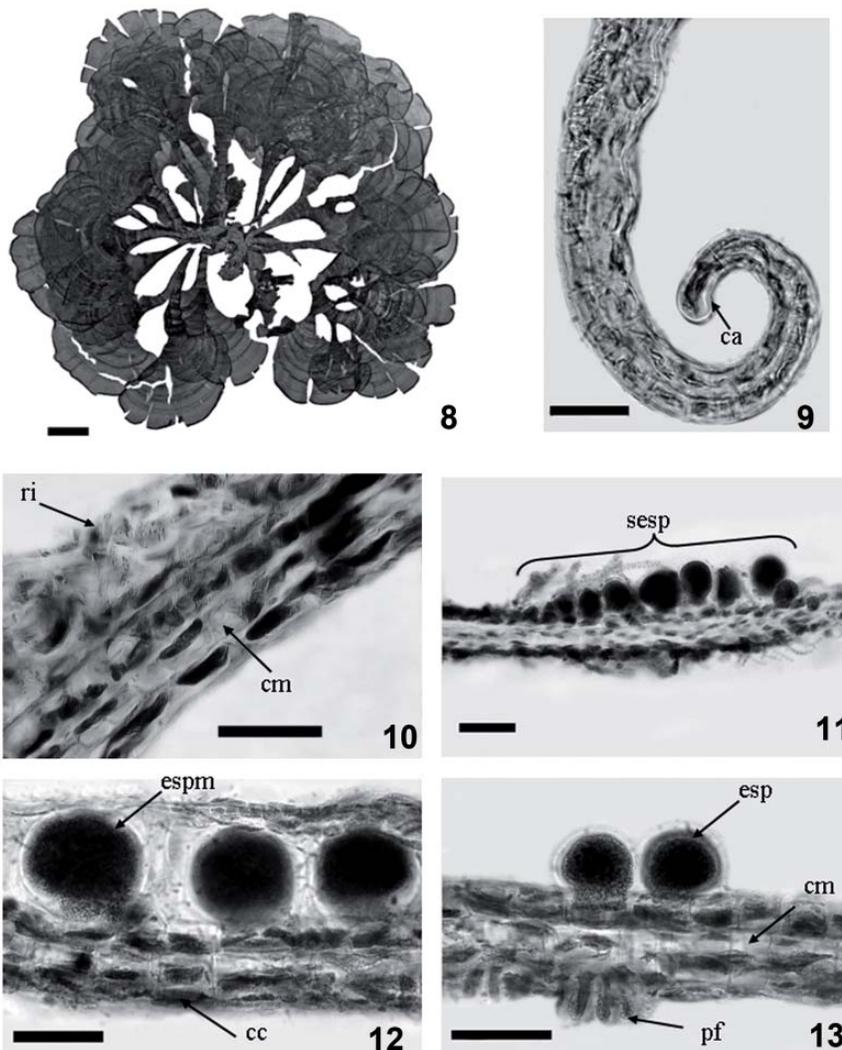
Esporofito figuras 8-13

Talo de 3.5 a 15 cm de largo, lámina lobado-dividida de 3 a 7 cm de ancho, color café amarillento, estípite cónico estuposo de 0.5 a 1.7 cm de longitud. Presencia de carbonato de calcio en la superficie interna de ligera a abundante. En sección longitudinal presenta tres capas de células a todo lo largo de la lámina, excepto en el ápice. Margen con 37 a 77 µm de grosor. Células corticales internas de 25.9 a 44.4 µm de largo por 18.5 a 37 µm de ancho, las externas de 22.2 a 33.3 µm de largo por 18.5 a 25.9 µm de ancho. Zona media con 80 a 111 µm de grosor. Células corticales internas de 51.8 a 74 µm de largo por 25.9 a 33.3 µm de ancho, célula medular de 51.8 a 74 µm de largo por 22.2 a 29.6 de ancho. Zona basal de 85.1 a 149 µm de grosor, células corticales internas de 59.2 a 99.9 µm de largo por 25.9 a 37 µm de ancho, las corticales externas de 37 a 44.4 de largo por 33.3 a 37 µm de ancho, célula medular de 59.2 a 99.9 µm de largo por 33.3 a 37 µm de ancho. Pelos feofíceos presentes en ambas superficies de la lámina, se localizan junto a los soros. Soros esporangiales en

bandas de 2 a 3 mm de distancia sobre la superficie externa de la lámina. Esporangios de 87.5 a 155.4 µm de longitud y 74 a 136.5 µm de ancho.

