

Vol. 11 No. 1 (2025)
ISSN: 2448-8100

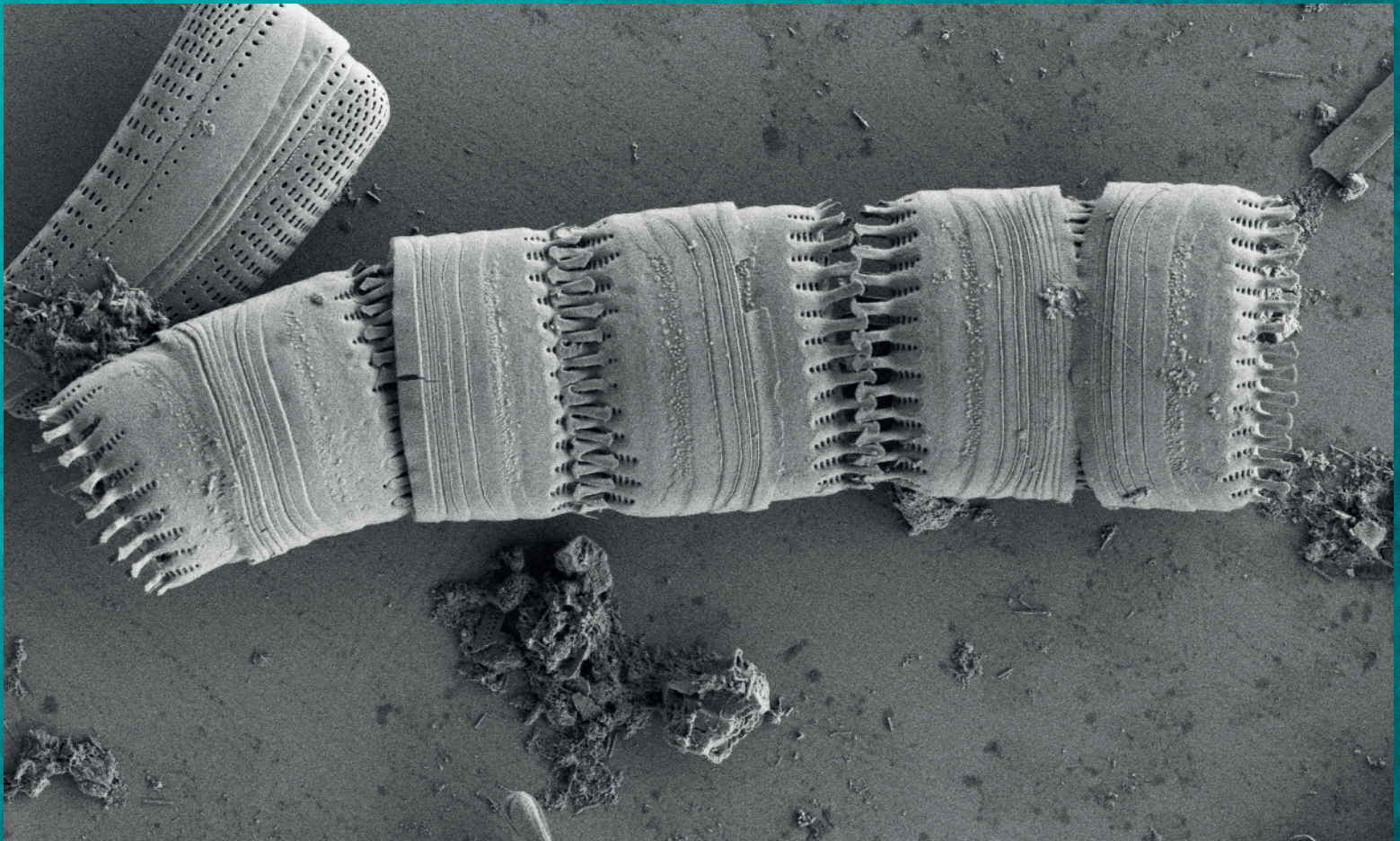
Cymbella Revista de investigación y difusión sobre algas

Fitoplancton de Veracruz

Las comunidades algales de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina)

Sargassum: Elemental analysis and spatial distribution approximation

La estabilidad nomenclatural en las algas ¿Qué es y cómo incrementarla?



Publicado en línea mayo 2025
Sociedad Mexicana de Ficología
www.somfico.org

COMITÉ EDITORIAL

EDITOR EJECUTIVO:

Dr. Eberto Novelo

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

EDITORES ADJUNTOS:

Dr. Abel Sentfies

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

ASISTENTE EDITORIAL:

M. en C. Alejandra Mireles Vázquez

Fac. Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
alemirelesv@ciencias.unam.mx

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:](#)

Dra. 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

[Nomenclatura:](#)

Dr. Francisco F. Pedroche

Depto. Ciencias Ambientales, División CBS, UAM-Lerma
fpedroche@correo.ler.uam.mx

Esta publicación es financiada totalmente por el Editor Ejecutivo. No recibe subsidios ni pagos.

CINTILLO LEGAL

Cymbella Revista de investigación y difusión sobre algas. – Vol. 11, Núm 1, enero – abril, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México, a través del Laboratorio de Algas Continentales, Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55) 56225430, <https://cymbella.fciencias.unam.mx/>, enm@ciencias.unam.mx. Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2016-112410454200-203. 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, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, 30 de mayo de 2025.

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.

Iniciamos otro periodo en *Cymbella*. Con la esperanza renovada de lograr una periodicidad constante y con más artículos por número. No está de más recordar que *Cymbella* es la única revista sobre algas en general en Latinoamérica. Afortunadamente, existen muchas revistas en la región que publican artículos sobre algas, pero ninguna está dedicada especialmente a ellas.

En este número presentamos un recuento del fitoplancton marino del norte de Veracruz, una descripción sobre los cambios en las comunidades de una laguna en La Pampa, Argentina, una revisión sobre los cambios en *Sargassum* en distribución y composición elemental y nuestra sección de nomenclatura que trata sobre la estabilidad nomenclatural. Como una muestra de agradecimiento, publicamos la lista de revisores de los artículos de los números anteriores. Aunque la política inicial de la revista era la de establecer una comunicación – colaboración entre autores y revisores hemos tenido que aceptar un cambio pues un requisito para solicitar la inclusión en los índices bibliométricos es la aplicación de la política de doble ciego (los autores no saben de los revisores, los revisores no saben de los autores).

Del 3 al 7 de noviembre de este año se celebrará en Mérida, Yucatán, el X Congreso Mexicano de Ficología, la VI Reunión de la Sociedad Mexicana de Ficología (SOMFICO) y la IV Reunión de jóvenes ficólogos, es organizado por la SOMFICO y la Universidad Autónoma de Yucatán. Será una oportunidad excelente para saludar a los colegas, amigos y nuevos ficólogos, podremos reactivar colaboraciones, discusiones y proyectos que muestren nuestras capacidades de innovación y para fomentar la ficología colaborativa y participativa. ¡Ojalá podamos saludar a todos los ficólogos que también hacen posible esta revista!.

Listado de especies del fitoplancton marino y costero de la zona norte del estado de Veracruz

A checklist of the marine and coastal phytoplankton species from northern Veracruz

María de los Ángeles Navarrete-Bautista¹, Carlos Francisco Rodríguez-Gómez^{1*}
¹ORCID 0000-0002-7818-7632

¹Laboratorio de Biología Marina, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, campus Tuxpan. Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico, Km 7.5, Tuxpan, Veracruz, 92860, México.

*Email: carlosrodriguez05@uv.mx

Navarrete-Bautista, Ma. A. y C.F. Rodríguez-Gómez. Listado de especies del fitoplancton marino y costero de la zona norte del estado de Veracruz. *Cymbella* 11 (1): 04-46.
 DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.24488100e.2025.11.1.1>

RESUMEN

Se elaboró una lista de especies del fitoplancton de las zonas marina y costera del norte del estado de Veracruz con el objetivo de actualizar su estatus florístico, para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica de los trabajos de difícil acceso y los formalmente publicados. Se recuperaron 31 trabajos académicos (1970 al 2023) entre tesis (15), artículos científicos (7), resúmenes de congresos (6), capítulos de libros (2) y un libro. Se enlistaron 643 especies pertenecientes a 7 Filos, 13 clases, 63 órdenes, 117 familias y 211 géneros. Las Bacillariophyta y las Dinoflagellata fueron los que más especies aportaron a la riqueza total de la zona, con el 69.8 % (449 spp.) y 23.5 % (151 spp.), respectivamente. De los sitios analizados, la zona costera de Tuxpan (447 spp.) y el río Tuxpan (223 spp.) fueron los que más especies presentaron; en contraste, en Tecolutla se han registrado apenas 4 especies.

Palabras clave: cianobacterias, diatomeas, dinoflagelados, Golfo de México, microalgas

ABSTRACT

A checklist of phytoplankton species from the marine and coastal zones of the northern Veracruz was compiled with the aim of updating their floristic status; a specialized bibliographic revision was carried

out, considering works belonging to informal and formally published literature. Thirty-one academic works from the 1970s to 2023 were recognized, including theses (15), scientific articles (7), abstracts (6), book chapters (2), and one book. In the study region, 643 species belonging to 7 phyla, 13 classes, 63 orders, 117 families and 211 genera have been reported. Diatoms of the phylum Bacillariophyta and dinoflagellates of the phylum Dinoflagellata contributed the most species to the total richness of the region, with 69.8 % (449 spp.) and 23.5 % (151 spp.), respectively. Of the sites analyzed, the coastal zone of Tuxpan (447 spp.) and the Tuxpan River (223 spp.) presented the greatest number of species; in contrast, only 4 species were recorded in Tecolutla.

Keywords: Cyanobacteria, diatoms, Dinoflagellata, Gulf of Mexico, microalgae

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es un grupo compuesto por organismos microscópicos mayormente fotosintetizadores que habitan en la capa fótica de los ecosistemas dulceacuícolas y marinos, como ríos, lagos, estuarios, lagunas costeras y océanos. Los grupos taxonómicos comúnmente dominantes en el fitoplancton de ambientes marinos son las diatomeas (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinoflagellata) y cianobacterias (Cya-

nobacteria), mientras que en ambientes costeros en que el agua marina se mezcla con el agua dulce continental se suelen presentar además otros grupos, como las euglenofitas (Euglenophyta) y clorofitas (Chlorophyta) (Ortiz-Rosales 1997).

Parte de la importancia del fitoplancton radica en gran medida a que genera poco más del 50 % del oxígeno global y es el nivel trófico basal en los ecosistemas acuáticos debido a que sustenta de manera directa o indirecta la transferencia energética a niveles tróficos superiores (Reynolds 2006), además de que algunas especies funcionan como bioindicadores al ser sensibles a la variación ambiental. En este sentido, el desarrollo de listas florísticas actualizadas requiere de la consulta de fuentes confiables como bases de datos globales (p. ej. AlgaeBase) y el cumplimiento del Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (Turland *et al.* 2018) para validar nombres taxonómicos, identificar sinonimias y asegurar el reconocimiento de las especies. Esto permite identificar especies clave para el monitoreo ambiental, la presencia de florecimientos algales y la evaluación de la salud de los ecosistemas (Herzka *et al.* 2012; Okolodkov & Blanco-Pérez 2011), lo que es esencial para diseñar estrategias de conservación y gestión sostenible en zonas costeras.

En México se han registrado 1,488 *taxa* de fitoplancton, pertenecientes a 211 géneros, incluyendo especies, formas y variedades, lo que representa entre el 33 y 42 % de la biodiversidad global del fitoplancton (Hernández-Becerril 2014). En todo el golfo de México se han registrado al menos 644 taxones de dinoflagelados, mientras que para la porción mexicana se han reportado 252 especies (Hernández-Becerril 2014). Las listas de especies de fitoplancton en la porción mexicana del golfo de México se han construido para los estados del sur, como Tabasco, Campeche y Yucatán (Licea Durán 2006; Merino-Virgilio *et al.* 2013), sin embargo, en el caso de Veracruz, cuya costa también abarca una significativa extensión en el golfo de México, aún existen áreas poco documentadas en cuanto a la diversidad fitoplanctónica.

Entre los estados del golfo de México, destaca Veracruz, que cuenta con una superficie que representa el 29.3 % de la costa mexicana del golfo y aproximadamente 1166 km² de zonas estuarinas (López-Portillo *et al.* 2011). Aunque la planicie costera de Veracruz es amplia, ya que cubre aproximadamente el 72.2 % del estado, el conocimiento sobre la diversidad y ecología del fitoplancton se ha enfocado en la zona costera central y en la zona sur (*i.e.* Aké Castillo *et al.* 2018; Aké-Castillo & Vázquez 2008; Okolodkov & Blanco-Pérez, 2011; Rodrí-

guez-Gómez *et al.* 2019), debido en gran medida al desbalance de estudios de este tipo a lo largo de la franja litoral veracruzana (Aké Castillo *et al.* 2018). Además, la mayoría de los registros de especies del fitoplancton marino y costero de Veracruz se han reportado como parte de la denominada literatura gris, que resulta en muchos casos de difícil acceso. El objetivo de este trabajo fue actualizar el estatus de la florística de fitoplancton marino y costero de la zona norte del estado de Veracruz mediante la elaboración de una lista de especies a partir de la compilación, síntesis y organización de la literatura disponible sobre el tema. Se espera que la información aquí presentada sirva como base para referencia de estudios taxonómicos y ecológicos en el golfo de México y a mayor escala en zonas costeras subtropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona norte del estado de Veracruz se ubica al suroeste del golfo de México, en la región hidrológica 26 y 27 de la CONAGUA que abarca desde la cuenca del río Pánuco en el extremo norte, hasta Nautla ubicada al sur (Pereyra Díaz *et al.* 2010) (Fig.1). Comprende aproximadamente 260 km de línea de costa, contigua a una plataforma continental de ~35 a 50 km de ancho. Al igual que en la mayoría del estado de Veracruz, se presenta un importante aporte de agua dulce de ríos, entre los que destacan por su caudal el Pánuco, el Tamesí, el Moctezuma, el Tuxpan, el Cazones, el Tecolutla y el Nautla. También se presentan lagunas costeras como las de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco, las cuales cuentan con algún grado de protección por la CONABIO o el convenio de humedales RAMSAR.

Búsqueda, compilación y revisión de la literatura

Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en la que se recopilaron los trabajos académicos (trabajos para la obtención de grado, artículos, libros y capítulos de libro) que han registrado e/o ilustrado especies fitoplanctónicas de hábitats marinos o costeros en al menos uno de los municipios comprendidos (Pánuco, Pueblo Viejo, Tamiahua, Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla) en la zona norte del estado de Veracruz. Así, se consultaron diversas fuentes de información, principalmente repositorios institucionales (Universidad Veracruzana, UNAM, UAM, CICESE), sitios web y otros repositorios bibliográficos. Adicionalmente se realizó una búsqueda bibliográfica en cascada, al incluir las referencias de la literatura encontrada.

