

Los estudios moleculares en las macroalgas marinas mexicanas.  
El género *Brasilonema* en México



## DIRECTORIO

### COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Sociedad Mexicana de Ficología  
2014-2016

#### Dr. Francisco F. Pedroche

Presidente  
Departamento de Ciencias Ambientales  
División Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM-Lerma.  
e-mail: fpedroche@correo.ler.uam.mx

#### Dr. Abel Sentíes Granados

Secretario Ejecutivo  
Departamento de Hidrobiología  
División Ciencias Biológicas y de la Salud.  
UAM-Iztapalapa.  
e-mail: asg@xanum.uam.mx

#### Dra. María Luisa Núñez Reséndiz

Secretaria Académica  
Departamento de Hidrobiología  
División Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM-Iztapalapa.  
Facultad de Ciencias, UNAM.  
e-mail: mlnr@ciencias.unam.mx

#### M. en C. María Eugenia Zamudio

Secretaria Administrativa  
Departamento de Hidrobiología  
División Ciencias Biológicas y de la Salud.  
UAM-Iztapalapa  
e-mail: maruzarc@xanum.uam.mx

#### Dr. Eberto Novelo

Secretario de Difusión y Extensión  
Facultad de Ciencias, UNAM  
(enm@ciencias.unam.mx)

#### Delegados Regionales:

Norte: Dr. Luis Ernesto Aguilar Rosas (UABC)  
(aguilarl@uabc.edu.mx)

Centro: Dr. Gustavo Montejano Zurita (UNAM)  
(gmz@ciencias.unam.mx)

Sur: Dra. Yolanda Freile P. (CINVESTAV-Mérida)  
(freile@mda.cinvestav.mx)

Oriente: Dr. José Aké Castillo (UVer.)  
(aake@uv.mx)

Occidente: Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira  
(Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, OAX.)  
(erosas@angel.umar.mx)

## CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

*Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy in W.R.Taylor  
Ambiente intermareal en Playa Muñecos, Veracruz  
Foto de A. Sentíes. Tomada con cámara Nikon Colpix subacuática

## CINTILLO LEGAL

*Cymbella*. Revista de investigación y difusión sobre algas. Vol. 2, Núm. 1, enero - abril de 2016, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México D.F. a través del Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55) 56225430, <http://cymbella.mx/>, [enm@ciencias.unam.mx](mailto:enm@ciencias.unam.mx). Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: en trámite. ISSN: en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, 23 de agosto de 2016.

Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de los Editores ni de la Sociedad Mexicana de Ficología. El material publicado puede reproducirse total o parcialmente siempre y cuando exista una autorización de los autores y se mencione la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

# IMPACTO DE LOS ESTUDIOS MOLECULARES EN LA FICOLOGÍA COMPARADA MEXICANA: EL CASO DE LAS MACROALGAS MARINAS.

## IMPACT OF MOLECULAR STUDIES ON THE MEXICAN COMPARATIVE PHYCOLOGY: MARINE MACROALGAE CASE.

Jhoana Díaz-Larrea<sup>1\*</sup>, Francisco F. Pedroche<sup>2</sup> y Abel Sentíes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área Ficología Comparada, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana - Lerma.

\*correspondencia: jhoanadiazl@gmail.com

### RESUMEN

Se presenta un recuento de los avances en el conocimiento molecular de las especies de macroalgas marinas registradas para México. A la fecha se han realizado en el país 45 trabajos y la mayor parte de las contribuciones se han dedicado al grupo de las algas rojas, seguido de las algas pardas. La taxonomía y la filogenia son las principales áreas en las que estos trabajos se han enfocado, e incluyen la propuesta de nuevos arreglos taxonómicos, nuevos registros, nuevas especies para la ciencia y conespecificidad de especies. El mayor número de estudios, realizados en un intervalo de 19 años, se ha concentrado en el Pacífico mexicano (Baja California), seguido del Atlántico (Caribe mexicano). La mayoría de los estudios han procesado material recolectado en los estados de Baja California y Quintana Roo. Del estado de Tabasco no se han registrado trabajos hasta la fecha. Se ha utilizado mayormente la secuenciación de ADN como método, sólo tres trabajos utilizaron citogenética y uno de ellos los marcadores RAPDs. Los resultados obtenidos en los trabajos se han publicado fundamentalmente en revistas especializadas internacionales y en menor cuantía en tesis de licenciatura y posgrado.

*Palabras clave: estudios moleculares, filogenia, macroalgas marinas, México, taxonomía.*

### ABSTRACT

We analyze the progress of molecular knowledge in marine macroalgae from Mexico. There are, at this time, 45 published studies focused on red algae, followed by brown algae. The studies involved mainly taxonomy and phylogeny, and included proposals of new taxonomic arrangement, new records, new species and species con-specificity. The majority of the studies, carry out in 19 years, were done in Mexican Pacific (Baja California) followed by those in the Atlantic region (Mexican Caribbean). Processed material was collected primarily from Baja California and Quintana Roo states. There are no records from Tabasco state. DNA sequencing constitutes the most used method; only three papers used cytogenetics and one RAPDs. These results have been published mainly in specialized international journals and few of them as undergraduate or graduate thesis.

*Key words: marine macroalgae, Mexico, molecular studies, phylogeny, taxonomy.*

### INTRODUCCIÓN

La "biodiversidad" se refiere a todas las formas en que la vida se manifiesta en la Tierra. En su sentido más amplio, la biodiversidad no se limita al número de especies que han existido en la historia de la

vida, sino que también incluye desde la variación genética en individuos y poblaciones, hasta la diversidad de ecosistemas y biomas (Martínez-Meyer *et al.* 2014). Uno de los ecosistemas más diversos es el marino, sobre todo en lo que se refiere a la franja costera. México, considerado como el duodécimo país a nivel mundial con mayor superficie marina y una enorme riqueza ecosistémica y específica, posee un conocimiento muy limitado sobre el número, abundancia y distribución de las especies presentes; con excepción quizá de aquellas de interés comercial. Por lo general, la biodiversidad costera es mejor conocida que la oceánica o la de la plataforma continental (Hendrickx 1995).

El desarrollo de la biología molecular ha tenido, aproximadamente desde los años setenta, injerencia en los estudios de biología comparada (entendida ésta como la aproximación de la forma en espacio y tiempo), sin embargo, en los últimos 20 años se ha hecho evidente la aproximación de métodos moleculares y sus interpretaciones en los resultados de los trabajos de sistemática, biogeografía y de evolución (filogenia) en la biodiversidad terrestre y acuática de nuestro planeta. Por supuesto la ficología marina no es la excepción y en las siguientes líneas se expresa el impacto y un punto de vista sobre el impacto o consecuencias que ha tenido esta aproximación en la sistemática de las macroalgas marinas presentes en las costas mexicanas.

Primeramente, habría que diferenciar dos tareas importantes de la sistemática y taxonomía de las algas: La primera, es la urgente necesidad de concluir un inventario realista y confiable de las especies que habitan nuestro país. Por otra parte, está la tarea de formación de sistematistas de manera integral y con un conocimiento profundo de los grupos que estudian. Las dos tareas están lejos de alcanzarse en países como México, en donde los recursos económicos se encuentran en otros lugares menos en las universidades e institutos de investigación no orientados al estudio del humano. El presente escrito se encuentra en el ámbito de la primera tarea y representa un intento por establecer una línea base en el conocimiento molecular de nuestras especies algales marinas. Esta línea base puede ser el punto de partida y comparación para analizar, en los años futuros, hacia dónde vamos y qué tan rápido hemos avanzado en la Taxonomía Molecular Alfa Asistida (MAAT, por sus siglas en inglés) (Cianciola *et al.* 2010).

Un sistema taxonómico basado en ADN ha sido sugerido desde hace ya varios años (Tautz *et al.* 2003)

sin demérito de los sistemas respaldados por la morfología. Incluso desde una perspectiva integral, muchas fuentes de información se conjugan para determinar la identidad de un organismo en lo que denominamos especie. Si somos consecuentes con el pensamiento darwiniano, estas entidades deben ser el resultado de un análisis de ascendencia - descendencia mediante métodos filogenéticos robustos que identifiquen grupos monofiléticos.

Sin embargo, en el caso de México, la diversidad algal conocida ha sido el resultado de varias décadas de estudios fundados en una aproximación morfológica. Con esta visión se ha construido un primer panorama de la biodiversidad algal en nuestros litorales (Dreckmann 1998; Ortega *et al.* 2001; Pedroche *et al.* 2005, 2008). Con esa misma información también se ha tratado de hacer una aproximación a la distribución de grupos por regiones geográficas y a delimitar estas regiones, con base en la presencia o ausencia de algunas especies, géneros o familias, del porcentaje de las divisiones y su distribución por estados en la República mexicana (Pedroche *et al.* 1993; Pedroche y Sentíes 2003).

A partir de la introducción de una metodología molecular más accesible se han desarrollado trabajos que profundizan o complementan estas visiones morfológicas con datos de regiones particulares del ADN proveniente de algunos grupos selectos, como veremos más adelante. De esta manera se inicia una etapa en la que un sistema de taxonomía molecular se introduce en el pensamiento de la ficología mexicana, y en la que como complemento a las conocidas Unidades Taxonómicas Operativas (OTUs) se considera ahora el concepto de Unidades Taxonómicas Moleculares Operativas (MOTUs) (Blaxter y Floyd 2003). En ella, los especímenes se asignan, a través de una identidad molecular (secuencias particulares), a una "especie molecular".

Este recuento de los avances en el conocimiento molecular de las especies registradas para México, no se hace con la finalidad de sustituir lo hasta ahora generado sino más bien en la búsqueda, en un futuro cercano, de una congruencia entre los nombres de las OTU estimadas por diversos métodos, con sus identidades moleculares (MOTU).

**El marco molecular.** Los marcadores moleculares son características detectables, directa o indirectamente (ya sea del ADN o de una proteína, respectivamente), en los individuos o poblaciones que indican la constitución parcial o total de un fragmento

de ADN anónimo o de un gen en particular. Se han empleado para definir especies en grupos taxonómicos en los que la información proporcionada por la morfología es ambigua, pero también en la reconstrucción de filogenias, en filogeografía, en la evaluación de los flujos genéticos y en la estructura espacial de las poblaciones (García de León 2001; Oliveira 2001), pues ofrecen la posibilidad de disponer de una fuente ilimitada de caracteres puntuales y objetivos, además de poseer un carácter universal (Rentería Alcántara 2007). Precisamente es la variación o el polimorfismo de los marcadores moleculares lo que se usa en los estudios de diversidad genética. Dicha información puede ser utilizada para la caracterización de un organismo o un grupo de organismos de diferentes niveles taxonómicos (Avice 1994).

La información genética puede ser obtenida directa o indirectamente por diferentes técnicas, incluidas las inmunológicas, citogenéticas, electroforesis, secuenciación de proteínas, hibridación de ácidos nucleicos, la restricción, la amplificación y la secuenciación de porciones de ADN. Estas técnicas, desarrolladas en las últimas cuatro décadas, han permitido analizar de forma rápida y objetiva la variabilidad genética de un gran número de organismos (Amos y Hoelzel 1992; Olsen 1990). El empleo de secuencias moleculares, sin embargo, ha sido el método más ampliamente utilizado debido a la facilidad y rapidez en su obtención con distintos cebadores, a la reducción de costos, a su precisión y al hecho de que son objeto de una menor subjetividad en la interpretación de resultados (Díaz-Larrea *et al.* 2015). Otro aspecto relevante es la disponibilidad de la información en bases de datos especializadas (NCBI, BOLD) que permiten comparar a nivel universal los datos obtenidos.