DISCUSIÓN

El ciclo de vida en el orden Dictyotales es con alternancia de fases isomórfico, en donde se presentan con mayor frecuencia talos esporofitos y escasamente talos gametofitos (Ramón y Friedmann 1966). Esta característica también fue observada por Allender “y” Kraft (1983), en 22 especies de Dictyotales de Australia, en su mayoría fueron esporofitos a excepción de los gametofitos de: *Zonaria diesingiana* J. Agardh (masculino), *Padina boryana* (femenino), *P. crassa* Yamada (femenino) y *Spatoglossum macrodontum* J. Agardh (masculino). Gómez-Garreta (1983) encontró talos con oogonios en: *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux y *D. spiralis* Montagne pero no se refirió a los talos masculinos. Abbott y Huisman (2004) sólo encontraron gametofitos fértiles en cuatro especies de *Dictyota* de un total de 23 taxa de Dictyotales, incluyendo siete especies de *Padina*. Gómez-Garreta et al. (2007), registraron gametofitos fértiles de *Padina pavonica* (L.) Thivy para la costa en la península ibérica, destacando una proporción mayor de esporofitos en contraste con los gametofitos. Esta condición fue explicada en el trabajo experimental de Gaillard (1972) quien sólo obtuvo generaciones de esporofitos en cultivo, lo que sugirió la probabilidad de un fenómeno de apomeiosis en la célula madre de las esporas, dando como resultado que al germinar las esporas sólo se formaban talos diploides y por lo tanto la meiosis era rara. También esta autora consideró que en el ambiente natural de *P. pavonica* y factores ecológicos pueden



Figs. 8-13. 8. Esporofito de Isla Mujeres, Quintana Roo (ENCB 6896), escala 2 cm. 9. Corte longitudinal del margen del esporofito, en donde se observa la célula apical (ca), escala 54 μm (ENCB 6896). 10. Corte longitudinal de la base del esporofito, con células medulares (cm) y rizoides (ri) (ENCB 6896), escala 110 μm . 11. Corte longitudinal del soro esporangial (sosp) (ENCB 6896), escala 105 μm . 12. Detalle de esporangios maduros (espm) y células corticales (ENCB 6896). Escala 70 μm . 13. Corte longitudinal del talo donde se observan esporangios (esp) y pelos feoficeos (pf), obsérvese las células medulares (cm) (ENCB 6896). Escala 85. μm .

influir en la mayor proporción de esporofitos sobre los gametofitos.

Lo encontrado en el presente estudio con *Padina boergesenii*, confirma que la frecuencia de talos gametofitos es muy baja en comparación con la de esporofitos, tal y como sucede en otras especies del género (Ávila-Ortiz & Pedroche, 2005).

En la zona de estudio, los esporofitos se presentaron con mayor frecuencia en abril, mayo y junio (primavera y verano) (tabla 1), disminuyeron a partir de agosto y fueron escasos de diciembre a marzo (invierno). Este resultado es similar a lo encontrado por De Clerck & Coppejans (1996), quienes observaron que esta especie se desarrollaba durante la primavera y desaparecía a finales del verano en el Golfo de Arabia.