Se consideraron los trabajos que registraron la presencia de al menos una especie, ya sea en listas,

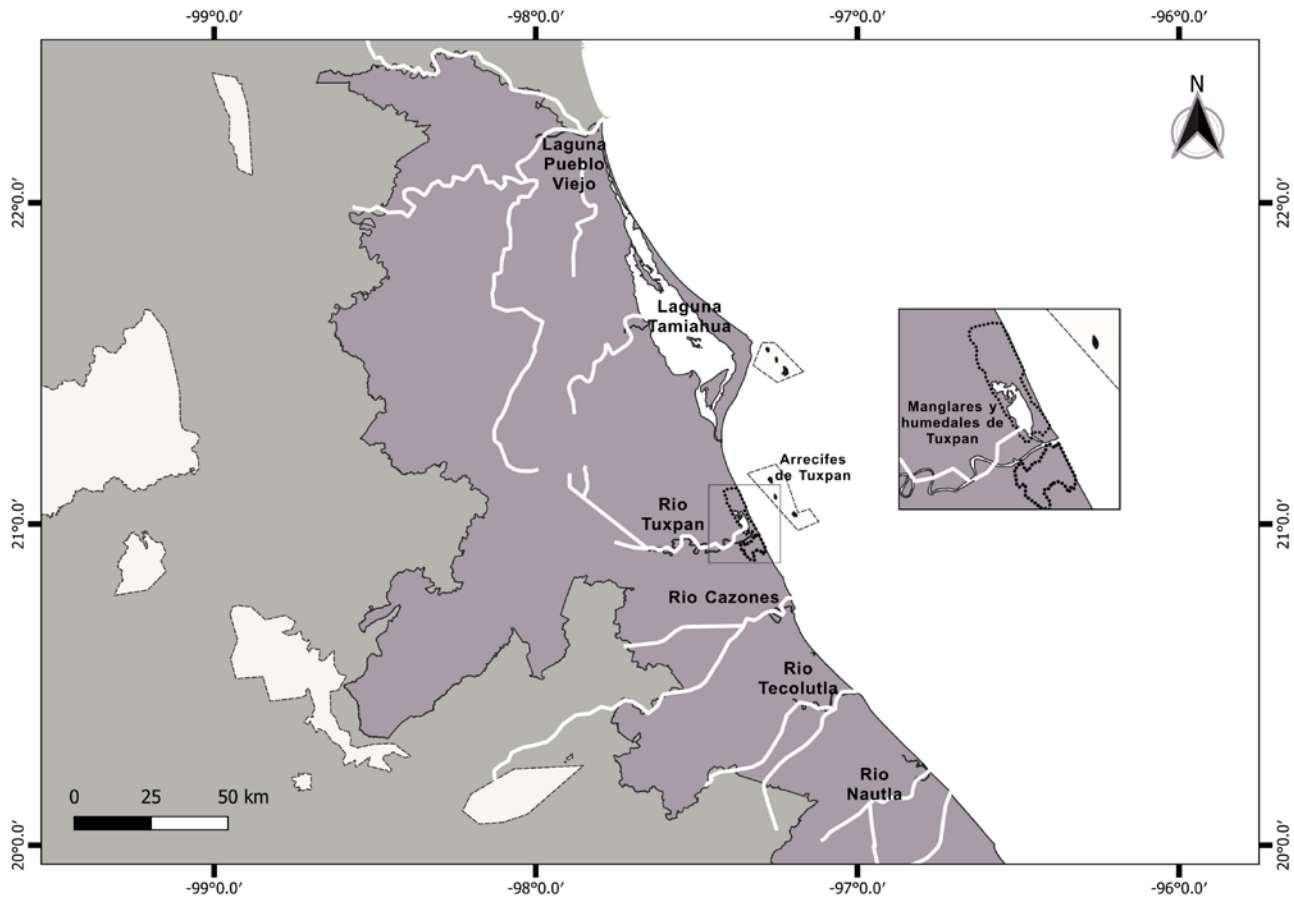


Fig. 1. Mapa de la zona costera del norte del estado de Veracruz.

cuadros o figuras; se descartaron los trabajos y registros que no mencionan la identificación hasta el nivel de especie. Los registros de las especies fueron categorizados geográficamente en siete áreas: laguna Pueblo Viejo, laguna Tamiahua, arrecifes de Tuxpan, zona costera Tuxpan, río Tuxpan, Manglares y Humedales de Tuxpan y Tecolutla. Cada especie fue asignada con su filo, clase, orden, familia y género correspondiente y se agregó la autoridad taxonómica de las especies tomando como referencia la plataforma AlgaeBase (Guiry & Guiry 2024). Asimismo, se hicieron observaciones sobre actualización nomenclatural en gran parte de los *taxa* listados.

RESULTADOS

Revisión de la literatura

Se reconocieron 31 trabajos académicos publicados entre 1972 y 2023 que reportaron la presencia de especies del fitoplancton marino-costero en la zona norte del estado de Veracruz (Fig. 2). La mayoría fueron trabajos para la obtención de grado académico

(15), seguido de artículos científicos (7), resúmenes de congresos (6), capítulos de libro (2) y un libro. Entre la década de los años 1970 y 2010 se observó un incremento en el número de trabajos académicos, a excepción de la década de 2000 cuando se registró un descenso ya que se identificaron solo 5 publicaciones. Hasta la década anterior, los trabajos consistieron únicamente en trabajos para obtención de grado, resúmenes de congresos o artículos científicos. En lo que va de la década reciente (2020´s), se han registrado 3 trabajos, agregándose un libro y un capítulo de libro a un trabajo de obtención de grado (Fig. 2).

Especies del fitoplancton

Se contabilizaron 643 especies en los 7 sitios en que se dividió la zona norte del estado de Veracruz (Cuadro 1), las cuales corresponden a 7 filos (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Haptophyta, Dinoflagellata y Heterokontophyta), 13 clases, 63 órdenes, 117 familias y 211 géneros (Cuadros 1 y 2).

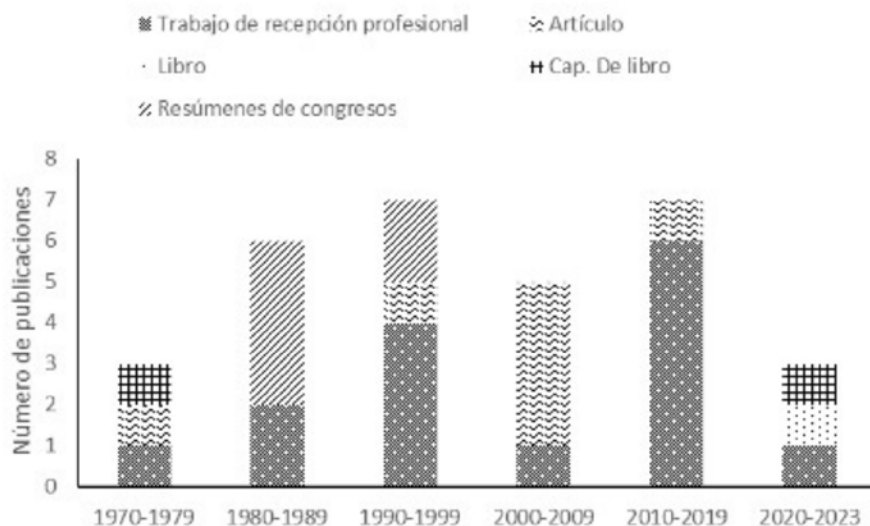


Fig. 2. Número y tipo de publicaciones en orden cronológico que reportan la presencia de fitoplancton marino y costero de la zona norte del estado de Veracruz (1972-2023).

Cuadro 1. Número de clases, órdenes, familias, géneros y especies de los diferentes filos del fitoplancton marino y costero registrado en la zona norte del estado de Veracruz.

Filos	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Bacillariophyta	3	39	72	138	449
Charophyta	1	1	2	2	3
Chlorophyta	2	3	4	11	15
Cyanobacteria	1	4	5	5	6
Haptophyta	1	4	6	12	13
Dinoflagellata	3	10	25	37	151
Heterokontophyta	2	2	3	6	6
TOTAL	13	63	117	211	643

El grupo que contribuyó mayormente a la riqueza de especies fue el de las diatomeas con el 69.8 % (449 especies), seguido de los dinoflagelados con el 23.5 % (151 especies), mientras que las Chlorophyta (2.3 %, 15 especies), Haptophyta (2 %, 13 especies), Cyanobacteria (0.9 %, 6 especies), Heterokontophyta (0.9 %, 6 especies) y Charophyta (0.5 %, 3 especies) contribuyeron con menos del 3 % cada uno (Fig. 3A). En el caso del filo Bacillariophyta, la clase taxonómica más representativa fue Bacillariophyceae con el 62 % (279 especies) de la riqueza, seguido de Mediophyceae con el 23 % (102 especies) y Coscinodiscophyceae con el 15 % (68 especies)

(Fig. 3B). Con respecto al filo Dinoflagellata, la clase Dinophyceae fue la dominante con el 98.01 % (148 especies) de la riqueza de dinoflagelados (Fig. 3C). Con respecto a los 7 sitios en que se dividió el área de estudio, la mayor parte de las especies se ha registrado en los sitios cercanos a Tuxpan (Fig. 4). Tan solo para la zona costera de Tuxpan se han reportado 447 especies, de las cuales 269 son diatomeas, 139 dinoflagelados, 13 haptofitas, 14 clorofitas, 6 heterokontofitas y 6 cianobacterias. En el río Tuxpan se ha reportado la presencia de 223 especies de fitoplancton pertenecientes a las Bacillariophyta (143 spp.), Dinoflagellata (62 spp.),

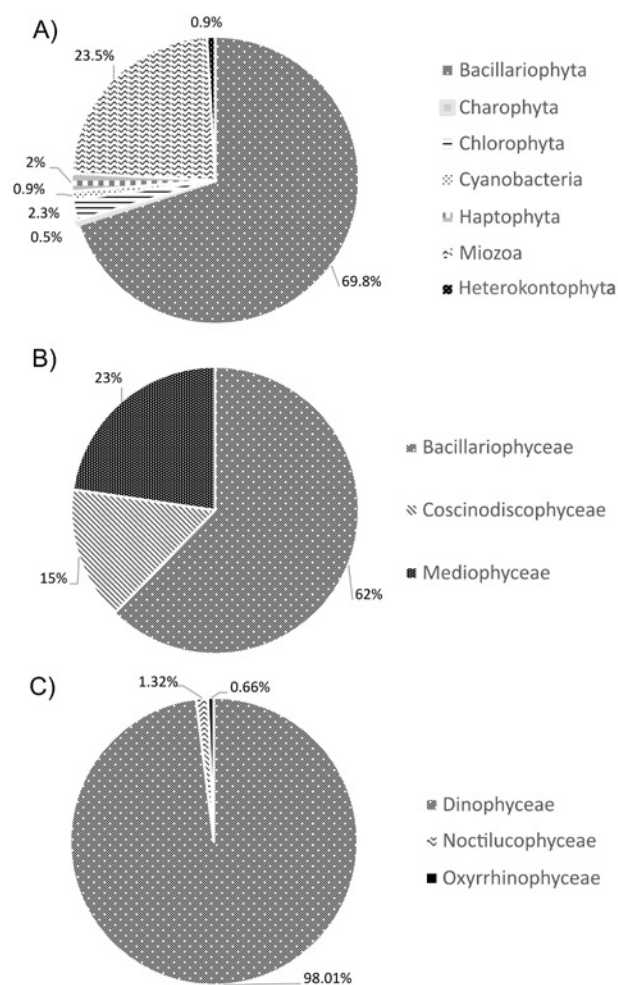


Fig. 3. A) Porcentaje de contribución de los diferentes filos a la riqueza de especies registrada en la zona norte del estado de Veracruz y porcentaje de contribución de las clases taxonómicas dentro de los filos **B)** Bacillariophyta y **C)** Dinoflagellata.

Chlorophyta (14 spp.), Cyanobacteria (1 spp.), Heterokontophyta (1 spp.) y Charophyta (2 spp.). Para manglares y humedales de Tuxpan se han reportado 205 especies pertenecientes a los grupos Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Dinoflagellata y Heterokontophyta, al igual que en los sitios anteriores predominan especies de diatomeas y dinoflagelados con 126 (61 %) y 64 especies (31.2 %), respectivamente. Para el arrecife Tuxpan se han identificado 173 especies, de las cuales 172 fueron diatomeas y una Charophyta. Para la laguna de Tamiahua se han reportado 115 especies de las cuales 82 fueron diatomeas y 33 dinoflagelados. En laguna Pueblo Viejo se han registrado 6 especies y en Tecolutla se han reportado 4 especies, en ambos casos pertenecientes al filo Bacillariophyta.

DISCUSIÓN

La recopilación realizada en este trabajo sugiere que los estudios sobre la diversidad fitoplanctónica en la zona norte del estado de Veracruz no son escasos. De acuerdo con Aké-Castillo *et al.* (2018), hay un desbalance en los trabajos sobre el tema a lo largo del litoral veracruzano. Estos iniciaron con Avendaño (1972) en la laguna de Tamiahua. Posteriormente, en la década de 1980, además de la laguna Tamiahua, los estudios sobre identificación de las especies fitoplanctónicas se centraron en Pueblo Viejo, Tecolutla y Tampamachoco (Bulit & Signoret 1988; Cantú Ramírez 1984; Delon Capellini 1984; Gómez-Aguirre 1988; Herrera-Galindo & Moreno-Ruiz 1989; Ochoa & Ramírez 1981). En la década de 1990, los trabajos fueron mayormente

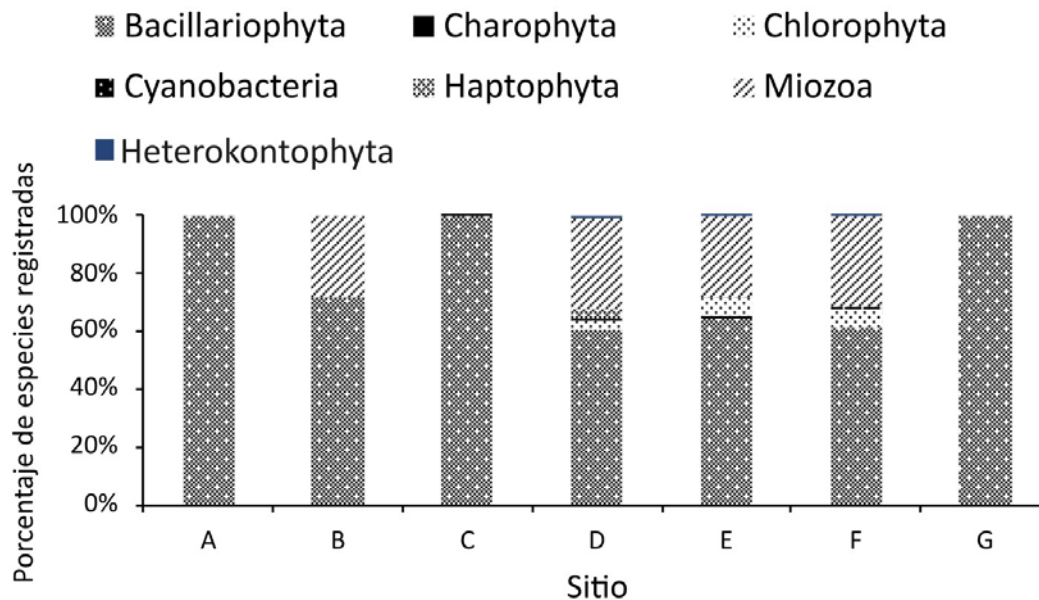


Fig. 4. Porcentaje de especies reportadas por filos en cada uno de los sitios del norte del estado de Veracruz. **A=** Laguna Pueblo Viejo (6 spp.), **B=** laguna Tamiahua (115 spp.), **C=** arrecife Tuxpan (173 spp.), **D=** zona costera Tuxpan (447 spp.), **E=** río Tuxpan (223 spp.), **F=** manglares y humedales Tuxpan (205 spp.), **G=** Tecolutla (4 spp.).

de tesis profesionales, teniendo como sitios de estudio principalmente las lagunas de Tamiahua y Tampamachoco, además de la zona costera de Tuxpan (Balderas Palacio 1994; Figueroa-Torres & Weiss-Martínez 1998, 1999; González-Ávila 1995; Ortega Zapata 1991). En la década pasada se han realizado principalmente tesis sobre la identificación de especies de fitoplancton, mejorando la estimación de la biodiversidad conocida de la región (Abad-Aguilar 2015; Aldeco-Ramírez *et al.* 2012; Mesa-Rivera 2012; Orduña-Medrano 2012; Pérez-Olmedo 2017; Pérez-Ramírez 2014; Pérez-Romero 2019), mientras que en fechas recientes se han publicado trabajos con ilustraciones de especies de fitoplancton presentes en el río Tuxpan (Treviño-Butron 2023; Vázquez *et al.* 2021).