En el estudio de las macroalgas marinas diversos marcadores moleculares han sido utilizados de manera exitosa en numerosos estudios de filogeografía, taxonomía, genética de la conservación, uso y aprovechamiento de recursos, filogenia, ecología, biogeografía y más recientemente genética de poblaciones (Ashley y Dow 1994; Leliaert *et al.* 2014), los que han permitido resolver diferentes problemas detectados a diferentes niveles jerárquicos, como la formación de complejos taxonómicos interespecíficos (especies crípticas) por la sobreposición de caracteres morfológicos, ya que muchos de los grupos presentan una alta o baja variabilidad morfológica que dificulta separar a las especies. Por no mencionar el uso diferenciado y subjetivo de los criterios

morfológicos que deben aplicarse en la determinación de ciertos grupos en conflicto o la asignación de epítetos erróneos y la consecuente subestimación o sobre-estimación de la biodiversidad, que ha dejado una sistemática inestable en varios grupos de algas (Cianciola *et al.* 2010).

Los marcadores más frecuentemente utilizados a nivel mundial han sido los genes mitocondriales: *cox1*, *cox2*, *cox3*, espaciador *cox2-cox3* (Destombe *et al.* 2010; García-Rodríguez *et al.* 2013; Pareek *et al.* 2010; Rueness 2005; Saunders 2005; Yang *et al.* 2008; Yow *et al.* 2011); los genes del cloroplasto: *rbcL*, *psbA* y el espaciador de la RuBisCO (Byrne *et al.* 2002; Destombe y Douglas 1991; Guillemin *et al.* 2008; Gurgel y Fredericq 2004; Gurgel *et al.* 2004; Iyer *et al.* 2005; Kim *et al.* 2006; Rueness 2005) y los genes nucleares: ITS1, ITS2, LSU, SSU (Bellorin *et al.* 2004; Goff *et al.* 1994)

### **El efecto de la información molecular en la estimación de la biodiversidad algal marina de México.**

En nuestro país, la biodiversidad de macroalgas registrada al presente en los océanos Pacífico y Atlántico, comprende aproximadamente 1826 especies (Fig. 1): 1097 algas rojas (Rhodophyceae), 462 algas verdes (Chlorophyceae) y 267 algas pardas (Phaeophyceae) (Dreckmann 1998, Ortega *et al.* 2001; Pedroche y Senties 2003; Pedroche *et al.* 2005, 2008). Estos números comprenden fundamentalmente una aproximación basada en criterios morfológicos. Los trabajos en los que se ha abordado la diversidad biológica empleando marcadores moleculares son considerablemente escasos.

En el presente trabajo se presenta un análisis y revisión, casi exhaustiva, de los estudios de índole molecular que han empleado macroalgas marinas procedentes de los litorales mexicanos para la resolución de problemáticas diversas. Esto con el fin de ofrecer un panorama de las contribuciones de este enfoque nuevo a la comprensión de la biodiversidad algal y al establecimiento de líneas de investigación que aún están por ser exploradas.

Para lograr el objetivo planteado se realizó una búsqueda de artículos especializados y tesis publicadas desde 1997 a la fecha, en los que se utiliza información molecular para la solución de preguntas diversas en torno a la estimación de la diversidad de las macroalgas marinas que habitan las costas de México. Los autores se apoyaron en la base electrónica "Web of Science" para obtener un listado de artículos relacionados con el tema. Se completó la búsqueda en marzo de 2016, por lo que se inclu-

yeron en las estadísticas del presente trabajo los registros encontrados hasta la fecha mencionada.

Así, al momento se han realizado en México un total de 45 trabajos (Cuadro 1), los cuales basan sus interpretaciones a partir de marcadores moleculares. La mayor parte de las contribuciones se han realizado en el grupo de algas rojas (58%) seguido de algas pardas (33%) y el menos abordado ha sido el grupo de las verdes (7%) (Fig. 2). Como se puede constatar, el número total de trabajos realizados es muy bajo si lo comparamos con el número total (1827) de macroalgas registradas al presente en los océanos Pacífico y Atlántico. Estos datos remarcan la importancia de comenzar a orientar los estudios en la ficología mexicana, bajo un enfoque integral de la sistemática, biogeografía y ecología con la biología molecular. Los grupos más abordados en estos trabajos de algas pardas son *Sargassum*, *Padina* y *Dictyota*, de las algas rojas son *Gelidium*, *Bostrychia*, complejo *Laurencia*, *Porphyra* y *Pyropia* y de las algas verdes el género *Codium*.

Las principales áreas en las que estos trabajos han tenido un impacto considerable han sido principalmente la taxonomía y filogenia, los cuales incluyen la propuesta de nuevos arreglos taxonómicos (Broom *et al.* 2002; Díaz-Larrea *et al.* 2007; León-Álvarez *et al.* 2014 a,b; Senties *et al.* 2015; Silva *et al.* 2004), nuevos registros (Aguilar-Rosas, L. *et al.* 2007, 2012; Aguilar-Rosas, R. *et al.* 2006, 2008; Lozano Orozco *et al.* 2014; Pedroche 1998; Senties *et al.* 2011; West *et al.* 2010; Zuccarello *et al.* 2012), conespecificidad de especies (Cassano *et al.* 2009), complejos de especies con enfoque filogeográfico (Núñez Reséndiz 2015; Núñez-Reséndiz *et al.* 2015) y nuevas especies para la ciencia (Lozano Orozco *et al.* 2015, 2016; Mateo-Cid *et al.* 2005, 2012, 2014, 2016; Mendoza-González *et al.* 2011; Reyes-Gómez 2015; Senties *et al.* 2014, 2015). Los enfoques de genética de poblaciones, filogeografía, ecología y biogeografía han sido menos abordados, probablemente por el sesgo que existe en la orientación de los ficólogos mexicanos, que es taxonómico. El alto costo de los estudios de genética de poblaciones y filogeografía ha limitado enormemente su uso en el campo de la ficología mexicana, aunado al limitado bagaje teórico previo existente (conocimiento de la biogeografía, filogenia molecular y taxonomía) de los grupos algales en cuestión. Sin embargo, los escasos trabajos realizados en biogeografía y ecología han permitido detectar especies introducidas (García-Rodríguez *et al.* 2013; Uwai *et al.* 2006), especies invasoras (Riosmena-Rodríguez *et al.* 2012) y

patrones de distribución geográfica (López-Vivaz *et al.* 2015). En genética de poblaciones y filogeografía ha sido posible estimar la diversidad genética, el flujo genético y la estructura en poblaciones algales (García-Rodríguez *et al.* 2013; Hernández-Kantún 2014; Núñez-Reséndiz *et al.* 2015).

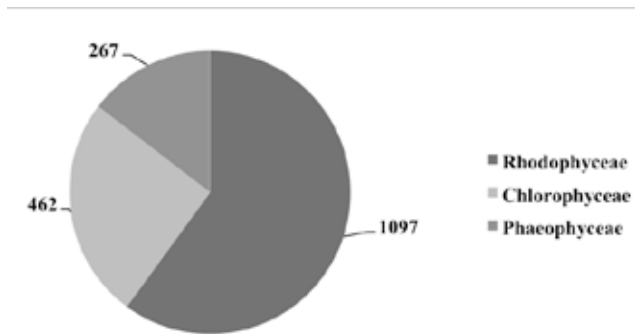
El mayor número de estudios (Fig. 3) se ha concentrado en el Pacífico mexicano, particularmente en Baja California, seguido del Atlántico en su porción del Caribe mexicano, en un intervalo de tiempo de 19 años (Fig. 4) que comprende desde el año 1997 hasta el 2016. En dicha figura se observa una clara tendencia hacia el incremento de estudios moleculares a partir del año 2011.

La mayoría de los estudios han abordado material recolectado en los estados de Baja California y Quintana Roo (Fig. 5), y los estados que presentan escasos trabajos (sólo 1) son Tamaulipas y Sonora. Del estado de Tabasco no se han registrado estudios hasta la fecha, lo que evidencia la necesidad de incrementar el conocimiento molecular en los 17 estados que presentan línea de costa en la República mexicana. Vale la pena destacar que incluso en aquellos estados donde se han realizado estudios, los sitios de recolecta visitados son escasos y no están distribuidos de manera homogénea. Los géneros más abordados en estos trabajos son: *Sargassum*, *Padina* y *Dictyota* entre las Phaeophyceae, *Gelidium*, *Bostrychia*, el complejo *Laurencia*, *Porphyra* y *Pyropia* en las Rhodophyceae y entre de las Ulvophyceae hasta ahora sólo el género *Codium*.

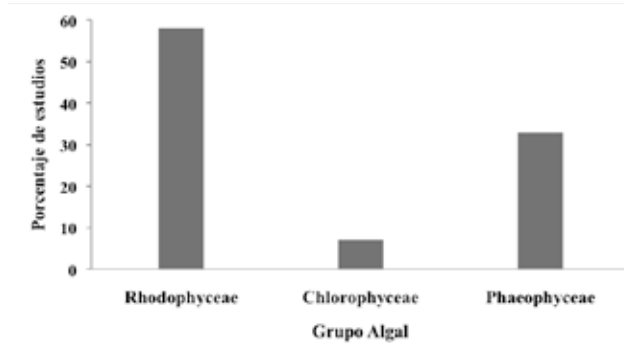
La mayor parte de los trabajos (Fig. 6) han utilizado la secuenciación de ADN, fundamentalmente plasmidial y mitocondrial (Cuadro 1), debido al enfoque mayormente taxonómico y filogenético de los estudios. Sólo tres trabajos utilizaron citogenética (Ponce-Márquez *et al.* 1997, 2009), y uno de ellos los marcadores RAPDs (Ponce-Márquez 2010). La inclusión de otros métodos como los microsatélites permitiría abordar problemáticas diferentes a la taxonómica y filogenética.

La publicación de estos resultados se ha efectuado mayormente en revistas especializadas internacionales (80%) como *Botanica Marina*, y en menor cuantía en tesis, tanto de licenciatura como de posgrado (20%) (Fig. 7).

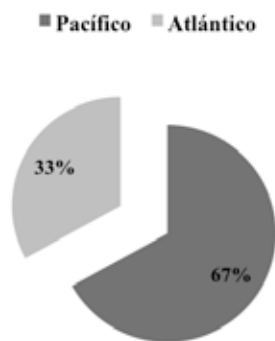
Finalmente, en cuanto a la participación institucional de las investigaciones, se puede decir que el trabajo de índole molecular se inicia en la UAM-Iz-



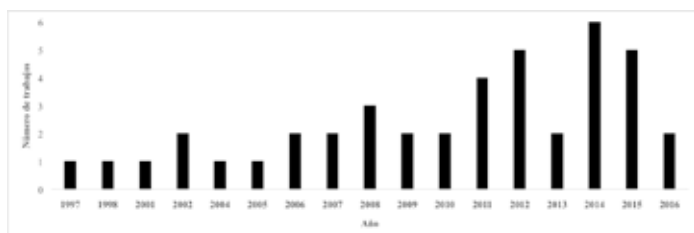
**Figura 1.** Número de especies de macroalgas marinas mexicanas registradas para los grupos Rhodophyceae, Chlorophyceae y Phaeophyceae.



