



Vol. 3. No. 2 (2017)
ISSN: 2448-8100

Revista de investigación y difusión sobre algas

Biodiversidad de Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) en México
La elaboración de hipótesis científicas en estudios ficológicos



COMITÉ EDITORIAL

EDITOR EJECUTIVO:

Dr. Eberto Novelo

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
enm@ciencias.unam.mx

EDITORES ADJUNTOS:

Dr. Abel Sentfés

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México
asg@xanum.uam.mx

Dr. Juan Manuel Lopez-Bautista

Universidad de Alabama, United States of America
jlopez@biology.as.ua.edu

EDITORES ASOCIADOS (COMITÉ EDITORIAL TEMÁTICO)

Florística, Taxonomía, Filogenia y sistemática, Biogeografía y distribución:

Dr. Erasmo Macaya

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile
emacaya@oceanografia.udec.cl

M. en C. Gloria Garduño Solórzano

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México
ggs@servidor.unam.mx

Dr. Luis E. Aguilar Rosas

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California
aguilarl@uabc.edu.mx

Dr. Visitación Conforti

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Argentina
conforti@bg.fcen.uba.ar

Biología celular y Bioquímica, Fisiología y Ecofisiología:

Dr. Pilar Mateo Ortega

Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, España
pilar.mateo@uam.es

Algas tóxicas y FANs:

Dra. Marina Aboal Sanjurjo

Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España
maboal@um.es

Dr. Yuri Okolodkov

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, México
yuriokolodkov@yahoo.com

Ecología de poblaciones y comunidades algales :

Dra. Ligia Collado Vides

School of Environment, Arts and Society, Florida International University, United States of America
Ligia.ColladoVides@fiu.edu

Dra. Rosaluz Tavera

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
r_tavera@ciencias.unam.mx

Ficología aplicada y biotecnología:

Dra. Eugenia J. Olguín Palacios

Instituto de Ecología, Centro CONACYT
eugenia.olguin@inecol.mx

Dra. Marcia G. Morales Ibarria

División de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México
mmorales@correo.cua.uam.mx

CINTILLO LEGAL

Cymbella Revista de investigación y difusión sobre algas. Vol. 3, Núm. 2, mayo-agosto de 2017, 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. Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2016-112410454200. ISSN: 2448-8100. 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, 29 de octubre de 2017.

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.

Biodiversidad de Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) en México

Diversity of Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) in México

María Luisa Núñez-Resendiz^{1*}, Abel Sentíes², Kurt M. Dreckmann² e Hilda León Tejera¹

¹Dpto. de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

²Dpto. de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México.

* mlnr@ciencias.unam.mx

Núñez-Resendiz, M.L., A. Sentíes, K. Dreckmann e H. León Tejera. 2017. Biodiversidad de Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) en México. *Cymbella* 3(2): 21-31 (<http://cymbella.mx>)

RESUMEN

La familia Solieriaceae es una de las más numerosa del orden Gigartinales y se distribuye ampliamente en aguas templadas y tropicales. Sus representantes se caracterizan por presentar una médula filamentosa y una corteza pseudoparenquimatoso, tetrasporangios zonados y la presencia de cistocarpos en los cuales el gonimoblasto se desarrolla internamente a partir de una célula auxiliar. Adicionalmente, la mayoría de sus representantes constituyen una importante fuente comercial por la presencia de carragenanos en su pared celular. Desde 1976, de las 89 especies actualmente reconocidas para la familia, 19 han sido registradas en los litorales mexicanos, tanto en el Pacífico como en el Atlántico, lo que representa el 21% de la flora mundial de esta familia. La única especie común en ambos océanos es *Wurdemannia miniata*. De los 17 géneros reconocidos para la familia, 10 tienen especies distribuidas en litorales mexicanos, representando el 59% de su diversidad.

Palabras clave: algas marinas, costas de México, distribución, riqueza taxonómica, Rhodophyta.

ABSTRACT

Solieriaceae is one of the largest in the order Gigartinales and is widely distributed in temperate and tropical waters. Its representatives are characterized by filamentous medulla and pseudoparenchymatous cortex, zoned tetrasporangia and the presence of cystocarps in which the gonimoblast develops inter-

nally from an auxiliary cell. Additionally, most of its representatives constitute an important commercial source for the presence of carrageenans in their cells. Since 1976, of the 89 species currently recognized for the Solieriaceae, 19 have been recorded on Mexican coasts, both in the Pacific and Atlantic, representing 21% of the world flora in this family. Only *Wurdemannia miniata* is a common species to both oceans. Ten out of the 17 genera recognized for the family, have species distributed in Mexican coasts, representing 59% of their diversity.

Key words: coasts of Mexico, distribution, marine algae, Rhodophyta, taxonomy richness.

INTRODUCCIÓN

Solieriaceae J. Agardh (1876) es la familia de algas rojas marinas que comprende al mayor número de géneros que cualquier otra en el orden Gigartinales (Bondu *et al.* 2010; Wynne y Kraft 1981). Actualmente, la conforman 17 géneros (Watt *et al.* 2003) y cerca de 90 especies (Guiry y Guiry 2017) de algas de textura carnosa y cartilaginosa (Guimarães y Oliveira 1996), ampliamente distribuidas en aguas templadas y tropicales (Faye *et al.* 2004; Fredericq *et al.* 1999; Millar y Prud'homme van Reine 2005). La mayoría de los representantes de esta familia constituyen una importante fuente comercial, ya que son el grupo de algas en donde se encuentra el mayor intervalo de diversidad estructural de carragenanos (Chiovitti *et al.* 2001a, 2001b; Freshwater *et al.* 1994; Greer y Yaphe 1984).

Los representantes de Solieriaceae son muy diversos morfológicamente, presentan talos aplanados, peltados o cilíndricos, erectos o postrados, poco a muy ramificados, de 20-60 cm de talla (Taylor 1962; Womersley 1994) (Figs. 1-4). Sin embargo, estructuralmente todos se caracterizan por presentar una médula filamentosa y una corteza pseudoparenquimatosa (Agardh 1842, 1876) (Figs. 5 y 6). Los filamentos medulares están organizados longitudinalmente en los ejes o frondas y están conectados, de manera lateral hacia ambos lados, a células isodiamétricas alargadas (o estrelladas) que conforman la corteza interna, misma que desarrolla una corteza externa de células pequeñas y pigmentadas (Gabrielson y Cheney 1987; Gabrielson y Kraft 1984) (Fig. 7). Los tetrasporangios son zonados y se encuentran dispersos en las porciones apicales de los ejes o frondas (Millar y Kraft 1993) (Fig. 8). Otra característica importante del grupo es la presencia de cistocarpos en los cuales el gonimoblasto se desarrolla internamente (Fig. 9), a partir de una célula especial (la célula auxiliar), la cual a menudo está unida en el gametofito masculino a los filamentos por fusiones celulares o uniones intercelulares (*pit connections*) secundarias (Gabrielson y Hommersand 1982a; Hommersand y Fredericq 1990; Kylin 1956).

Los géneros de Solieriaceae están organizados en dos grandes grupos en función de las estructuras maduras del carposporofito (Hommersand y Fredericq 1990; Kylin 1956). En el primer grupo, el gonimoblasto se produce a partir de una única fusión de grandes células centrales de la cual surgen filamentos gonimoblásticos diploides periféricos (Gabrielson 1983; Kraft 1984; Kraft y Gabrielson 1983). En este grupo se encuentra el género tipo, *Solieria* J. Agardh, así como los géneros *Betaphycus* Doty, *Eucheuma* J. Agardh, *Kappaphycus* Doty, *Melanema* Min-Thein & Womersley, *Sarconema* Zanardini, *Tacanoosca* Norris, Gabrielson et Cheney y *Tikvahiella* Kraft et Gabrielson; mientras que, en el segundo grupo, la producción de gonimoblastos incorpora a una masa pseudoparenquimatosa central de células estériles que da lugar a los gonimoblastos periféricos (Faye *et al.* 2005a; Gabrielson 1982a, 1982b; 1985; Gabrielson y Hommersand 1982a, 1982b). En este grupo se encuentran *Agardhiella* Schmitz, *Anatheca* F.Schmitz, *Euryomma* Schmitz, *Flahaultia* Bornet, *Gardneriella* Kylin, *Meristotheca* J. Agardh, *Placentophora* Kraft y *Sarcoditheca* Kylin. Para el género *Wurdemannia* Harvey se desconoce la reproducción sexual.

En otras partes del mundo existen trabajos monográficos muy completos en los que se describen las especies de varios géneros de Solieriaceae (Faye

et al. 2004, 2005a, 2005b, 2007, 2008; Gabrielson 1982a, 1982b; 1983; 1985; Gabrielson y Hommersand 1982a, 1982b; Kraft 1984; Kraft y Gabrielson 1983), en México sólo existen trabajos florísticos y catálogos con registros de especies. Sin embargo, estos trabajos han permitido tener una noción de la diversidad específica para los géneros de Solieriaceae presentes en las costas mexicanas. Para la costa Pacífica, destacan los trabajos de Dawson (1944a, b, 1961), Norris *et al.* (2017), Pedroche *et al.* (2017) y Setchell y Gardner (1924); mientras que, para la costa Atlántica destacan los trabajos de Callejas-Jiménez *et al.* (2005), Dreckmann (1998), Littler y Littler (2000), Núñez-Resendiz *et al.* (2017), Ortega *et al.* (2001), Senties y Dreckmann (2013), Taylor (1928, 1935, 1941a, 1941b, 1960) y Wynne (2017).