La riqueza de especies registrada en esta compilación resulta significativa, ya que la diversidad de especies fitoplanctónicas del norte de Veracruz se había considerado como baja y a los estudios como escasamente realizados. En principio, las 643 especies registradas para la región constituyen el 43.2 % de las 1488 especies reportadas para México por Hernández-Becerril (2014) y resulta casi 2 veces más si se compara con los 336 *taxa* registrados en la costa central veracruzana representada por el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano por Rodríguez-Gómez *et al.*

(2015). Aunque esta última comparación no considera otros ecosistemas de la zona costera central, es posible que la diferencia tan grande sea un reflejo de una mayor diversidad en la zona norte con respecto a la zona centro del estado de Veracruz.

Las razones que explicarían esta mayor diversidad en la zona norte de Veracruz podrían estar relacionadas con diferencias en las condiciones oceanográficas e hidrológicas, la influencia de los ríos hacia las zonas costeras y marinas, los gradientes de impactos antropogénicos que influyen sobre la estructura de la comunidad del fitoplancton y los patrones de circulación oceánica. No se descarta la influencia debido a las diferencias en los esfuerzos de muestreo. Otros factores podrían ser explorados en trabajos futuros. La alta riqueza de diatomeas (69.8 %) refleja su papel fundamental como principales productores primarios en el norte de Veracruz, donde contribuyen significativamente a la fotosíntesis y sostienen la base de la red trófica (Krayesky *et al.* 2009; Reynolds 2006). Su predominancia puede estar asociada con la disponibilidad de nutrientes, especialmente silicatos, y condiciones ambientales favorables. Los dinoflagelados (23.5 %) destacan por su diversidad funcional, que incluye especies autotróficas, mixotróficas y heterotróficas, contribuyendo tanto a la producción primaria como al reciclaje de materia

orgánica. Su presencia resalta su importancia en la dinámica trófica y como indicadores de procesos ecológicos, incluyendo fenómenos como los florecimientos algales nocivos (Hallegraeff *et al.* 2021). En contraste, la baja contribución de otros grupos, como Chlorophyta y Haptophyta, podría deberse a sus requerimientos ecológicos específicos, menos favorecidos en el sitio de estudio. Además, es posible que estén subrepresentados en los resultados debido a limitaciones metodológicas, ya que algunos de estos grupos requieren técnicas específicas de muestreo y fijación con soluciones especializadas para su correcta preservación e identificación. Esto resalta la importancia de ajustar métodos para capturar su verdadera diversidad.

Si se considera la variación de la riqueza en los sitios analizados, el desbalance geográfico en el esfuerzo de muestreo en la zona norte de Veracruz, concentrado en Tuxpan y Tamiahua, limita una visión integral de la biodiversidad fitoplanctónica. Áreas menos estudiadas, como Tecolutla y Laguna Pueblo Viejo, podrían albergar comunidades únicas o responder distinto a factores ambientales. Es vital ampliar el muestreo en estos sitios para confirmar si las diferencias en riqueza son reales o metodológicas y así diseñar estrategias de manejo más completas.

El listado taxonómico presentado incluye notas actualizadas para corregir nombres no válidos y evitar confusiones por sinónimos, siendo consistente con las publicaciones más recientes. Este tipo de revisión, escaso en la región, complementa trabajos previos con este tipo de anotaciones como el de Krayesky *et al.* (2009), enfocado en diatomeas del Golfo de México. Al abarcar una diversidad más amplia y actualizada, el presente listado contribuye a una comprensión actualizada de la biodiversidad fitoplanctónica en el norte de Veracruz. Sin embargo, es necesario continuar este esfuerzo, especialmente considerando la próxima publicación del Código de Nomenclatura Botánica de 2026 (Código de Madrid), que podría implicar nuevas actualizaciones taxonómicas en los próximos años.

Entre las especies listadas destacan 12 del género *Pseudo-nitzschia*, diatomea productora de ácido domoico (ASP), como *P. caciaantha*, registrada frente a Tuxpan (Lundholm *et al.* 2003). En dinoflagelados, *Amphidinium carterae* (ciguatera), *Dinophysis* spp., *Alexandrium* spp. y *Karenia brevis* representan riesgos potenciales por intoxicaciones del tipo DSP, PSP y NSP, respectivamente (Hu *et al.* 2022; Montuori *et al.* 2023; Reguera *et al.* 2024). Además, *Chatonella marina*, registrada en Tuxpan, puede generar especies reactivas de oxígeno (ROS) y causar mortandad de peces (Cho *et al.* 2022). Estos registros sugieren un riesgo potencial para la fauna

marina y la salud humana, reforzando la necesidad de un monitoreo sistemático, especialmente ante el aumento proyectado de FAN en el golfo de México y el Caribe (Hallegraeff *et al.* 2021).

En conclusión, la diversidad del fitoplancton para la zona norte del estado de Veracruz resulta elevada y, debido al alto porcentaje en comparación con los registros nacionales, es representativa de la flora fitoplanctónica marina-costera del golfo de México. La información actualizada presentada aquí sirve de base para estudios de alfa y beta diversidad, así como de distribución de *taxa* del fitoplancton, relacionados con variabilidad ambiental que requieren de hipótesis derivadas creativamente. Adicionalmente, la presencia de especies nocivas y/o tóxicas sugieren riesgos potenciales por distintos tipos de intoxicación por consumo de mariscos, por lo que los monitoreos son necesarios en esta región.

AGRADECIMIENTOS

Itzel A. García Cruz colaboró con la organización de la base de datos. María Guadalupe Soto Viveros elaboró la figura del área de estudio. Se agradecen los comentarios de los revisores que ayudaron a mejorar el enfoque del presente documento.

REFERENCIAS

- Abad-Aguilar, I. 2015. Riqueza y sistemática de diatomeas bentónicas y planctónicas durante las estaciones otoño-invierno del arrecife Tuxpan, Veracruz, 2014-2015. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Aké-Castillo, J.A., A. Almazán Becerril, C.F. Rodríguez Gómez & E. García Mendoza. 2018. *Catálogo de microalgas marinas de Veracruz*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Aké-Castillo, J.A. & G. Vázquez. 2008. Phytoplankton variation over a year and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in Sontecomapan, a tropical coastal lagoon on the Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78: 705-714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.02.012>.
- Aldeco-Ramírez, J., M. Signoret Poillon, M.A. Monreal Gómez, & D.A. Salas de León. 2012. Export of materials along a tidal river channel that links a coastal lagoon to the adjacent sea. *Brazilian Journal of Oceanography* 3: 311-322. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1679-87592012000300004>.
- Avendaño Sánchez, H. 1972. Contribución al conocimiento de las diatomeas (Chrysophycophyta, Bacillariophyceae), del plancton de la laguna de Tamiahua, Veracruz México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Balderas Palacio, B.M. 1994. Distribución superficial del fitoplancton en el Golfo de México y su relación con

- algunos parámetros físico-químicos durante el otoño de 1990. Tesis de Licenciatura. UNAM.
- Band-Schmidt, C.J., L. Morquecho, D.U. Hernández-Becerril, A. Reyes-Salinas, & E. Bravo-Sierra. 2004. Raphidophyceans on the coasts of Mexico. *Hydrobiologia* 515: 79-89. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000027320.00977.8b>.
- Bulit, C., & M. Signoret. 1988. Phytoplankton distribution and tidal currents in a tropical coastal lagoon. 23rd European Marine Biology Symposium. Poster Abstract. Swansea, 5th-9th September.
- Cantú Ramírez, M.C. 1984. Determinación de pigmentos del fitoplancton de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Tesis profesional. UNAM-ENEP-Iztacala.
- Cho, K., M. Ueno, Y. Liang, D. Kim, & T. Oda. 2022. Generation of reactive oxygen species (ROS) by harmful algal bloom (HAB)-forming phytoplankton and their potential impact on surrounding living organisms. *Antioxidants* 11: 206. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11020206>.
- Contreras Espinosa, F. 2001. Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables ecológicas seleccionadas. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Cruz, M. 1973. Análisis parcial del microplancton en la laguna de Pueblo Viejo, Ver. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 24: 327-368.
- Delon Capellini, A. 1984. Variación estacional del plancton en los esteros Boca de Lima y Lagartos, Municipio de Tecolutla, Veracruz. Tesis profesional. Universidad Veracruzana.
- Figuerola-Torres, M.G. & I. Weiss-Martínez. 1998. Sistemática y distribución de los dinoflagelados de la laguna de Tamiahua, Veracruz. Resumen de la novena Reunión de la Sociedad Mexicana de Planctología y segunda Reunión Internacional de Planctología.
- Figuerola-Torres, M.G. & I. Weiss-Martínez. 1999. Dinoflagelados (Dinophyceae) de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 47(S1): 43-46.
- Gómez-Aguirre, S. 1988. Dinoflagelados de la laguna de Tamiahua durante el período abril de 1984-abril de 1986. Resumen del segundo congreso de la Sociedad Mexicana de Planctología, 53.
- González-Ávila, M.E. 1995. Evaluación del efecto de la temperatura en la productividad y fotosíntesis de una comunidad fitoplanctónica marina, en una zona de operación Termoeléctrica (Tuxpan, Veracruz, México). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2024. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (consultado el 14 de octubre 2024).
- Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson, C. Belin, M.Y.D. Bottein, E. Bresnan, M. Chinain, & A. Zingone. 2021. Perceived global increase in algal blooms is attributable to intensified monitoring and emerging bloom impacts. *Communications Earth & Environment* 2: 117. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00178-8>.
- Hernández-Becerril, D.U. 2014. Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 44-53. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.32037>.
- Hernández-Becerril, D.U., J.A. Aké Castillo, E. Bravo-Sierra, M.R. Cruz Muñoz & M.I. Tapia Peña. 1996. Fitoplancton en dos localidades de la zona costera de Tuxpam, Ver., México. Reunión Internacional de Planctología y Octava Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, Programa y Resúmenes, 24.
- Herrera-Galindo, J.E. & J.L. Moreno-Ruiz. 1989. Análisis de las diatomeas béticas del género *Nitzschia* (Hassall) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. IV Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología.
- Herzka, S.Z., J.C. Herguera, S. Licea, J. Sheinbaum & V. Ferreira. 2012. Fitoplancton. En XIXIMI Fase I: Establecimiento de la línea base en aguas profundas del Golfo de México en respuesta al derrame petrolero asociado a la plataforma Deepwater Horizon (pp. 185-200). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Hu, C., Y. Yao, J.P. Cannizzaro, M. Garrett, M. Harper, L. Markley, & K. Hubbard. 2022. *Karenia brevis* bloom patterns on the west Florida shelf between 2003 and 2019: Integration of field and satellite observations. *Harmful Algae* 117: 102289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102289>.
- Krasky, D.M., E. Meave del Castillo, E. Zamudio, J.N. Norris, & S. Fredericq (2009). In: D.L. Felder & D.K. Camp (Eds.). Diatoms (Bacillariophyta) of the gulf of Mexico. *Gulf of Mexico origin, waters, and biota*. pp. 155-186.
- Licea Durán, S. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) y dinoflageladas (Dinophyceae) planctónicas más frecuentes en la región sur del Golfo de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto AA012. México.
- López-Portillo, J., M.L. Martínez & J.R. Hernández. 2011. *Atlas de las costas de Veracruz, manglares y dunas costeras*. Gobierno del estado de Veracruz, 247.
- Lundholm, N. & Ø. Moestrup. 2003. A study of the *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): What is *P. pseudodelicatissima*? *Journal of Phycology* 39: 797-813. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.02031.x>.
- Martínez-Arroyo, A., S. Abundes, M.E. González, & I. Rosas. 2000. On the influence of hot-water discharges on phytoplankton communities from a coastal zone of the Gulf of Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution* 119: 209-230.

- Méndez-Torres, J., R.I. Hernández-Herrera, A. Almazán-Becerril, P. San Martín-Del Ángel & B. Delgado-Pech. 2020. Abundancia del género *Pseudo-nitzschia* en la zona costera de Tuxpan, Veracruz. In: *Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano* (1a ed., pp. 110-127). Universidad de Colima.
- Merino-Virgilio, F. del C., Y.B. Okolodkov, A. Aguilar-Trujillo, & J.A. Herrera-Silveira. 2013. Phytoplankton of the northern coastal and shelf waters of the Yucatan Peninsula, southeastern Gulf of Mexico, Mexico. *Check List* 9: 771-779. DOI: <https://doi.org/10.15560/9.4.771>.
- Mesa-Rivera, K.J. 2012. Determinación de la riqueza de diatomeas (Bacillariophyta) en el río Tuxpan en las temporadas de secas y lluvias 2012. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Montuori, E., D. De Luca, A. Penna, D. Stalberga, & C. Lauritano. 2023. *Alexandrium* spp.: From toxicity to potential biotechnological benefits. *Marine Drugs* 22: 31. DOI: <https://doi.org/10.3390/md22010031>.
- Ochoa, F.E. & M.F. Ramírez. 1981. Variación estacional de algunos dinoflagelados en la laguna de Tamiahua, Ver., México. Resumen del séptimo simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica, 265-274.
- Okolodkov, Y. & R. Blanco-Pérez. 2011. Diversidad de microalgas marinas y de aguas salobres. In: *La biodiversidad en Veracruz estudio de estado* (1ª. ed., Vol. 2, pp. 59-69). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Instituto de Ecología, A. C.
- Orduña-Medrano, R.E. 2012. Patrones de distribución y abundancia de fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana.
- Ortega Zapata, R. 1991. Aspectos ecológicos de la comunidad fitoplanctónica en el estero Casitas, Municipio de Tecolutla, Ver., Méx. Tesis profesional. Universidad Veracruzana.
- Ortiz-Rosales, J. 1997. Dinámica de las comunidades fitoplanctónicas en la laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. DOI: <http://eprints.uanl.mx/5775/1/1020145820.PDF>.
- Pereyra Díaz, D., J.A.A. Pérez Sesma & M.R. Salas Ortega. 2010. Hidrología. In: *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz* (Vol. 1, pp. 85-122). Gobierno del estado de Veracruz.
- Pérez-Olmedo, L. 2017. Composición y abundancia de especies tóxicas y nocivas de dinoflagelados causantes de mareas rojas en la zona costera de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana.
- Pérez-Ramírez, A.G. 2014. Catálogo de microalgas de la zona costera de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Pérez-Romero, J.I. 2019. Análisis bromatológico de cepas *Chlorella* spp. aisladas del Río Tuxpan para evaluación de su uso bioenergético. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana.
- Reguera, B., M. García-Portela, E. Velasco-Senovilla, P. Rial, L. Escalera, P.A. Díaz, & F. Rodríguez. 2024. *Dinophysis*, a highly specialized mixoplanktonic protist. *Frontiers in Protistology* 1, 1328026. DOI: <https://doi.org/10.3389/frpro.2023.1328026>.
- Reynolds, C. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rodríguez-Gómez, C.F., J.A. Aké-Castillo, G. Campos-Bautista & Y.B. Okolodkov. 2015. Revisión del estudio del fitoplancton en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *E-Bios* 2: 178-191.
- Rodríguez-Gómez, C.F., G. Vázquez, J.A. Aké-Castillo, C.J. Band-Schmidt, & P. Moreno-Casasola. 2019. Physicochemical factors related to *Peridinium quadridentatum* (F. Stein) Hansen (Dinophyceae) blooms and their effect on phytoplankton in Veracruz, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 230: 106412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106412>.
- Sánchez Rueda, P. 2002. Stomach content analysis of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) with emphasis on diatoms in the Tamiahua lagoon, México. *Revista de Biología Tropical* 50: 245-252.
- Sánchez-Hidalgo, M. 1974. Diatomeas planctónicas de la laguna de Pueblo Viejo, Ver., México. In: *Memoria del quinto Congreso Nacional de Oceanografía* (pp. 594-611).
- Treviño-Butron, J. 2023. Diversidad de diatomeas centrales durante la temporada de nortes a lo largo del gradiente de salinidad del río Tuxpan. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Turland, N.J., J.H. Wiersema, F.R. Barrie, W. Greuter, D.L. Hawksworth, P.S. Herendeen, S. Knapp, W.-H. Kusber, D.-Z. Li, K. Marhold, T.W. May, J. McNeill, A. M. Monro, J. Prado, M.J. Price, & G.F. Smith (Eds.). 2018. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. DOI: <https://doi.org/10.12705/Code.2018>.
- Vázquez, G., J.A. Aké-Castillo & R.E. Orduña Medrano. 2021. *Catálogo de fitoplancton de sistemas costeros del Golfo de México y Mar Caribe* (1ª. ed.). EPOMEX-UAC. DOI: <https://doi.org/10.26359/epomex.cemie102021>.
- Zamudio Reséndiz, M.E. 1998. Hidrología y fitoplancton en una región costera al oeste del Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sometido: 16 de mayo de 2024

