

NOTA CIENTÍFICA

DISTRIBUCIÓN DE LAS MACROALGAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA COSTA NORTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

Distribution of marine macroalgae in natural protected areas off the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico

Ileana Ortégón Aznar,^{1*} Alfonso Aguilar Perera¹

¹ Departamento de Recursos Marinos Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, UADY, km 15,5 Carretera Mérida-Xmatkuil, A.P. 4-116 Itzimna, Mérida, Yucatán, México.

* Autor para correspondencia: oaznar@uady.mx

Recibido: 12 junio 2014

Aceptado: 26 sept. 2014

RESUMEN

Se examinó la distribución estacional de las macroalgas marinas y las variables de los microhábitats (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y tipo de sustrato) en dos Áreas Naturales Protegidas de la costa Norte de la Península de Yucatán, de noviembre de 2005 a julio de 2006. Se muestrearon seis estaciones en el Palmar y cuatro en Dzilam. Se registraron un total de 64 especies, 54 para El Palmar y 45 para Dzilam. La similitud entre las dos ANP's resultó baja (< 50 %). La mayor abundancia en El Palmar se presentó durante la época de seca-fría, mientras que en Dzilam fue en la de lluvias. Las condiciones ambientales entre las localidades fueron semejantes y lo que varió fue el sustrato, por lo que se considera que el parámetro que condiciona la presencia de las especies en estas zonas es el tipo de sustrato disponible para su fijación.

PALABRAS CLAVE: Áreas Naturales Protegidas; distribución de macroalgas; Yucatán

ABSTRACT

We examined the seasonal distribution of the marine macroalgae and their microhabitats variables (temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, and substrate type) in two Natural Protected Areas (NPAs) off the northern coast of the Yucatan Peninsula. From November 2005 to July 2006, we sampled macroalgae at six stations in El Palmar and four stations in Dzilam. It was collected 64 species, 54 in El Palmar and 45 in Dzilam. Similarity was low (< 50%). The higher abundance of species in El Palmar was presented during the dry-cold (nortes) season, while in Dzilam was during the rainy season. While most of the environmental conditions were similar among sites, the type of substrate was the variable that appeared to influence the presence of macroalgae species.

KEYWORDS: Natural Protected Areas; Distribution of macroalgae; Yucatan

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas marinas son los productores primarios dominantes en ecosistemas costeros, suministran material alimentario a los niveles tróficos más altos a través de la herbivoría (Littler and Arnold, 1982; Harrold *et al.*, 1998) y proveen protección a pequeños animales (Huerta *et al.*, 1987). Dada la variación de cambios climáticos y estacionales a los que se encuentra sujeto el ambiente, es de suponerse que las algas exhiban diferencias entre las especies como un reflejo de las mismas condiciones ambientales (Aguilar-Rosas 1990).

Se ha comprobado que los cambios que se dan en tiempo y espacio se deben principalmente a factores que afectan el desarrollo de las comunidades y de sus especies y estos pueden ser múltiples; la salinidad, la temperatura, la luz, es sustrato y el pH, principalmente, dan las características específicas para al desarrollo de cada comunidad e influyen en la distribución geográfica de las especies (Huerta, 1958; Garza-Barrientos, 1975; Dawes, 1986; Ortegón-Aznar, 1993; Ortega, 1995).

El conocimiento de las algas marinas en México es fragmentario y discontinuo, por lo que resulta necesario complementar la bibliografía existente (Robledo *et al.*, 2003). Entre los trabajos florísticos realizados en la costa de Yucatán están los de Taylor (1939, 1972), Humm (1952), Huerta (1958, 1961), Huerta y Garza-Barrientos (1966, 1980), Huerta *et al.* (1987), Garza-Barrientos (1975), Garza-Barrientos y González-Alanis (1980), Dreckman (1998), Ortega *et al.* (2001) y Cetz Navarro *et al.* (2008). En los sitios de estudio que se incluyen en este trabajo existen pocos reportes; en El Palmar se encuentran los realizados por Taylor (1935, 1941) en los cuales registró listados florísticos de las zonas de Sisal, Pro-

greso y Celestún y un estudio de productividad primaria de Herrera-Silveira (1988). En la zona de Dzilam, solo se tienen trabajos que se han realizado en la Laguna, como son los de Ortegón-Aznar (2003) y de la Cruz *et al.* (1992), las cuales fueron una descripción de las comunidades macroalgales de la laguna costera y en la otra, la descripción de las líneas de base ecológicas.

Este es el primer trabajo ficoflorístico en las áreas naturales protegidas de Dzilam y El Palmar, por lo que es importante realizar un inventario de algas de la región y hacer una caracterización fisiográfica general de la misma, porque esto posibilita posteriores correlaciones de tipo taxonómico, ecológico y biogeográfico dentro de una región (González-González, 1992b).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las áreas naturales protegidas de El Palmar (50,177 ha) y Dzilam (62 000 ha) se localizan en la costa norte de la Península de Yucatán (Gobierno del Estado de Yucatán, 2000, 2002).