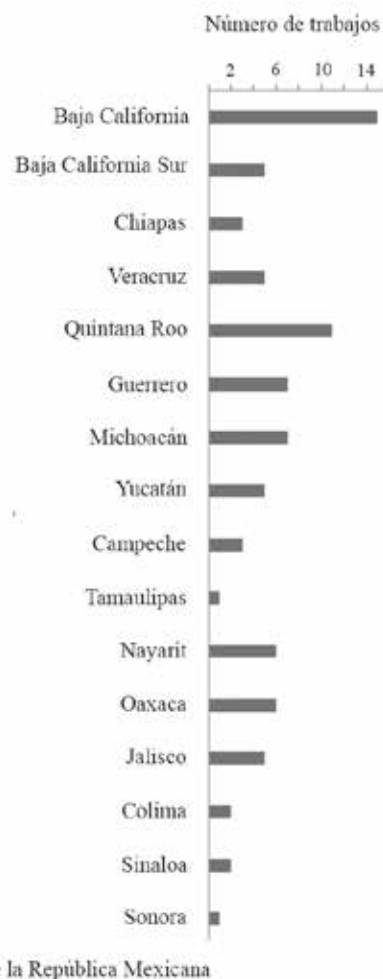
**Figura 2.** Porcentaje de estudios que abordan las macroalgas marinas mexicanas con marcadores moleculares.



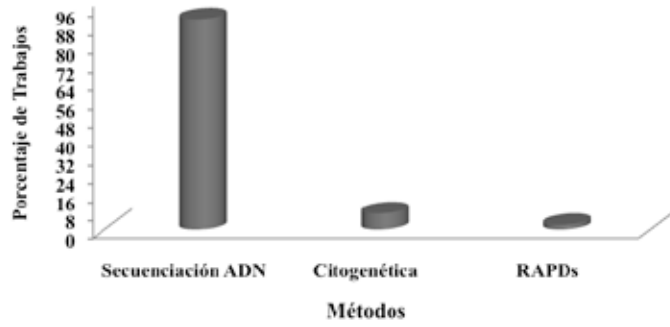
**Figura 3.** Áreas geográficas abordadas en estudios con marcadores moleculares en México.



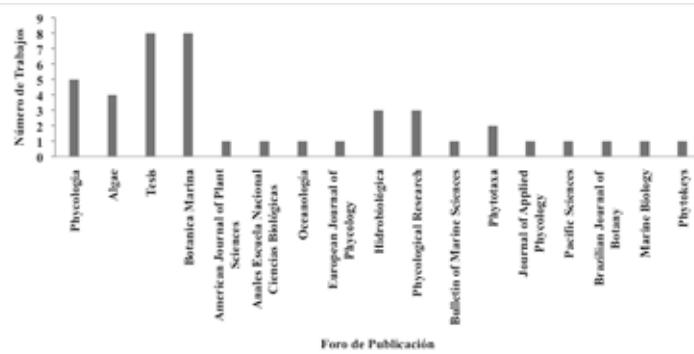
**Figura 4.** Tendencia de trabajos realizados con marcadores moleculares en 18 años.



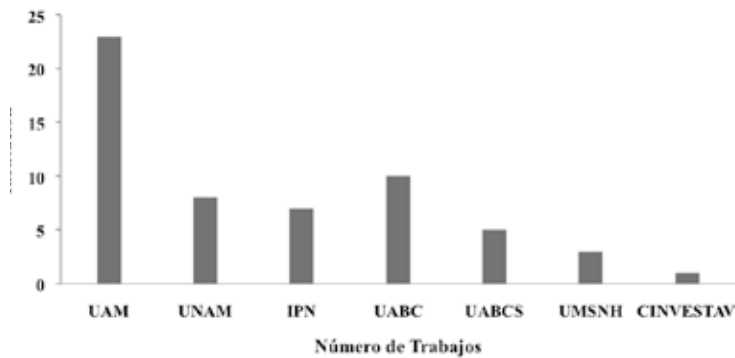
**Figura 5.** Número de trabajos de biología molecular realizados por estados en la República mexicana hasta la fecha.



**Figura 6.** Métodos utilizados en los trabajos de biología molecular de macroalgas marinas mexicanas.



**Figura 7.** Foro de publicación de los trabajos que incluyen marcadores moleculares en macroalgas marinas mexicanas.



**Figura 8.** Instituciones involucradas en la publicación de resultados moleculares en macroalgas marinas mexicanas.



tapalapa (Pedroche, 1998) y se ha continuado de manera colaborativa, con diversos laboratorios nacionales e internacionales. La UAM ha participado en el 51% del total de las publicaciones, la UABC en 22%, el IPN en 15%, la UNAM en 17%, la UABCS en 11% y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en 6% (Fig. 8). Aunque estos números reflejan la presencia de ficólogos en estas instituciones, también habla de la infraestructura que diferencialmente caracteriza a nuestras instituciones de educación superior, resultado de políticas diversas y no coordinadas.

## CONSIDERACIONES FINALES

En el presente trabajo queda evidenciado el impacto significativo pero escaso que han tenido los estudios moleculares en la ficología comparada mexicana. Una de las líneas potenciales de desarrollo es la participación en el proyecto Código de Barras, de la cual existen a nivel mundial varios grupos que abordan el "Barcoding" de algas, pero en México actualmente no existe ninguna red o grupo que aborde las algas con este enfoque. El enriquecimiento de otras líneas como la filogeografía y genética de poblaciones permitirá abordar procesos de especiación, eventos de radiación de especies, patrones biogeográficos, evaluar procesos de introducción y rastrear la ruta de dispersión de especies invasoras. Estos datos muestran la importancia de incentivar la naturaleza molecular de los estudios en la ficología mexicana, bajo un enfoque integral con la Sistemática, la Biogeografía y la Ecología. Sin embargo, esto sólo se puede alcanzar mediante la suma de voluntades, el trabajo colaborativo y la participación de instituciones diversas. Máxime cuando se trata de toda la flora algal de un país megadiverso, pues en esta contribución sólo se ha tocado lo referente a las algas marinas y en particular a las macroalgas.

La estimación de la biodiversidad debe ser una empresa en la que se suman los esfuerzos de los morfólogos, los taxónomos, los sistématas y los biólogos moleculares. Las instituciones, las asociaciones científicas, los gobiernos y la iniciativa privada, tienen un gran compromiso en el respaldo, el financiamiento y en la promoción de esta gran tarea.

## REFERENCIAS

Aguilar-Rosas, L.E., R. Aguilar-Rosas, H. Kawai, S. Uwai & E. Valenzuela-Espinoza. 2007. New record of *Sargassum filicinum* Harvey (Fucales, Phaeophyceae) in the Pacific

- Coast of Mexico. *Algae* 22: 17-21.
- Aguilar-Rosas, L.E., S. Min Boo, K.M. Kim & C.V. Aguilar-Rosas. 2012. Primer registro de la especie japonesa *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) en la costa del Pacífico mexicano. *Hidrobiológica* 22: 189-194.
- Aguilar-Rosas, R., L.E. Aguilar-Rosas, G.Y. Cho & S.M. Boo. 2006. First record of *Scytosiphon gracilis* Kogame (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) for the Pacific coast of Mexico. *Algae* 21: 11-13.
- Aguilar-Rosas, R., L.E. Aguilar-Rosas & S. Shimada. 2008. First record of *Ulva pertusa* Kjellman (Ulvales, Chlorophyta) in the Pacific coast of Mexico. *Algae* 23: 201-207.
- Amos, B. & A.R. Hoelzel. 1992. Applications of molecular genetic techniques to the conservation of small populations. *Biology Conservation* 61: 133-144.
- Ashley, M.V. & B.D. Dow. 1994. The use of microsatellite analysis in population biology: background, methods and potential applications. In: B. Schierwater, B. Streit, G.P. Wagner & R. DeSalle. Eds. *Molecular Ecology and Evolution: Approaches and Applications*. Birkhauser Verlag, Basel, pp. 185-201.
- Avise, J.C. 1994. *Molecular markers, natural history and evolution*. Chapman & Hall, Inc., New York.
- Bellorin, A.M., M.C. Oliveira & E.C. Oliveira. 2004. *Gracilaria vermiculophylla*: a western Pacific species of Gracilariaceae (Rhodophyta) first recorded from the eastern Pacific. *Phycological Research* 52: 69-79.
- Blaxter, M. & R. Floyd. 2003. Molecular taxonomics for biodiversity surveys: already a reality. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 268-269.
- Broom, J.E., W.A. Nelson, C. Yarish, W.A. Jones, R. Aguilar-Rosas & L.E. Aguilar-Rosas. 2002. A reassessment of the taxonomic status of *Porphyra suborbiculata*, *Porphyra carolinensis* and *Porphyra lilliputiana* (Bangiales, Rhodophyta) based on molecular and morphological data. *European Journal of Phycology* 37: 227-235.
- Byrne, K., G.C. Zuccarello, J. West, M.L. Liao. & G.T. Kraft. 2002. *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta) from southeastern Australia, including a new species, *Gracilaria perplexa* sp. nov.: morphology, molecular relationships and agar content. *Phycological Research* 50: 295-311.
- Cassano, V., J. Díaz-Larrea, A. Senties, M.C. Oliveira, M.C. Gil-Rodríguez & M.T. Fujii. 2009. Evidence for the conspecificity of *Palisada papillosa* with *P. perforata* (Ceramiales, Rhodophyta) from the western and eastern Atlantic Ocean on the basis of morphological and molecular analyses. *Phycologia* 48: 86-100.
- Cianciola, E., T. Papolizio, C. Schneider. & C. Lane. 2010. Using molecular-assisted alpha taxonomy to better understand red algal biodiversity in Bermuda. *Diversity* 2: 946-958.
- Destombe, C. & S.E. Douglas. 1991. RuBisCO spacer