DIVERSIDAD

Desde la circunscripción de la familia Solieriaceae (Agardh 1876) se han registrado cerca de 170 nombres de especies en aproximadamente 25 géneros, muchos de los cuáles son actualmente sinónimos nomenclaturales. De los 17 géneros válidos actualmente para la familia, 10 se distribuyen en los litorales mexicanos (Cuadros 1 y 2), lo que representa un 59 % de la diversidad de la familia a nivel de género, en el mundo. De las 89 especies actualmente en uso para la familia (Guiry y Guiry 2017), 19 (21 %) han sido registradas para México: 11 especies (12 %) en los estados del Pacífico y 9 especies (10 %) en los estados del Atlántico (Cuadros 1 y 2). Dado que la diversidad actual de macroalgas marinas mexicanas de la división Rhodophyta se cuenta en aproximadamente 1855 nombres de especies para el Pacífico y 890 nombres de especies para el Atlántico (Pedroche y Senties 2003), se estima que las 11 especies registradas para el Pacífico representan el 0.6 % de la diversidad a nivel nacional, mientras que las 9 especies registradas para el Golfo de México y Caribe mexicano representan el 1 %. De los géneros que se distribuyen en México, *Agardhiella* y *Wurdemannia* se comparten en ambos océanos y *W. miniata* es una especie común a ellos. Respecto a su distribución en las costas mexicanas, las entidades federativas con mayor número de géneros y especies (g/e) registrados, son Baja California (4/8), Baja California Sur (4/7), Sonora (4/6), Campeche (5/7) y Quintana Roo (6/6). Los estados con el menor número de géneros y especies registrados son Sinaloa (1/1), Tamaulipas (2/2) y Tabasco (2/2). En general, los estados con la mayor riqueza taxonómica pertenecen a las Penínsulas de Baja California y Yucatán. Sin embargo, esto podría deberse a que en estos estados laboran un mayor número

de especialistas (Sentías y Dreckmann 2014), mientras que en los estados con menos número de registros podría deberse, además, a la poca accesibilidad o a las condiciones fisiográficas de los sitios donde crecen las algas, que impiden su establecimiento (Dreckmann y Sentías 2014).

Curva de acumulación de especies. El primer registro de Solieriaceae en México fue *Eucheuma isiforme* (Murray 1889), para la costa Atlántica. Sin embargo, no fue hasta mediados del siglo XX, con los trabajos florísticos de Taylor (1941a, 1941b) para el Atlántico y Dawson para el Pacífico (1944a, 1944b), que las especies de la familia comenzaron a conocerse en las costas mexicanas. Su registro comenzó prácticamente a la par en ambos océanos. En la figura 10, se representa el conocimiento acumulado de las especies y géneros, incluso sinónimos, que han sido descritos desde 1940 a la fecha para las Solieriaceae en México. Desde Dawson (1944a, 1944b) y Taylor (1941a, 1941b) se contaba con 14 especies distribuidas en 4 géneros presentes en las costas mexicanas. En las primeras tres décadas (40's, 50's, 60's), la curva se mantiene constante. Sin embargo, a partir de la década de los 70's, se observa un considerable incremento en el número de géneros y especies registrados, mismo que se ha seguido incrementando al presente (36 especies y 12 géneros). En la figura 11 se presentan los mismos datos, pero considerando solamente a las especies taxonómicamente aceptadas en la actualidad (Guiry y Guiry 2017). Estos datos se comportan de la misma manera que en la figura 10, con 8 especies distribuidas en 4 géneros de los 40's a los 60's, y un incremento constante en el número de géneros y especies desde los 70's al presente (19 especies y 10 géneros). Tanto en la Figura 10 como en la Figura 11 se observa que se mantiene la proporción entre el incremento de especies y géneros.

Expectativa taxonómica. Dado que los límites morfológicos entre las especies no están bien definidos y no existen estudios morfológicos ni trabajos taxonómicos de la familia Solieriaceae en México, no hay argumentos morfológicos que sustenten los nombres listados. En consecuencia, se han llevado a cabo identificaciones erróneas o dudosas, y con ello, una equívoca estimación de la diversidad o riqueza de las especies de este grupo. Sin embargo, el empleo reciente de marcadores moleculares en el estudio de especies de Solieriaceae para la Península de Yucatán, ha mostrado que en especies tales como *Eucheuma isiforme* y el complejo *Hydropuntia cornea/H. usneoides* (Núñez-Resendiz et al. 2015,

2017), existen variaciones genéticas que podrían ser especies nuevas. Por lo que, indudablemente, futuros análisis moleculares arrojarán novedades taxonómicas que incrementarán o reducirán el número de las especies conocidas para la familia hasta el momento, y con un incremento importante de la biodiversidad algal conocida para México.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece a la DGAPA por la beca proporcionada a través del Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM (POSDOC). Este trabajo, incluye la revisión bibliográfica del proyecto de investigación "Caracterización molecular y relaciones filogenéticas de las especies litorales de la familia Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) en la Península de Yucatán, México" apoyado por dicho programa. AS y KD agradecen el apoyo parcial de los proyectos: (UAMI-CBS2015-2018: 15.14-131014 y UAMI-CA- 117, PRODEP).

LITERATURA CITADA

- Agardh, J.G. 1842. *Algae maris Mediterranei et Adriatici*, observationes in diagnosis specierum et dispositionem generum. Apud Fortin, Masson et Cie., Parisiis [París].
- Agardh, J.G. 1876. *Species genera et ordines algarum, seu descriptiones succinctae specierum, generum et ordinum, quibus algarum regnum constituitur. Volumen tertium: de Florideis curae posteriores*. C.W.K. Gleerup, Lipsiae [Leipzig].
- Bondu, S., E. Deslandes, M.S. Fabre, C. Berthou & Y. Guangli. 2010. Carrageenan from *Solieria chordalis* (Gigartinales): Structural analysis and immunological activities of the low molecular weight fractions. *Carbohydrate Polymers* 81: 448-460.
- Callejas-Jiménez, M.E., A. Sentías & K.M. Dreckmann. 2005. Macroalgas bentónicas de Puerto Real, Faro Santa Rosalía y Playa Preciosa, Campeche, México, con algunas consideraciones florísticas y ecológicas para el estado. *Hidrobiológica* 15: 89-96.
- Chiovitti, A., G.T. Kraft, A. Bacic & M.L. Liao. 2001a. Gelling polysaccharides from Australian seaweeds: research and potential. *Marine and Freshwater Research* 52: 917-935.
- Chiovitti, A., G.T. Kraft, A. Bacic, D.L. Craik & M.L. Liao. 2001b. Chemistry, properties, and phylogenetic implications of the methylated carrageenans from red algae of the genus *Areschougia* (Areschougiaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 37: 1127-1137.
- Dawson, E.Y. 1944a. Botanizing in an open boat. *Journal of the New York Botanical Garden*. 45:126-132.
- Dawson, E.Y. 1944b. The marine Algae of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expedition* 3: 189-453.
- Dawson, E.Y. 1961. Marine red algae of Pacific Mexico.