El muestreo de macroalgas y la medición de las variables ambientales se realizaron durante las estaciones de seca con nortes (noviembre), secas (marzo y abril) y lluvias (junio y julio), de noviembre 2005 a julio 2006. Se seleccionaron tres estaciones de muestreo para El Palmar (con muestreo a una profundidad de 2,5 m y a 5 m) y en Dzilam fueron dos estaciones a las mismas profundidades (Fig. 1).

Mediante buceo autónomo (SCUBA), en cada estación se realizaron dos transeptos perpendiculares a la línea de costa, donde colocaron alternadamente cinco cuadrantes (0,25 m²) cada 2 m y se recolectaron las ma-

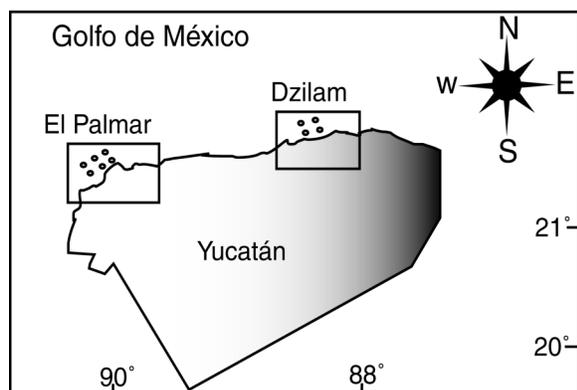


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de colecta de las dos ANP's de El Palmar (Sisal) en la Península de Yucatán.

croalgas por el procedimiento dado por De Wreede (1985).

Para cada estación de colecta se registraron las siguientes variables ambientales: profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y tipo de sustrato. La profundidad se midió con un profundímetro Hondex PS-7; la salinidad y el oxígeno disuelto con una sonda multi-paramétrica YSI (Yellow Spring Instruments Co.); el pH con un potenciómetro de campo (escala de 0-15) y el tipo de sustrato por categorización como fondo arenoso o rocoso.

Las macroalgas recolectadas se preservaron según Abbot y Dawson (1978) y su determinación taxonómica siguió a Taylor (1960), Woelkerling (1976), Littler and Littler (2000), Senties y Fujii (2002), Garduño *et. al.* (2002). Wynne (2011a) y la base de datos de algas AlgaeBase (Guiry and Guiry, 2013) fueron consultados para la actualización de nombres científicos.

Los listados sistemáticos de especies se elaboraron según Wynne (2011a). Los ejemplares representativos de cada especie fueron herborizados y depositados en el herbario

de la Universidad Autónoma de Yucatán (México).

Se calculó el número total de especies (riqueza específica) por sitio de colecta y por ANP; también las especies compartidas y las exclusivas para cada una de ellas. Se comparó la similitud entre localidades, épocas del año y estaciones de recolecta mediante la presencia y ausencia de las especies usando el análisis de similitud de Pearson (Multivariate Statistical Package, MVSP versión 3.1). Los datos de factores ambientales de cada ANP se compararon entre ellos. Se calculó el Índice de Feldman (Ortega, 1995).

RESULTADOS

Se registraron en total 64 especies de macroalgas, de las cuales 35 son de Rhodophyta, 21 de Chlorophyta (más una forma y una variedad) y 8 Phaeophyceae para las dos ANPs (Tabla 1). Las rodofitas predominaron en ambas localidades y en todas las estaciones; las especies más abundantes pertenecen a los géneros *Bryothamnion*, *Gracilaria*, *Digenea* y *Laurencia*. Entre las algas verdes, los géneros *Caulerpa*, *Halimeda*, *Udotea* y *Penicillus* fueron los más abundantes en casi todas las localidades y todas las épocas del año. Las feofíceas presentaron mayor variación y solamente en El Palmar se recolectaron las especies de *Dictyota ciliolata* Sonder ex Kützing, *D. caribea* Hörnig and Schnetter, *Pardina gymnospora* (Kützing) Sonder y *Dictyopteris justii* J. V. Lamouroux. Las otras especies solamente se registraron en Dzilam en dos épocas del año (seca y lluvias) (Tabla 1).

Al menos 36 especies se hallaron en ambas ANPs y 19 únicamente para El Palmar y 9 para Dzilam (Fig. 2).