Revisado: 4 de noviembre de 2024

Corregido: 4 de febrero de 2025

Aceptado: 5 de febrero de 2025

Cuadro 2. Listado sistemático de las especies fitoplanctónicas registradas en la zona norte del estado de Veracruz. En Sitio: A= Laguna Pueblo Viejo, B= Tamiahua, C= arrecife Tuxpan, D= zona costera Tuxpan, E= río Tuxpan, F= Manglares y Humedales Tuxpan, G= Tecolutla; en Referencia: I= Avendaño 1972, II= Cruz 1973, III= Sánchez Hidalgo 1974, IV= Ochoa & Ramírez 1981, V= Cantú 1984, VI= Delon 1984, VII= Bulit & Signoret 1988, VIII= Gómez-Aguirre 1988, IX= Herrera & Moreno 1989, X=Ortega 1991, XI= Balderas 1994, XII= Gonzáles-Ávila 1995, XIII= Zamudio Reséndiz 1998, XIV= Figueroa-Torres y Weiss-Martínez 1998, XV= Figueroa-Torres y Weiss-Martínez 1999, XVI= Hernández-Becerril et al. 1999, XVII= Martínez Arroyo et al. 2000, XVIII= Contreras Espinosa 2001, XIX= Sánchez Rueda 2002, XX= Band-Schmidt 2003, XXI= Lundholm 2003, XXII= Orduña-Medrano 2012, XXIII= Aldeco-Ramírez 2012, XXIV= Mesa Rivera 2012, XXV= Pérez Ramírez 2014, XXVI= Abad Aguilar 2015, XXVII= Pérez-Olmedo 2017, XXVIII= Pérez-Romero 2019, XXIX= Méndez-Torres 2020, XXX= Vázquez 2021, XXXI= Treviño Butron 2023. Los números en superíndices indican los nombres con los que se han registrado los *taxa* en la literatura de la región.

Categoría Taxonómica	Sitio	Referencia
Filo Bacillariophyta		
Clase Bacillariophyceae		
Orden Achnanthes		
Familia Achnantheaceae		
Género <i>Achnanthes</i>		
<i>Achnanthes adnata</i> Bory 1822 ¹	F	XXX
<i>Achnanthes curvirostrum</i> Brun 1895	B	XIX
<i>Achnanthes manífera</i> Brun 1895	D	XIII
Familia Achnantheidiaceae		
Género <i>Achnantheidium</i>		
<i>Achnantheidium gracillimum</i> (F. Meister) Lange-Bertalot ²	B	XIX
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützinger) Czarnecki 1994 ³	B,C	XIX, XXVI
Familia Cocconeidaceae		
Género <i>Cocconeis</i>		
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg 1849 ⁴	F,E,D	XIII, XXX
<i>Cocconeis pelta</i> A.W.F. Schmidt 1875	D	XIII
<i>Cocconeis californica</i> Grunow 1880	B	XIX
<i>Cocconeis dirupta</i> var. <i>flexella</i> (Janisch & Rabenhorst) Grunow 1880	B	XIX
<i>Cocconeis dirupta</i> W. Gregory 1857 ⁵	C,B	XIX, XXVI
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg 1854 ⁶	B	XIX
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg 1838	C	XXVI
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	F,C,D	XIII, XXIII, XXVI
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	E,C,B	XIX, XXVI, XXX
Orden Bacillariales		
Familia Bacillariaceae		
Género <i>Bacillaria</i>		
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson 1901 ⁷	F,E,D,C,B,A	I, III, IX, XII, XIII, XVII, XVIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXVIII, XXX
<i>Bacillaria socialis</i> (W. Gregory) Ralfs 1861 ⁸	B	XVIII, XIX

Género <i>Cylindrotheca</i>		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin 1964 ⁹	G,F,E,D,C,B	I, X, XII, XIII, XVII, XVIII, XIX, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXX
Género <i>Denticula</i>		
<i>Denticula elegans</i> Kützing 1844	D	XIII
Género <i>Fragilariopsis</i>		
<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle 1965 ¹⁰	D	XIII
Género <i>Hantzschia</i>		
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	C	XXVI
<i>Hantzschia spectabilis</i> (Ehrenberg) Hustedt 1959	E	XXIV
Género <i>Homoeocladia</i>		
<i>Homoeocladia angularis</i> (W. Smith) Kuntze 1898 ¹¹	C	XXVI
Género <i>Nitzschia</i>		
<i>Nitzschia panduriformis</i> var. <i>minor</i> Grunow 1880 ¹²	D	XIII
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith 1853	C	XXVI
<i>Nitzschia amabilis</i> H. Suzuki 2010 ¹³	B	XIX
<i>Nitzschia braarudii</i> Hasle 1996	D	XIII
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow 1880	D	XIII
<i>Nitzschia denticula</i> Grunow 1880	B	XIX
<i>Nitzschia diluviana</i> Cleve 1882	B	XIX
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst 1860	C,B	XIX, XXVI
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow 1880	B	XIX
<i>Nitzschia gracillima</i> Heiden & Kolbe 1928 ¹⁴	D	XIII
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow 1862	C,F,E,D	XXII, XXIV, XXVI
<i>Nitzschia hyalina</i> W. Gregory 1857	B	XIX
<i>Nitzschia hybrida</i> Grunow 1880	D	XIII
<i>Nitzschia improvisa</i> Simonsen 2012	E	XXIV
<i>Nitzschia incurva</i> Grunow 1878 ¹⁵	C	XXVI
<i>Nitzschia interruptestriata</i> Simonsen 1974 ¹⁶	D	XIII
<i>Nitzschia lecointei</i> Van Heurck 1909	C	XXVI
<i>Nitzschia longa</i> Grunow 1880	C	XXVI
<i>Nitzschia macilenta</i> W. Gregory 1859	F	XXIII
<i>Nitzschia pacifica</i> Cupp 1943 ¹⁷	F	XXIII
<i>Nitzschia panduriformis</i> var. <i>minor</i> Grunow 1880	B	XIX
<i>Nitzschia scalpelliformis</i> Grunow 1880 ¹⁸	C	XXVI
<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt 1958	D	XII, XIII, XVII
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith 1853 ¹⁹	F,E,D,C,B	XII, XVII, XIX, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXX

<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853	F,E,D,C,B	I, XIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Nitzschia subtilis</i> (Kützinger) Grunow 1880 ²⁰	C	XXVI
<i>Nitzschia tenuis</i> W. Smith 1853	B	IX, XVIII
<i>Nitzschia valida</i> Cleve & Grunow 1878	D	XIII
<i>Nitzschia vidovichii</i> (Grunow) Grunow 1881	B	XIX
Género <i>Psammodictyon</i>		
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990 ²¹	D,C,B	I, IX, XIII, XXVI, XVIII, XXVI
Género <i>Pseudo-nitzschia</i>		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle 1993	F,E,D,	XII, XVII, XXI, XXII, XXIV, XXIX
<i>Pseudo-nitzschia caciantha</i> Lundholm, Moestrup & Hasle 2003	D	XXI, XXIX
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup & Hasle 2003	D	XXIX
<i>Pseudo-nitzschia cuspidata</i> (Hasle) Hasle 1993	D	XXI, XXIX
<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	D	XXIX
<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	D	XXI
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (H. Takano) H. Takano 1995	D	XXIX
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	D	XXIX
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> var. <i>atlantica</i> (Cleve) Moreno & Licea 1996 ²²	D	XIII
<i>Pseudo-nitzschia sabit</i> S.T. Teng, C. Lim, P. T. Lim & C.P. Leaw 2015	D	XXIX
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo 1899 ²³	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
Género <i>Tryblionella</i>		
<i>Tryblionella acuta</i> (Cleve) D.G. Mann 1990 ²⁴	E	XXIV
<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith 1853 ²⁵	D	XIII
<i>Tryblionella apiculata</i> W. Gregory 1857 ²⁶	F,B	XII, XIX, XXX
<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin 1990 ²⁷	F,D	XIII, XXX
<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990 ²⁸	B	IX, XVIII, XIX
<i>Tryblionella hantzschiana</i> Grunow 1862 ²⁹	B	IX, XVIII
<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) D.G. Mann 1990	B	IX, XVIII
<i>Tryblionella punctata</i> W. Smith 1853	B	XIX
<i>Tryblionella victoriae</i> Grunow 1862 ³⁰	D	XIII
Orden Cymbellales		
Familia Anomoeoneidaceae		
Género <i>Staurophora</i>		
<i>Staurophora amphioxys</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990	B	XIX
Familia Cymbellaceae		
Género <i>Brebissonia</i>		
<i>Brebissonia lanceolata</i> (C. Agardh) R.K. Mahoney & Reimer 1986 ³¹	C	XXVI
Género <i>Cymbella</i>		

<i>Cymbella angusta</i> (Gregory) Gusliakov, nom. illeg. 1992 ³²	B	I, XIX
<i>Cymbella affinis</i> Kützing 1844	E	XXIV
<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	D	XIII
<i>Cymbella lanceolata</i> C. Agardh 1830 ³³	C	XXVI
<i>Cymbella stuxbergii</i> var. <i>tumida</i> Skvortzov 1938	D	XIII
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow 1875	F	XXX
Familia Gomphonemataceae		
Género <i>Encyonema</i>		
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow 1875 ³⁴	C	XXVI
Género <i>Gomphonema</i>		
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg 1841	F	XXIII
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838 ³⁵	D	XIII
Orden Eunotiales		
Familia Eunotiaceae		
Género <i>Eunotia</i>		
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow 1877	C	XXVI
Orden Fragilariales		
Familia Fragilariaceae		
Género <i>Fragilaria</i>		
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	G	X
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlson 1913 ³⁶	C	XXVI
Género <i>Synedra</i>		
<i>Synedra gaillonii</i> (Bory) Ehrenberg 1830	D	XIII
<i>Synedra normaniana</i> Greville 1862	C	XXVI
Familia Staurosiraceae		
Género <i>Opephora</i>		
<i>Opephora pacifica</i> (Grunow) Petit 1889	B	XIX
Orden Koernerellales		
Familia Koernerellaceae		
Género <i>Bleakeleya</i>		
<i>Bleakeleya notata</i> (Grunow) Ronda 1990	C	XXVI
Orden Licmophorales		
Familia Licmophoraceae		
Género <i>Licmophora</i>		
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow 1867	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
<i>Licmophora flabellata</i> (Greville) Agardh 1831	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh 1831	F,C,D	XVII, XXVI, XXX
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867 ³⁷	E,C,B,D	XVII, XIX, XXIV, XXVI

<i>Licmophora juergensii</i> C. Agardh 1831	C	XXVI
<i>Licmophora lyngbyei</i> (Kützinger) Grunow 1867	F,E,D	XXII
Género <i>Podocystis</i>		
<i>Podocystis adriatica</i> (Kützinger) Ralfs 1861 ³⁸	D,C	XXV, XXVI
Familia Ulnariaceae		
Género <i>Ctenophora</i>		
<i>Ctenophora pulchella</i> (Kützinger) D.M. Williams & Round 1986 ³⁹	D	XIII
Género <i>Hyalosynedra</i>		
<i>Hyalosynedra laevigata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round 1986	C	XXVI
Género <i>Tabularia</i>		
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M. Williams & Round 1986 ⁴⁰	D,C	XIII, XXVI
Género <i>Ulnaria</i>		
<i>Ulnaria acus</i> (Kützinger) Aboal 2003 ⁴¹	F,E	XXIV
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001	F,E,C,A,D	III, XIII, XVIII, XXIV, XXVI, XXX
<i>Ulnaria gouldarii</i> (Brébisson ex Cleve & Grunow) D.M. Williams, Potapova & C.E. Wetzel 2022 ⁴²	E	XXX
Orden Lyrellales		
Familia Lyrellaceae		
Género <i>Lyrella</i>		
<i>Lyrella subforcipata</i> (Hustedt) Gusliakov & Karayeva 1992 ⁴³	B	XIX
<i>Lyrella clavata</i> (W. Gregory) D.G. Mann 1990	C	XXVI
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karayeva 1978	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Lyrella lyra</i> var. <i>subtypica</i> (A.W.F. Schmidt) Siqueiros Beltrones 2020	B	XIX
<i>Lyrella robertsiana</i> (Greville) D.G. Mann 1990	F,E,D	XXII
Género <i>Petroneis</i>		
<i>Petroneis granulata</i> D.G. Mann, nom. illeg. 1990	B	XIX
Orden Mastogloiales		
Familia Mastogloiaceae		
Género <i>Mastogloia</i>		
<i>Mastogloia dissimilis</i> Hustedt 1933 ⁴⁴	C	XXVI
<i>Mastogloia apiculata</i> W. Smith 1856	C	XXVI
<i>Mastogloia binotata</i> (Grunow) Cleve 1895	C	XXVI
<i>Mastogloia danseyi</i> f. <i>grevillei</i> (W. Smith) Edlund & Burge 2019 ⁴⁵	F,E,D	XXII
<i>Mastogloia fimbriata</i> (T. Brightwell) Grunow 1863	C	XXVI
<i>Mastogloia lacustris</i> (Grunow) Grunow 1880 ⁴⁶	D	XIII
<i>Mastogloia obliqua</i> Hagelstein 1939	C	XXVI
<i>Mastogloia quinquecostata</i> Grunow 1860	F	XXIII
<i>Mastogloia rostrata</i> (Wallich) Hustedt 1933	D	XIII

<i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> Grunow 1878 ⁴⁷	D	XIII
<i>Mastogloia splendida</i> (Gregory) H. Peragallo 1888	C	XXVI
Orden Naviculales		
Familia Amphipleuraceae		
Género <i>Amphipleura</i>		
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow 1862	E	XXX
Género <i>Frustulia</i>		
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni 1891	C	XXVI
Género <i>Halamphora</i>		
<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Mereschowsky 1903 ⁴⁸	C	XXVI
<i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Levkov 2009 ⁴⁹	C	XXVI
<i>Halamphora turgida</i> (W. Gregory) Levkov 2009 ⁵⁰	B	XIX
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov 2009 ⁵¹	D	XIII
Familia Berkeleyaceae		
Género <i>Berkeleya</i>		
<i>Berkeleya scopulorum</i> (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1979 ⁵²	B	XIX
Género <i>Parlibellus</i>		
<i>Parlibellus cruciculoides</i> (C. Brockmann) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000 ⁵³	D	XIII
Familia Diploneidaceae		
Género <i>Diploneis</i>		
<i>Diploneis aestuarii</i> Hustedt 1939	D	XIII
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson en W. Smith) P.T. Cleve 1894	F,E,D,C	XXII, XXVI
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	F,D,C,B	XII, XVII, XIX, XXIII, XXVI
<i>Diploneis bombus</i> var. <i>bombiformis</i> (Cleve) Hustedt 1937	D	XIII
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve 1892	C	XXVI
<i>Diploneis constricta</i> Cleve 1894	C	XXVI
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	C, D	XIII, XXVI
<i>Diploneis crabro</i> var. <i>minuta</i> Cleve 1894	D	XIII
<i>Diploneis decipiens</i> A. Cleve 1915	B	XIX
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845 ⁵⁴	C	XXVI
<i>Diploneis diplosticta</i> (Grunow) Hustedt 1937	F,E,D	XXII
<i>Diploneis interrupta</i> Cleve 1894	F,E,D,C	XXII, XXV, XXVI
<i>Diploneis littoralis</i> (Donkin) Cleve 1894 ⁵⁵	D	XXV
<i>Diploneis vacillans</i> (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894	C	XXVI
<i>Diploneis weissflogii</i> (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 ⁵⁶	B	I, XIX
Familia Naviculaceae		
Género <i>Caloneis</i>		