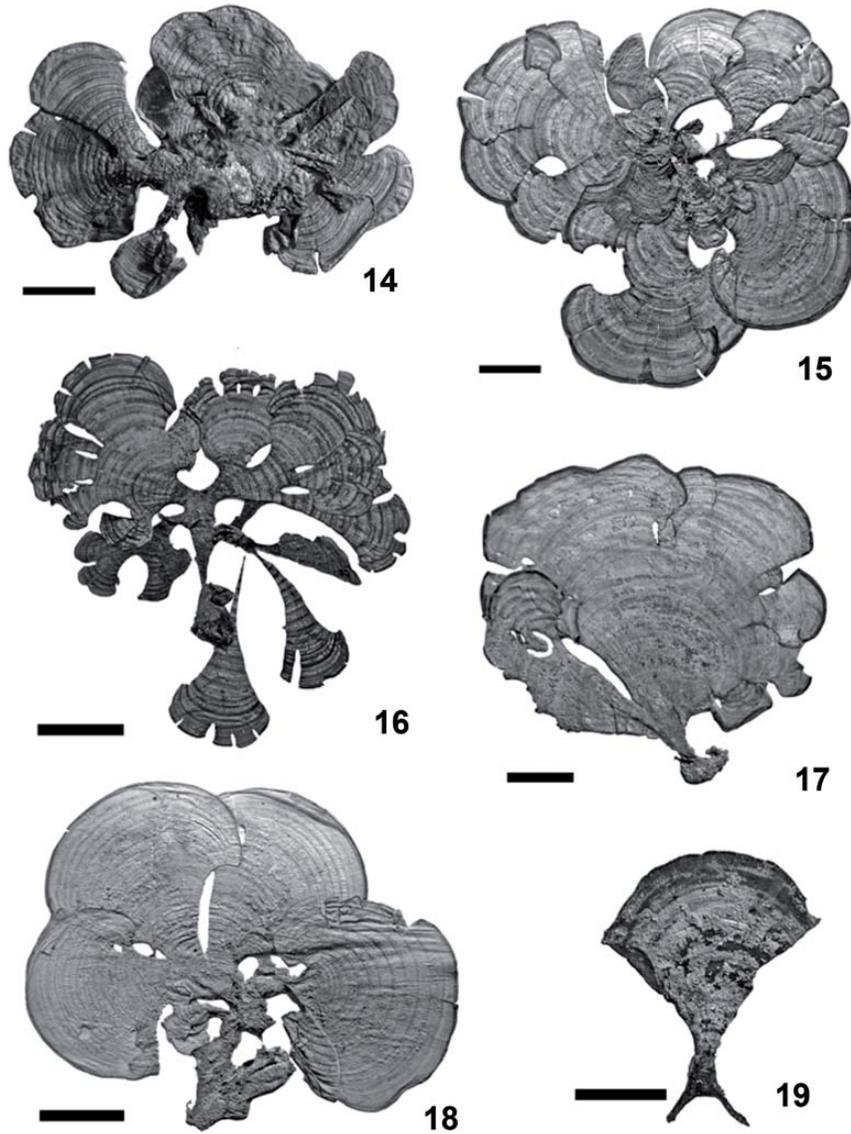
Thivy (1959), reconoció gametofitos masculinos y femeninos en enero, que se relaciona con el verano de Mauritius e India. En este trabajo, los gametofitos fueron reconocidos en ejemplares depositados en el herbario ENCB, obtenidos durante el otoño, el masculino recolectado en septiembre de 1993 y un femenino en noviembre de 1984, ambos en Quintana Roo. El talo monoico pertenece a un ejemplar de herbario en Isla Chica, Yucatán recolectado en julio de 1960, que corresponde al verano de México con soros anteridiales maduros y escasos oogonios aislados sin indusio (fig. 7); en el caso de *P. pavonica* en los talos monoicos, los soros anteridiales presentan pelos feofíceos y alternan con soros oogoniales que además tienen indusios (Gómez-Garreta et al., 2007).

La talla máxima de los talos de *Padina boergesenii*, se registraron durante los meses

de mayo a julio, con 12 a 17.5 cm de alto y las menores en octubre a diciembre de 3.0 a 5.0 cm (tablas 2 y 3).