Tabla 1. Presencia y ausencia de las especies en su distribución espacio-temporal

	Palmar Lluvias	Palmar Nortes	Dzilam lluvias	Dzilam Nortes	Dzilam Secas
Chlorophyta					
<i>Acetabularia crenulata</i> J.V. Lamouroux	1	0	1	0	1
<i>Avrainvillea longicaulis</i> (Kützting) G. Murray & Boodle	1	0	1	0	0
<i>Caulerpa ashmeadii</i> Harvey	1	0	1	0	0
<i>Caulerpa cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh	1	1	1	1	0
<i>Caulerpa fastigiata</i> Montagne	0	1	0	1	0
<i>Caulerpa lanuginosa</i> J. Agardh	0	1	0	0	0
<i>Caulerpa mexicana</i> Sonder ex Kützting	0	0	1	0	0
<i>Caulerpa paspaloides</i> (Bory de Saint-Vincent) Greville	0	1	1	1	1
<i>Caulerpa paspaloides</i> var. <i>wurdemani</i> Weber-van Bosse	1	0	1	0	0
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux	1	1	1	1	1
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh	0	0	1	0	1
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>lamourouxii</i> (Turner) Weber-van Bosse	0	0	1	0	0
<i>Codium isthmocladum</i> Vickers	0	1	1	0	0
<i>Halimeda goreau</i> W.R. Taylor	1	0	0	0	0
<i>Halimeda incrassata</i> (Ellis) Lamouroux	1	1	1	0	1
<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux	0	1	0	1	0
<i>Halimeda opuntia</i> forma <i>triloba</i> (Decaisne) J. Agardh	1	0	1	0	0
<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux	1	0	1	0	0
<i>Penicillus dumetosus</i> (J.V. Lamouroux) Blainville	1	1	1	1	1
<i>Penicillus pyriformis</i> A.Gepp & E.S.Gepp	1	0	0	0	0
<i>Rhipocephalus phoenix</i> f. <i>longifolius</i> A. Gepp & E. Gepp	1	0	0	0	0
<i>Udotea caribaea</i> D.S. Littler & M.M. Littler	1	0	0	0	0
<i>Udotea flabellum</i> (J. Ellis & Solander) M.A. Howe	1	1	1	1	1
Phaeophyta					
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kützting) De Paula & De Clerck	1	0	1	0	1
<i>Dyctyopteris plagiogramma</i> (Montagne) Vickers	1	0	1	0	0
<i>Dictyota caribaea</i> Hörnig & Schnetter	1	0	0	0	1
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	1	0	0	0	0
<i>Neurocarpus justii</i> (J. V. Lamouroux) Kuntze	1	0	0	0	0
<i>Padina gymnospora</i> (Kützting) Sonder	1	0	0	0	0
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy in W.R. Taylor	0	0	1	0	1
<i>Sargassum vulgare</i> C.Agardh	0	1	0	0	1

Tabla 1. Presencia y ausencia de las especies en su distribución espacio-temporal (continuación)

	Palmar Lluvias	Palmar Nortes	Dzilam lluvias	Dzilam Nortes	Dzilam Secas
Rhodophyta					
<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Børgesen	0	1	0	1	0
<i>Agardhiella ramossissima</i> (Harvey) Kylin	1	0	1	0	0
<i>Agardhiella subulata</i> (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne	0	0	1	0	0
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan de Saint-Léon	0	0	0	0	1
<i>Bryothamnion seaforthii</i> (Turner) Kützing	1	1	1	1	1
<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S.G. Gmelin) M.A. Howe	1	1	1	1	1
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Agardh) Montagne	1	0	1	0	1
<i>Ceramium flaccidum</i> (Harvey ex Kützing) Ardissonne	1	0	1	0	1
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	1	0	1	0	1
<i>Chondria capillaris</i> (Hudson) M.J. Wynne	1	0	0	0	1
<i>Chondria cnicophylla</i> (Melville) De Toni	0	1	0	0	0
<i>Chondria littoralis</i> Harvey	1	0	1	0	0
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh	1	1	1	1	1
<i>Eucheuma isiforme</i> (C. Agardh) J. Agardh	1	0	1	0	0
<i>Gracilaria blodgettii</i> Harvey	0	0	1	0	0
<i>Hydropuntia caudata</i> (J. Agardh) Gurgel & Fredericq	1	0	0	0	0
<i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh	1	0	1	0	0
<i>Gracilaria mamillaris</i> (Montagne) Howe	0	1	0	0	0
<i>Gracilaria tikvahiae</i> McLachlan	1	0	1	0	0
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> (Bory de Saint-Vincent) E.Y. Dawson, Acleto & Foldvik	0	0	1	0	1
<i>Halymenia elongata</i> C. Agardh	1	0	0	0	0
<i>Halymenia floresii</i> (Clemente y Rubio) C. Agardh	1	1	0	0	1
<i>Hydropuntia cornea</i> (J. Agardh) M.J. Wynne	0	0	1	1	0
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing	0	0	1	0	0
<i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne	1	0	0	0	0
<i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamouroux	1	0	1	0	1
<i>Laurencia chondrioides</i> Børgesen	1	0	1	0	0
<i>Laurencia intricada</i> J.V. Lamouroux	1	0	1	0	0
<i>Palisada poiteaui</i> (C. Agardh) K.W. Nam	1	0	1	0	1
<i>Osmundaria obtusiloba</i> (Mertens ex C. Agardh) R.E. Norris	1	0	1	0	0
<i>Polysiphonia gorgoniae</i> Harvey	0	0	1	0	0
<i>Polysiphonia howei</i> Hollenberg	1	0	1	0	0
<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G. Gmelin) Santelices & Hommersand	0	0	1	0	0
<i>Solieria filiformis</i> (Kützing) P.W. Gabrielson	1	0	0	0	0
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey	0	0	1	0	0