<i>Caloneis linearis</i> (Cleve) Boyer 1927	C	XXVI
Género Gyrosigma		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853	F,E,D,C,B	XIX, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXX
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W. Griffith & Henfrey 1856 ⁵⁷	F,E,D,C, B	XIX, XXII, XXVI
<i>Gyrosigma macrum</i> (W. Smith) J.W. Griffith & Henfrey 1856 ⁵⁸	B	I
<i>Gyrosigma peisonis</i> (Grunow) Hustedt in Pascher 1930	F,E,D	XXII
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853 ⁵⁹	C,D	XIII, XXVI
<i>Gyrosigma lineare</i> (Grunow) Cleve 1894	E	XXIV
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve 1894	C	XXVI
<i>Gyrosigma subsalsum</i> (Wisłouch & Kolbe) A. Cardinal, M. Poulin & L. Bérard-Therriault 2002 ⁶⁰	D	XIII
Género Haslea		
<i>Haslea frauenfeldii</i> (Grunow) Simonsen 1974 ⁶¹	D	XIII
<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen 1974	C	XXVI
<i>Haslea spicula</i> (Hickie) Bukhtiyarova 1995	D	XXV
<i>Haslea wawriksae</i> (Hustedt) Simonsen 1974 ⁶²	D	XIII
Género Navicula		
<i>Navicula mollis</i> (W. Smith) Cleve 1896	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
<i>Navicula abunda</i> Hustedt 1955	C,B	XIX, XXVI
<i>Navicula ammophila</i> Grunow 1882	F	XXX
<i>Navicula bomboides</i> A.W.F. Schmidt 1874 ⁶³	F,E,D	XXII
<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1872 ⁶⁴	C,D	XIII, XXVI
<i>Navicula capitatoradiata</i> H. Germain ex Gasse 1986	C	XXVI
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs 1861	C	XXVI
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	E,B	XIX, XXIV
<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Brébisson 1854	D,C	XXV, XXVI
<i>Navicula distans</i> (W. Smith) Brébisson 1854	C	XXVI
<i>Navicula fusiformis</i> (Ehrenberg) Hemprich & Ehrenberg 1832 ⁶⁵	D	XIII
<i>Navicula gottlandica</i> Grunow 1880 ⁶⁶	D	XIII
<i>Navicula gregaria</i> Donkin 1861	F	XXIV, XXX
<i>Navicula johncarteri</i> D.M. Williams 2001 ⁶⁷	C	XXVI
<i>Navicula longa</i> (W. Gregory) Ralfs 1861	C	XXVI
<i>Navicula normaloides</i> Cholnoky 1968	C	XXVI
<i>Navicula palpebralis</i> Brébisson ex W.Smith 1853	C	XXVI
<i>Navicula pavillardii</i> Hustedt 1939	B	XIX
<i>Navicula peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing 1844	C	XXVI

<i>Navicula platyventris</i> F. Meister 1935	B	XIX
<i>Navicula radiosa</i> Kützting 1844	C	XXVI
<i>Navicula ramosissima</i> (C. Agardh) Cleve 1895	E,D	XXIV, XXV
<i>Navicula reinhardtii</i> (Grunow) Grunow 1880	E	XXIV
<i>Navicula schmidtii</i> Lagerstedt 1876	G	X
<i>Navicula takoradiensis</i> Hendey 1958	B	XIX
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory 1822	C	XXVI
<i>Navicula tripunctata</i> var. <i>schizonemoides</i> (Van Heurck) Patrick 1959	C	XXVI
<i>Navicula zostereti</i> Grunow 1860	D	XIII
Género <i>Seminavis</i>		
<i>Seminavis atlantica</i> M. Garcia 2007	C	XXVI
<i>Seminavis barbarae</i> Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000 ⁶⁸	C	XXVI
<i>Seminavis basilica</i> Danielidis 2003	C	XXVI
<i>Seminavis strigosa</i> (Hustedt) Danieleidis & Economou-Amilli 2003	C	XXVI
Género <i>Trachyneis</i>		
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	C,D	XIII, XXVI
<i>Trachyneis debyi</i> (Leuduger-Fortmorel) Cleve 1894	D	XIII
Familia Pinnulariaceae		
Género <i>Pinnularia</i>		
<i>Pinnularia yarrensii</i> (Grunow) A. Jurilj 1957 ⁶⁹	B	XIX
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843	E,C	XXIV, XXVI
<i>Pinnularia westii</i> McCall 1933 ⁷⁰	D	XIII
Familia Plagiotropidaceae		
Género <i>Plagiotropis</i>		
<i>Plagiotropis acuta</i> (M. Peragallo) Simonsen 1992	D	XIII
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W. Gregory) Kuntze 1898	C	XXVI
<i>Plagiotropis pusilla</i> (W. Gregory) Kuntze 1898 ⁷¹	D	XIII
Familia Pleurosigmataceae		
Género <i>Carinasigma</i>		
<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G. Reid 2012 ⁷²	D	XIII
Género <i>Pleurosigma</i>		
<i>Pleurosigma delicatulum</i> W. Smith 1852 ⁷³	C	XXVI
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs in Pritchard 1861 ⁷⁴	F,E,D,C,B	I, XXII, XXIV, XXVI
<i>Pleurosigma affine</i> Grunow 1880 ⁷⁵	D	XIII
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T. Quekett) W. Smith 1852	D,C	XIII, XXV, XXVI
<i>Pleurosigma decorum</i> W. Smith 1853	C	XXVI
<i>Pleurosigma diversestriatum</i> F. Meister 1934	D	XIII

<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith 1852	D,C	XXV, XXVI
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith 1852 ⁷⁶	D	XIII
<i>Pleurosigma inflatum</i> Shadbolt 1853	C	XXVI
<i>Pleurosigma inscriptum</i> M.A. Harper 2009 ⁷⁷	C	XXVI
<i>Pleurosigma lanceolatum</i> Donkin, nom. ileg. 1858	F,E,D	XXII, XXIV, XXVI
<i>Pleurosigma latum</i> Cleve 1880 ⁷⁸	D	XIII
<i>Pleurosigma longum</i> Cleve 1873 ⁷⁹	D	XIII
<i>Pleurosigma marinum</i> Donkin 1858	F,E,D	XXII
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861 ⁸⁰	E	XXIV
<i>Pleurosigma perlucidum</i> Sar, Sterrenburg & Sunesen 2012	C	XXVI
<i>Pleurosigma rigidum</i> W. Smith 1853 ⁸¹	D	XIII
<i>Pleurosigma salinarum</i> (Grunow) Grunow 1880	E	XXIV
<i>Pleurosigma strigosum</i> W. Smith 1852 ⁸²	D	XIII
Familia Scoliotropidaceae		
Género <i>Biremis</i>		
<i>Biremis ambigua</i> (Cleve) D.G. Mann 1990	D	XIII
Familia Stauroneidaceae		
Género <i>Craticula</i>		
<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G. Mann 1990 ⁸³	G	X
Género <i>Stauroneis</i>		
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C. Silva 1996	D, C	XIII, XXVI
<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith 1853 ⁸⁴	D	XIII
Orden Plagiogrammales		
Familia Plagiogrammaceae		
Género <i>Glyphodesmis</i>		
<i>Glyphodesmis rhombica</i> (Cleve) Simonsen 1974 ⁸⁵	D	XIII
Género <i>Plagiogramma</i>		
<i>Plagiogramma minus</i> (W. Gregory) C. Li, Ashworth & Witkowski 2020 ⁸⁶	B	XIX
Orden Rhabdonematales		
Familia Grammatophoraceae		
Género <i>Grammatophora</i>		
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	F,E,D,C,A,B	III, XVII, XVIII, XIX, XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1841	F,E,D,C	XXII, XXV, XXVI
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg 1840	C	XXVI
Familia Rhabdonemataceae		
Género <i>Rhabdonema</i>		
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing 1844	D,C, B	XIX, XXV, XXVI

Familia Tabellariaceae		
Género <i>Diatoma</i>		
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh 1812	D	XIII
Orden Rhaphoneidales		
Familia Asterionellopsidaceae		
Género <i>Asterionellopsis</i>		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990 ⁸⁷	F,B,E,D	VII, XVIII, XXII, XXIII, XXV
Familia Rhaphoneidaceae		
Género <i>Delphineis</i>		
<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) G.W. Andrews 1981	B	XIX
Género <i>Neodelphineis</i>		
<i>Neodelphineis silenda</i> (M.H. Hohn & J. Hellerman) N. Desianti & M. Potapova 2015 ⁸⁸	B	XIX
Género <i>Rhaphoneis</i>		
<i>Rhaphoneis ampiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	C,B	XIX, XXVI
Familia Rhopalodiaceae		
Género <i>Epithemia</i>		
<i>Epithemia operculata</i> (C. Agardh) Ruck & Nakov 2016 ⁸⁹	B,D	XIII, XIX
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenberg) Brun 1880 ⁹⁰	D	XIII
Género <i>Rhopalodia</i>		
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller 1895 ⁹¹	D	XIII
<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>producta</i> (Grunow) O. Müller 1900	B	XIX
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützinger) O. Müller 1900	C	XXVI
Orden Striatellales		
Familia Striatellaceae		
Género <i>Striatella</i>		
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832	C	XXVI
Orden Surirellales		
Familia Entomoneidaceae		
Género <i>Entomoneis</i>		
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXX
<i>Entomoneis gigantea</i> (Grunow) Nizamuddin 1983 ⁹²	D	XIII
<i>Entomoneis gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Moreno, Licea & Santoyo, nom. inval. 1996 ⁹³	B	I
<i>Entomoneis ornata</i> (Bailey) Reimer 1975	E	XXIV
<i>Entomoneis paludosa</i> var. <i>hyperborea</i> (Grunow) Czarnecki & D.C. Reinke 1982 ⁹⁴	E	XXIV
<i>Entomoneis sulcata</i> Müller, nom. inval. 2009	D	XIII
<i>Entomoneis sulcata</i> var. <i>aequatorialis</i> Cleve, nom. inval. ⁹⁵	D	XIII

Familia Surirellaceae		
Género <i>Campylodiscus</i>		
<i>Campylodiscus neofastuosus</i> Ruck & Nakov 2016 ⁹⁶	C, D	XIII, XXVI
<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing 1844	D	XIII
<i>Campylodiscus thuretii</i> Brébisson 1854	C	XXVI
Género <i>Coronia</i>		
<i>Coronia decora</i> (Brébisson) Ruck & Guiry 2016 ⁹⁷	C	XXVI
Género <i>Petrodictyon</i>		
<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann 1990 ⁹⁸	B,C,D,E,F	XXII, XIX, XXIV, XXX
Género <i>Plagiodiscus</i>		
<i>Plagiodiscus nervatus</i> Grunow 1867	C	XXVI
Género <i>Surirella</i>		
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845 ⁹⁹	C	XXVI
<i>Surirella recedens</i> A.W.F. Schmidt 1875 ¹⁰⁰	B	XIX
<i>Surirella angusta</i> Kützing 1844 ¹⁰¹	D	XIII
<i>Surirella birostrata</i> Hustedt 1914 ¹⁰²	D	XIII
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot 1987	C	XXVI
<i>Surirella estriatula</i> Turpin 1828	F,E	XXX
<i>Surirella febigeri</i> F. W. Lewis 1861	E	XXIV
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing, nom. ileg. 1849 ¹⁰³	D,E	XIII, XXIV
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg 1841	C	XXVI
Orden Thalassionematales		
Familia Thalassionemataceae		
Género <i>Thalassionema</i>		
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo 1910 ¹⁰⁴	F,E,D	XII, XIII, XXII, XXIV
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902 ¹⁰⁵	F,E,D,C,B	XII, XIII, XIX, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	D	XIII
<i>Thalassionema nitzschioides</i> var. <i>capitulum</i> (H.J. Schrader) J.L. Moreno-Ruíz 1995 ¹⁰⁶	B	XIX
Familia Thalassionemataceae		
Género <i>Thalassiothrix</i>		
<i>Thalassiothrix heteromorpha</i> var. <i>mediterranea</i> (Pavillard) Hallegraeff 1986	D	XIII
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880	D	XIII
Orden Thalassiophysales		
Familia Catenulaceae		
Género <i>Amphora</i>		
<i>Amphora affinis</i> Kützing 1844 ¹⁰⁷	D	XIII

<i>Amphora laevis</i> W. Gregory 1857 ¹⁰⁸	D,C	XII, XXVI
<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg 1841 ¹⁰⁹	D	XIII
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>gracilis</i> (Ehrenberg) Van Heurck 1885 ¹¹⁰	D	XII, XVII
<i>Amphora arenaria</i> Donkin 1858	C	XXVI
<i>Amphora egregia</i> Ehrenberg 1861 ¹¹¹	C	XXVI
<i>Amphora grevilleana</i> W. Gregory 1857	C	XXVI
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	E,C	XXIV, XXVI
<i>Amphora proteus</i> W. Gregory 1857	C	XXVI
<i>Amphora richardiana</i> Cholnoky 1968	B	XIX
<i>Amphora spectabilis</i> W. Gregory 1857	C	XXVI
Familia Catenulaceae		
Género <i>Undatella</i>		
<i>Undatella lineata</i> (Greville) Paddock & P.A. Sims 1980	C	XXVI
Familia Thalassiophysaceae		
Género <i>Thalassiophysa</i>		
<i>Thalassiophysa hyalina</i> (Greville) Paddock & P.A. Sims 1981	C	XXVI
Clase Coscinodiscophyceae		
Orden Asterolamprales		
Familia Asterolampraceae		
Género <i>Asterolampra</i>		
<i>Asterolampra imbricata</i> (Wallich) Greville 1860 ¹¹²	D	XIII
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	D	XIII
Género <i>Asteromphalus</i>		
<i>Asteromphalus arachne</i> (Brébisson) Ralfs 1861	D	XIII
<i>Asteromphalus brookei</i> Bailey 1856	D	XIII
<i>Asteromphalus cleveanus</i> Grunow 1876	D	XIII
<i>Asteromphalus flabellatus</i> (Brébisson) Greville 1859	D	XXV
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	D	XIII
<i>Asteromphalus robustus</i> Castracane 1875	D	XIII
<i>Asteromphalus stellatus</i> Ralfs 1861	D	XIII
<i>Liriogramma sarcophagus</i> (Wallich) D.Z. Lan 1995 ¹¹³	D	XIII
Orden Aulacoseirales		
Familia Aulacoseiraceae		
Género <i>Aulacoseira</i>		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979 ¹¹⁴	A	III, XVIII
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	F,E	XXX
Orden Corethrales		