- Part 4: Gigartinales. *Pacific Naturalist* 2: 191-343.
- Dreckmann, K.M. 1998. Clasificación y nomenclatura de las algas marinas bentónicas del Atlántico mexicano. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 140 p.
- Dreckmann, K.M. & A. Sentíes. 2014. Biodiversidad de Gracilariaceae (Rhodophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 69-75.
- Faye, E.J., S. Shimada, K. Kogame & M. Masuda 2004. A new red algal species *Meristotheca dakarensis* (Solieriaceae, Gigartinales) from Senegal, western Africa, with comments on the relegation of *Meristiella* Cheny to synonymy with *Meristotheca* J. Agardh. *Cryptogamie Algologie* 25: 241-259.
- Faye, E.J., S. Shimada, K. Kogame & M. Masuda. 2005a. Reassessment of the little-known western African red alga *Anatheca montagnei* (Gigartinales, Solieriaceae) on the basis of morphology and *rbcl* sequences. *European Journal of Phycology* 40: 195-206.
- Faye, E.J., S. Shimada, K. Kogame & M. Masuda. 2005b. Characterization of the edible red alga *Meristotheca papulosa* (Solieriaceae, Gigartinales) from Japan. *Phycological Research* 53: 234-245.
- Faye, E.J., K. Kogame, S. Shimada, S. Kawaguchi & M. Masuda. 2007. Taxonomic features of the red alga *Meristotheca coacta* (Solieriaceae, Gigartinales). *Phycological Research* 55: 150-158.
- Faye, E.J., K. Kogame, S. Shimada, S. Kawaguchi & M. Masuda. 2008. New red alga *Meristotheca imbricata* (Solieriaceae, Gigartinales) from Japan. *Phycological Research* 56: 115-126.
- Fredericq, S., D.W. Freshwater & M.H. Hommersand. 1999. Observations on the phylogenetic systematics and biogeography of the Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta) inferred from *rbcl* sequences and morphological evidence. *Hydrobiologia* 398/399: 25-38.
- Freshwater, D.W., S. Fredericq, B.S. Butler, M.H. Hommersand & M.W. Chase. 1994. A gene phylogeny of the red algae (Rhodophyta) based on plastid *rbcl*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91:7281-7285.
- Gabrielson, P.W. 1982a. Morphological studies of members of the tribe Agardhiellae, (Solieriaceae, Rhodophyta) I. *Sarcoditheca furcata*. *Phycologia* 21:75-85.
- Gabrielson, P.W. 1982b. Morphological studies of members of the tribe Agardhiellae (Solieriaceae, Rhodophyta) II. *Sarcoditheca gauduchaudii* (Montagne) comb. nov. *Phycologia* 21: 86-96.
- Gabrielson, P.W. 1983. Vegetative and reproductive morphology of *Eucheuma isiforme* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 19:45-52.
- Gabrielson, P.W. 1985. Agardhiella versus *Neoagardhiella* (Solieriaceae, Rhodophyta) another look at the lectotypification of *Gigartina tenera*. *Taxon* 34:275-280.
- Gabrielson, P.W. & D.P. Cheney. 1987. Morphology and taxonomy of *Meristiella* gen. nov. (Solieriaceae, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 23: 481-493.
- Gabrielson, P.W. & M.H. Hommersand. 1982a. The Atlantic species of *Solieria* (Gigartinales, Rhodophyta); their morphology, distribution and affinities. *Journal of Phycology* 18: 31-45.
- Gabrielson, P.W. & M.H. Hommersand. 1982b. The morphology of *Agardhiella subulata* representing the Agardhielleae, a new tribe in the Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 18:46-58.
- Gabrielson, P.W. & G.T. Kraft. 1984. The marine algae of Lord Howe Island (N.S.W.): the family Solieriaceae (Gigartinales, Rhodophyta). *Brunonia* 7: 217-251.
- Geer, C.W. & W. Yaphe. 1984. Characterization of hybrid (beta-kappa-gamma) carrageenan from *Eucheuma gelatinae* J. Agardh (Rhodophyta, Solieriaceae) using carrageenases, infrared and ¹³C-nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Botanica marina* 27: 473-478.
- Guimarães, S.M.P.B. & C.E. Oliveira. 1996. Taxonomy of the flattened Solieriaceae (Rhodophyta) in Brazil: *Agardhiella* and *Meristiella*. *Journal of Phycology*, 32: 656-668.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (consultado el 31 enero 2017).
- Hommersand, M.H. & S. Fredericq. 1990. Sexual reproduction and cystocarp development. In: K.M. Cole & R.G. Sheath. Eds. *Biology of the Red Algae*. Cambridge University Press, New York, pp. 305-345.
- Kraft, G.T. 1984. Taxonomic and morphological studies of tropical and subtropical species of *Callophycus* (Solieriaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 23:53-71.
- Kraft, G.T. & P.W. Gabrielson. 1983. *Tikvahiella candida* gen. et sp. nov. (Solieriaceae, Rhodophyta), and new adelphoparasite from southern Australia. *Phycologia* 22: 47-57.
- Kylin, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. C.W.K. Gleerups, Lund.
- Littler, D.S. & M.M. Littler. 2000. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Offshore Graphics, Washington.
- Millar, A.J.K. & G.T. Kraft. 1993. Catalogue of marine and freshwater red algae (Rhodophyta) of New South Wales, including Lord Howe Island, south-western Pacific. *Australian Systematic Botany* 6: 1-90.
- Millar, A.J.K. & W.F. Prud'homme van Reine. 2005. Marine benthic macroalgae collected by Vieillard from New Caledonia and described as new species by Kützing. *Phycologia* 44: 536-549.
- Murray, 1889. Catalogue of the marine algae of the West

- Indian region. *Journal of Botany* 27: 237-305.
- Norris, J.N., L.E. Aguilar-Rosas & F.F. Pedroche. 2017. Benthic Marine Algae of the Gulf of California, México: Rhodophyta, Phaeophyceae, and Chlorophyta. Smithsonian Contributions to Botany, Washington. (En prensa).
- Núñez-Resendiz, M.L., K.M. Dreckmann, A. Sentíes, 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.
- Núñez-Resendiz, M.L., K.M. Dreckmann & A. Sentíes. 2017. *Meristotheca cylindrica* sp. nov. (Solieriaceae, Rhodophyta) from the Southern Gulf of Mexico. *Phycologia* 56: 423-429.
- Ortega, M., J. Godínez-Ortega & G. Garduño. 2001. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. Cuadernos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, No. 34. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Pedroche, F.F. & A. Sentíes. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y problemática actual. *Hidrobiológica* 13: 23-32.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas & R. Aguilar-Rosas. 2017. Catálogo de las Algas Marinas Bentónicas del Pacífico de México. III. Rhodophyta. Universidad Autónoma Metropolitana (en preparación).
- Sentíes, A. & K.M. Dreckmann. 2013. Lista actualizada de las macroalgas de Tabasco, México. *Acta Botanica Venezuelica* 36: 109-117.
- Sentíes, A. & K.M. Dreckmann. 2014. Biodiversidad de las macroalgas marinas de la familia Rhodomelaceae (Rhodophyta) en México. *Revista mexicana de Biodiversidad* 85: S62-S68.
- Setchell, W.A. & N. L. Gardner. 1924. New Marine algae from the Gulf of California. *Proceedings California Academy of Sciences* 12: 695-949.
- Taylor, W.R. 1928. The marine algae of Florida with special reference to the Dry Tortugas. *Publications of the Carnegie Institute Washington* 379: 1-220.
- Taylor, W.R. 1935. Marine algae from the Yucatan Peninsula. *Publications of the Carnegie Institute Washington* 461: 115-124.
- Taylor, W.R. 1941a. Notes on the marine algae of Texas. *Papers of the Michigan Academy of Science* 26: 69-79.
- Taylor, W.R. 1941b. Tropical marine algae of the Arthur Schott Herbarium. *Publication Field Museum of Natural History, Botanical Series* 20: 87-104.
- Taylor, W.R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas. University of Michigan Press, Ann Harbor.
- Taylor, W.R. 1962. Marine algae from the tropical Atlantic Ocean: V. Algae from the Lesser Antilles. *Contributions from the United States National Herbarium* 36: 43-62.
- Watt, N.J., A. Chiovitti, D.J. Craik & G.T. Kraft. 2003. The cell wall galactans from Australian representatives of the genus *Meristotheca* (Solieriaceae, Rhodophyta). *Phycologia* 42: 572-581.
- Womersley, H.B.S. 1994. The marine benthic flora of southern Australia. Rhodophyta: Part IIIA. Bangiophyceae and Floridophyceae (Acrochaetiales, Nemaliales, Gelidiales, Hildenbrandiales and Gigartinales *sensu lato*). Australian Biological Resources Study, Canberra.
- Wynne, M.J. & G.T. Kraft. 1981. Classification summary. In: C. S. Lobban & M. J. Wynne. Eds. *The biology of seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 743-750.
- Wynne, M. J. 2017. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: fourth revision. *Nova Hedwigia* 145:7-202.

Recibido: 9 de febrero de 2017

Revisado: 21 de julio de 2017

Corregido: 18 de agosto de 2017

Aceptado: 19 de agosto de 2017

Revisores: Luis E. Aguilar Rosas; Juan Manuel López Vivas

Cuadro 1. Lista florística y distribución por estado de los géneros y especies de Solieriaceae en el Pacífico mexicano (Dawson 1944a, b, 1961; Norris *et al.* 2017; Pedroche *et al.* 2017). BC, Baja California; BCS, Baja California Sur; SON, Sonora, SIN, Sinaloa, NAY, Nayarit.