Este hecho coincide con las temperaturas cálidas superficiales del agua de mar durante primavera y verano (Mendoza-González y Mateo-Cid, 1992). Como se observa en las figuras 14 a 19, las láminas de los esporofitos muestran una notable variación morfológica, ya que se encontraron talos con láminas enteras (figs. 18, 19) de 3 a 8 cm de alto; y talos con láminas divididas que medían desde 5 hasta 17.5 cm de alto (figs. 14-17). Cabe mencionar que los talos de mayor talla fueron recolectados en localidades insulares como Isla Pájaros e Isla Mujeres (tabla 3) y los de menor talla se ubicaron en localidades litorales como en Playa Penacho del Indio y Playa Escondida (tabla 2). Taylor (1960) también hizo tal apreciación sobre el tamaño pequeño en la flora litoral en comparación con las de las islas. Por lo que respecta a los gametofitos, el talo masculino midió 4 cm (fig. 3) y los femeninos 4 y 10 cm de alto (fig. 4), el talo monoico tenía una talla de 10 cm de alto (fig. 6), estos hallazgos confirman que esta especie puede ser dioica o monoica. La variación en la talla y morfología de los talos esporofíticos y gametofíticos de *Padina boergesenii* es registrada por primera vez en el área de estudio.

Padina boergesenii es una especie de distribución tropical y se encuentra en Florida, Antillas Mayores, Antillas Menores, Cuba, Colombia, Venezuela, Panamá, Eritrea, Libia, Sudáfrica, Italia, Israel, Sri Lanka, Oman, Pakistán, Indonesia, Australia, Nueva Zelanda, Hawaii, Guam y Fiji (Littler y Littler, 2000; Guiry y Guiry, 2010). En México, *P. boergesenii* se ubica en la costa



Figs. 14-19. Variación morfológica del talo esporofítico de *Padina boergesenii*. 14. Cancún, Playa Chac Mol (ENCB 7103), escala 1 cm. 15. Playa Paraíso, Veracruz (FEZA 704), escala 2 cm. 16. Punta Delgada, Veracruz (FEZA 725), escala 2 cm. 17. Tío Mitch, 6.6 km. De la ciudad de Campeche (ENCB 17649), escala 1 cm. 18. Isla Lobos, Veracruz (ENCB 18 473), escala 2 cm. 19. Anegada de Adentro, Veracruz (FEZA 690), escala 1 cm.

Tabla 3. Talla y morfología de las láminas en localidades insulares.

Localidad	Fecha	Talla (cm)	Lámina (Ancho lóbulos en cm)
Isla Lobos	02-05-1963	6.-8	Entera
Anegada de Adentro	25-04-2005	4-5	Entera
La Blanquilla	24-04-2005	8	Dividida, lóbulos (3)
Isla Verde	24-04-2005	6	Dividida, lóbulos (3)
Isla Sacrificios	24-04-1966	5.7	Entera
	26-03-2005	10	Entera
Isla de En medio	09-07-2004	9.5	Poco dividida, lóbulos (4)
	25-04-2005	9	Poco dividida, lóbulos (5)
	09-07-2004	9.5	Poco dividida, lóbulos (4)
	25-04-2005	9	Poco dividida, lóbulos (5)
Cayo Arcas	10-01-1986	4.5	Poco dividida (4.5)
Tío Mich	06-06-2004	5.0	Poco dividido (1-3)
Isla Desertora	12-06-1983	8	Entera
Isla Pérez	11-01-1982	4.3-7	Entera
Isla Pájaros	13-07-1960	17.5	Entera
Isla Chica	18-07-1960	10	Dividida, lóbulos 3
Pie del Faro, Isla Mujeres	20-05-1998	16.3	Entera
Base Naval, Isla Mujeres	13-05-1985	4	Entera
Playa Laneros, Isla Mujeres	02-05-1985	16	Poco dividida, lóbulos (4)
Lado este de Isla Mujeres	20-05-1998	9	Poco dividida, lóbulos (3-4)
Recorrido, Isla Cozumel	29-10-1984	5	Entera a poco dividida
Pie del Faro, Isla Cozumel	25-03-1979	3.5-5	Poco dividida
Playa Maya, Isla Cozumel	19-09-1993	4	Lóbulos (2-4)
Chen Río, Quintana Roo	27-02-1985	6	Dividido, lóbulos (2)