Familia Corethraceae		
Género Corethron		
<i>Corethron pennatum</i> (Grunow) Ostenfeld 1902 ¹¹⁵	F,E,D	XXII
<i>Corethron hystrix</i> Hensen 1887	D	XIII
Orden Coscinodiscales		
Familia Coscinodiscaceae		
Género Coscinodiscus		
<i>Coscinodiscopsis jonesiana</i> (Greville) E.A. Sar & I. Sunesen 2008 ¹¹⁶	E,C,D	XIII, XXVI, XXXI
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg 1839	F,E,D,C	XII, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXX, XXXI
<i>Coscinodiscus pavillardii</i> Forti 1922 ¹¹⁷	D	XIII
<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg 1844	D	XIII
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg 1844	F,E,D,C	XIII, XXII, XXIV, XXVI, XXVIII, XXXI
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smith 1856	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXXI
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg 1841	C	XXVI
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough 1905	F,E,D,C,A	III, XIII, XVIII, XXII, XXIV, XXVI, XXX, XXXI
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg 1843	C,B,D	I, XIII, XXVI
<i>Coscinodiscus obscurus</i> A.W.F. Schmidt 1878	D	XIII
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1840	C,D	XIII, XXVI
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg 1844	E,B, D	I, XIII, XXXI
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	F,E,D,C,B	XIII, XIX, XXII, XXIV, XXV, XXXI
<i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran & Angst 1931	F,E,D,C	XIII, XVI, XXII, XXVI, XXXI
Familia Heliopeltaceae		
Género Actinoptychus		
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843 ¹¹⁸	F,E,D,B	I, XII, XIII, XIX, XXII, XXIV, XXV, XXXI
<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs ex Pritchard 1861	F,E,D	XXII
Familia Hemidiscaceae		
Género Actinocyclus		
<i>Actinocyclus cuneiformis</i> (Wallich) F. Gómez, L. Wang & S. Lin 2017 ¹¹⁹	F,E,D	XIII, XXII
<i>Actinocyclus circellus</i> T.P. Watkins 1986	D	XIII
<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg 1837	E, D	XIII, XXXI
Género Azpeitia		
<i>Azpeitia nodulifera</i> (A.W.F. Schmidt) G.A. Fryxell & P.A. Sims 1986	C, D	XIII, XXVI
Género Hemidiscus		
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> var. <i>gibba</i> (Bailey ex Ralfs) Hustedt 1940	D	XIII
Género Pseudoguinaridia		
<i>Pseudoguinaridia recta</i> Stosch 1986	F,E,D	XXII, XXV
Orden Melosirales		

Familia Hyalodiscaceae		
Género <i>Podosira</i>		
<i>Podosira hormoides</i> (Montagne) Kutzing 1844 ¹²⁰	B	XIX
<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A. Mann 1907 ¹²¹	D	XIII
Familia Melosiraceae		
Género <i>Melosira</i>		
<i>Melosira inflexa</i> (Roth) Guiry 2019 ¹²²	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
<i>Melosira nummulus</i> A.F. Meunier	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh 1824	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Melosira nummuloides</i> C. Agardh 1824	F,C	XXIII, XXVI
Orden Paraliales		
Familia Paraliaceae		
Género <i>Paralia</i>		
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873	F,E,D,C,B	XIII, XIX, XXII, XXV, XXVI, XXXI
Familia Radialiplicataceae		
Género <i>Ellerbeckia</i>		
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (D. Moore ex Ralfs) Dorofeyuk & Kulikovskiy 2012 ¹²³	F,E,D	XXII, XXIV
Orden Rhizosoleniales		
Familia Rhizosoleniaceae		
Género <i>Dactyliosolen</i>		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996 ¹²⁴	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castracane 1886	D	XIII
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
Género <i>Guinardia</i>		
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1997 ¹²⁵	F,E,D	XIII, XXII, XXIII, XXV, XXXI
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo 1892	F,E,D,C	XII, XIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXXI
Género <i>Neocalyptrella</i>		
<i>Neocalyptrella robusta</i> (G. Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave 1997 ¹²⁶	F,E,D,C,	XIII, XXII, XXV, XXVI, XXXI
Género <i>Pseudosolenia</i>		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström 1986	F,E,D,C	XIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXXI
Género <i>Rhizosolenia</i>		
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H. Peragallo 1892	F,E,D	XIII, XXII, XXIV, XXV
<i>Rhizosolenia clevei</i> Ostensfeld 1902	F,E,D	XXII
<i>Rhizosolenia hebetata</i> J.W. Bailey 1856	D	XIII
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858 ¹²⁷	F,E,D,C, D	XIII, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXXI
<i>Rhizosolenia ostensfeldii</i> B.G. Sundström 1986	F,E,D	XXII

<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858	F,E,D,C	XIII, XXII, XXIV, XXVI
<i>Rhizosolenia temperei</i> H. Peragallo 1888	F,E,D	XXII
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>acuminata</i> (H. Peragallo) H. Peragallo 1907	D,C	XXV, XXVI
<i>Rhizosolenia hyalina</i> Ostenfeld 1901	E,D	XXV, XXXI
Género <i>Sundstroemia</i>		
<i>Sundstroemia pungens</i> (Cleve-Euler) Medlin, Lundholm, Boonprakob & Moestrup 2021 ¹²⁸	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Sundstroemia setigera</i> (Brightwell) Medlin 2021 ¹²⁹	F,E,D, B	XII, XIII, XIX, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXX
Orden Stellarimales		
Familia Stellarimaceae		
Género <i>Stellarima</i>		
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) G.R. Hasle & P.A. Sims 1986 ¹³⁰	D	XIII
Familia Trigoniumaceae		
Género <i>Trigonium</i>		
<i>Trigonium formosum</i> (Brightwell) Cleve 1867 ¹³¹	F,E,D	XXII, XXV, XXVI
Orden Stephanopyxales		
Familia Stephanopyxidaceae		
Género <i>Eupyxidicula</i>		
<i>Eupyxidicula turris</i> (Greville) S. Blanco & C.E. Wetzel 2016 ¹³²	F,E,D	XXII, XXV
Género <i>Stephanopyxis</i>		
<i>Stephanopyxis broschii</i> Grunow 1884 ¹³³	D	XIII
Orden Triceratiales		
Familia Triceratiaceae		
Género <i>Triceratium</i>		
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg 1839	F,E,D	XXII, XXV, XXX
<i>Triceratium formosum</i> f. <i>quadrangulare</i> (Greville) Hustedt 1930	C	XXVI
Clase Mediophyceae		
Orden Anaulales		
Familia Anaulaceae		
Género <i>Eunotogramma</i>		
<i>Eunotogramma laeve</i> Grunow 1879	B	XIX
Género <i>Terpsinoë</i>		
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg 1843	A	III, XVIII
Orden Ardissonaeales		
Familia Ardissonaceae		
Género <i>Ardissonaea</i>		
<i>Ardissonaea formosa</i> (Hantzsch) Grunow 1880	C	XXVI
<i>Ardissonaea robusta</i> (Ralfs) De Notaris 1871 ¹³⁴	C	XXVI

Género Climacosphenia		
<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehrenberg 1843	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI
Género Synedrosphenia		
<i>Synedrosphenia fulgens</i> (Greville) Lobban & Ashworth 2022 ¹³⁵	C	XXVI
Orden Biddulphiales		
Familia Bellerocheaceae		
Género Bellerochea		
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck 1885	D	XXV
Género Climacodium		
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow 1868 ¹³⁶	D	XIII
Familia Biddulphiaceae		
Género Biddulphia		
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E. Smith) Boyer 1900 ¹³⁷	C,D	XXV, XXVI
<i>Biddulphia titiana</i> Grunow 1882	D,C	XXV, XXVI
Género Biddulphiella		
<i>Biddulphiella tridens</i> (Ehrenberg) P.A. Sims & M.P. Ashworth 2022 ¹³⁸	D,C	XXV, XXVI
Género Lampriscus		
<i>Lampriscus orbiculatus</i> (Shadbolt) Cleve 1901 ¹³⁹	C	XXVI
<i>Lampriscus shadboltianus</i> (Greville) H. Peragallo & M. Peragallo 1902 ¹⁴⁰	C	XXVI
Género Neobrightwellia		
<i>Neobrightwellia alternans</i> (Bailey) M.P. Ashworth & P.A. Sims 2022 ¹⁴¹	F,E,D,C	XXII, XXV, XXVI
Orden Chaetocerotales		
Familia Chaetocerotaceae		
Género Bacteriastrum		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	F,E,D,C	XXII, XXV, XXVI
<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1853	D	XIII
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864 ¹⁴²	F,E,D,C	XII, XIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI, XXXI
<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder 1864	F,E,D,C	XXII, XXVI
Género Chaetoceros		
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bailey) Cleve 1896	F,E,D	XXII, XXIV, XXXI
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864	F,E,D,C	XIII, XVI, XXII, XXV, XXVI
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897	F,E,D	XXII, XXIII, XXIV
<i>Chaetoceros coronatus</i> Gran 1897	F,E,D	XXII
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	F,E,D	XXII, XXIII, XXIV, XXV
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	F,E,D,C	XII, XIII, XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran 1897	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXVI
<i>Chaetoceros dipyrenops</i> Meunier 1913	F,E,D	XXII

<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	F, D	XIII, XXIII
<i>Chaetoceros furcellatus</i> Yendo 1911 ¹⁴³	F,E,D	XXII
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Chaetoceros neogracilis</i> VanLandingham 1968 ¹⁴⁴	F	XXIII
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	F,E,D	XII, XXII, XXIV
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	D	XII
<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey 1854	F,E,D	XXII
<i>Chaetoceros criophilus</i> Castracane 1886	F,E,D	XXII, XXIV, XXV
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	D	XIII
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	E,D,C	XXIV, XXV, XXVI, XXXI
<i>Chaetoceros didymus</i> var. <i>anglicus</i> (Grunow) Gran 1908	F,E,D	XXII
<i>Chaetoceros lacinosus</i> F. Schütt 1895	F,E,D	XXII
<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane 1875	D	XIII
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	E,D	XXXI
<i>Chaetoceros seiracanthus</i> Gran 1897	B	XIX
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve 1896	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1902	D	XIII
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve 1896	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	E	XXIV
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896	F,E,D	XXII, XXIV
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897	D	XIII
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	D	XXV
Familia Leptocylindraceae		
Género <i>Leptocylindrus</i>		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	F,E,D	XIII, XXII
Orden Cymatosirales		
Familia Cymatosiraceae		
Género <i>Cymatosira</i>		
<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow 1862	D	XII
Género <i>Lennoxia</i>		
<i>Lennoxia faveolata</i> H.A. Thomsen & K.R. Buck 1993	F,E,D	XXII
Orden Eupodiscales		
Familia Odontellaceae		
Género <i>Amphitetras</i>		
<i>Amphitetras antediluviana</i> Ehrenberg 1840 ¹⁴⁵	D	XXV
Género <i>Odontella</i>		
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832 ¹⁴⁶	D	XII

<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh 1832	F,E,D,C	XIII, XXII, XXV, XXVI
<i>Odontella dubia</i> (Brightwell) Cleve 1901	C	XXVI
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow, nom. inval. 1884	F,E,D,C	XIII, XXII, XXV, XXVI
<i>Odontella obtusa</i> Kützing 1844	E	XXXI
<i>Odontella regia</i> (M. Schultze) Simonsen 1974	E,D,C	XXIV, XXV, XXVI
<i>Odontella retiformis</i> var. <i>trigona</i> von Stosch 1985	D	XIII
Familia Parodontellaceae		
Género <i>Trieres</i>		
<i>Trieres chinensis</i> (Greville) Ashworth & E.C. Theriot 2013 ¹⁴⁷	F,E,D,C	XXII, XXIV, XXV, XXVI
<i>Trieres mobiliensis</i> (Bailey) Ashworth & E.C. Theriot 2013 ¹⁴⁸	E,B	I, XXXI
Orden Hemiaulales		
Familia Hemiaulaceae		
Género <i>Cerataulina</i>		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	D	XIII
Género <i>Eucampia</i>		
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg 1840	F,E,D	XXII, XXIV
Género <i>Hemiaulus</i>		
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	F,E,D	XII, XIII, XXII, XXIII, XXIV, XXV
<i>Hemiaulus chinensis</i> Greville 1865 ¹⁴⁹	B,D	XIII, XIX
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve 1873	D	XIII
Familia Isthmiaceae		
Género <i>Isthmia</i>		
<i>Isthmia nervosa</i> Kützing 1844 ¹⁵⁰	C	XXVI
Orden Lithodesmiales		
Familia Lithodesmiaceae		
Género <i>Ditylum</i>		
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow 1885 ¹⁵¹	F,E,D	XIII, XXII
Género <i>Lithodesmium</i>		
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	F,E,D	XII, XXII, XXIV, XXV
<i>Lithodesmium intricatum</i> Ehrenberg	D	XIII
Orden Probosciales		
Familia Probosciaceae		
Género <i>Proboscia</i>		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986 ¹⁵²	F,E,D,C	XIII, XXII, XXIV, XXVI
<i>Proboscia indica</i> (H. Peragallo) Hernández-Becerril 1995	C, F, D	XIII, XXVI
Orden Stephanodiscales		
Familia Stephanodiscaceae		
Género <i>Cyclotella</i>		

<i>Cyclotella caspia</i> Grunow 1878	B	XIX
<i>Cyclotella striata</i> (Kützinger) Grunow 1880 ¹⁵³	E,B	I, XXXI
Género <i>Discostella</i>		
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee 2004 ¹⁵⁴	D	XIII
Género <i>Pantocsekiella</i>		
<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T. Kiss & Ács 2016 ¹⁵⁵	D	XIII
Orden Thalassiosirales		
Familia Lauderiaceae		
Género <i>Lauderia</i>		
<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	E	XXXI
Familia Skeletonemataceae		
Género <i>Skeletonema</i>		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1873	F,E,D,C,B	XII, XIII, XIX, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXX, XXXI
Familia Thalassiosiraceae		
Género <i>Lineaperpetua</i>		
<i>Lineaperpetua lacustris</i> (Grunow) P. Yu, Q.-M. You, Kociolek & Wang 2023 ¹⁵⁶	E	XXIV
Género <i>Minidiscus</i>		
<i>Minidiscus trioculatus</i> (F.J.R. Taylor) Hasle 1973	D	XIII
Género <i>Planktoniella</i>		
<i>Planktoniella muriformis</i> (Loeblich III, W.W. Wight & W.M. Darley) Round 1972	F,E,D	XXII
<i>Planktoniella sol</i> (G.C. Wallich) Schütt 1892	D	XIII, XXV
Género <i>Porosira</i>		
<i>Porosira pentaportula</i> Syvetsen & C.B. Lange 1990	D	XIII
Género <i>Shionodiscus</i>		
<i>Shionodiscus oestrupii</i> (Ostenfeld) A.J. Alverson, S.-H. Kang & E.C. Theriot 2006 ¹⁵⁷	E	XXXI
Género <i>Stephanocyclus</i>		
<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützinger) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek 2022 ¹⁵⁸	E,D	XIII, XXX, XXXI
Género <i>Thalassiosira</i>		
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1904 ¹⁵⁹	D,B	XIII, XIX
<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran 1931 ¹⁶⁰	D	XIII
<i>Thalassiosira australis</i> M. Peragallo 1921 ¹⁶¹	D	XIII
<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow ex Van Heurck) Jørgensen 1905 ¹⁶²	B,D	I, XIII
<i>Thalassiosira diporocyclus</i> Hasle 1972 ¹⁶³	D	XIII
<i>Thalassiosira hendeyi</i> Hasle & G. Fryxell 1977	E	XXXI
<i>Thalassiosira licea</i> G. Fryxell 1978 ¹⁶⁴	B	XIX