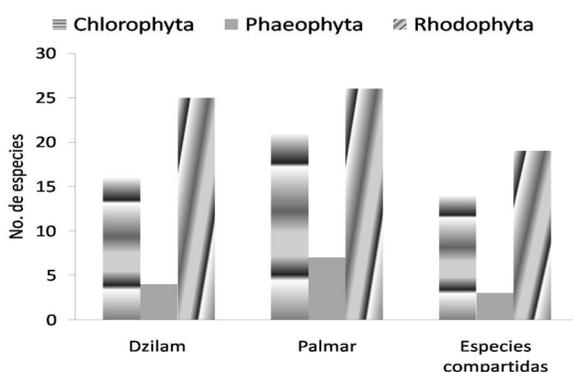


Figura 2. Número de especies por división y localidad.

En Dzilam hubo 45 especies (25 Rhodophyta, 16 Chlorophyta y 4 Phaeophyceae). Del total, 35 especies se encontraron en época de lluvias, 18 en secas y 12 en nortes. El mayor número de especies (26) se obtuvo en la estación 1, en 2.5 m de profundidad, en 5 m se recolectaron 18 especies. En la estación 2, en 2,5 m hubo 21 especies y a 5 m se recolectaron 31 (Fig. 3).

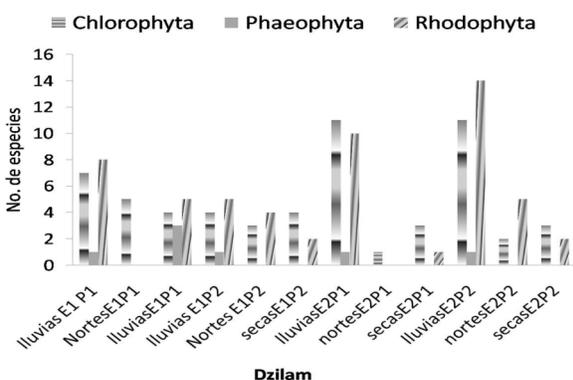


Figura 3. Distribución espacio-temporal del número de especies por División en Dzilam.

En ambas estaciones de Dzilam hubo mayor riqueza de especies de algas rojas en ambas profundidades. Sin embargo a 2,5 m de profundidad, las más abundantes fueron las especies de *Caulerpa*, *Penicillus*, *Codium* y *Udotea*, mientras que en 5 m resultaron más abundantes *Digenea simplex* (Wulfen) C.

Agardh y los géneros *Laurencia*, *Yuzurua*, *Bryothamnion* y *Centroceras*.

Las algas cafés (pardas) no presentaron tanta riqueza de especies como las rojas y las verdes, no obstante *Canistrocarpus cervicornis* (Kützting) De Paula and De Clerck predominó, ya que se presentó en todas la estaciones de colecta y en ambas profundidades.

Para Dzilam, durante la época de los nortes se registró la temperatura más baja con 23°C, mientras que en la época de lluvias se registró la más alta con 29,4°C. Con respecto a la salinidad (35 - 36 ups) y al pH (7 - 7,5), sus valores se mantuvieron constantes durante las tres épocas del año. El oxígeno disuelto, al igual que en El Palmar, se registró una variación mínima, ya que durante la época de nortes se midió 7.28 mg.L⁻¹ de O₂ con un descenso durante la época de lluvias a 4.88 mg.L⁻¹ (Tabla 2).

Con respecto al tipo de sustrato, la porción marina en Dzilam no se detectó un límite preciso con la parte terrestre por el lento gradiente descendente del fondo (de un metro de profundidad por cada kilómetro hacia mar adentro). A causa de la poca profundidad y el poco movimiento del agua, esta área mantiene condiciones similares a las lagunas costeras. El fondo fue arenoso en la mayor parte del área, pero a medida que la profundidad se incrementó, apareció el sustrato rocoso. En la zona de la estación 1, que abarcó aproximadamente 10 m², se encontró sustrato rocoso y en la estación 2 a la profundidad de 5 m se registró sustrato rocoso (Tabla 2). Los pastos marinos (*Thalassia testudinum* Banks ex König) formaron manchones en el fondo junto con algunas algas. Hay numerosos manantiales de agua dulce, por lo que la salinidad fue menor a 36 ups.