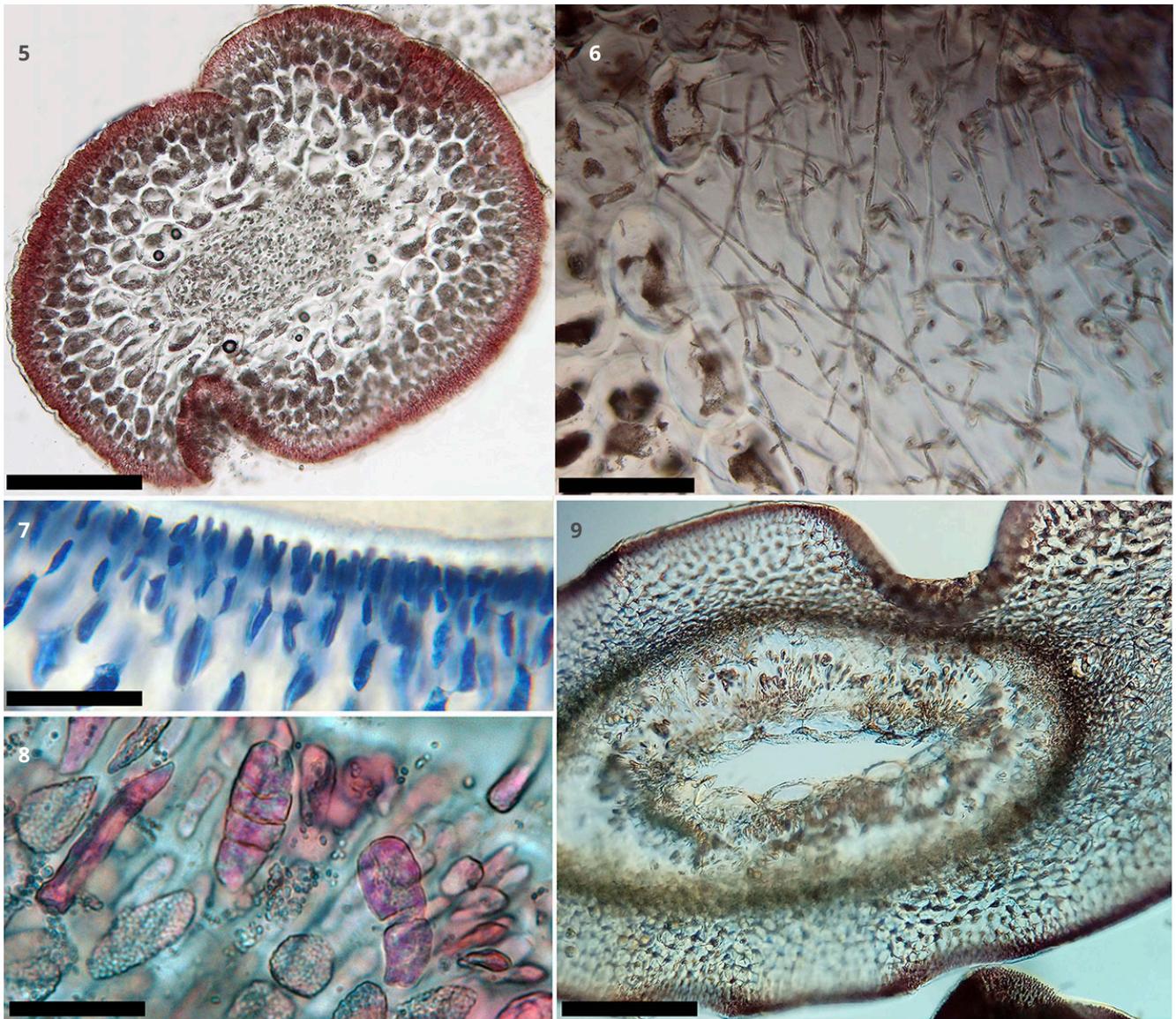
<i>Solieriaceae</i>		Distribución en el PM				
		BC	BCS	SON	SIN	NAY
<i>Agardhiella</i>						
1	<i>A. mexicana</i> E.Y. Dawson	x	x	x		
2	<i>A. coulteri</i> (Harvey) Setchell	x				
<i>Gardneriella</i>						
3	<i>G. tuberifera</i> Kylin	x				
<i>Sarcodiotheca</i>						
4	<i>S. dichotoma</i> (M. Howe) E.Y. Dawson	x	x	x		
5	<i>S. ecuadoreana</i> W.R.Taylor					x
6	<i>S. furcata</i> (Setchell & N.L. Gardner) Kylin	x		x		x
7	<i>S. gaudichaudii</i> (Montagne) P.W. Gabrielson	x	x	x		
8	<i>S. linearis</i> Setchell & N.L. Gardner		x			
9	<i>S. taylorii</i> E.Y. Dawson	x	x			x
<i>Tacanoosca</i>						
10	<i>T. uncinata</i> (Setchell & N.L. Gardner) J.N. Norris, P.W. Gabrielson & D.P. Cheney	x	x		x	
<i>Wurdemannia</i>						
11	<i>W. miniata</i> (Sprengel) Feldmann & Hamel		x	x		

Cuadro 2. Lista florística y distribución por estado de los géneros y especies de Solieriaceae en el Atlántico mexicano (Dreckmann 1998; Ortega *et al.* 2001; Wynne 2017; Senties y Dreckmann 2013; Núñez-Resendiz *et al.* 2017). TAMPS, Tamaulipas; VER, Veracruz; TABS, Tabasco; CAMP, Campeche; YUC, Yucatan; Q.ROO, Quintana Roo.

Solieriaceae		Distribución en el AM					
		TAMPS	VER	TABS	CAMP	YUC	Q. ROO
Agardhiella							
1	<i>A. ramosissima</i> (Harvey) Kylin				x	x	
2	<i>A. subulata</i> (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne	x	x	x	x		x
Euchema							
3	<i>E. isiforme</i> (C. Agardh) J. Agardh		x	x	x	x	x
Flahaultia							
4	<i>F. tegetiformans</i> W.R. Taylor						x
Kappaphycus							
5	<i>K. inermis</i> (F. Schmitz) Doty ex H.D. Nguyen & Q.N. Huynh				x		
Meristotheca							
6	<i>M. cylindrica</i> Núñez-Resendiz, Dreckmann & Senties				x		
7	<i>M. gelidium</i> (J. Agardh) E.J. Faye & M. Masuda				x	x	x
Solieria							
8	<i>S. filiformis</i> (Kützinger) P.W. Gabrielson	x	x		x	x	x
Wurdemannia							
9	<i>W. miniata</i> (Sprengel) Feldmann & Hamel		x				x



Figuras 1-4. Familia Solieriaceae, ejemplares más abundantes y representativos: **1 y 3** *Eucheuma isiforme* (talo femenino y talo vegetativo, respectivamente); **2 y 4** *Meristotheca cylindrica* (talo femenino y talo vegetativo, respectivamente). Barra de escala = 2 cm. Fotos: Abel Senties.



Figuras 5-9. Familia Solieriaceae, caracteres anatómicos: **5**, sección transversal del talo de *Meristotheca cylindrica* mostrando médula filamentosa y corteza pseudoparenquimatosa, barra de escala = 120 μm ; **6**, detalle de la transición de médula filamentosa a las células de la corteza en *Eucheuma isiforme*, barra de escala = 30 μm ; **7**, células de la corteza interna y externa en *M. cylindrica*, barra de escala = 80 μm ; **8**, tetrasporangio zonado en *M. cylindrica*, barra de escala = 60 μm ; **9**, cistocarpos internos en *E. isiforme*, barra de escala = 400 μm .
Fotos: A. Sentías y M.L. Núñez R.

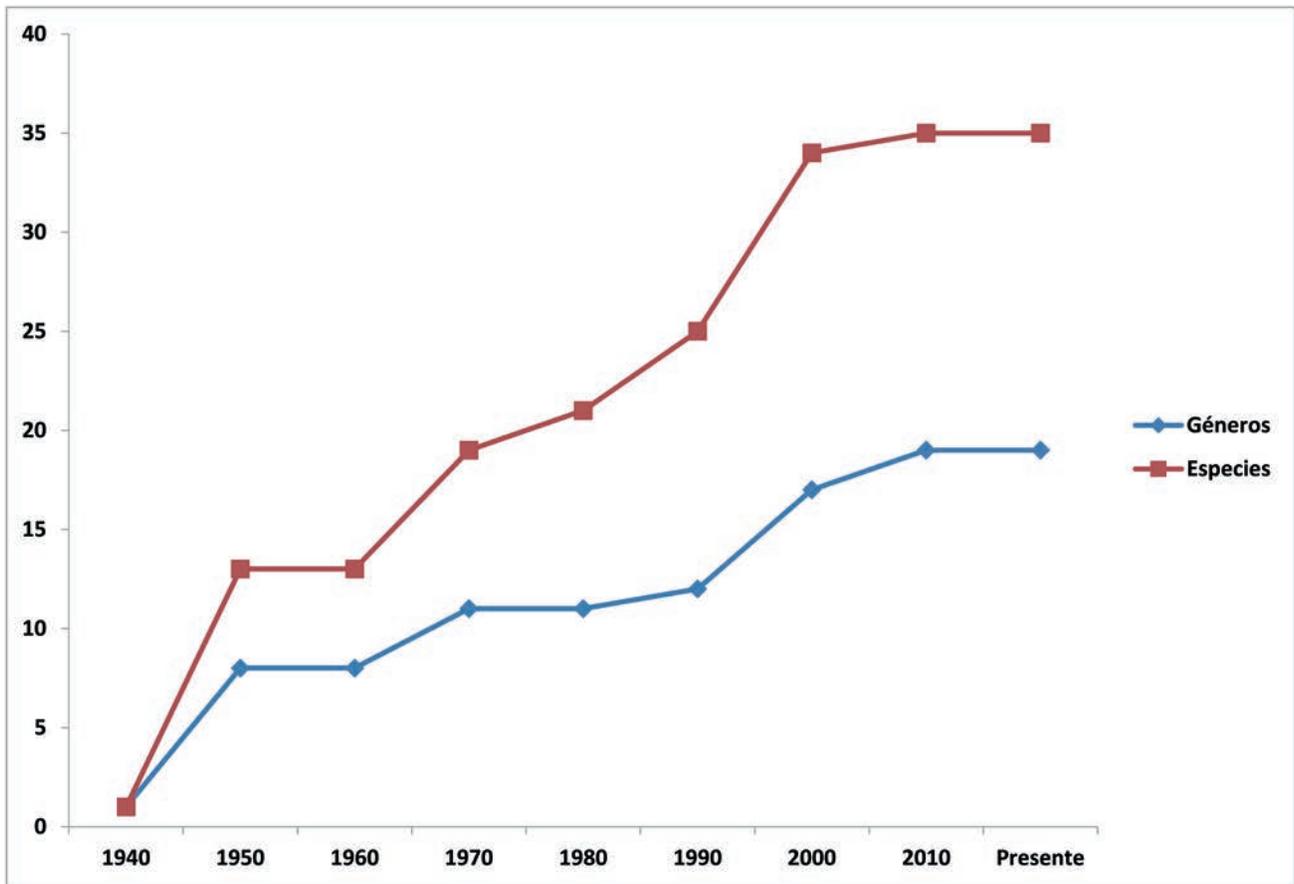


Figura 10. Curva acumulativa de descripción de especies y géneros de Solieriaceae en México considerando especies válidas y sinónimos. Los registros se cuentan en intervalos de 10 años desde 1940 al presente y fueron obtenidos de los catálogos de Dreckmann (1998); Ortega *et al.* (2001); Callejas-Jiménez *et al.* (2005); Pedroche *et al.* (2017); Núñez-Resendiz *et al.* (2017).