<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé 1968 ¹⁶⁵	D	XIII
<i>Thalassiosira lineoides</i> Herzig & Fryxell 1986 ¹⁶⁶	D	XIII
<i>Thalassiosira livingstoniorum</i> A.K.S.K. Prasad, P. Hargraves & J.A. Nienow 2011	F	XXXI
<i>Thalassiosira nanolineata</i> (A. Mann) Fryxell & Hasle 1977 ¹⁶⁷	D	XIII
<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran & Angst 1931 ¹⁶⁸	D	XIII
<i>Thalassiosira plicata</i> H.J. Schrader 1974 ¹⁶⁹	D	XIII
<i>Thalassiosira punctifera</i> (Grunow) Fryxell, Simonsen & Hasle 1974 ¹⁷⁰	D	XIII
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier 1910	D	XXV
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran 190 ¹⁷¹	D	XIII
Orden Naviculales		
Familia Berkeleyaceae		
Género <i>Berkeleya</i>		
<i>Berkeleya micans</i> (Lyngbye) Grunow 1868 ¹⁷²	B	XIX
Filo Charophyta		
Clase Zygnematophyceae		
Orden Desmiales		
Familia Closteriaceae		
Género <i>Closterium</i>		
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs 1848	E	XXXI
<i>Closterium navicula</i> (Brébisson) Lütkenmüller 1905	C	XXVI
Familia Desmidiaceae		
Género <i>Cosmarium</i>		
<i>Cosmarium obtusatum</i> (Schmidle) Schmidle 1898	E	XXXI
Filo Chlorophyta		
Clase Chlorophyceae		
Orden Chlamydomonadales		
Familia Volvocaceae		
Género <i>Eudorina</i>		
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg 1832	F,E,D	XXII
Género <i>Pandorina</i>		
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory 1826 ¹⁷³	F,E,D	XXII
Género <i>Volvox</i>		
<i>Volvox carteri</i> F. Stein 1878	F,E,D	XXII
Orden Sphaeropleales		
Familia Hydrodictyaceae		
Género <i>Monactinus</i>		
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda 1839 ¹⁷⁴	E	XXVIII
Género <i>Pediastrum</i>		

<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i> (Wittrock) Pérez, Maidana & Comas 2009 ¹⁷⁵	F,E,D	XXII
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>sturmii</i> (Reinsch) Pérez, Maidana & Comas 2009 ¹⁷⁶	F,E,D	XXII
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen 1829 ¹⁷⁷	F,E,D	XXII
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>clathratum</i> (A. Braun) Lagerheim 1882	F,E,D	XXII
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen 1829	F,E,D	XXII
Género <i>Pseudopediastrum</i>		
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald 2005 ¹⁷⁸	F,E,D	XXII
Familia Scenedesmaceae		
Género <i>Coelastrum</i>		
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli 1855	F,E,D	XXII
Género <i>Desmodesmus</i>		
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E. Hegewald 2000 ¹⁷⁹	F,E,D	XXII
Género <i>Pectinodesmus</i>		
<i>Pectinodesmus javanensis</i> (Chodat) E. Hegewald, C. Bock & Krienitz 2013 ¹⁸⁰	F,E,D	XXII
Género <i>Scenedesmus</i>		
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson 1835	F,E,D	XXII
Clase Ulvophyceae		
Orden Cladophorales		
Familia Cladophoraceae		
Género <i>Prolifera</i>		
<i>Prolifera dubia</i> (Kützing) Kuntze	D	XII
Filo Cyanobacteria		
Clase Cyanophyceae		
Orden Chroococcales		
Familia Cyanothrichaceae		
Género <i>Johannesbaptistia</i>		
<i>Johannesbaptistia pellucida</i> (Dickie) W.R. Taylor & Drouet 1938 ¹⁸¹	D	XII
Familia Microcystaceae		
Género <i>Microcystis</i>		
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing 1846	F,E,D	XXII
Orden Nostocales		
Familia Nodulariaceae		
Género <i>Nodularia</i>		
<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet & Flahault 1888 ¹⁸²	D	XIII
Orden Oscillatoriales		
Familia Microcoleaceae		
Género <i>Trichodesmium</i>		

<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg ex Gomont 1892 ¹⁸³	D	XIII
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont 1890	D	XII
Orden Spirulinales		
Familia Spirulinaceae		
Género <i>Spirulina</i>		
<i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont 1892	D	XII, XIII
Filo Haptophyta		
Clase Coccolithophyceae		
Orden Coccolithales		
Familia Calcidiscaceae		
Género <i>Calcidiscus</i>		
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (G. Murray & V.H. Blackman) Loeblich & Tappan 1978	D	XIII
Familia Calyptosphaeraceae		
Género <i>Calyptosphaera</i>		
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	D	XIII
Género <i>Daktylethra</i>		
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985 ¹⁸⁴	D	XIII
Género <i>Holococcolithophora</i>		
<i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> (Schiller) J.W. Jordan, L. Cros & Jer. R. Young 2005 ¹⁸⁵	D	XIII
Género <i>Sphaerocalyptra</i>		
<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952	D	XIII
Orden Isochrysidales		
Familia Noelaerhabdaceae		
Género <i>Emiliania</i>		
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H. Mohler 1967	D	XIII
Orden Syracosphaerales		
Familia Rhabdosphaeraceae		
Género <i>Discosphaera</i>		
<i>Discosphaera tubifera</i> (G. Murray & V.H. Blackman) Ostfeld 1900 ¹⁸⁶	D	XIII
Género <i>Rhabdosphaera</i>		
<i>Rhabdosphaera clavigera</i> var. <i>stylifera</i> (Lohmann) Kleijne & R.W. Jordan 1990 ¹⁸⁷	D	XIII
<i>Rhabdosphaera tubulosa</i> J. Schiller 1925	D	XIII
Género <i>Michaelsarsia</i>		
<i>Michaelsarsia adriatica</i> (J. Schiller) Manton, G. Bremer & Oates 1984 ¹⁸⁸	D	XIII
Familia Umbellosphaeraceae		
Género <i>Umbellosphaera</i>		
<i>Umbellosphaera tenuis</i> (Kamptner) Paasche 1955	D	XIII

Orden Zygodiscales		
Familia Pontosphaeraceae		
Género <i>Pontosphaera</i>		
<i>Pontosphaera discopora</i> J. Schiller 1930 ¹⁸⁹	D	XIII
Género <i>Scyphosphaera</i>		
<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	D	XIII
Filo Dinoflagellata		
Clase Dinophyceae		
Orden Akashiwales		
Familia Akashiwaceae		
Género <i>Akashiwo</i>		
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup 2000 ¹⁹⁰	B,D	XII, XV
Orden Amphidinales		
Familia Amphidiniaceae		
Género <i>Amphidinium</i>		
<i>Amphidinium carterae</i> Hulburt 1957	B	XV
Orden Dinophysales		
Familia Amphisoleniaceae		
Género <i>Amphisolenia</i>		
<i>Amphisolenia bidentata</i> B. Schröder 1900	B,D	XIII, XV
<i>Amphisolenia bifurcata</i> G. Murray & Whitting 1899	D	XIII
<i>Amphisolenia globifera</i> F. Stein 1883	D	XIII
<i>Amphisolenia schauinslandii</i> Lemmermann 1899 ¹⁹¹	D	XIII
Familia Dinophysaceae		
Género <i>Dinophysis</i>		
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859	F,E,D	XXVII
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	F,E,D	XXII
<i>Dinophysis caudata</i> Kent 1881	F,E,D,B	XII, XIII XIV, XV, XXII, XXVII
<i>Dinophysis hastata</i> F. Stein 1883	D	XIII
<i>Dinophysis ovum</i> F. Schütt 1895	D	XIII
<i>Dinophysis pusilla</i> Jørgensen 1923	D	XIII
<i>Dinophysis schuettii</i> G. Murray & Whitting 1899	D	XIII
Género <i>Histioneis</i>		
<i>Histioneis crateriformis</i> Stein 1883	D	XIII
<i>Histioneis joergensenii</i> J. Schiller 1928	D	XIII
<i>Histioneis rotundata</i> Kofoid & J.R. Michener 1911	D	XIII
<i>Histioneis striata</i> Kofoid & J.R. Michener 1911	D	XIII
Género <i>Ornithocercus</i>		

<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	F,E,D	XIII, XXII
<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900	D	XIII
<i>Ornithocercus thumii</i> (A. W. F. Schmidt) Kofoid & Skogsberg 1928	D	XIII
Familia Oxyphysaceae		
Género <i>Phalacroma</i>		
<i>Phalacroma oxytoxoides</i> (Kofoid) F. Gomez, P. Lopez-Garcia & D. Moreira 2011 ¹⁹²	B	XV
<i>Phalacroma cuneus</i> F. Schütt 1895 ¹⁹³	D	XIII
Orden Gonyaulacales		
Familia Ceratiaceae		
Género <i>Tripes</i>		
<i>Tripes arietinus</i> f. <i>valens</i> (Jørgensen) F. Gómez 2013 ¹⁹⁴	D	XIII
<i>Tripes azoricus</i> (Cleve) F. Gómez 2013 ¹⁹⁵	D	XII
<i>Tripes belone</i> (Cleve) F. Gómez 2021 ¹⁹⁶	D	XIII
<i>Tripes bigelowii</i> (Kofoid) F. Gómez 2013 ¹⁹⁷	F,E,D	XXII
<i>Tripes brevis</i> (Ostenfeld & J. Schmidt) F. Gómez 2021 ¹⁹⁸	F,E,D	XII, XIII, XXII
<i>Tripes candelabrum</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 ¹⁹⁹	D	XIII
<i>Tripes dens</i> (Ostenfeld & J. Schmidt) F. Gómez 2013 ²⁰⁰	F,E,D	XXII, XXVII
<i>Tripes extensus</i> (Gourret) F. Gómez 2021 ²⁰¹	D	XIII
<i>Tripes furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 ²⁰²	F,E,D,B	XII, XIII, XV, XXII, XXVII, XXX
<i>Tripes fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 ²⁰³	F,E,D,B	IV, XIII, XV, XVIII, XXII, XXVII
<i>Tripes gibberus</i> (Gourret) F. Gómez 2021 ²⁰⁴	F,E,D	XIII, XXII
<i>Tripes hircus</i> (Schröder) F. Gómez 2021 ²⁰⁵	F,B, D	XIII, XV, XXIII
<i>Tripes longipes</i> (Bailey) F. Gómez 2021 ²⁰⁶	F,E,D	XXII
<i>Tripes macroceros</i> (Ehrenberg) Hallegraeff & Huisman 2020 ²⁰⁷	F,E,D,B	XIII, XV, XXII
<i>Tripes massiliensis</i> (Gourret) F. Gómez 2021 ²⁰⁸	B	IV, XV, XVIII
<i>Tripes massiliensis</i> f. <i>armatus</i> (Karsten) F. Gómez, nom. inval. 2013 ²⁰⁹	F,E,D	XXII
<i>Tripes minutus</i> (Jørgensen) F. Gómez 2013 ²¹⁰	D	XIII
<i>Tripes muelleri</i> Bory 1826	F,E,D,B	IV, XIII, XV, XVIII, XXII
<i>Tripes paradoxides</i> (Cleve) F. Gómez 2013 ²¹¹	D	XIII
<i>Tripes pentagonus</i> (Gourret) F. Gómez 2021	F,BD	IV, XIII, XVIII, XXIII
<i>Tripes pulchellus</i> (Schröder) F. Gómez 2021 ²¹²	D	XIII
<i>Tripes setaceus</i> (Jørgesen) F. Gómez 2013	D	XIII
<i>Tripes symmetricus</i> (Pavillard) F. Gómez 2021 ²¹³	D	XIII
<i>Tripes tenuis</i> (Ostenfeld & J. Schmidt) Hallegraeff & Huisman 2020	D	XIII
<i>Tripes teres</i> (Kofoid) F. Gómez 2013	D	XIII
<i>Tripes trichoceros</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 ²¹⁴	F,E,D, B	XIII, XV, XXIII

<i>Tripes vultur</i> (Cleve) Hallegraeff & Huisman 2020 ²¹⁵	D	XIII
Familia Cladopyxidaceae		
Género <i>Cladopyxis</i>		
<i>Cladopyxis hemibrachiata</i> Balech 1964	D	XIII
Familia Gonyaulacaceae		
Género <i>Gonyaulax</i>		
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911 ²¹⁶	F,E,D	XIII, XXII
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	F,E,D	XXII, XXVII
<i>Gonyaulax birostris</i> Stein 1883	D	XIII
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid 1911	D	XIII
<i>Gonyaulax fusiformis</i> H.W. Graham 1942	D	XIII
<i>Gonyaulax minuta</i> Kofoid & J.R. Michener 1911	D	XIII
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein 1883	F,E,D,B	XIII, XV, XXII, XXVII
Género <i>Spiraulax</i>		
<i>Spiraulax jolliffei</i> (G. Murray & Whitting) Kofoid 1911	D	XIII
Familia Lingulodiniaceae		
Género <i>Amylax</i>		
<i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia 1984 ²¹⁷	B	XV
Género <i>Sourniaea</i>		
<i>Sourniaea diacantha</i> (Meunier) H. Gu, K.N. Mertens, Z. Li & H.H. Shin 2020	F,E,D	XIII, XXII
Familia Protoceratiaceae		
Género <i>Ceratocorys</i>		
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910	D	XIII
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	D	XIII
Género <i>Protoceratium</i>		
<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid 1907	D	XIII
Familia Pyrocystaceae		
Género <i>Alexandrium</i>		
<i>Alexandrium compressum</i> (Fukuyo, Yoshida & Inoue) Balech 1995	F,E,D	XXII
<i>Alexandrium monilatum</i> (J.F. Howell) Balech 1995	F,E,D	XXVII
Género <i>Pyrocystis</i>		
<i>Pyrocystis acuta</i> Kofoid 1907	D	XIII
<i>Pyrocystis elegans</i> Pavillard 1931	D	XIII
<i>Pyrocystis obtusa</i> Pavillard 1931	D	XIII
<i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid 1907	D	XIII
Género <i>Pyrodinium</i>		
<i>Pyrodinium bahamense</i> L. Plate 1906	F,E,D,B	XIV, XV, XXII, XXVII

Género <i>Pyrophacus</i>		
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale 1971	F,E,D	XIII, XXII
<i>Pyrophacus horologium</i> F. Stein 1883 ²¹⁸	F,E,D,B	XV, XXII
Género <i>Triadinium</i>		
<i>Triadinium sphaericum</i> (G. Murray & Whitting) J.D. Dodge 1981 ²¹⁹	F,E,D	XXII
<i>Triadinium polyedricum</i> (Pouchet) J.D. Dodge 1981 ²²⁰	D	XIII
Orden Gymnodiniales		
Familia Actiniscaceae		
Género <i>Actiniscus</i>		
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	D	XIII
Familia Gymnodiniaceae		
Género <i>Levanderina</i>		
<i>Levanderina fissa</i> (Levander) Moestrup, Hakanen, G. Hansen, Daugbjerg & M. Ellegaard 2014 ²²¹	F,E	XXVII
Familia Gyrodiniaceae		
Género <i>Gyrodinium</i>		
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921	B	XV
Familia Kareniaceae		
Género <i>Karenia</i>		
<i>Karenia brevis</i> (C.C. Davis) G. Hansen & Moestrup 2000 ²²²	F,E,D,B	XIV, XV, XXII, XXVII
Orden Peridinales		
Familia Kryptoperidiniaceae		
Género <i>Unruhdinium</i>		
<i>Unruhdinium minimo</i> (Q. Zhang, G.X. Liu & Z.Y. Hu) Gottschling 2017	F	XXX
Familia Oxytoxaceae		
Género <i>Corythodinium</i>		
<i>Corythodinium constrictum</i> (F. Stein) F.J.R. Taylor 1976	D	XIII
<i>Corythodinium frenguelli</i> (Rampi) F.J.R. Taylor 1976	D	XIII
<i>Corythodinium milneri</i> (G. Murray & Whitting) F. Gómez 2017	D	XIII
<i>Corythodinium tessellatum</i> (F. Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966 ²²³	D	XIII
Género <i>Oxytoxum</i>		
<i>Oxytoxum cribrosum</i> F. Stein 1883 ²²⁴	D	XIII
<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid & J.R. Michener 1911 ²²⁵	D	XIII
<i>Oxytoxum depressum</i> J. Schiller 1937 ²²⁶	D	XIII
<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916 ²²⁷	D	XIII
<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller 1937 ²²⁸	D	XIII
<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller 1937 ²²⁹	D	XIII
<i>Oxytoxum ovale</i> J. Schiller 1937 ²³⁰	D	XIII