de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (fig. 1), aunque se presenta con mayor frecuencia en Veracruz y Quintana Roo, quizá el sustrato sea un factor importante para su establecimiento de esta especie, ya que en Veracruz existen puntas rocosas de origen volcánico (Ortega *et al.*, 2001), mientras que en Quintana Roo hay plataformas rocosas de origen calcáreo (Mendoza-González y Mateo-Cid, 1992). En el caso de Campeche y Yucatán, los sustratos en donde se obtuvieron los especímenes de *P. boergesenii*, fueron en esqueletos de coral, rocas de escolleras y otros sustratos artificiales y en su gran mayoría se encuentran grandes extensiones de playas areno-limosas, lo que probablemente sea el motivo de la escasa presencia de esta especie en ambos estados.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológico con la clave (PAPIIT-IN211505-3), por el apoyo en la compra de equipo y salidas a campo. Se agradece al Instituto Politécnico Nacional y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por proporcionar las instalaciones y equipo necesario para el desarrollo de este estudio. La tercera autora agradece la beca otorgada por la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA). A los alumnos S. Díaz-Martínez y U. García participantes y becarios en este proyecto. A Carlos A. Sánchez Mendoza por la ayuda en la elaboración de las láminas.

LITERATURA CITADA

- Abbott, I.A. y J.M. Huisman, 2004. "Marine green and brown algae of the Hawaiian Islands". *Bishop Museum Bulletin in Botany*, **4**: 1-259.
- Allender, B.M. y G.T. Kraft, 1983. "The marine algae of Lord Howe Island (New South Wales); the Dictyotales and Cutleriales (Phaeophyta)". *Brunonia*, **6**: 73-130.
- Ávila-Ortiz, A., 2003. "Una variedad nueva de *Padina mexicana* (Dictyotaceae) para el Pacífico Tropical Mexicano". *Hidrobiológica*, **13**: 69-74.
- Ávila-Ortiz, A. y F.F. Pedroche, 2005. "El género *Padina* (Dictyotaceae, Phaeophyceae) en la región tropical del Pacífico mexicano". En: *Monografías Ficológicas*. Vol 2. Eds A. Senties G. and K. M. Dreckmann. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa e Instituto de Botánica Sao Paulo, Brasil. p. 139-171.
- Chapman, V.J., 1963. "The marine algae of Jamaica. Part 2. Phaeophyceae and Rhodophyceae". *Bulletin Institute Jamaica Science Series*, **12**: 1-201.
- Dawson, E.Y., C. Acleto y N. Foldvik, 1964. "The seaweeds of Peru". *Beihefte zur Nova Hedwigia*, **13**: 1-111.
- De Clerck, O. y E. Coppejans, 1996. "Marine algae of the Jubail Marine Wildlife Sanctuary, Saudi Arabia". En: (F. Krupp, A.H. Abuzinda & I.A. Nader, (eds.). *A Marine Wildlife Sanctuary for the Arabian Gulf. Environmental Research and Conservation Following the 1991. Gulf War Oil Spill*. NCWCD, Riyadh y Senckenberg Research Institute, Frankfurt a. M. p. 199-289.