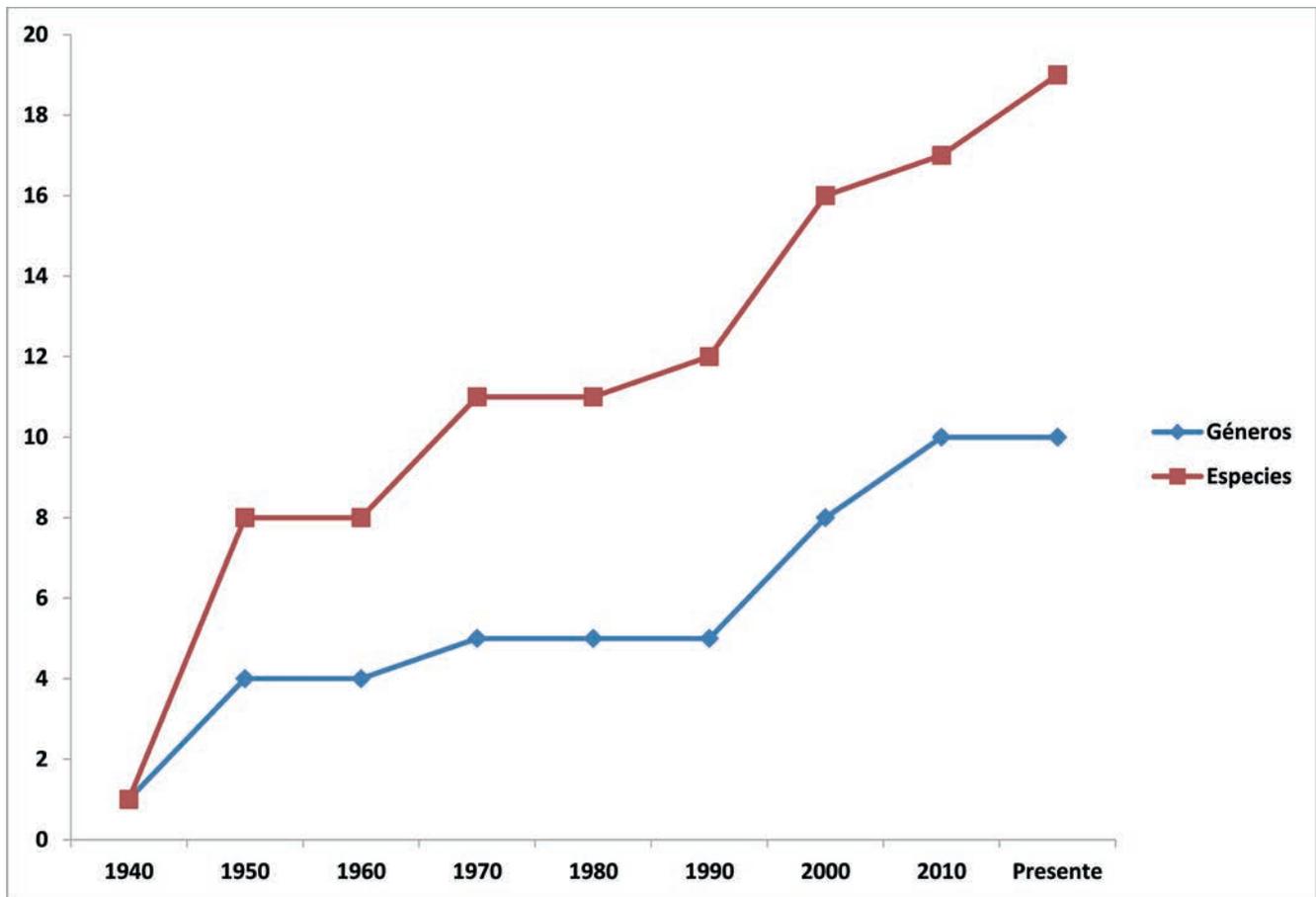


Figura 11. Curva acumulativa de descripción de especies y géneros de Solieriaceae en México considerando sólo especies válidas actualmente según Guiry y Guiry (2017). Los registros se cuentan en intervalos de 10 años desde 1940 al presente y fueron obtenidos de los catálogos de Dreckmann (1998); Ortega *et al.* (2001); Callejas-Jiménez *et al.* (2005); Pedroche *et al.* (2017); Núñez-Resendiz *et al.* (2017).

La elaboración de hipótesis científicas en estudios ficológicos

David A. Siqueiros Beltrones^{1*}, Oscar U. Hernández Almeida² y Yuriko J. Martínez Hernández¹

¹) Depto. de Plancton y Ecología Marina. CICIMAR-Instituto Politécnico Nacional, Ave. IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS. 23096. México. dsiquei@gmail.com

²) Laboratorio de Oceanografía Biológica, Universidad Autónoma de Nayarit, Edificio CEMIC 01, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", C.P. 63000, Tepic, Nayarit, México.

Siqueiros Beltrones, D.A., O.U. Hernández Almeida y Y.J. Martínez Hernández. 2017. La elaboración de hipótesis científicas en estudios ficológicos. *Cymbella* 3(2): 32-37 (<http://cymbella.mx>).

La hipótesis es un elemento metodológico de extracción filosófico-científica que recibe poca atención en la formación de los científicos. Frecuentemente se exagera su soslayo mediante argumentos infundados, rechazando el rigor científico implícito y explícito de su estructura lógica. Así, a pesar de que se trata de un recurso primordial del Método Científico, la interacción con estudiantes y colegas, sobre todo en comités de tesis y durante discusiones en seminarios departamentales, desvela la creencia de que el planteamiento de hipótesis en su investigación científica es mera formalidad, o que su estudio en particular no la requiere. Se escuchan frecuentemente expresiones como: ¿Hipótesis? no es necesaria, tu estudio es descriptivo; o, sólo que tu estudio fuera de tipo experimental; o, no, tu estudio es de observación; o ¿Para una lista taxonómica? ¡Pero si los estudios florísticos no requieren hipótesis! A nuestro parecer, derivado de este tipo de mentalidades ha sucedido que Ciencias Marinas, una revista internacional mexicana, haya establecido su política de no publicar listas de especies, soslayando el referente primario de si ésta es o no un informe o un artículo científico. En el caso del estudiante de ciencias no se reconoce la importancia de que este entienda qué es, en qué consiste una hipótesis y cuál es su utilidad metodológica.

Como consecuencia de lo anterior, la dificultad que representa para los estudiantes de ciencias el construir hipótesis los inclina a buscar excusas para no elaborarlas. Eventualmente muchos estu-

diantes de ciencias llegan a la convicción de que se encuentran desarrollando el "único" estudio que no requiere hipótesis. Lo anterior, es sintomático de que existe poca confianza en el manejo de la teoría y de un manejo inadecuado de la lógica científica. Esta última, desde luego, no se contempla dentro de los planes de estudio de carreras científicas, toda vez que se halla incluida en la filosofía de la ciencia, la cual tampoco se considera prioritaria en la formación curricular de los científicos. Sin embargo, es ésta la que nos conduce a un entendimiento de qué es el método científico, y a construir argumentos de su validez. Tanto su entendimiento y aceptación como guía en investigación científica, como el asumir la posición contraria, exigen su estudio *ex profeso* y una aproximación filosófica.

La filosofía de la ciencia nos impele a ser analíticos, críticos, autocríticos, escépticos y reflexivos, sin dejarnos llevar por posiciones banales, superficiales o dogmáticas que nos orillen al conformismo. Así, primeramente, obliga a preguntar ¿Qué es una hipótesis? ¿Cómo se relaciona con el proceso heurístico de la investigación científica? ¿Cuál es su estructura lógica? ¿Cómo se vincula con los procesos inductivos y deductivos que hacen posible la generación de conocimiento científico con una base epistemológica?

Como científicos especializados en el campo de la Ficología buscamos generar conocimiento confiable, yendo así más allá del mero proceso inductivo que nos proporciona la base empírica (naturalista) de nuestros estudios, impulsándonos a inventar

preguntas extraordinarias que constituyen problemas científicos; esto es, preguntas que sólo la mentalidad científica es capaz de crear, que sean únicas y originales. Esto, a su vez, es estimulado por el gusto en lo que se investiga, con lo que se promueve la creatividad indispensable en el quehacer científico. De esta manera logramos vincular el proceso inductivo con el deductivo, no sólo aquél de índole ampliativa (extrapolación), sino un proceso lógico que nos obliga a recurrir a nuestras bases biológicas como psicólogos a enfocar a otro nivel de resolución intelectual o de entendimiento el fenómeno de interés. Es decir, la manera en que la construcción de hipótesis coadyuva en nuestras investigaciones se debe descubrir mediante un método filosófico; a grandes rasgos muy similar al método científico, ya que derivan de la misma base epistemológica. Es necesario revisar y analizar rigurosamente la base teórica disponible; a partir de ello, derivar preguntas que no han sido respondidas en dicha base teórica y, tomando axiomas o premisas como referencia se emiten conjeturas sobre las posibles respuestas lógicas, llegando a así a la hipótesis. Consecuentemente, lo primero que debemos asegurar es que se maneja adecuadamente la información para identificar los elementos teóricos estructurales que sustenten nuestras premisas o que las representen.