- sequence divergence in the rhodophyte alga *Gracilaria verrucosa* and closely related species. *Current genetics* 19: 395-8.
- Destombe, C., M. Valero & M.L. Guillemin. 2010. Delineation of two sibling red algal species, *Gracilaria gracilis* and *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta), using multiple DNA markers: resurrection of the species *G. dura* previously described in the Northern Atlantic 200 years ago. *Journal of Phycology* 46: 720-727.
- Díaz-Larrea, J. 2008. Sistemática molecular del complejo *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) en el Caribe mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. 131 pp.
- Díaz-Larrea, J., A. Sentíes, M.T. Fujii, F.F. Pedroche & M.C. Oliveira. 2007. Molecular evidence for *Chondrophycus poiteaui* var. *gemmiferus* comb. et stat. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from the Mexican Caribbean Sea: implications for the taxonomy of the *Laurencia* complex. *Botanica Marina* 50: 250-256.
- Díaz-Larrea, J., A. Sentíes, M.L. Núñez-Reséndiz, M.L. López-Valdez. & K.M. Dreckmann. 2015. La genética de poblaciones como herramienta útil en diversos estudios de macroalgas marinas. *Cymbella* 1: 1-11.
- Díaz-Martínez, S. 2008. Estudio morfométrico y genético-molecular de *Padina gymnospora* (Kützinger) Sonder. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 pp.
- Díaz-Martínez, S. 2011. Evaluación taxonómica de las morfoespecies de *Padina* (Dictyotaceae) en el Atlántico y Pacífico Tropical de México con base en datos moleculares. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 94 pp.
- Dreckmann, K.M. 1998. *Clasificación y nomenclatura de las macroalgas marinas bentónicas del Atlántico mexicano*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- Fernández García, C. 2012. Taxonomía y biogeografía de las familias Caulerpaceae (Chlorophyta), Dictyotaceae (Ochrophyta) y Corallineaceae (Rhodophyta) en el Pacífico de Centroamérica. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 271 pp.
- García-Rodríguez, L.D., R. Riosmena-Rodríguez, S.Y. Kim, M. López-Meyer, J. Orduña-Rojas, J.M. López-Vivas & S.M. Boo. 2013. Recent introduction of *Gracilaria parvispora* (Gracilariales, Rhodophyta) in Baja California, Mexico. *Botanica Marina* 56: 143-150.
- García de León, F.J. 2001. Los marcadores genéticos en el conocimiento y manejo de recursos bióticos. *Biotam* 12: 57-80.
- Goff, L.J., D.A. Moon. & A.W. Coleman. 1994. Molecular delineation of species and species relationships in the red algal agarophytes *Gracilariopsis* and *Gracilaria* (Gracilariales). *Journal of Phycology* 30: 521-37.
- Guillemin, M.L., S.A. Akki, T. Givernaud, A. Mouradi, M. Valero & C. Destombe. 2008. Molecular characterization and development of rapid molecular methods to identify species of Gracilariaceae from the Atlantic coast of Morocco. *Aquatic Botany* 89: 324-30.
- Gurgel, C.F.D. & S. Fredericq. 2004. Systematics of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta): A critical assessment based on *rbcl* sequence analyses. *Journal of Phycology* 40: 138-159.
- Gurgel, C.F.D., S. Fredericq & J.N. Norris. 2004. Phylogeography of *Gracilaria tikvahiae* (Gracilariaceae, Rhodophyta): a study of genetic discontinuity in a continuously distributed species based on molecular evidence. *Journal of Phycology* 40: 748-758.
- Hammann, M., G. Wang, S.M. Boo, L.E. Aguilar-Rosas & F. Weinberger. 2016. Selection of heat-shock resistance traits during the invasion of the seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. *Marine Biology* 163: 104.
- Hendrickx, M.E. 1995. Camarones. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. Eds. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. 1. Plantas e invertebrados*. FAO, Roma, pp. 417-537.
- Hernández-Kantún, J.J., R. Riosmena-Rodríguez, W.H. Adey & F. Rindi. 2014. Analysis of the *cox2-3* spacer region for population diversity and taxonomic implications in rhodolith-forming species (Rhodophyta: Corallinales). *Phytotaxa* 190: 331-354.
- Iyer, R., E.M. Tronchin, J.J. Bolton & V.E. Coyne. 2005. Molecular systematics of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta) with emphasis on Southern Africa. *Journal of Phycology* 41: 672-684.
- Kim, M.S., E.C. Yang & S.M. Boo. 2006. Taxonomy and phylogeny of flattened species of *Gracilaria* (Gracilariaceae, Rhodophyta) from Korea based on morphology and protein-coding plastid *rbcl* and *psbA* sequences. *Phycologia* 45: 520-528.
- Leliaert, F., H. Verbruggen, P. Vanormelingen, F. Steen, J.M. López-Bautista, G.C. Zuccarello & O. De Clerck. DNA-based species delimitation in algae. 2014. *European Journal of Phycology* 49: 179-196.
- León-Alvarez, D., M.L. Núñez-Reséndiz & M.E. Ponce-Márquez. 2014a. Morphological and molecular characterization of *Neoralfsia hancockii* comb. nov. (Ralfsiales, Phaeophyceae) from topotype of San José del Cabo, Baja California, Mexico. *Botanica Marina* 57: 139-146.
- León-Alvarez, D., M.L. Núñez-Reséndiz & M.J. Wynne. 2014b. Morphological and molecular studies on topotype material of *Neoralfsia expansa* (Phaeophyceae) reveal that Asian specimens assigned to this taxon are genetically distinct. *Botanica Marina* 57: 351-358.
- Lindstrom, S.C., J.R. Hughey & L.E. Aguilar Rosas. 2015. Four new species of *Pyropia* (Bangiales, Rhodophyta)

- from the west coast of North America: the *Pyropia lanceolata* species complex updated. *PhytoKeys* 52: 1-22.
- Lopez-Vivas, J.M., R. Muñiz-Salazar, R. Riosmena-Rodríguez, I. Pacheco-Ruiz & C. Yarish. 2015. Endemic *Pyropia* species (Bangiales, Rhodophyta) from the Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Phycology* 27: 1029-1041.
- Lozano Orozco, J.G. El género *Dictyota* (Phaeophyceae: Dictyotales) en el Atlántico mexicano: análisis morfológico y molecular. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. 138 p.
- Lozano Orozco, J.G., A. Senties, J. Díaz-Larrea, F.F. Pedroche & O. De Clerck. 2014. The occurrence of *Dictyota canariensis* (Dictyotales, Phaeophyceae) in the Gulf of Mexico. *Botanica Marina* 57: 359-365.
- Lozano Orozco, J.G., A. Senties, O. De Clerck, K.M. Dreckmann & J. Díaz-Larrea. 2015. Two new species of the genus *Dictyota* (Phaeophyceae: Dictyotales) from the Mexican Caribbean. *American Journal of Plant Sciences* 6: 2492-2501.
- Lozano-Orozco, J.G., A. Senties, J. Díaz-Larrea, & F.F. Pedroche. 2016. *Dictyota chalchicueyecanensis* sp. nov. (Dictyotales; Phaeophyceae) en el Golfo de México: Evidencias moleculares y morfológicas. *Hidrobiológica* No. especial SOFILAC 26: (en prensa).
- Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante & F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S1-S9.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, J. Díaz-Larrea, A. Senties, F.F. Pedroche & J.D. Sánchez Heredia. 2012. A new species of *Pyropia* (Rhodophyta, Bangiaceae), from the Pacific coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence. *Phytotaxa* 54: 112.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, B. Gavio & S. Fredericq. 2005. *Grateloupia huertana* sp. nov. (Halymeniaceae, Rhodophyta) a peculiar new prostrate species from tropical Pacific Mexico. 2005. *Phycologia* 44: 4-16.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, A. Senties, J. Díaz-Larrea & J.A. Acosta Calderón. 2014. *Laurencia laurahuertana* sp. nov. (Rhodomelaceae, Rhodophyta); an epiphytic species from the Mexican Caribbean. *Phycological Research* 62: 94-101.
- Mateo-Cid, L.E. A.C. Mendoza-González, A. Senties, J. Díaz-Larrea, D.Y. García-López & B. Martínez-Daranas. 2016. Description of two new species of *Ochtodes* (Rhodophyta: Gigartinales) from Caribbean Mexico on the basis of morphological and molecular evidence. *Botanica Marina* 59 (en prensa).
- Mendoza-González, C.A., A. Senties, L.E. Mateo-Cid, J. Díaz-Larrea, F.F. Pedroche & R. Alvarado Villanueva. 2011. *Ochtodes searlesii* sp. nov. (Gigartinales, Rhodophyta), from the Pacific tropical coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence. *Phycological Research* 59: 250-258.
- Núñez Reséndiz, M.L. 2015. Variación genética de las poblaciones de *Hydropuntia cornea* (Gracilariaceae, Rhodophyta) en las costas del Golfo de México y el Caribe mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. 163 pp.
- Núñez-Reséndiz, M.L., K.M. Dreckmann, A. Senties, J. Díaz-Larrea & G.M. Zuccarello. 2015. Genetically recognizable but not morphologically: The cryptic nature of *Hydropuntia cornea* and *H. usneoides* (Gracilariales, Rhodophyta) in the Yucatan Peninsula. *Phycologia* 54: 407-416.
- Oliveira, M.C. 2001. Estudios de la macro y microbiodiversidad de las algas. Secuenciamiento del DNA ribosomal (rDNA). In: K. Alveal, & T. Antezana. Eds. *Sustentabilidad de la biodiversidad. Bases científico-técnicas, teorizaciones y proyecciones*. Ed. de la Universidad de Concepción, Concepción, pp. 85-96.
- Olsen, J.L. 1990. Nucleic acids in algal systematics. *Journal of Phycology* 26: 209-214.
- Ortega, M.M., J.L. Godínez & G. Garduño-Solórzano. 2001. *Catálogos de algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Pareek, M., A. Mishra & B. Jha. 2010. Molecular phylogeny of *Gracilaria* species inferred from molecular markers belonging to three different genomes. *Journal of Phycology* 46: 1322-1328.
- Pedroche, F.F. 1998. El género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 129 pp.
- Pedroche, F.F. 2001. Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano. Uso de ADNr mitocondrial. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 47(1): 109-123.
- Pedroche F.F., K.M. Dreckmann, A. Senties & R. Margain-Hernández. 1993. Diversidad algal en México. *Revista Mexicana de Historia Natural* Vol. Esp. 44: 69-92.
- Pedroche, F.F. & A. Senties. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y Problemática actual. *Hidrobiológica* 13: 23-32.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K.M. Dreckmann & R. Aguilar-Rosas. 2005. *Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas del Pacífico de México I. Chlorophycota*. Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Baja California, University of California-Berkeley. Mexicali.
- Pedroche, F.F. P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K.M. Dreckmann, & R. Aguilar-Rosas. 2008. *Catálogo de las algas bentónicas del Pacífico de México II. Phaeophycota*,

- Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Baja California, University of California-Berkeley, Mexicali.
- Ponce-Márquez, M.E. 2010. *Gelidium* (Gelidiales, Rhodophyta) del Pacífico tropical mexicano: variación genética inter e intra específica. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 142 pp.
- Ponce Márquez, M.E., A. Santamaría, D. Rodríguez Vargas & A. Sarmiento Montiel. 1997. Estudio citogenético de macroalgas marinas con posibilidades de explotación. *Oceanología* 13: 155-166.
- Ponce-Márquez, M.E., D. Rodríguez, N.M. López, L.A. Lois & M.A. Ángeles Aguilar. 2009. Estudio citogenético de poblaciones mexicanas de *Gelidium sclerophyllum* (Gelidiales, Rhodophyta). *Hidrobiológica* 19: 85-93.
- Rentería Alcántara, M. 2007. Breve revisión de los marcadores moleculares. In: L.E. Eguiarte, V. Souza y X. Aguirre. Comps. *Ecología molecular*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 541-571.
- Reyes-Gómez, V.P. 2015. Caracterización morfológica y molecular de las algas costosas pardas gelatinosas del Pacífico Tropical Mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 106 pp.
- Riosmena-Rodríguez, R., G. Hun Boo, J.M. López-Vivas, A. Hernández-Velasco, A. Sáenz-Arroyo & S. Ming Boo. 2012. The invasive seaweed *Sargassum filicinum* (Fucales, Phaeophyceae) is on the move along the Mexican Pacific coastline. *Botanica Marina* 55: 547-551.
- Rueness, J. 2005. Life history and molecular sequences of *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariales, Rhodophyta), a new introduction to European waters. *Phycologia* 44: 120-128.
- Saunders, G.W. 2005. Applying DNA barcoding to red macroalgae: a preliminary appraisal holds promise for future application. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B* 360: 1879-1888.
- Sentfies, A., J. Díaz-Larrea, V. Cassano, M.C. Gil-Rodríguez & M.T. Fujii. 2011. *Laurencia marilzae* (Ceramiales, Rhodophyta) from the Mexican Caribbean: A new record for the tropical western atlantic. *Bulletin of Marine Sciences* 87: 681-686.
- Sentfies, A., A.C. Mendoza-González, L.E. Mateo-Cid, J. Díaz-Larrea, G.A. Ceballos-Corona & M.T. Fujii. 2014. *Osmundea purepecha* sp. nov. (Rhodophyta: Ceramiales) from the Pacific tropical coast of Mexico, based on morphological and molecular data. *Pacific Sciences* 68: 295-304.
- Sentfies, A., M.J. Wynne, V. Cassano, J. Díaz-Larrea, M.C. Gil-Rodríguez & M.T. Fujii. 2015. *Yuzurua iridescens* (M.J. Wynne & D.L. Ballantine) *comb. nov.* (Ceramiales, Rhodophyta) from the Caribbean Sea: morphological and molecular evidence. *Brazilian Journal of Botany* 38: 605-613.
- Silva, P.C., F.F. Pedroche, M.E. Chacana, R. Aguilar-Rosas, L.E. Aguilar-Rosas & J. Raum. 2004. Geographic correlation of morphological and molecular variation in *Silvetia compressa* (Fucaceae, Fucales, Phaeophyceae). *Phycologia* 43: 204-214.
- Tautz, D., P. Arcander, A. Minelli, R.H. Thomas & A.P. Vogler. 2003. A plea for DNA taxonomy. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 70-74.
- Uwai, S., W. Nelson, K. Neil, W.D. Wang, L.E. Aguilar-Rosas, S.M. Boo, T. Kitayama & H. Kawai. 2006. Genetic diversity in *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyceae) deduced from mitochondria genes-origins and succession of introduced populations. *Phycologia* 45: 687-695.
- Vázquez-Delfín, E., G.H. Boo, D. Rodríguez, S.M. Boo & D. Robledo. 2016. *Hypnea musciformis* (Cystocloniaceae) from the Yucatan Peninsula: morphological variability in relation to life-cycle phase. *Phycologia* 55: 230-242.
- West, J.A., G.C. Zuccarello, F.F. Pedroche & S.L. de Goer. 2010. *Rosenvingea orientalis* (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from Chiapas, Mexico: life history in culture and molecular phylogeny. *Algae* 25: 187-195.
- Yang, E.C., M.S. Kim, P.J.L. Geraldino, D. Sahoo, J.A. Shin & S.M. Boo. 2008. Mitochondrial *cox1* and plastid *rbcL* genes of *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 20: 161-168.
- Yow, Y.Y., P.E. Lim. & S.M. Phang. 2011. Genetic diversity of *Gracilaria changaii* (Gracilariaceae, Rhodophyta) from west coast Peninsular Malaysia based on mitochondrial *cox1* gene analysis. *Journal of Applied Phycology* 23: 219-226.
- Zuccarello, G.C., J. Buchanan, J.A. West & F.F. Pedroche. 2011. Genetic diversity of the mangrove-associated alga *Bostrychia radicans/Bostrychia moritziana* (Ceramiales, Rhodophyta) from southern Central America. *Phycological Research* 59: 98-104.
- Zuccarello, G.C., M. Kamiya, R. Ootsuki, S. Loiseaux de Goër, F.F. Pedroche & J.A. West. 2012. New records of red algae from mangroves in El Salvador and Pacific Mexico, combining culture and molecular observations. *Botanica Marina* 55: 101-111.

Recibido: 8 de abril

Revisado: 20 de mayo

Corregido: 9 de junio

Aceptado: 15 de junio

Revisores: Dos revisores anónimos.

**Cuadro 1.** Listado de trabajos realizados en México con la herramienta de la biología molecular.

ENFOQUES	IMPACTO	REGIÓN	REFERENCIA	MÉTODO	FORO DE PUBLICACIÓN	INSTITUCIONES
PHAEOPHYCEAE						
Taxonomía	Propuesta de nueva subespecie <i>Silvetia compressa</i> subsp. <i>Deliquescens</i>	Baja California, Pacífico de Norteamérica	Silva <i>et al.</i> 2004	Secuenciación de ADN (genes nucleares: ITS1, 5.8S, ITS2)	Revista <i>Phycologia</i>	UAM, UABC
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nuevo registro de <i>Scytosiphon gracilis</i>	Baja California, Pacífico mexicano	Aguilar-Rosas <i>et al.</i> 2006	Secuenciación de ADN (gen plastidial: RuBisCO, espaciadora)	Revista <i>Algae</i>	UABC
Biogeografía, ecología, genética de poblaciones	Evaluar procesos de origen e introducción primaria y secundaria en poblaciones de <i>Undaria pinnatifida</i> . Estimar la diversidad genética en poblaciones nativas e introducidas	Baja California, Pacífico de Norteamérica	Uwai <i>et al.</i> 2006	Secuenciación de ADN (genes mitocondriales: <i>cox3</i> , región intergénica espaciadora <i>tatC-tLeu</i> )	Revista <i>Phycologia</i>	UABC
Taxonomía, ecología	Nuevo registro de alga introducida-invasora <i>Sargassum filicinum</i>	Baja California, Pacífico mexicano	Aguilar-Rosas <i>et al.</i> 2007	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: <i>cox3</i> )	Revista <i>Algae</i>	UABC
Taxonomía, filogenia	Estudio genético-molecular de <i>Padina gymnospora</i> .	Veracruz, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Atlántico mexicano	Díaz-Martínez 2008	Secuenciación de ADN (gen nuclear: ITS; genes plastidiales: <i>psaA</i> , <i>psbA</i> )	Tesis Licenciatura	UNAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nuevo registro de <i>Rosenvingea orientalis</i> para el Pacífico mexicano.	Chiapas, Pacífico mexicano	West <i>et al.</i> 2010	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psaA</i> )	Revista <i>Algae</i>	UAM
Taxonomía, filogenia	Evaluación de morfoespecies de <i>Padina</i> . Corroborar identidad de las especies <i>P. antillarum</i> , <i>P. boergesenii</i> , <i>P. crispata</i> y <i>P. mexicana</i>	Nayarit, Tamaulipas, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Golfo de México, Mar Caribe y Pacífico tropical mexicano	Díaz-Martínez 2011	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psbA</i> ; gen mitocondrial: COI)	Tesis Maestría	UNAM
Taxonomía, ecología, biogeografía	Corroborar identidad de especie invasora <i>Sargassum filicinum</i> . Ampliación de intervalo geográfico de distribución en Pacífico mexicano	Baja California Sur, Baja California, Pacífico mexicano	Riosmena-Rodríguez <i>et al.</i> 2012	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: <i>cox3</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	UABCS
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva combinación <i>Neoralgsia hancockii</i>	Baja California, Pacífico mexicano	León-Alvarez <i>et al.</i> 2014a	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcL</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	UNAM

Taxonomía, filogenia	Material mexicano del tipo de <i>Neoralgsia expansa</i> , difiere de los especímenes de colecciones de Asia, asignados con el mismo nombre y que pertenecen a un género nuevo	Veracruz, Golfo de México	León-Alvarez <i>et al.</i> 2014b	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	UNAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nuevo registro de <i>Dictyota canariensis</i> para el Atlántico occidental	Veracruz, Golfo de México	Lozano-Orozco <i>et al.</i> 2014	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psbA</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	UAM
Taxonomía, filogenia	Algas costrosas gelatinosas del Pacífico Tropical Mexicano. <i>Mesospora</i> , <i>Hapalopogonidion</i> , <i>Ralfsia</i> , <i>Neoralgsia</i>	Guerrero, Oaxaca, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Pacífico Tropical Mexicano	Reyes-Gómez 2015	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Tesis Doctorado	UNAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de especies nuevas: <i>Dictyota mayae</i> , <i>Dictyota pedrochei</i>	Quintana Roo, Caribe	Lozano-Orozco <i>et al.</i> 2015	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psbA</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Revista <i>American Journal of Plant Sciences</i>	UAM
Taxonomía, filogenia	Caracterización molecular e identidad de las especies de <i>Dictyota</i> . Propuesta de nuevo registro: <i>D. canariensis</i> Propuesta de 3 nuevas especies: <i>Dictyota mayae</i> , <i>D. pedrochei</i> y <i>D. chalchicueyecanensis</i>	Veracruz, Quintana Roo, Golfo de México, Caribe	Lozano-Orozco 2016	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psbA</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Tesis Doctorado	UAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de especie nueva: <i>Dictyota chalchicueyecanensis</i>	Veracruz, Golfo de México	Lozano-Orozco <i>et al.</i> 2016	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>psbA</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Revista <i>Hidrobiológica</i>	UAM

Total de trabajos en algas pardas: 15

#### CHLOROPHYCEAE

Taxonomía, filogenia, biogeografía	Propuesta de especies nuevas: <i>Codium dawsonii</i> , <i>C. schmiederi</i> , <i>C. oaxacense</i> . Reubicar miembros del complejo de especies <i>C. decortiatum</i> a <i>C. amplivesiculatum</i> . Ampliación de intervalo de distribución geográfica de <i>C. giraffa</i>	Baja California Sur, Baja California, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Colima, Nayarit, Sinaloa, Oaxaca, Pacífico mexicano	Pedroche 1998	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: 16S)	Tesis Doctorado	UAM
Taxonomía, filogenia	Corroborar identidad de <i>Codium setchellii</i> , <i>C. picturatum</i> , <i>C. isabellae</i> , <i>C. giraffa</i> , <i>C. fragile</i> . Propuesta de complejos de especies: <i>C. amplivesiculatum</i> , <i>C. simulans</i>	Jalisco, Sinaloa, Baja California Sur, Baja California, Nayarit, Colima, Pacífico mexicano	Pedroche 2001	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: LSU)	Revista <i>Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas</i>	UAM

Taxonomía	Propuesta de nuevo registro de <i>Ulva pertusa</i> .	Baja California, Pacífico mexicano	Aguilar-Rosas <i>et al.</i> 2008	Secuenciación de ADN (gen nuclear: ITS)	Revista <i>Algae</i>	UABC
Total de trabajos en algas verdes: 3						
RHODOPHYCEAE						
Uso y aprovechamiento de recurso	Estudio citogenético de <i>Gelidium sclerophyllum</i> , <i>Anheltiopsis gigantinoidea</i>	Guerrero, Pacífico Tropical mexicano	Ponce-Márquez <i>et al.</i> 1997	Determinación del número cromosómico	Revista <i>Oceanología</i>	UNAM
Taxonomía	Propuesta sinonimia de <i>Porphyra suborbiculata</i> , <i>Porphyra carolinensis</i> , <i>Porphyra lilliputiana</i>	Baja California, Pacífico mexicano	Broom <i>et al.</i> 2002	Secuenciación de ADN (genes nucleares: SSU, ITS1, 5.8S, ITS2)	Revista <i>European Journal of Phycology</i>	UABC
Taxonomía	Propuesta nueva especie: <i>Grateloupia huertana</i>	Oaxaca, Pacífico tropical mexicano	Mateo-Cid <i>et al.</i> 2005	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Phycologia</i>	IPN
Taxonomía, filogenia	Propuesta nueva combinación: <i>Chondrophyucus poiteaui</i> var. <i>gemmaferus</i>	Quintana Roo, Caribe	Díaz-Larrea <i>et al.</i> 2007	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	UAM
Taxonomía, filogenia, evolución	Caracterización molecular y corroboración de identidad de las especies del complejo <i>Laurencia</i> . Análisis de uso del codón y de estructuras secundarias a nivel genérico. Propuesta de dos nuevos registros: <i>Palisada perforata</i> y <i>Osmundea</i> sp. Propuesta de dos nuevas combinaciones: <i>Palisada poiteaui</i> var. <i>gemmafera</i> y <i>P. corallopsis</i>	Quintana Roo, Caribe	Díaz-Larrea 2008	Secuenciación de ADN (genes plastidiales: <i>rbcl</i> , RUBISCO espaciadora, <i>rbcs</i> ; gen nuclear: 18S)	Tesis Doctorado	UAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de conespecificidad de <i>P. papillosa</i> y <i>P. perforata</i>	Yucatán, Baja California, Campeche, Quintana Roo, Atlántico oriental y occidental, Caribe, Golfo de México	Cassano <i>et al.</i> 2009	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Phycologia</i>	UAM
Ecología	Estudio citogenético de poblaciones de <i>Gelidium sclerophyllum</i>	Guerrero, Pacífico mexicano	Ponce-Márquez <i>et al.</i> 2009	Determinación del número cromosómico	Revista <i>Hidrobiológica</i>	UNAM
Taxonomía, filogenia	Variación genética de <i>Gelidium</i> en el Pacífico Tropical mexicano. Corroborar identidad de: <i>Gelidium crinale</i> , <i>G. galapagense</i> , <i>G. musciforme</i> , <i>G. pusillum</i> , <i>G. sclerophyllum</i>	Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Pacífico Tropical mexicano	Ponce-Márquez 2010	Determinación del número cromosómico. RAPDs Secuenciación de ADN (gen plastidial: RuBisCO espaciadora)	Tesis Doctorado	UNAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva especie: <i>Ochtodes searlesii</i>	Michoacán, Pacífico Tropical mexicano	Mendoza-González <i>et al.</i> 2011	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Phycological Research</i>	IPN, UMSNH, UAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nuevo registro: <i>Laurencia marilzae</i> para Atlántico oriental tropical	Quintana Roo, Caribe	Sentíes <i>et al.</i> 2011	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Bulletin of Marine Science</i>	UAM