Tabla 2. Promedio de los valores de los factores ambientales de las Áreas Naturales Protegidas

	Estación	Sustrato	m	°C	UPS	O ₂	pH	Coordenadas
Dzilam	E1 P1	arena	2.50	23.7	35,7	6.4	8	N 21° 28' 35.3" W 88° 40' 28.0"
	E1 P2	arena	4.50	24	36.1	6.96	8.17	N 21° 29' 22.9" W 88° 40' 58.4"
	E1 P1	arena	2.7	23.7	35.6	6.72	7.81	N 21° 24' 41.4" W 88° 50' 46.2"
	E1 P2	rocoso	4	23.8	35.7	6.34	7.94	N 21° 23' 59.2" W 88° 56' 06.0"
	E1 P1	arena	2.5	26	35,6	5.65	8.7	N 21° 06' 28.6 " W 90° 11' 26.4"
El Palmar	E1 P2	rocoso	4.5	27.1	35.4	6.16	8	N 21° 06' 09.8 " W 90° 11' 26.4"
	E2 P1	arena	2.7	27	34.6	6.4	8	N 21° 02' 56.2" W 90° 17' 42.6"
	E2 P2	rocoso	4	27	36	6.3	8	N 21° 02' 51.6" W 90° 17' 19.3"
	E3 P1	arena	2.5	26.4	35.8	6.18	8	N 21° 03' 24.9" W 90° 15' 31.1"
	E3 P2	rocoso	5	27	36	6.34	8	N 21° 10' 34" W 90° 01' 43.7"

En El Palmar se encontró un total de 54 especies, de las cuales 26 pertenecieron a Rhodophyta, 21 a Chlorophyta y 7 a Phaeophyceae. Del total, 43 se recolectaron en lluvias y 18 en nortes. En general hubo mayor número de especies de algas rojas que de los demás grupos aunque en la época de nortes hubo más especies de clorofitas que de rodofitas. En cuanto a las profundidades, hubo mayor número de especies a 5 m que a 2,5 m.

Las especies de rodofitas más abundantes en El Palmar fueron *Bryothamnion* spp., *Halymenia floresii* (Clemente y Rubio) C. Agardh, *Vidalia obtusiloba* (C. Agardh) J. Agardh y *Agardhiella ramossisima* (Harvey) Kylin. Únicamente en la estación 1 se presentaron seis especies de feofíceas, de las cuales *C. cervicornis* y *Dictyopteris plagiogramma* (Montagne) Vickers fueron muy abundantes.

Mientras que, de la clorofitas, presentes en todas las estaciones de recolecta aunque en baja abundancia, fueron las especies de los géneros *Caulerpa*, *Halimeda*, *Penicillus* y *Udotea*. (Tabla. 1). En la estación 1 se obtuvo el número máximo de especies (32) en 5 m de profundidad (Fig. 4).

En El Palmar en la época de nortes se registró una temperatura promedio de 25 °C y durante lluvias ascendió a los 27 °C. La salinidad y el pH se mantuvieron constantes durante las tres épocas del año. Mientras que el oxígeno disuelto fue ligeramente mayor (7,55 mg.L⁻¹) en la época de nortes que en lluvias con 5,58 mg.L⁻¹ (Tabla 2).

En el Palmar, la pendiente es muy suave y es una zona somera, por lo que la cobertura de especies de macroalgas tendió a ser escasa, ya que los "blanquiales" (zonas

donde predomina arena) predominaron en 2,5 m, incluso sobre las praderas de pastos marinos que se observaron en 5 m, aunque a medida que se incrementó la profundidad se detectó sustrato rocoso. Por lo que, todas las zonas en 5 m tuvieron porciones rocosas, sustrato que permite que se adhieran mayor número de especies algales.

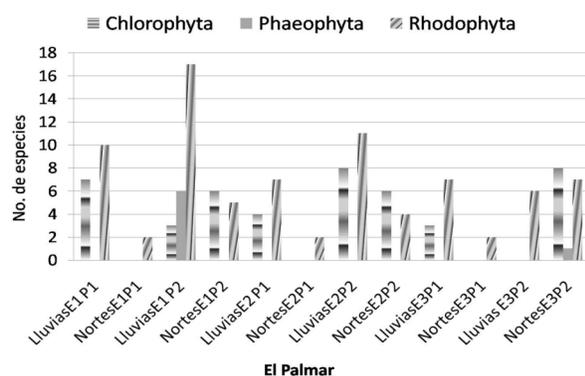


Figura 4. Distribución espacio-temporal del número de especies por División en El Palmar.

El tipo y la abundancia relativa de las especies en relación a su variación entre localidades, épocas del año y estaciones de colecta formó dos grandes grupos: Dzilam y El Palmar con baja similitud entre ellos (coeficiente de Pearson: 0,260).

Las estaciones de Dzilam se agruparon por profundidades y no por épocas del año, a excepción de la época de lluvia, que se aisló para formar su propio grupo, el cual a su vez se separó por profundidades. En El Palmar se observó mayor similitud por época del año (85 %), lo que formó dos subgrupos, uno de la época de seca y otro de la época de lluvia. Al interior de cada grupo se separó por profundidades; de las cuales hubo mayor similitud entre las estaciones con profundidad de 2,5 que entre las de 5 m.