Para construir adecuadamente una hipótesis es necesario saber qué es, cómo se construye, cómo funciona, cómo se vincula con el ciclo de la investigación y consecuentemente con el informe científico. Una hipótesis es una proposición lógica que representa una respuesta tentativa a nuestra pregunta de investigación. Más que una mera suposición, la hipótesis se deriva de la lógica formal, por lo tanto, es un enunciado susceptible de ser calificada como verdadera o falsa. De esta manera, el falsacionismo de Popper (1962) contribuye a la base epistemológica de nuestra aplicación científica coadyuvando a determinar la científicidad del estudio, ya sea que la hipótesis sea susceptible de ser contrastada empíricamente o falsable o no; si no es contrastable es entonces metafísica. Así, la hipótesis científica representaría una solución plausible del problema de estudio, previo al proceso investigativo para obtener las evidencias que demuestran si fue verdadera o falsa; mientras que la ambigüedad de la hipótesis metafísica (no científica) no permitiría dicho contraste.

En la praxis científica la hipótesis es una afirmación lógica construida a partir de una base teórica, lo cual le confiere plausibilidad. De acuerdo con la forma particular y circunstancia en que se

construyen las hipótesis, pueden identificarse varios tipos: 1) Hipótesis de investigación. Considerada una propuesta formal, altamente plausible, en un estudio bien fundado. Estas normalmente son propuestas (o implicadas) por investigadores establecidos o estudiantes de doctorado que cuentan con mayor experiencia y buen dominio de la teoría. Asimismo, pueden ser emitidas como 2) hipótesis nula, con la que se busca incrementar el rigor científico negando aquello que en sí preferimos, o como la 3) hipótesis alternativa, cuyas bases se encuentran relacionadas directamente con el análisis teórico por lo que son consideradas: 4) hipótesis ante-facto, es decir sin la base empírica que confiere la observación. Por el contrario, si se busca una respuesta a una interrogante surgida por alguna observación en donde se recurre entonces a la teoría, esta se considera 5) hipótesis post-facto (post-experiencia). En casos muy comunes, cuando no se cuenta con la suficiente base teórica o empírica para sustentar nuestra afirmación (derivada quizá por intuición) entonces nos referimos a 6) hipótesis de trabajo, éstas a menudo constituyen un ejercicio apropiado en tesis de licenciatura, o al echar a andar un estudio exploratorio. Aunado a las características anteriores, dichas hipótesis pueden construirse como 7) hipótesis descriptivas, las cuales indican el valor de una o más variables en el contexto de un determinado fenómeno; en 8) hipótesis relacionales, que especifican la relación o asociación entre dos o más variables; y en 9) hipótesis causales, en donde no sólo se establece la relación entre dos o más variables, sino que se intenta predecir las relaciones causa efecto entre ellas. Finalmente, en este resumen, conviene señalar las 10) hipótesis estadísticas (nula y alternativa), mismas que se contrastan en términos de probabilidad matemática, pero solamente se utilizan para sumar o restar a la plausibilidad de la hipótesis de la investigación particular en cualquiera de las formas mencionadas.

Por otra parte, la hipótesis es un modelo, igual que las teorías científicas que construimos; por lo tanto, pueden representarse de diversas formas. Una forma corta o pequeña de expresarlas ha sido a través de lo que denominamos fórmulas; estas representan matemáticamente una causa o factor que ocasiona (hipótesis causal) un cambio. Por ejemplo, cómo un incremento en temperatura se refleja en la tasa de crecimiento de una especie de alga; tal resultado no deja de ser hipotético, aun si es respaldada, ya que pasan de pre-facto a post-facto tras el experimento. En el caso de las

hipótesis descriptivas, al tratar de determinar, por ejemplo, la diversidad algal (micro o macro) en cierta localidad, esperamos que, según la latitud, temperatura, sustrato, salinidad, y otros factores, dicha diversidad sea baja o elevada, igual que sus componentes u otros descriptores, e incluyendo cuáles taxones estarían representados. La hipótesis descriptiva diría (describiría) si la taxocenosis o la comunidad tendrían una alta o baja diversidad de especies, bajas o altas dominancia y equidad, así como cuáles taxones serían comunes o dominantes, entre otros descriptores. Este modelo podría incluir descripciones conceptuales o valores derivados de fórmulas. Nuestras propuestas, que describen dicha taxocenosis o comunidad *a priori* (hipótesis ante-facto), o *a posteriori* (hipótesis post-facto), serían de carácter descriptivo. La mayoría de estudios científicos sobre taxonomía o ecología caerían dentro de este tipo, pero también aquellas que describen relaciones tróficas entre taxones, es decir, serían hipótesis relacionales.

Entonces ¿cómo se construye una hipótesis? Como base epistemológica del método científico, la filosofía de la investigación científica apela a la lógica en la construcción de hipótesis a través de lo que se ha denominado razonamiento hipotético, el cual consiste en un proceso silogístico deductivo particular denominado abductivo. ¿Y cómo es este? Veamos, un silogismo (categórico) es un razonamiento en el cual a partir de dos premisas axiomáticas cuya aceptación es evidente, se deduce una conclusión categórica igualmente evidente. En contraste, el razonamiento abductivo parte de descripciones (modelos) de hechos o fenómenos, generalmente condensados en la teoría, es decir, utiliza el razonamiento sintético del cual se derivan las premisas que justifican, tanto nuestra pregunta de investigación, como la respuesta más plausible a esta, es decir, nuestra hipótesis; salvo que esta no es categórica o axiomática, sino que debe ser puesta a prueba contrastándola con la realidad, empírica o experimentalmente.

En síntesis, la hipótesis debe visualizarse como una respuesta lógica y plausible a una determinada pregunta que inicia el proceso de investigación; dicha pregunta representa el problema de estudio y el objetivo es resolverlo. De esta manera se define el problema de nuestra investigación, mismo que se promete en el título de nuestro informe científico (artículo, tesis, etc.). Siendo audaces, el título debería contener la hipótesis, máxime que muestra el nuevo estatus de la hipótesis que, de ante-facto, pasó a ser post-facto y muestra la conclusión de nuestro estudio.

Con base en lo anterior y en los siguientes ejemplos

es factible reconocer la importancia de elaborar hipótesis, notando cómo sirve para guiar nuestra investigación y buscar evidencias que contrasten nuestra hipótesis, ya sea respaldándola, o refutándola.

Ejemplos

Primer ejemplo: Ecología trófica. La importancia de las algas en la alimentación de moluscos y el caso de la dieta de abulón azul (*Haliotis fulgens*). En aras de proporcionar bases científicas para una mayor eficiencia en el cultivo del recurso abulón buscamos determinar su dieta primordial revisando sus contenidos gastro-intestinales. Así, se podría plantear el problema ¿Qué especies de algas componen la dieta de *H. fulgens*? ¿Qué esperamos encontrar? ¿Por qué? Así, nuestras premisas derivan del conocimiento elemental disponible que nos indica que abulones adultos y juveniles se alimentan comúnmente de y entre los bosques de *Macrocystis pyrifera*; entonces, las hipótesis pueden ser: hipótesis descriptiva 1) se trata de organismos herbívoros cuya dieta es selectiva. O, hipótesis 2) consideramos que en estos bosques existen muchas especies de algas, pardas, rojas, verdes, y que bien podrían estar siendo consumidas indiscriminadamente y, por lo tanto, es una dieta no selectiva; pero no se ha observado debido a los hábitos nocturnos de abulones. O, hipótesis 3) consumen varias especies de macroalgas pero principalmente *Macrocystis*. O, hipótesis 4) consumen varias especies de macroalgas, cuya importancia depende de su disponibilidad (Siqueiros Beltrones *et al.*, 2005). Todas estas hipótesis tienen un fuerte componente exploratorio y un nivel de certidumbre bajo; dado que cualquiera de ellas es más o menos factible, por lo cual, se constituyen a la vez en hipótesis de trabajo. Una vez contrastadas y respaldada alguna de ellas con mayor evidencia, dará lugar a cuestiones que exijan mayor precisión. Ahora, dado que ya hemos rebasado estas etapas y manejamos más y mejor la teoría, podemos ampliar la premisa e incrementar el nivel de resolución. Por lo tanto, preguntaríamos ¿Existe selectividad en el consumo de algas por *H. fulgens*? Obviando algunas nociones, la hipótesis descriptiva, post-facto podría decir: la dieta de abulón azul es indiscriminada (no selectiva) y está constituida por diversas especies de macroalgas, principalmente *Macrocystis*, pastos marinos y una amplia gama de organismos epifitos, principalmente diatomeas. Más adelante, una hipótesis relacional alternativa 1) podría decir: las especies de diatomeas epifitas coloniales son el principal complemento alimentario de abulón azul. O la hipótesis relacional 2): las diatomeas epifitas constituyen el

componente nutricional fundamental en la dieta de adultos de *H. fulgens* y la macroalga hospedera el componente energético. Las hipótesis nulas correspondientes en ambos casos afirmarían lo contrario. Una metodología con técnicas *ad hoc* nos permitiría contrastar dichas hipótesis y refutarlas o confirmarlas tentativamente. Estas se derivan de preguntas más o menos específicas que se construyen conforme se adquiere fundamento teórico, con lo que el carácter exploratorio se diluye.