- Díaz-Martín, M.A., E. Torres-Mejía y J. Espinoza-Avalos, 1998. "Lista de algas del Área de Protección Yum Balam, Quintana Roo, México". *Revista Biología Tropical*, **46**(3): 487-492.
- Earle, S., 1969. "Phaeophyta of the eastern Gulf of Mexico". *Phycologia*, **7**: 71-254.
- Fagerberg, W.R. y C. Dawes, 1973. "An electron microscope study of the sporophytic and gametophytic plants of *Padina vickersiae* Hoyt". *Journal of Phycology*, **9**: 199-204.
- Gaillard, J., 1967. "Étude monographique de *Padina tetrastratica* (Hauck)". *Bulletin de l'Institut fondamental d'Afrique Noire*, **29**: 447-463.
- , 1972. "Quelques remarques sur le cycle reproducteur des Dictyotales et sur ses variations". *Société Botanique de France, Mémoires*, **1972**: 145-150.
- , 1975. "*Padina sanctae-crucis* Boergesen, *Padina japonica* Yamada, *Padina haitiensis* Thivy et leurs affinités". *Botaniste*, **57**: 85-103.
- Gómez-Garreta, A., 1983. "Estudio fenológico de la vegetación marina de la isla de Mallorca". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 269 p.
- Gómez-Garreta A., J. Rull., M.C. Barcelò y M.A. Ribera, 2007. "On the presence of fertile gametophytes of *Padina pavonica* (Dictyotales, Phaeophyceae) from the Iberian coast". *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **64**(1): 27-33.
- Graham, L.E. y L.W. Wilcox, 2000. *Algae*. Prentice Hall, Nueva Jersey. 640 p.
- Guiry, M.D y W.D. Guiry, 2010. *AlgaeBase version 4.2*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algae-base.org>
- Holmgren, P.K., N.H. Holmgren y L.C. Barnett, 1990. "Index herbarium Part I". *The Herbaria of the World. New York*. 693 pp. (Regnum Vegetabile Vol. 20).
- Huerta, M. L., 1961. "Flora marina de los alrededores de la Isla Pérez, Arrecife Alacranes, sonda de Campeche, México". 1961. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, **10**: 11-22, 1 fig., 1 cuadro.
- Huerta, M.L. y M.A. Garza Barrientos, 1964. "Algas marinas de la Barra de Tuxpan y de los arrecifes Blanquilla y Lobos". *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, **13**: 5-21, 1 fig., 1 cuadro.
- Lawson, G.W. y D.M. John, 1987. "The marine algae and coastal environment of Tropical west Africa" (Second Edition). *Nova Hedwigia*, **93**: 1-415.
- Littler, D.S y Littler, M.M., 2000. *Caribbean Reef Plants. Off Shore Graphics*. Inc. China. 542 p.
- Mendoza-González, A.C. y L.E. Mateo-Cid, 1992. "Algas marinas bentónicas de la isla Mujeres, Quintana Roo, México". *Acta Botánica Mexicana*, **19**: 37-61.

- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid y R.B. Searles. 2000. "New records of benthic marine algae from Isla Cozumel, México: Phaeophyta and Chlorophyta". *Bulletin of Marine Science*, **66**(1): 119-130.
- 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 de Estudio para la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México, México DF. 594 p.
- Phillips, J.A., 1988. "Reproduction in Southern Australian species of the Dictyotales (Phaeophyta)". *Botanica Marina*, **31**: 437-445.
- Ramón, E. y I. Friedmann, 1966. "The gametophyte of *Padina* in the Mediterranean". *Proceedings of the International Seaweeds Symposium*, **5**: 183-196.
- Santelices, B., 1977. *Ecología de algas marinas bentónicas*. Universidad Católica de Chile, Santiago. 784 p.
- Taylor, W.R., 1960. *Marine Algae of Eastern Tropical and Subtropical Coasts of Americas*. University of Michigan Press. Ann. Arbor. 870 pp.
- Thivy, F., 1959. "On the morphology of the gametophytic generation of *Padina gymnospora* (Kützinger) Vickers". *Journal of the Marine Biological Association of India*, **1**: 69-66.
- Trono, J.F., 1997. *Field guide and atlas of the seaweeds resources of the Philippines*. Bookmark. Makati City.
- Womersley, H.B.S., 1987. *The Marine Benthic Flora of Southern Australia*. Part. II. Dep., of Bot. South Australian Government. Print. Div. Adelaide. 484 pp.
- Wynne, M.J. y De Clerck, O., 1999. "First reports of *Padina antillarum* and *P. glabra* (Phaeophyta, Dictyotaceae) from Florida, with a key to the western Atlantic species of the genus". *Caribbean Journal of Science*, **35**(3-4): 286-295.

Recibido: 10 diciembre 2009. Aceptado: 20 septiembre 2010.