DISCUSIÓN

Las especies registradas en las áreas naturales de Dzilam y El Palmar son tropicales ($R/P = 6$), de acuerdo a la relación (número de especies de rodofíceas/número de especies de feofíceas) propuesta por Feldmann en 1938 (Garduño *et al.*, 2005), ya que en regiones templadas o frías este factor es cuatro veces menor con una marcada disminución en el número de especies de algas rojas (Ortega, 1995). Esto se hace más evidente por el número tan bajo de las feofíceas.

En Dzilam se presentó una elevada diversidad de algas rojas y la riqueza de especies y abundancias de cada una, variaron entre épocas del año y entre estaciones de colecta. La mayor riqueza se detectó en la época de lluvias y la mayor abundancia en la época de entrada de nortes, muy posiblemente porque en esta época, las corrientes y la turbidez afecta el crecimiento de muchas especies, ya que las que no presentan buena sujeción al sustrato o están como epifitas, son arrastradas hacia la costa; solo aquellas especies bien arraigadas al fondo se pueden mantener fijas (Garduño *et al.*, 2005). Lo anterior sustenta que la mayor abundancia de las especies estuvo relacionada con la disponibilidad de sustrato duro calcáreo-coralino para su fijación, o en las zonas arenosas por especies con sistema de fijación rizoides y crecimiento clonal (Collado-Vides y Robledo, 1999) que es similar a la de los pastos y les permite mantenerse adheridos a los fondos arenosos, como en el caso de *Caulerpa*, *Halimeda* o *Penicillus*. Dahl (1973) y Hillis-Colinvaux (1991) plantearon que especies como *Halimeda* spp., *Udotea* spp., *Caulerpa* spp, se observan en fondo arenoso al igual que *Canistrocarpus cervicornis* y *Penicillus* spp.

y crecen como plantas discretas en regiones de sustrato no consolidado.

En el Palmar, la macroflora marina estuvo representada en mayor número por especies de algas rojas, principalmente debido a que se encuentran más zonas con sustrato rocoso. León-Tejera (1980) propuso que para la mayoría de las especies, el sustrato rocoso es el idóneo. Aunque el mayor número de especies fueron algas verdes, durante la época de nortes la mayor abundancia fue de las algas rojas *Bryothamnion seaforthii* y *B. triquetrum*, que crecen entre las algas verdes, ya que estas les brindan protección y permiten mayor fijación. Este resultado coincidió con Garduño *et al.* (2005), quienes consideraron que los sustratos permiten una diferenciación en la composición específica, sobre todo por la presencia de algas verdes sifonales en sustrato arenoso y especies de rodofitas que se localizan después o entre la zona arenosa donde viven especies con crecimiento erecto y que desarrollan rizomas largos o estolones, que forman una matriz estabilizadora del sedimento (arenoso).

En el análisis por época entre El Palmar y Dzilam se observó que entre ambas localidades no hubo gran similitud en cuanto a la composición específica, por lo que cada uno se mantiene independiente del otro; con la excepción de la época de lluvias, donde se detectó que los grupos recolectados a 2,5 m de profundidad en Dzilam resultaron ser similares a los grupos encontrados a 5 m en El Palmar, debido a que en ambas estaciones predominó el sustrato arenoso.

Las especies han desarrollado mecanismos de supervivencia en respuesta a fuerzas selectivas tanto bióticas como abióticas a través de sus historias evolutivas. La variación morfológica y fisiológica poblacional ha permitido a las especies colonizar una amplia

gama de ambientes físicos (Sultan, 2001) y se utiliza ambientes físicamente diversos (Slatkin, 1987). Entre los factores que más influyen en la distribución de las especies están la luz, temperatura, salinidad, pH, disponibilidad de nutrientes, los factores biológicos (interacciones entre las algas y otros organismos herbívoros) (Lobban and Harrison, 1994), el tipo de sustrato, las mareas que determinan asimismo la composición florística y abundancia de cada comunidad (Dawes, 1986). Si se toman en cuenta todos esos factores y se obtiene como resultado que las condiciones ambientales entre las diferentes localidades no variaron significativamente se hace obvio que las variaciones de temperatura no fueron limitantes para el desarrollo de las algas, así como también la profundidad media del área de estudio tampoco da valores que impidan la penetración de la luz, tan importante para el desarrollo de las algas (Lüning, 1990; Littler *et al.*, 1989). En este caso, el factor ambiental que condicionó la distribución de las especies es el tipo de sustrato disponible para su fijación, ya que en las zonas rocosas de Dzilam, además de registrarse el mayor número de especies, predominaron las algas rojas. En cambio, en las zonas de poca profundidad predominaron las zonas arenosas y las algas verdes. Hanisak *et al.* (1988) mencionaron que hay una estrecha relación entre las condiciones hidrodinámicas (a su vez relacionadas con profundidad y tipo de sustrato) y las formas de crecimiento de estos organismos. La disponibilidad de sustrato duro calcáreo, como rocas, conchas o fragmentos de coral favorece el crecimiento de especies de algas rojas (Robledo, 1996).