Segundo ejemplo: algas como indicadores de impacto ambiental. Para el problema de investigación ¿cómo responden las asociaciones de diatomeas bentónicas a la presencia de elementos potencialmente tóxicos (EPT) en un ambiente marino? Partimos de una premisa: debido a su rápida respuesta, las diatomeas son utilizadas como indicadores de contaminación e impacto ambiental mayormente en aguas continentales. Una hipótesis nula (H_0) dice: la estructura comunitaria de diatomeas bentónicas marinas presentes en un área con altas concentraciones de EPT no mostrarán variaciones significativas con respecto a áreas con bajas concentraciones de EPT; asimismo, sus frústulas no mostrarán deformaciones en sitios con altas concentraciones de EPT. Esta hipótesis nula (H_0) se funda en que las taxocenosis de diatomeas que se encuentran en dichos sitios se hallan adaptadas a dichas condiciones, es decir, no es mera estrategia lógica, sino que los contaminantes referidos (EPT) derivan de una industria minera con varios siglos de actividad. Mientras que una hipótesis causal alternativa diría: las asociaciones de diatomeas bentónicas expuestas a concentraciones elevadas de EPT mostrarán, en respuesta a esta contaminación, valores de diversidad y equidad bajos, así como especímenes con deformaciones de la frústula en formas tolerantes; esto en comparación con taxocenosis típicas de diatomeas bentónicas sin influencia de este tipo de contaminantes. Todo esto habrá de comprobarse mediante observaciones a propósito (para contrastar la hipótesis). Al final de la investigación, con el conocimiento obtenido se podrán formular nuevas hipótesis con base en los resultados la cual generaría hipótesis post-facto (Siqueiros Beltrones *et al.*, 2014).

Tercer ejemplo: Florística, taxonomía vinculada a ecología ex profeso. Estos son los casos más comunes de omisión de hipótesis, toda vez que se menosprecia el estudio refiriéndose a una "simple" lista de especies, sin contextualizarlo teóricamente (científicamente) en apego al método científico. Rápidamente, nos exige un manejo apropiado de la base teórica; en este caso, saber qué son las al-

gas, cómo se clasifican, cuáles son sus relaciones filogenéticas, su papel ecológico; con esto se define nuestro propósito, es decir, en qué campo de conocimiento particular nos desenvolvemos (ecología, biogeografía, taxonomía, etc.); segundo, derivar una pregunta original para la cual aún no existe respuesta (ni siquiera en Wikipedia) estableciendo nuestro objetivo principal que es responderla; tercero visualizar de manera lógica la posible respuesta en congruencia con la base teórica (hipótesis). En el caso de que nos enfoquemos exclusivamente a elaborar la lista de especies de algas, el contexto teórico resulta más sutil, por lo que usualmente es soslayado. Se debe aceptar que hacemos estos estudios ya muy avanzado este tipo de actividad por la comunidad científica.

De esta manera, nuestro adecuado dominio del conocimiento disponible nos obliga a pronosticar deductivamente las características de las asociaciones de algas que habremos de encontrar, identificar y describir (Siqueiros Beltrones *et al.*, 2016; 2017). Así, haciendo extensiva esta perspectiva para un problema de investigación como el describir la florística de Rhodophyta en la costa expuesta de Isla Espíritu Santo, BCS, y considerando las condiciones hidrodinámicas distintas, recurrimos a dos premisas: 1) La composición de especies de Rhodophyta en la costa expuesta de la isla difiere de la asociación presente en la costa protegida; premisa 2) los taxones presentan diferencias en el asentamiento y la fijación en respuesta a las diferencias de energía del oleaje entre ambas costas, que hacen más adverso el lado expuesto; o, se pueden fusionar en una sola. De acuerdo con ésta(s) se proponen las siguientes hipótesis (descriptivas): La florística de Rhodophyta en la costa expuesta de Isla Espíritu Santo, BCS, estará caracterizada por: a) taxones de hábitos submareales; b) taxones con formas de vida comunes en pozas de marea; c) menor número de taxones que en el lado protegido; d) más representantes por aquel género cuyas especies presenten adaptaciones (de fijación) a condiciones de alta energía, por ejemplo con sujeción hapteroidal; en ésta última, la diferencia con el lado protegido sería que habría competidores ocupando espacios que esta forma hubiera podido aprovechar. En este ejemplo se puede apreciar un potencial para visualizar muchas más hipótesis de acuerdo con el ingenio, la inventiva, o la creatividad de cada investigador. De ahí que, de acuerdo con la evolución propia de la disciplina ficológica, esperamos encontrar nuevos taxones que habrían sido incluidos como parte de otro taxón similar; igualmente, al entender las variaciones espacio

temporales de las poblaciones, es válido lanzar hipótesis sobre el hallazgo de ciertos taxones otrora raros o considerados de distribución restringida; esto requiere de experiencia y/o aplicación, pero también de actitud y audacia investigativas.

¿Cuándo no se requiere hipótesis?

Dada nuestra naturaleza investigativa que nos impele a entender la naturaleza, somos propensos a dar saltos inferenciales para llegar a principios de inducción, a hacer deducciones y, siendo disciplinados, a abducciones. Como estudiantes de ciencias incursionamos por primera vez en un campo especializado y mucha de nuestra investigación tiende a la adquisición de bases teóricas, sin embargo, sobre el tema particular también recabamos datos concomitantemente. La base de datos, por demás útil, forma parte de la investigación y podría ser suficiente para armar un informe y publicarse, o utilizarse para armar una tesis de titulación. Ante la novedad que todo esto constituye para el estudiante (y puede suceder a un investigador) se omite la hipótesis porque no se definen preguntas concretas (problemas) y se reconoce un estadio exploratorio en el que empezamos a formarnos dentro de un tópico y generamos resultados sin una referencia o guía hipotética propia, pero refiriendo antecedentes y eventualmente obligando a una hipótesis post-facto (Siqueiros Beltrones & Argumedo Hernández, 2014).

No obstante, es hasta allí en donde se puede justificar el no trabajar sobre alguna hipótesis si se pretende hacer una actividad científica. Ahora, se pueden identificar tendencias, patrones y, sobre todo, cuestionamientos que, con lo que hemos observado, se derivan preguntas y sus consecuentes respuestas lógicas por demostrar, o hipótesis que le confieren carácter científico a la investigación. Es decir, en estas situaciones que son muy comunes, eventualmente se puede reconocer una primera hipótesis (post-facto), trátase de cualquier estudio que sea propuesto con mentalidad científica. De lo contrario, se puede aspirar a un trabajo técnico o naturalista, nada despreciables, pero no científico, dado que se omite un componente esencial del método científico.

A manera de corolario

Unos cuantos ejemplos ante la vasta diversidad de estudios psicológicos parecerían no ser suficiente argumentación, salvo que la lógica que se esgrime es susceptible de ser transferida a cada estudio particular en cualquier subdisciplina actual y por definirse, ya que son la base del razonamiento

científico. De acuerdo con lo anterior, nuestras propuestas de investigación en Psicología deben exigir el componente deductivo/abductivo que equilibre el inductivo que confiere la base empírica observacional, toda vez que se conciben en el seno de modelos preestablecidos o teoría, la cual permite y a la vez obliga a cuestionarla. Esta directriz la ofrecen las hipótesis pre-facto derivadas del análisis crítico y escéptico de dicha teoría; mientras que la hipótesis post-facto resultante nos dice si la teoría se sostiene y es reforzada, o se refuta y se corrige. Este análisis crítico es una propuesta a la corrección de la metodología como un ejercicio intelectual sano (Novelo, com. pers.). Asimismo, cabe la advertencia de que la tentación a rechazar dicha recomendación estará al acecho, quedando conformes con la manera de proceder con menor compromiso. Se llega a este tipo de pensamiento, y a la concomitante ausencia de una hipótesis por la falta de comprensión de la lógica científica y de la importancia que tiene una hipótesis, ya que es la parte medular del trabajo de investigación; se crea una pregunta y la respuesta a ella es lo que, como se menciona, "guía" el trabajo de investigación. El investigador debe tener bases para diferenciar en dónde se requiere una hipótesis; asimismo, debe conocer la importancia de ella en su propio estudio, no menospreciarla u omitirla por temor a las consecuencias, o por falta de dominio de la teoría, o falta de capacitación lógica. Esto último puede aliviarse implementando cursos ex profeso, como Filosofía de la Investigación Científica, Método Científico, o Metodología de la Ciencia, impartidos por científicos en activo con formación filosófica que brinden asesoría a quienes realizan alguna investigación científica.

El correcto planteamiento de hipótesis y su relación con los objetivos guían nuestra investigación y asegura objetividad, ya que vincula la teoría con el proceso empírico. Asimismo, la elaboración de hipótesis ayuda a precisar los objetivos y con ello a estructurar nuestro informe científico, ya sea tesis, artículo, o ponencia, ya que sugiere categóricamente el título de dicho informe para que este sea descriptivo o conclusivo, y no temático o indicativo, mismos que no comprometen al investigador.