Taxonomía, filogeografía, genética de poblaciones	Diversidad genética de <i>Bostrychia radicans</i> y <i>B. moritziana</i>	Chiapas, Pacífico mexicano	Zuccarello <i>et al.</i> 2011	Secuenciación de ADN (gen plastidial: RuBisCO espaciadora)	Revista <i>Phycological Research</i>	UAM
Taxonomía	Primer registro de <i>Grateloupia turuturu</i> como especie introducida. Corroborar identidad de <i>G. turuturu</i>	Baja California, Pacífico mexicano	Aguilar-Rosas <i>et al.</i> 2012	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Hidrobiológica</i>	UABC
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva especie: <i>Pyropia raulaguilarii</i>	Michoacán, Pacífico mexicano	Mateo-Cid <i>et al.</i> 2012	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> ; gen nuclear: 18S)	Revista <i>Phytotaxa</i>	IPN, UMSNH, UAM
Taxonomía, filogenia	Primer registro de <i>Bostrychia montagnei</i>	Chiapas, Pacífico mexicano	Zuccarello <i>et al.</i> 2012	Secuenciación de ADN (gen nuclear: 28S)	Revista <i>Botanica Marina</i>	UAM
Taxonomía, ecología	Primer registro de <i>Gracilaria parvispora</i> como especie introducida	Baja California, Pacífico mexicano	García-Rodríguez <i>et al.</i> 2013	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> ; gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	IPN, UABCS
Taxonomía, biogeografía	Evaluación de distribución geográfica de <i>Pyropia</i> en el Golfo de California. Corroborar identidad de <i>P. hollenbergii</i> , <i>P. pendula</i> . Se detectaron otros 3 linajes asignados como entidades independientes	Baja California, Baja California Sur, Sonora, Pacífico mexicano	Lopez-Vivas <i>et al.</i> 2015	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> ; gen nuclear: 18S)	Revista <i>Journal of Applied Phycology</i>	UABCS, UABC
Taxonomía, genética de poblaciones, código de barras	Se confirmó la utilidad del marcador <i>cox2-3</i> para estudios de código de barras y filogeografía de algas coralinas	Quintana Roo, Baja California Sur, Caribe, Pacífico mexicano	Hernández-Kantún <i>et al.</i> 2014	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: <i>cox2-3</i> )	Revista <i>Phytotaxa</i>	UABCS
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva especie: <i>Laurencia laurahuertana</i>	Quintana Roo, Caribe	Mateo-Cid <i>et al.</i> 2014	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Phycological Research</i>	IPN, UAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva especie: <i>Osmundea purepecha</i>	Michoacán, Pacífico Tropical mexicano	Sentías <i>et al.</i> 2014	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Pacific Science</i>	IPN, UAM, UMSNH
Taxonomía, filogenia	Propuesta de nueva combinación <i>Yuzurua iridescens</i>	Quintana Roo, Caribe	Sentías <i>et al.</i> 2015	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Brazilian Journal of Botany</i>	UAM
Filogenia, genética de poblaciones	Propuesta de un complejo morfológico entre <i>Hydropuntia cornea</i> / <i>H. usneoides</i>	Yucatán, Caribe	Núñez-Reséndiz <i>et al.</i> 2015	Secuenciación de ADN (genes plastidiales: <i>rbcl</i> , COI, RuBisCO espaciadora; gen mitocondrial: <i>cox2-3</i> región espaciadora)	Revista <i>Phycologia</i>	UAM



Filogenia, genética de poblaciones	Propuesta de un complejo morfológico entre <i>Hydropuntia cornea</i> / <i>H. usneoides</i>	Yucatán, Caribe	Núñez-Reséndiz 2015	Secuenciación de ADN (genes plastidiales: <i>rbcl</i> , COI, RuBisCO espaciadora; gen mitocondrial: <i>cox2-3</i> región espaciadora)	Tesis Doctorado	UAM
Taxonomía, filogenia	Propuesta de cuatro nuevas especies: <i>Pyropia montereyensis</i> , <i>P. columbiensis</i> , <i>P. protolanceolata</i> , <i>P. bajacaliforniensis</i>	Baja California, Costa Oeste de Norteamérica	Lindstrom <i>et al.</i> 2015	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>PhytoKeys</i>	UABC
Taxonomía, ecología	Corroborar identidad de la especie invasora <i>Gracilaria vermiculophylla</i>	Baja California, Pacífico mexicano	Hammann <i>et al.</i> 2016	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: <i>cox1</i> )	Revista <i>Marine Biology</i>	UABC
Taxonomía, filogenia	Propuesta de dos nuevas especies: <i>Ochtodes maguachaveziae</i> y <i>O. akumalensis</i>	Quintana Roo, Caribe	Mateo-Cid <i>et al.</i> 2016	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Botanica Marina</i>	IPN, UAM
Taxonomía	Corroborar identidad de <i>Hypnea musciformis</i>	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Caribe, Golfo de México	Vázquez-Del-fín <i>et al.</i> 2016	Secuenciación de ADN (gen mitocondrial: COI-5P; gen plastidial: <i>rbcl</i> )	Revista <i>Phycologia</i>	CINVESTAV
Total de trabajos en algas rojas: 26						
MÁS DE UN GRUPO ALGAL						
Taxonomía, biogeografía, filogenia	Evaluar taxonomía y distribución biogeográfica de <i>Caulerpa</i> , <i>Padina</i> , <i>Dictyota</i> y <i>Amphiroa</i> .	Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Jalisco Pacífico mexicano	Fernández-García (2012)	Secuenciación de ADN (gen plastidial: <i>tufA</i> ; genes mitocondriales ( <i>cox3</i> , COI-5P))	Tesis Doctorado	UABCS
Total de trabajos: 45						

# EL GÉNERO *BRASILONEMA* (SCYTONEMATACEAE, NOSTOCALES, CYANOBACTERIA) EN MÉXICO.

## THE GENUS *BRASILONEMA* (SCYTONEMATACEAE, NOSTOCALES, CYANOBACTERIA) IN MEXICO.

Itzel Becerra-Absalón

Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Correspondencia: iba@ciencias.unam.mx

### RESUMEN

El género *Brasilonema* Fiore *et al.*, fue descrito recientemente a partir de estudios morfológicos y moleculares. Estudios de poblaciones mexicanas en distintos ambientes, que inicialmente fueron identificadas como *Scytonema*, demuestran que pertenecen a *Brasilonema*. La finalidad de este artículo es dar a conocer las características distintivas de *Brasilonema*, ya que, al parecer este género está ampliamente distribuido en México.

*Palabras clave:* *Brasilonema*, *diagnosis*, *filogenia*, *Scytonemataceae*, *taxonomía*.

### ABSTRACT.

The genus *Brasilonema* Fiore *et al.*, was recently described from morphological and molecular studies. Studies of Mexican populations in different environments, which were initially identified as *Scytonema*, show that belong to *Brasilonema*. The purpose of this article is to present the distinctive features of *Brasilonema*, since, apparently this genus is widely distributed in México.

*Key words:* *Brasilonema*, *diagnosis*, *phylogeny*, *Scytonemataceae*, *taxonomy*.

ambientes tropicales. Seis fueron descritas para Brasil: *B. bromeliae* (Fiore *et al.* 2007) la especie tipo, *B. octagenarum* (Aguiar *et al.* 2008), *B. epidendron*, *B. ornatum*, *B. terrestre* y *B. sennae* (Sant' Anna *et al.* 2011) que inicialmente fue identificada como *Camptylonemopsis sennae* (Komárek 2003). *B. roberti-lamii* fue descrita desde las Antillas como *Tolypothrix roberti-lamii*\* (Bourrelly & Manguin 1952), posteriormente transferida a *Shmidleinema* por Komárek (1989) y por último basándose en las características morfológicas de una población brasileña, Sant' Anna *et al.* (2011) la incluyen en *Brasilonema*; esta especie también fue observada en Los Manatiales, Morelos, México (Rodarte *et al.* 2014). Vaccarino & Johansen (2012), describen una especie para Hawaii, *B. angustatum* y por último *B. tolantongensis* fue observada en Tolantongo, Hidalgo, México (Becerra *et al.* 2013). También existen dos reportes de especies, sin epíteto específico, una de ambientes templados para Italia (Komárek 2013) y otra para las costas de Huatulco, Oaxaca (González-Resendiz *et al.* 2014).

Este género al parecer es muy común en nuestro país pues varias especies de la región Central de México inicialmente identificadas como *Scytonema*, de acuerdo a estudios morfológicos y moleculares correspondieron al género *Brasilonema* (Becerra-Absalón *et al.* 2013, Becerra 2014, Rodarte *et al.* 2014).

El género *Brasilonema* erigido por Fiore *et al.* (2007), a partir de estudios morfológicos y moleculares, está conformado por nueve especies, todas de

\* N. del ed. Dedicado a Robert Lami (1889-1983), fícoloogo francés coeditor de Revue Algologique y no lamyi como aparece en INA o AlgaeBase.

Aunque *Brasilonema* y *Scytonema* morfológicamente pudieran parecer similares, existen caracteres morfológicos distintivos que separan cada género: *Brasilonema* forma talos macroscópicos, conformados por filamentos que se agrupan en fascículos (Fig. 1a y 1b); los filamentos están paralelamente dispuestos y las vainas generalmente no están lameladas y son incoloras, en filamentos viejos pueden estar poco lameladas y pardas (Fig. 1c), en algunas especies como *B. ornatum* pueden estar ornamentadas (Fiore *et al.* 2007, Sant' Anna *et al.* 2011).