Como conclusión, aunque entre El Palmar y Dzilam se detectaron condiciones ambientales similares en la mayoría de los sitios

de colecta, la presencia de distintos tipos de sustrato permitió explicar la diferencia de composición de especies entre las ANP's. La distribución temporal del número de especies varió muy poco por cada época, lo cual junto con el porcentaje de especies que permanecen durante todo el año, sugiere que las dos ANP's son bastante estables.

El enlistar la ficoflora de las dos ANP's resulta de gran importancia para los objetivos de este trabajo, ya que de acuerdo a González-González (1992a) el conocimiento de la composición ficoflorística de cada conjunto de condiciones (ambiente) permite no solo la descripción y el entendimiento de las interacciones particulares y globales de la dinámica de la comunidad como un evento de diversidad, sino que también se incrementa la posibilidad de hacer interpretaciones y predicciones más precisas, por la cantidad de información que trae detrás el listado de especies que tipifica cierto conjunto de condiciones y características del ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al apoyo proporcionado por el proyecto PROMEP 103.5/12/2117 en la modalidad de Evaluación de Proyectos de Redes Temáticas de Colaboración, 2011.

REFERENCIAS

- Abbot, I., Dawson, Y. (1978) *How to know the seaweeds*. Brown Company. 141p.
- Aguilar-Rosas, L.E. (1990) Algas marinas bentónicas de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo. En Navarro L., J.G. Robinson (eds) *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo*, México. 382pp.
- Cetz Navarro, N.P., Espinoza Avalos, J., Sentés Granados, A., Quan Young, L.I. (2008) Nuevos registros de macroalgas para el Atlántico mexicano y riqueza florística del Caribe mexicano. En *Hidrobiológica* 18 (001), 11-19.
- Collado-Vides, L., Robledo, D. (1999) Morphology and photosynthesis of *Caulerpa* (Chlorophyta) in relation to growth form. In *Journal of Phycology* 325-330.
- Dahl, A.L. (1973) Benthic algae ecology in a deep reef and sand habitat of Puerto Rico. En *Botánica Marina* 16: 171-175.
- Dawes, C.J. (1986) *Botánica marina*. Limusa. 673pp.
- de la Cruz G, Gold G., Valdez D., Ordoñez U., Ramírez Ramírez J., Ortegón-Aznar, I. (1992) Líneas de base ecológicas de la Ría de Río Lagartos, Yucatán. Informe Grupo de Ecología marina Dept. de Recursos del Mar. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, Yucatán. 55pp.
- De Wreede, R. (1985) Destructive (harvest) sampling (147-160). En *Handbook of Phycological methods. Ecological field methods: Macroalgae*. Cambridge University Press. 616pp.
- Dreckmann, K.M. (1998) *Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano*. CONABIO. 140pp.
- Garduño, G.S., Godínez, J.L., Ortega, M.M. (2002) *Una clave de campo para las algas verdes de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. AGT Editor S. A. 72pp.
- _____ (2005) Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. En *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 61-78.
- Garza-Barrientos, M.A. (1975) Primeras consideraciones referentes sobre flora marina del sureste de la República Mexicana. (210-239) En *Memorias del II Simposio Latinoamericano sobre Oceanología Biológica*. Universidad de Oriente. Cumana, Venezuela 1. 725pp.