Esta manera de visualizar la actividad científica abarca todo tipo de estudio científico y no es solamente para psicólogos, sino para todo estudioso de la Biología que desee hacer contribuciones científicas y no sólo técnicas o naturalistas, mismas que son importantes, pero que pueden ser rechazadas al tratar de pasarlas por científicas. De ahí que se reitera la sugerencia de que se retomem las bases

filosóficas de la ciencia en la formación curricular de los estudiantes de ciencias para reducir el riesgo de que caigan en la ilusión del atractivo estético de las técnicas, las modas, y el conformismo, quedando como presas de teorías pseudocientíficas difundidas por los medios de comunicación. Pero, este es otro tema y se espera abordarlo en su oportunidad, al igual que el entender qué es el método científico y a qué se deben posiciones tan encontradas dentro de la comunidad científica sobre este, lo que requiere de una aproximación filosófica.

AGRADECIMIENTOS.

A los colegas que han tenido a bien recomendar a sus estudiantes la inclusión de la materia Filosofía de la Investigación Científica en sus programas curriculares. Así como a los colegas que revisaron críticamente este manuscrito para *Cymbella*.

REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

- Popper, K. R. 1962. La lógica de la investigación científica. Fondo de Cultura Económica, México.
- Siqueiros Beltrones, D. A. y M. Jaime. 2015. Ensayos en filosofía científica. Ed. CICIMAR-Oceánides - IPN. Ciudad de México,
https://www.researchgate.net/publication/320374052_Ensayos_en_filosofia_cientifica.
- Siqueiros Beltrones, D. A. and U. Argumedo Hernández. 2014. Particular structure of an epiphytic diatom assemblage living on *Plocamium cartilagineum* (Lamoroux) Dixon (Rhodophyceae: Gigartinales). *CICIMAR-Oceánides* 29: 11-24.
- Siqueiros Beltrones, D. A., U. Argumedo Hernández and C. Landa Cansigno. 2016. Uncommon species diversity values in epiphytic diatom assemblages of the kelp *Eisenia arborea* J.E. Areschoug. *Hidrobiológica* 26: 61-76.
- Siqueiros Beltrones, D. A., U. Argumedo Hernández and F. O. López Fuerte. 2017. Diversity of benthic diatoms in Laguna Guerrero Negro (El Vizcaíno Biosphere Reserve), Baja California peninsula, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 21-35.
- Siqueiros Beltrones, D.A., E. Serviere Zaragoza and S. Guzmán del Próo. 2005. Main diatom taxa in the natural diet of juvenile *Haliotis fulgens* and *H. corrugata* (Mollusca: Gastropoda) from Bahía Tortugas and Bahía Asunción, B.C.S., México. *Pacific Science* 59: 581-592.
- Siqueiros Beltrones, D. A., U. Argumedo Hernández, J. M. Murillo Jiménez y A. J. Marmolejo Rodríguez. 2014. Diversidad de diatomeas bentónicas marinas en un ambiente ligeramente enriquecido. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1065-1085.

Recibido: 15 de agosto de 2017

Revisado: 11 de octubre de 2017

Corregido: 13 de octubre de 2017

Aceptado: 14 de octubre de 2017

Revisores: 3 revisores anónimos.

Eloy Montero Hernández
Cultivos de *Chlorococcum* sp. con un digestato de excretas porcinas en condiciones controladas y no controladas

Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología, A.C.

Correspondencia: eloy.monterohz@gmail.com

Las microalgas son organismos fotosintéticos capaces de sintetizar metabolitos secundarios con alto valor comercial. Combinar el cultivo de microalgas con aguas residuales podría resultar en un beneficio ambiental y comercial puesto que, a partir de esto, se daría tratamiento a las aguas residuales y al mismo tiempo se producirían biocombustibles y metabolitos con alto valor comercial. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la composición bioquímica de la microalga *Chlorococcum* sp. utilizando como fuente de nutrientes un digestato de excretas porcinas. El estudio se realizó en dos etapas. La primera etapa, realizada bajo condiciones ambientales controladas, consistió en evaluar el crecimiento de esta cepa usando como fuente de nutrientes el digestato en diferentes concentraciones; se utilizaron fotobiorreactores de columna con un volumen de trabajo de 300 mL. En la segunda etapa se establecieron cultivos de *Chlorococcum* sp. en condiciones no controladas utilizando la concentración óptima del digestato (obtenida en la primera etapa) y se evaluó el crecimiento y la composición bioquímica; se utilizaron fotobiorreactores de placa plana y el volumen de trabajo fue de 20 L. En ambas etapas se establecieron cultivos control utilizando el medio de cultivo sintético Bold's Basal medium (BBM).

En la primera etapa, *Chlorococcum* sp. demostró capacidad para crecer eficientemente utilizando un digestato como medio de cultivo; la mayor producción de biomasa (0.85 g L⁻¹) se obtuvo con el digestato diluido 8% v/v. En la segunda etapa, la productividad de biomasa obtenida utilizando el

digestato (23.4 mg L⁻¹ d⁻¹) fue estadísticamente similar a la obtenida utilizando el medio sintético BBM (26.4 mg L⁻¹ d⁻¹). *Chlorococcum* sp. pudo haber presentado crecimiento mixotrófico por la asimilación de los ácidos grasos volátiles contenidos en el digestato. El contenido de lípidos en *Chlorococcum* sp. se mantuvo constante durante los experimentos de ambas etapas, mientras que, bajo condiciones no controladas, el contenido de carbohidratos aumentó de 20 a 42 % (peso seco) en el cultivo control y de 20 a 45 % en el cultivo con el digestato. Se concluyó que las condiciones de estrés fisiológico por deficiencia de nitrógeno favorecieron la acumulación de carbohidratos en esta cepa, puesto que estas macromoléculas duplicaron su porcentaje durante dichas condiciones. La biomasa obtenida a partir de este sistema tiene el potencial para ser utilizada como materia prima para la producción de bioetanol. El sistema propuesto puede cumplir el concepto de biorrefinería a base de microalga, ya que se demostró que es posible producir biocombustibles y metabolitos con alto valor comercial a partir de microalgas y aguas residuales.

Palabras clave: biorrefinería, biotecnología, carbohidratos, digestato, excretas porcinas.

Texto completo disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/319722249_Cultivos_de_Chlorococcum_sp_con_un_digestato_de_excretas_porcinas_en_condiciones_controladas_y_no_controladas

Ficoweb - Una sección sobre páginas web de interés para ficólogos.

Compilación de Claudia Pedraza.

Sitios dedicados al conocimiento y difusión sobre Charophyceae

AlgaTerra

<http://www.algaterra.org/ATDB/default.cfm>

AlgaeVision: Virtual Collection of Freshwater Algae from the British Isles.

www.nhm.ac.uk/algaevision.html

Catalogue of Life

<http://www.catalogueoflife.org/col/>

Desmid species (Desmidiaceae) in the Netherlands

<http://www.desmids.nl/>

Danish desmids. Natural History Museum of Denmark. Københavns Universitet

<http://desmid.ku.dk/english/>

GBIF | Global Biodiversity Information Facility

<https://www.gbif.org/>

NBNAtlas

<https://species.nbnatlas.org/species/NHMSYS0021059030>

NCBI National Center for Biotechnology Information

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Reflora - Brasil de Plantas: Rescate Histórico y Herbario Virtual para el Conocimiento y Conservación de la Flora de Brasil

<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do>

SciELO

<http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es>

Science Direct

<http://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/charophyta>

Taylor & Francis Online

<http://www.tandfonline.com/>

Web of Science

<https://webofknowledge.com/>

Wiley Online Library

<http://onlinelibrary.wiley.com/>

DIRECTORIO

COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Sociedad Mexicana de Ficología
Mesa Directiva 2017-2019

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Presidenta
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
(CIBNOR)
La Paz, BCS
serviere04@cibnor.mx

Dra. Alejandra Piñon Gimete

Secretaria General
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICI-
MAR-IPN)
La Paz, BCS
ale_pinion@hotmail.com

Dr. José Zertuche González

Secretario Académico
Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO-UABC)
Ensenada, BC
zertuche@uabc.edu.mx

Dra. Lourdes Morquecho Escamilla

Secretaria Administrativa
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
(CIBNOR)
La Paz, BCS
lamorquecho@cibnor.mx

Dr. Daniel Robledo Ramírez

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
(CINVESTAV-IPN)
Mérida, Yucatán
daniel.robledo@cinvestav.mx

Delegados Regionales:

NORTE

Dr. Juan Manuel López Vivas

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)
La Paz, BCS
jmlopez@uabcs.mx

CENTRO

Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)
Juriquilla, Querétaro
cantoral@ciencias.unam.mx

SUR

Dra. Ileana Ortégón Aznar

Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)
Mérida, Yucatán
oaznar@correo.uady.mx

OCCIDENTE

Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira

Universidad del Mar (UMAR)
Puerto Ángel, Oaxaca
erosas@angel.umar.mx

ORIENTE

Dra. Eugenia J. Olguín Palacios

Instituto de Ecología (INECOL)
Xalapa, Veracruz
eugenia.olguin@inecol.mx

CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

Dictyota flabellata (Collins) Setchell & Gardner.
San Juan de La Costa, Bahía de La Paz, Baja California Sur.
Cámara Nikon Coolpix.
Foto de Gustavo Hernández Carmona ©.