Los ápices son redondeados y cerrados hasta que se liberan hormogonios (Fig. 1d). Las células son de color verde olivo, pardo o violeta (Fig. 1b-i). Los tricomas generalmente son del mismo ancho en todo el filamento (Fiore *et al.* 2007), excepto en *B. angustatum* que se atenúa ligeramente (Vaccarino & Johansen 2012). Además, en los tricomas se observan "vacuolizaciones" (Fig. 1e) y se pueden observar ramas falsas dobles o simples (Fig. 1f-g), pero generalmente son raras (Fiore *et al.* 2007). Otras características que se observan en varias especies, pero que no están contempladas en la diagnosis del género, es que los hormogonios a veces tienen heterocitos basales (Fig. 1h-i), y su desarrollo es asimétrico, es decir que el hormogonio comienza a dividirse sólo por uno de los extremos y cuando tiene heterocito basal siempre se divide del lado contrario a este (Becerra-Absalón *et al.* 2013). Estas últimas características son muy importantes porque en *Scytonema* el desarrollo de los hormogonios es simétrico y si hay heterocitos, estos son intercalares (Komárek 2013).

Actualmente se está realizando la revisión del género *Brasilonema*, con especies de varios países tropicales (Bohunická 2013, com. pers.), y es muy posible que especies de *Scytonema* sean transferidas a este nuevo género.

*Brasilonema* forma un clado muy consistente en los árboles filogenéticos con buenos valores de bootstrap y cercanamente relacionado con el clado de *Scytonema* sensu stricto, que es donde se ubica la especie tipo *Scytonema hofmannii* (Fig. 2), dentro de lo que sería la familia Scytonemataceae.

En la región central de México, se han observado especies de *Brasilonema* en: Tolantongo, Hidalgo (Becerra-Absalón *et al.* 2013); Los Manantiales, Morelos (Becerra 2014, Rodarte *et al.* 2014); Xilitla, San Luis Potosí, en el Valle de Zapotitlán, Puebla (Becerra 2014) y en la zona supramareal e intermareal en la playa de Huatulco, Oaxaca (González-Resendiz *et al.* 2015). Las cinco poblaciones de ambientes dulceacuícolas fueron estudiadas tanto morfológicamente como molecularmente (Becerra-Absalón *et al.* 2013, Becerra

2014, Rodarte *et al.* 2014), y forman un clado con el resto de especies descritas del género (Fig. 2).

Los ambientes en donde se han encontrado las especies de *Brasilonema* siempre son aerofíticos, ya sea sobre paredones y suelos; en cascadas, recibiendo el rocío de agua o cubiertos por una película de agua, o sobre el sustrato rocoso de playas, recibiendo el oleaje o rocío marino. La mayoría de las especies reportadas han sido de ambientes tropicales y una de ambiente templado.

El propósito de este pequeño artículo es difundir las características de *Brasilonema*, que es un género, descrito recientemente y que al parecer puede estar ampliamente distribuido en México. Hay que estar atentos con las poblaciones de filamentos isopolares, que forman fascículos, tricomas con heterocitos intercalares, con células de color marrón, verde olivo o violeta, "vacuoladas" y hormogonios característicos, que generalmente identificamos como *Scytonema*, pero en realidad podrían tratarse de una especie de *Brasilonema*.

## REFERENCIAS

- Aguiar, R., M.F. Fioré, M.W. Franco, M.C. Ventrella, A. Lorenzina, C. Vanetti, & A.C. Alfenas. 2008. A novel epiphytic cyanobacterial species from the genus *Brasilonema* causing damage to *Eucalyptus* leaves. *Journal of Phycology* 44: 1322-1334.
- Becerra-Absalón, I., B. Rodarte, K. Osorio, L. Alba-Lois, C. Segal-Kischinevzky & G. Montejano. 2013. A new species of *Brasilonema* (Scytonemataceae, Cyanoprokaryota) from Tolantongo, Hidalgo, Central Mexico. *Fottea*: 13: 25-38.
- Becerra, I. 2014. Sistemática de la familia Scytonemataceae (Cyanoprokaryota / Cyanobacteria). Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 120 pp.
- Bohunická, M. 2013. Revision of a recently described pantropical genus *Brasilonema* Fiore *et al.* (Nostocales, Cyanobacteria). Conferencia en IAC- 19th Symposium of the International Association for Cyanophyte Research, Cleveland, Ohio, USA.
- Bourrelly, P. & E. Manguin. 1952. Algues d'eau douce de la Guadeloupe et dependances recueillies par la Mission P. Allorge em 1936. *Société D' Edition d' Enseignement Supérieur*.
- Fioré, M.F., C.L. Sant'Anna, M.T.P. Azevedo, J. Komárek, J. Kaštovský, J. Sulek & A.S. Lorenzi. 2007. The cyanobacterial genus *Brasilonema*, gen. nov., a molecular and phenotypic evaluation. *Journal of Phycology* 43: 789-798.
- González-Resendiz, L., H. León-Tejera & M. Gold-Morgan. 2015. Morphological diversity of benthic Nostocales (Cyanoprokaryota/Cyanobacteria) from the tropical

rocky shores of Huatulco region, Oaxaca, México. *Phytotaxa*. 219: 221-232.

Komárek, J. 1989. Studies on the Cyanophytes of Cuba 7-9. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 24: 171-206.

Komárek, J. 2003. Two *Camptylonemopsis* species (Cyanoprokaryotes) from Mata Atlántica in coastal Brazil. *Preslia*. 75: 223-232.

Komárek, J. 2013. *Cyanoprokaryota* 3rd part. Heterocytous genera. In: Büdel, B., G. Gärtner, L. Krienitz, M. Schagerl. Eds. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/3. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Rodarte, B., I. Becerra-Absalón, G. Montejano, K. Osorio, L. Alba-Lois, H. León-Tejera & C. Segal-Kischivezky. 2014. Morphological and molecular characterization of *Brasilonema roberti-lamii* (Cyanophyceae, Nostocales, Scytonemataceae) from central Mexico. *Phytotaxa* 164: 255-264.

Sant'Anna, C.L., M.T.P. Azevedo, M.F. Fioré, A.S. Lorenzi, J. Kaštovský & J. Komárek. 2011. Subgeneric diversity of *Brasilonema* (Cyanobacteria, Scytonemataceae). *Revista Brasileira de Botânica*. 34: 51-62.

Vaccarino, M.A. & J.R. Johansen. 2012. *Brasilonema angustatum* sp. nov. (Nostocales), a new filamentous cyanobacterial species from the Hawaiian Islands. *Journal of Phycology*. 48: 1178-1186.

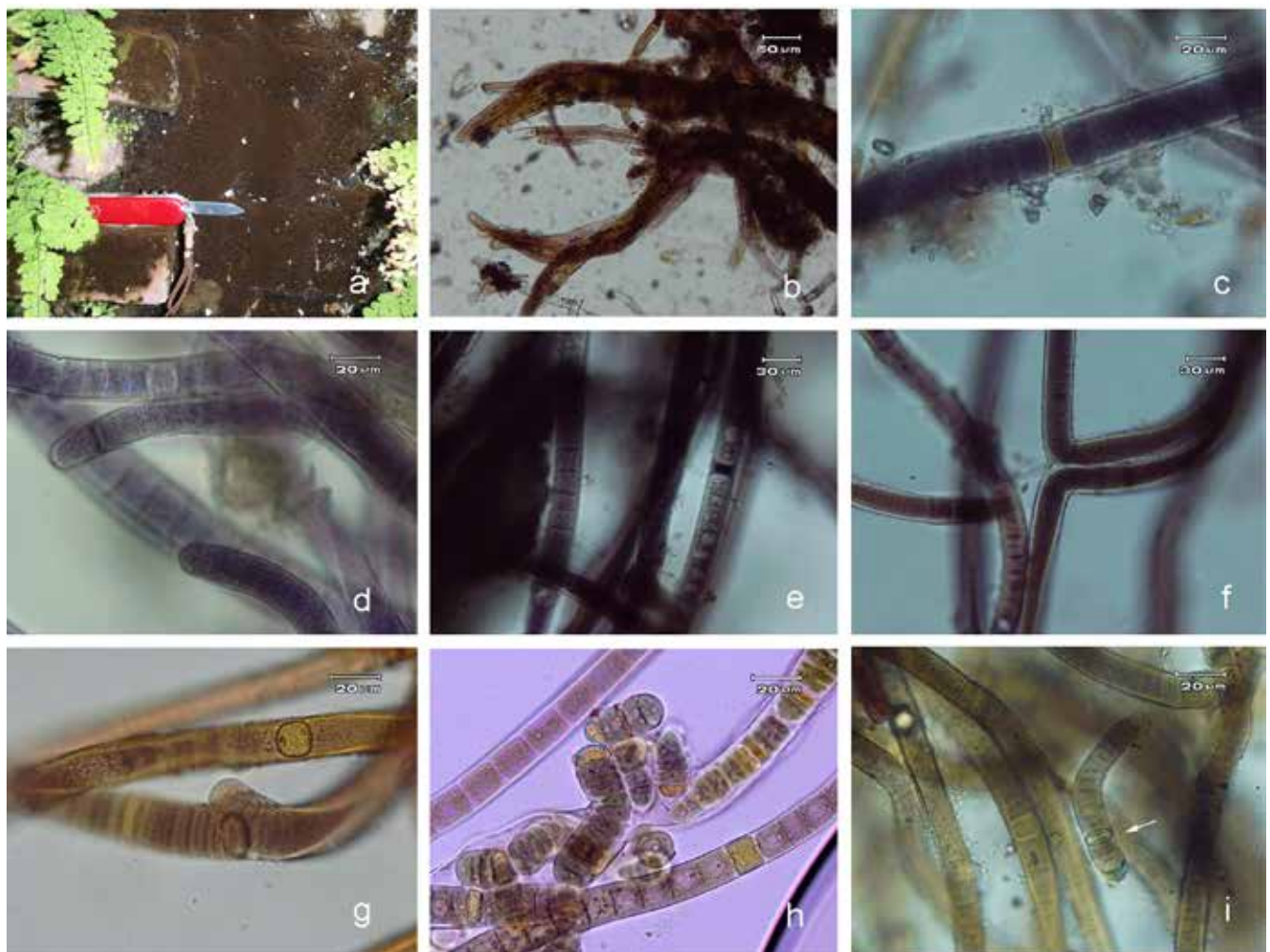
Recibido: 29 de marzo

Revisado: 1 de junio

Corregido: 20 de junio

Aceptado: 25 de junio

Revisores: Dra. Pilar Mateo y Dra. Esther Berrendero.



**Fig. 1.** Características morfológicas de *Brasilonema*: **a)** talo macroscópico, **b)** filamentos formando fascículos, **c)** tipo de vainas, forma y color de las células y heterocito intercalar, **d)** ápices redondeados, **e)** tricomas con células “vacuoladas” y necridios, **f)** ramas falsas dobles, **g)** rama falsa simple, **h)** hormogonio, **i)** desarrollo asimétrico del hormogonio, la flecha señala el heterocito, que al inicio era basal.