- Garza-Barrientos, M.A., González-Alanís, R. (1980) Determinación y caracterización del ficolóide de *Eucheuma isiforme* (J. Agardh) C. Agardh de las costas de Yucatán, México. En *Biota* 8(1): 25-29.
- Gobierno del Estado de Yucatán (2000) *Enciclopedia de los Municipios de México*. Dzilam de Bravo. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 70pp.
- _____ (2002). *Área Natural Protegida de El Palmar*. Secretaría de Ecología. 149pp.
- González-González, J. (1992a) Flora Ficológica de México: Concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. En *Ciencias* (6): 13-33.
- _____ (1992b) *Estudio ficoflorístico ecológico de ambientes y comunidades algales del litoral rocoso del Pacífico Tropical Mexicano*. Tesis doctoral. UNAM. México. 167p.
- Guiry, M.D. and Guiry, G.M. (2013) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>, consultado en línea enero-septiembre de 2013.
- Hanisack, M.D., Littler, M.M., Littler, D.S. (1988) Significance of macroalgal polymorphism: intra-specific tests of functional form model. In *Marine Biology* 99: 157-165.
- Harrold, C., Light, K., Lisin, S. (1998) Organic enrichment of submarine-canyon and continental-shelf benthic communities by macroalgal drift imported from nearshore kelp forests. In *Limnol. Oceanogr.* 43: 669-78.
- Herrera-Silveira, J. (1988) *Productividad primaria fitoplanctónica del estero de Celestún, Yucatán, Méx.* Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. 82pp.
- Hillis-Colinvaux, L. (1991) Recent Calcified Halimedaceae. En *Riding R (ed) Calcareous Algae and Strombolites*. Springer-Verlag. (10): 167-188pp.
- Huerta, L. (1958) Contribución al Conocimiento de las algas de los bajos de la Sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. En *Anales de la Escuela Nal. de Ciencias Biológicas México* 9 (1-4): 115-123.
- _____ (1961) Flora marina de los alrededores de la Isla Pérez, arrecife Alacranes, Sonda de Campeche, México. En *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 10: 11-22.
- Huerta, L., Garza-Barrientos, M.A. (1966) Algas marinas del litoral del estado de Campeche. En *Ciencias (México)* 24: 193-200.
- _____ (1980) Contribución al conocimiento de la flora marina de la parte sur del litoral de Quintana Roo, México. En *Anales de la Escuela de Ciencias Biológicas de México*, 23: 25-44.
- Huerta, L., Mendoza-González, A.C., Mateo-Cid, L.E. (1987) Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Península de Yucatán. En *Phytología* 62(1): 23-53.
- Humm, H.J. (1952) *Marine algae from Campeche Banks*. Florida State Univ. Stud. 7:127.
- León-Tejera, H. (1980) *Abundancia y distribución de algunas macroalgas arrecifales del Caribe Mexicano*. Tesis Licenciatura UNAM. México. 50pp.
- Littler, D.S., Littler, M.M. (2000) *Caribbean reef plants*. Off Shore Graphics. 542pp.
- Littler, D.S., Littler M.M., Bucher, K., Norris, J. (1989) *Marine plants of the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. 263pp.
- Littler, M.M., Arnold, K.E. (1982) Primary productivity of marine macroalgal functional-form groups from southwestern north america. In *Journal of Phycology* 18: 307-311.
- Lobban, C.S, Harrison, P.J. (1994) *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge Press. 366pp.
- Luning K. (1990) *Seaweeds. Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc. 527pp.
- Ortega, M.M. (1995) Observaciones del fitobentos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Biología de la Uni-*

versidad Nacional Autónoma de México, Ser. Bot. 66 (1): 1-36.

Ortega, M.M., Godínez, J.L., Solórzano, G.G. (2001) *Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. CONABIO. 594pp.

Ortegón-Aznar, I. (1993) *Estudio florístico-ecológico de las macroalgas en la Laguna de Celestún, Yucatán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. 104pp.

_____ (2003) *Dinámica de las comunidades macroalgales del ambiente de manglar de tres lagunas costeras del estado de Yucatán, México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 162pp.

Robledo, R.D. (1996) *Conocimiento de la macroflora marina de interés económico de las costas de Yucatán*. Proyecto CONABIO FB 118/B 077/ 94. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida, Departamento de Recursos del Mar, Laboratorio de Fisiología. 42pp.

Robledo, R.D., Godínez O.J., Freile P.Y. (2003) *Contribuciones ficológicas de México*. Sociedad Ficológica de México, A.C. 152pp.

Sentíes, A.G., Fujii, M.T. (2002) El complejo *Laurencia* (Rhodomelace, Rhodophyta) en el Caribe mexicano. 121-192. En Sentíes AG, Dreckmann KM (eds) *Monografías ficológicas*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Red Latinoamericana de Botánica. 192pp.

Slatkin, M. (1987) Gene flow and the geographic structure of natural populations. In *Science* 236: 787-792.

Sultan, S.E. (2001). Phenotypic plasticity for fitness components in *Polygonum* species of contrasting ecological breadth. In *Ecology* 82: 328-343.

Taylor, W.R. (1935) *Botany of the Maya: Miscellaneous papers: VII. Marine algae from the Yucatán Peninsula*. Carnegie Institution of Washington 461: 115-124pp.

_____ (1939) Algae collected on the presidential cruise of 1938. *Smith Misc. Collect.* 98 (9): 1-18.

_____ (1941) *Tropical marine algae of the Arthur Schott Herbarium*. Publication field museum Natural history Botanical series. 20 84): 87-104.

_____ (1960) *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas*. University of Michigan Press. 870pp.

_____ (1972) Marine algae of the Smithsonian-Bredin expedition to Yucatán, 1960. In *Bull. Mar. Sci.* 22(1): 34-44.

Woelkerling, W.J. (1976) *South Florida benthic marine algae: keys and comments*. Department of Botany. University of Wisconsin-Madison. 476pp.

Wynne, M.J. (2011a) A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. In *Nova Hedwigia Beih.* 140: 1-166. Ser. Bot. 66 (1): 1-36. UNAM. México. 167pp.