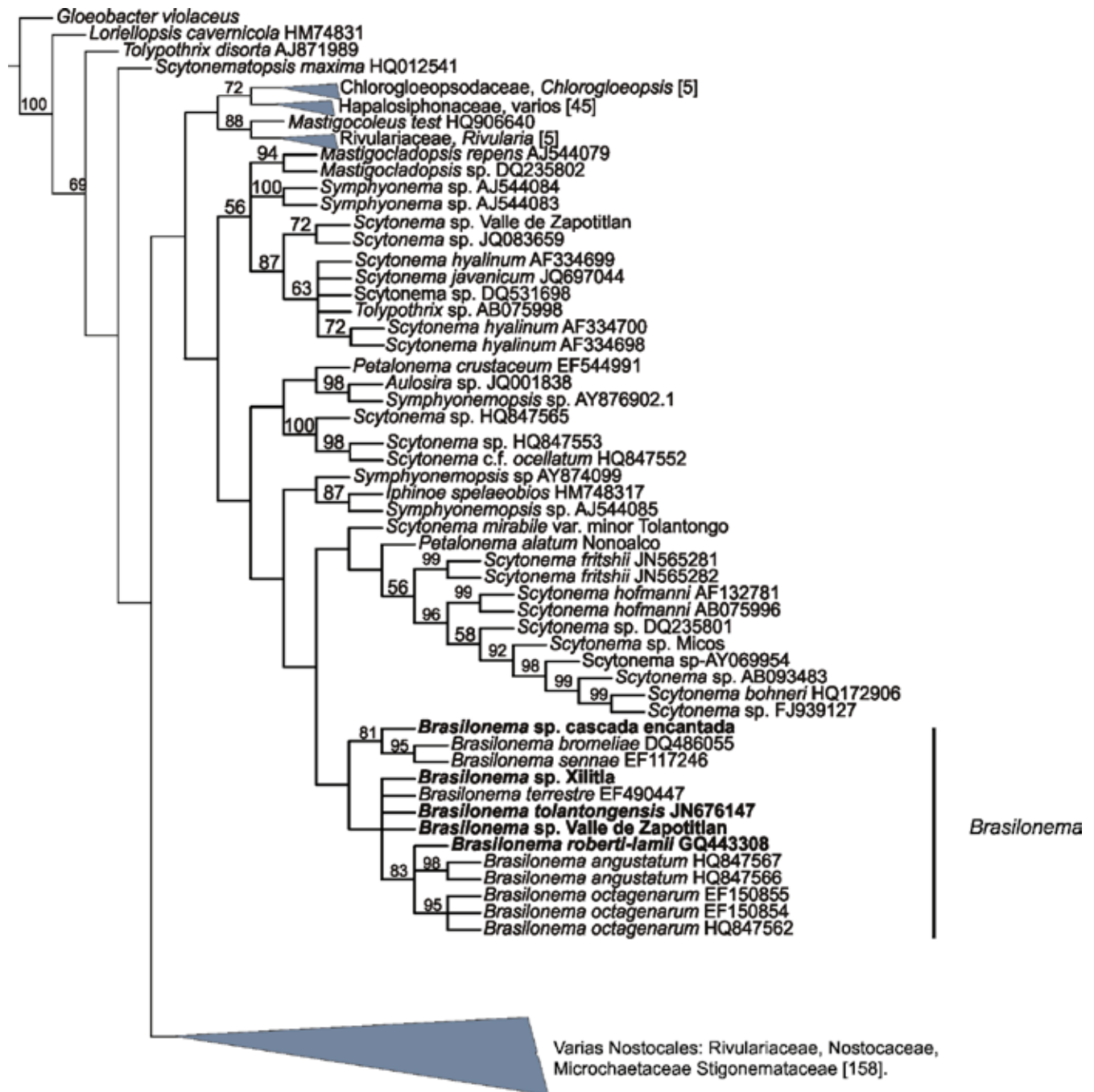


Fig. 2. Árbol filogenético basado en secuencias del gen 16S ARNr, con *Gloebacter violaceus* como grupo externo funcional. Se muestra el porcentaje de bootstrap (>50%) y en negritas las poblaciones mexicanas de *Brasilonema*, tomado y modificado de Becerra (2014).

Óscar Eduardo Hernández Cervantes.  
**Análisis biogeográfico del género *Laurencia***  
**(Ceramiales, Rhodophyta)**

Tesis de Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 132p.  
 Correspondencia: oehc90@gmail.com

El género *Laurencia* J.V. Lamouroux tiene un área de distribución en las franjas de los mares tropicales y subtropicales del mundo, presentando valores altos de riqueza de especies en el Indo-Pacífico y Mar Caribe. El reconocimiento de áreas de endemismo mediante el uso de análisis biogeográficos, es importante para comprender los procesos de evolución espacial de los organismos. Mediante el análisis de simplicidad o parsimonia de endemismos (PAE por en sus siglas en inglés) se reconocen 10 áreas de endemismo, ocho áreas secundarias y 27 especies con distribución cosmopolita. El patrón biogeográfico identificado para el género es explicado por un evento de dispersión pre vicariante ocurrido en las aguas del mar de Tethys, seguido por la aparición de barreras geográficas como el cierre del Istmo de

Panamá, la barrera del Pacífico Oriental, la fragmentación de Gondwana, el desprendimiento del archipiélago Indo-Malayo, la aparición de la corriente circunantártica, y eventos más recientes ocurridos en el Holoceno (menos de un millón de años). Este patrón es congruente con los descritos para otros organismos marinos. De acuerdo a las áreas de endemismo obtenidas, y su alta congruencia, se confirma la validez taxonómica del grupo.

*Palabras clave:* Algas rojas, áreas de endemismo, biogeografía, distribución geográfica, Rhodomelaceae.

**Texto completo disponible en la Colección de tesis electrónicas "TESIUAMI":** <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/default2.php>

Víctor Hugo Salinas Camarillo  
**Taxonomía y distribución de las diatomeas epilíticas de ríos en la cuenca de México**

Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.  
 Correspondencia: salinasch69@ciencias.unam.mx

El presente trabajo describió la variabilidad morfológica, preferencias ambientales y distribución de las poblaciones de diatomeas epilíticas de los ríos en la Cuenca de México. Se estudiaron nueve subcuencas representadas por 23 localidades que se ubicaron entre los 2,345 y 3,435 m s.n.m. Las características ambientales de los ríos correspondieron a ríos de montaña con agua templada y poco mineralizadas: temperatura 5-16 °C, saturación de Oxígeno 76-100%, conductividad específica

42-129  $\mu\text{S cm}^{-1}$  y baja concentración de nutrientes. Se identificaron 252 taxones correspondientes a 63 géneros, tres de ellos reportados por primera vez en México: *Chamaepinnularia* Lange-Bertalot & Krammer, *Decussata* (Patrick) Lange-Bertalot & Metzeltin y *Neidiopsis* Lange-Bertalot & Metzeltin; 51 especies reportadas por primera vez para México y 57 taxones que podrían representar nuevos registros para el país, 31 de estos identificados a nivel genérico. Los géneros con mayor número de

taxones fueron *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Pinnularia*. Se elaboró una ficha taxonómica para cada taxón registrado en la cual se incluyó la descripción morfológica y morfométrica, así como su distribución local, nacional y mundial, su afinidad ecológica reportada en la literatura, las condiciones ambientales y la abundancia en las que se encontró. La riqueza promedio por localidad fue de 51 taxones (34-80) y la diversidad de Shannon-Wiener fue de 0.5-3.2. Los amplios intervalos de la riqueza y diversidad estuvieron relacionados con la homogeneidad o heterogeneidad ambiental en cada localidad. Del total de taxones registrados, 98 taxones fueron exclusivos de una sola localidad y 21 fueron considerados frecuentes, donde *Achnanthydium minutissimum* y *Planothydium lanceolatum* fueron las únicas especies presentes en todas las localidades. Se reconocieron 78 taxones abundantes ( $P_i > 0.8\%$ ), 23 de ellos se consideraron típicos de ríos de montaña por su frecuencia y abundancia. La diferencia en las abundancias relativas entre localidades de 45 taxones ( $P_i > 0.8\%$ ) estuvo co-

rrelacionada con cambios en la concentración de nutrientes, conductividad específica y la velocidad de corriente. Para cada subcuenca se describieron los ensambles de taxones por sus abundancias relativas, señalando los dominantes y su relación con las características ambientales de las distintas localidades, principalmente por perturbaciones de origen antropogénico. La frecuencia y abundancia de un alto número de especies reportadas en este estudio coincidió con los reportes previos para regiones templadas, por lo que podemos considerar que existe una comunidad diatomológica típica de ríos de montaña en la Cuenca de México.

*Palabras clave:* Diatomeas, Bacillariophyta, taxonomía, distribución, Cuenca de México

**Texto completo disponible en: Textos completos disponibles en la Dirección General de Bibliotecas, UNAM / TesisUNAM: <http://tesis.unam.mx/F>**

## Martha Isabel Vilchis Alfaro. Biogeografía de las grandes macroalgas en el Golfo de México y Caribe mexicano.

Tesis de Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 105 p.  
Correspondencia: miva.uam@gmail.com

En el presente trabajo se analizan los registros de grandes macroalgas (con tallas de los 10 a los 100 cm) en el Golfo de México y Caribe mexicano, aplicando métodos biogeográficos. Se reportan 118 especies de grandes macroalgas para el área de estudio, distribuidas en 139 localidades. Se identificaron 10 áreas con alta riqueza de especies: Escollera Norte del Río Panuco, Litoral Marino de Tampamachoco-Barra de Czones, norte del Sistema Arrecifal Veracruzano, Montepío-Catemaco, Arrecife Alacranes, Puerto Progreso, noreste de la península de Yucatán, noroeste de Isla Cozumel y Xcalak-Banco Chinchorro. El Análisis de Parsimonia de Endemismos arrojó nueve grupos de Unidades Geográficas Operativas, basados en la presencia de especies compartidas, cuatro áreas con especies exclusivas y una región formada por seis áreas caracterizadas por una combinación única de especies. El análisis panbiogeográfico permitió identificar dos trazos

generalizados y un nodo biogeográfico ubicado en el noroeste de la Península de Yucatán. En base a la integración de los análisis anteriores, se proponen cuatro áreas de conservación para las grandes macroalgas, en orden de importancia: Arrecife Alacranes-Puerto Progreso, norte del Sistema Arrecifal Veracruzano, noroeste de la Península de Yucatán y Xcalak-Banco Chinchorro. Las macroalgas, *Eucheuma isiforme*, *Sargassum fluitans* e *Hydropuntia cornea* se postulan como un potencial natural para desarrollarse como materia prima para la fabricación de papel artesanal. La pulpa producida abre un campo en la diversificación de usos para los recursos marinos, y merece atención biotecnológica.

*Palabras clave:* Áreas de conservación, panbiogeografía, grandes macroalgas, papel artesanal, pulpa papirogénica.

**Texto completo disponible en la Colección de tesis electrónicas "TESIUAMI": <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/default2.php>**

**Compilación de Claudia Pedraza**

Una sección sobre páginas web de interés para ficólogos.

## Sitios dedicados al conocimiento y difusión sobre Dinophyta (Dinoflagelados):

**Algae Resource Database**

<http://www.shigen.nig.ac.jp/algae/>

**Bigelow National Center for Marine Algae and Microbiota**

<https://ncma.bigelow.org/>

**CEDiT Centre of Excellence for Dinophyte Taxonomy**

[http://www.dinophyta.org/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.dinophyta.org/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)

**Dinoflagellates**

<http://botany.si.edu/references/dinoflag/index.htm>

**The Harmful Algae Page**

<http://www.whoi.edu/redtide/>

**Introduction to the Dinoflagellata**

<http://www.ucmp.berkeley.edu/protista/dinoflagellata.html>

**IOC Centre for Harmful Algal Blooms UNESCO**

[http://www.ioc-unesco.org/hab/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11&Itemid=0](http://www.ioc-unesco.org/hab/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=0)

**MIRACLE microfossil image recovery and circulation for learning and education**

<http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/dinoflagellate.html>

**Protist Image Data**

<http://megasun.bch.umontreal.ca/protists/protists.html>

**The Tree of Life Web Project (ToL)**

<http://tolweb.org/Dinoflagellates/2445>