<i>Oxytoxum sceptrum</i> (F. Stein) Schröder 1900	D	XIII
<i>Oxytoxum scolopax</i> F. Stein 1883	D	XIII
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883 ²³¹	D	XIII
<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoed 1907 ²³²	D	XIII
<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937 ²³³	D	XIII
Familia Peridiniaceae		
Género <i>Peridinium</i>		
<i>Peridinium quadridentatum</i> (F. Stein) G. Hansen 1995	F,E,D	XXII, XXVII
Familia Podolampadaceae		
Género <i>Podolampas</i>		
<i>Podolampas elegans</i> F. Schütt 1895	D	XIII
<i>Podolampas bipes</i> F. Stein 1883	F,E,D,B	XIII, XV, XXII
<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	D	XIII
<i>Podolampas reticulata</i> Kofoed 1907	D	XIII
<i>Podolampas spinifera</i> Okamura 1912	D	XIII
Familia Protoperidiniaceae		
Género <i>Archaeoperidinium</i>		
<i>Archaeoperidinium minutum</i> (Kofoed) Jørgensen 1912 ²³⁴	F,E,D	XXII
Género <i>Diplopsalis</i>		
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	F,E,D	XXII
Género <i>Protoperidinium</i>		
<i>Protoperidinium abei</i> (Paulsen) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium</i> cf. <i>argentinense</i> Balech 1979	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium</i> cf. <i>hirobis</i> (T.H. Abé) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech 1974 ²³⁵	F,E,D	XIII, XXII, XXVII
<i>Protoperidinium concinnum</i> Faust 2006	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974	F,E,D,B	XV, XXII
<i>Protoperidinium curtipes</i> (Jørgensen) Balech	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	F,E,D,B	XIII, XV, XXII
<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium mariebouriae</i> (Paulsen) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974	F,E,D	XIII, XXII
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh 1882	F,E,D	XXII
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech 1974	F,E,D	XIII, XXII
<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin) Balech 1974	F,E,D	XXII

<i>Protopteridinium subinerme</i> (Paulsen) Loeblich III 1969	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium thorianum</i> (Paulsen) Balech 1973	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium thulesense</i> (Balech) Balech 1973	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium venustum</i> (Matzenauer) Balech 1974 ²³⁶	F,E,D	XIII, XXII
<i>Protopteridinium achromaticum</i> (Levander) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium biconicum</i> (P.A. Dangeard) Balech 1974	D	XII
<i>Protopteridinium bipes</i> (Paulsen) Balech 1974	B	XV
<i>Protopteridinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	F,E,D	XXII, XXVII
<i>Protopteridinium elegans</i> (Cleve) Balech 1974	D	XII
<i>Protopteridinium grande</i> (Kofoid) Balech 1974	D	XII
<i>Protopteridinium longipes</i> Balech 1974	D	XII
<i>Protopteridinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974	D	XII
<i>Protopteridinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge 1976	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium ovatum</i> Pouchet 1883 ²³⁷	D, B	XIII, XV
<i>Protopteridinium pacificum</i> (Kofoid & J.R. Michener) F.J.R. Taylor & Balech 1988	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium pouchetii</i> (Kofoid & J.R. Michener) F.J.R. Taylor & Balech 1988 ²³⁸	D	XIII
<i>Protopteridinium simulum</i> (Paulsen) Balech 1974	F,E,D	XXII
<i>Protopteridinium tuba</i> (J. Schiller) Balech 1974	D	XIII
Orden Prorocentrales		
Familia Prorocentraceae		
Género <i>Prorocentrum</i>		
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge 1976 ²³⁹	B	XIV, XV
<i>Prorocentrum gracile</i> F. Schütt 1895 ²⁴⁰	F,E,D,B	XIII, XIV, XV, XVII, XXII, XXVII
<i>Prorocentrum aporum</i> (Schiller) J.D. Dodge 1976	D	XIII
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III 1970	B, D	XIII, XV
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H. Abé ex J.D. Dodge 1975	B	XV
<i>Prorocentrum dentatum</i> F. Stein 1883	D, B	XIII, XV
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein 1878	D, B	XIII, XV
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1834	F,E,D,B	XII, XIII, XIV, XV, XXII, XXVII
<i>Prorocentrum scutellum</i> B. Schröder 1900	F,E,D	XXII
Orden Thoracosphaerales		
Familia Thoracosphaeraceae		
Género <i>Scripsiella</i>		
<i>Scripsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling 2015 ²⁴¹	F,E,D,B	XV, XXVII

Clase Noctilucopephyceae		
Orden Noctilucales		
Familia Kofoidiniaceae		
Género <i>Kofoidinium</i>		
<i>Kofoidinium velleoides</i> Pavillard 1929 ²⁴²	D	XIII
Familia Noctiluaceae		
Género <i>Noctiluca</i>		
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy 1921	B	XIV, XV
Clase Oxyrrhinophyceae		
Orden Oxyrrhinales		
Familia Oxyrrhinaceae		
Género <i>Oxyrrhis</i>		
<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin 1841	B	XV
Filo Heterokontophyta		
Clase Dictyochophyceae		
Orden Dictyochales		
Familia Dictyochaceae		
Género <i>Corbisema</i>		
<i>Corbisema triacantha</i> (Ehrenberg) Frenguelli 1940 ²⁴³	D	XIII
Género <i>Dictyocha</i>		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	F,E,D	XII, XIII, XXII
Género <i>Mesocena</i>		
<i>Mesocena polymorpha</i> var. <i>biseptenaria</i> K. Gemeinhardt 1930 ²⁴⁴	D	XIII
Clase Raphidophyceae		
Orden Chattonellales		
Familia Chattonellaceae		
Género <i>Chattonella</i>		
<i>Chattonella marina</i> (Subrahmanyam) Y. Hara & M. Chihara 1982	D	XX
Género <i>Heterosigma</i>		
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Y. Hada) Y. Hada ex Y. Hara & M. Chihara 1987	D	XX
Familia Fibrocapsaceae		
Género <i>Fibrocapsa</i>		
<i>Fibrocapsa japonica</i> S. Toriumi & H. Takano 1973	D	XX

1. *Achnanthes brevipes* C. Agardh, nom. ileg. 1824
2. *Achnanthes minutissima* var. *gracillima* (Meister) Lange-Bertalot 1989
3. *Achnanthes minutissima* var. *cryptocephala* Grunow 1880
4. *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck 1885
5. *C. dirupta* var. *dirupta*
6. *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve 1895
7. *Bacillaria paradoxa* J. F. G. Melin, nom. ileg. 1791, *Nitzschia paradoxa* Grunow 1880
8. Reportada como *Nitzschia sociali*, *Nitzschia socialis* W. Gregory 1857
9. *Nitzschia longissima* (Brébisson) Ralfs 1861, *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W. Smith 1853
10. *Fragilaria oceanica*
11. *Nitzschia angularis* W. Smith 1853
12. *P. panduriforme* var. *minor*
13. *Nitzschia laevis* Hustedt, nom. ileg. 1939
14. *N. cf. gracillima*
15. *Nitzschia lorenziana*
16. *N. cf. interrupta-striata*
17. *Pseudo-nitzschia pacifica* (Cupp) Hustedt 1958
18. *Nitzschia scapellifo*
19. *Nitzschia pungens* Grunow ex Cleve 1897
20. *Synedra subtilis* Kützing 1844
21. *Nitzschia panduriformes*, *Nitzschia panduriformis* W. Gregory 1857
22. *Nitzschia pungens* var. *atlantica* Cleve 1897
23. *Pseudo-nitzschia seriata* f. *seriata* (P. T. Cleve) H. Peragallo, *Nitzschia seriata* Cleve 1883
24. *Nitzschia acuta* Cleve 1878
25. *Nitzschia cf. angustata*, *Nitzschia angustata* (W. Smith) Grunow 1880
26. *Nitzschia constricta* (Kützing) Ralfs 1861
27. *P. compressum*
28. *Nitzschia granulata* Grunow 1879, *Nitzschia spathulata* var. *hyalina* (W. Gregory) Grunow 1881, *Nitzschia spectabilis* (Ehrenberg) Ralfs, nom. ileg. 1861
29. *Nitzschia tryblionella* Hantzsch 1860
30. *Tryblionella tryblionella* var. *victoriae* (Grunow) Radzimowsky 1928
31. *Cymbella lanceolata* (C. Agardh) Kirchner, nom. ilegal. 1878
32. *Amphora angusta* W. Gregory 1857
33. *Navicula lanceolata* (C. Agardh) Kützing, nom. ilegal. 1844
34. *Cymbella ventricosa* (C. Agardh) C. Agardh 1830
35. *Gomphonema cf. gracile*
36. *Synedra rumpens* Kützing 1844
37. *Licmophora gracile*
38. *Podocystis americana* Bailey 1854
39. *Ctenophora cf. pulchella*
40. *Fragilaria cf. fasciculatae*, *Fragilaria fasciculata* (C. Agardh) Lange-Bertalot 1980
41. *Synedra acus*
42. *Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow 1880
43. *Fallacia subforcipata* (Hustedt) D. G. Mann 1990
44. *Mastogloia cf. dissimilis* Hustedt 1933
45. *Mastogloia grevillei* W. Smith 1856
46. *Mastogloia capitata* (Brun) Cleve 1895
47. *Mastogloia capitata* var. *lanceolata* (Wallich) Hustedt
48. Reportada como *Amphora coffaeiformis*, *Amphora coffeiformis* (C. Agardh) Kützing 1844
49. *Amphora costata* W. Smith 1853
50. *Amphora turgida* W. Gregory 1857
51. *Amphora veneta* Kützing 1844
52. *Navicula scopulorum* Brébisson ex Kützing 1849
53. *N. cf. cruciculoides*

54. *Diploneis didyma*
55. *Diploneis litoralis*
56. *Navicula weissflogii* A. W. F. Schmidt 1873
57. *Pleurosigma fasciola* (Ehrenberg) W. Smith 1852
58. *Pleurosigma macrum* W. Smith 1853
59. *Gyrosigma* cf. *acuminatum*
60. *G.* cf. *subsalsum*
61. *Haslea* cf. *frauenfeldii*
62. *H.* cf. *wawrikan*
63. *Diploneis bomboides* Cleve 1894
64. *Navicula cancelata*, *Navicula* cf. *cancellata*
65. *N.* cf. *fusiformes*
66. *Navicula helvetica* Brun 1895
67. *Navicula concentrica* J. R. Carter, nom. ilegal. 1981
68. *Seminavis barbara*
69. *Navicula yarrensii* var. *americana* Cleve 1895
70. *P.* cf. *westii*
71. *P.* cf. *pusilla*
72. *Donkinia recta*
73. *Pleurosigma delicatum*
74. *Gyrosigma normanii* (Ralfs) Mann 1907
75. *Pleurosigma* cf. *affine*
76. *P.* cf. *formosum*
77. *Pleurosigma inscriptura*
78. *P.* cf. *latum*
79. *P.* cf. *longum*
80. *Gyrosigma normanii* (Ralfs) Mann 1907
81. *P.* cf. *rigidum*
82. *P.* cf. *angulatum* var. *strigosum*
83. *Navicula halophila* (Grunow) Cleve 1894
84. *S.* cf. *acuta*
85. *F.* cf. *rhombica*, *Fragilaria rhombica* (O'Meara) Heiden & Kolbe 1928
86. *Dimeregramma minor*, *Dimeregramma minus* (W. Gregory) Ralfs 1861
87. *Asterionella japonica* Cleve 1882
88. *Neodelphineis pelagica* H. Takano, nom. inval. 1983
89. *R. operculata* var. *operculata*, *Rhopalodia operculata* (C. Agardh) Håkansson 1979, *Cyclotella operculata* (C. Agardh) Brébisson 1838
90. *Navicula granulata* Ehrenberg 1836
91. *Ropalodia gibberula*
92. *E. gigantea*
93. *Amphiprora gigantea* var. *sulcata* (O'Meara) Cleve 1894
94. *Amphiprora hyperborea* (Grunow) Grunow 1884
95. *E. sulcata* var. *equatorialis*
96. *Surirella fastuosa* (Ehrenberg) Ehrenberg 1843
97. *Campylodiscus decorus* Brébisson 1854
98. *Surirella gemma* Ehrenberg 1839
99. *Cymatopleura solea* (Brébisson) W. Smith 1851
100. *Surirella fastuosa* var. *recedens* (A. W. F. Schmidt) Cleve 1878
101. *Amphora angusta* W. Gregory 1857
102. *S.* cf. *birostrata*
103. *Surirella ovata* Kützinger 1844
104. *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Hallegraeff 1986, *Thalassiothrix frauenfeldii* (Grunow) Grunow 1880
105. *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides*
106. *Thalassionema nitzschioides* var. *capitulata*

107. *Amphora ovalis* var. *affinis* (Kützing) Van Heurck 1885
108. *Amphora nobilis* Flogel 1873
109. *Amphora ovalis* var. *libyca* (Ehrenberg) Cleve 1895
110. *A. gracialis*, *Amphora gracilis* Ehrenberg 1843
111. *Amphora egregaria*
112. *Asteromphalus imbricatus* Wallich 1860
113. *Asteromphalus sarcophagus* Wallich 1860
114. *Melosira granulata* (Ehrenberg) Ralfs 1861
115. *Corethron criophilum* Castracane 1886
116. *Coscinodiscus jonesianus* (Greville) Ostenfeld 1915
117. *Coscinodiscus perforatus* var. *pavillardii* (Forti) Hustedt 1928
118. *Actinoptychus undulatus* (Kützing) Ralfs 1861
119. *Hemidiscus cuneiformis* Wallich 1860
120. *Podosira moniliformis* Ehrenberg, nom. illeg. 1840
121. *Podosira stelliger*
122. *Melosira moniliformis* (O.F. Müller) C. Agardh 1824
123. *Melosira arenaria* D.Moore ex Ralfs 1843
124. *Rhizosolenia fragilissima* Bergon 1903
125. *Rhizosolenia stolterfothii* H.Peragallo 1888
126. *Rhizosolenia robusta* G. Norman ex Ralfs in Pritchard 1861
127. *Rhizosolenia striata* Greville 1864, *Rhizosolenia bushsolei* Cleve 1881
128. *Rhizosolenia pungens* Cleve-Euler 1937, *Rhizosolenia setigera* var *pungens* Brightwell 1858
129. *Rhizosolenia setigera* Brightwell 1858
130. *Stellarima* cf. *microtias*
131. *Triceratium formosum* T. Brightwell 1856
132. *Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs 1861
133. *Stephanopyxis* cf. *broschii*
134. *Synedra robusta* Ralfs 1861
135. *Synedra fulgens* (Greville) W. Smith 1853
136. *Climacodium frauenfeldii*
137. *Biddulphia pulchella* S.F. Gray, nom. ileg. 1821
138. *Biddulphia tuomeyi* (Bailey) Roper 1859, *Biddulphia tridens* (Ehrenberg) Ehrenberg 1840, *Chaetoceros coarctatus* Lauder 1864
139. *Triceratium orbiculatum* Shadbolt 1854
140. *Triceratium shadboltianum* Greville 1862
141. *Biddulphia alternans* (J.W. Bailey) Van Heurck 1885
142. *Bacteriastrum hialinum*
143. *Chaetoceros furcellatus* J.W. Bailey 1856
144. *Chaetoceros gracilis* F.Schütt, nom. ileg. 1895
145. *Biddulphia antediluviana* (Ehrenberg) Van Heurck 1885
146. *Biddulphia aurita* (Lyngbye) Brébisson 1838
147. *Odontella sinensis* (Greville) Grunow 1884
148. *Biddulphia mobiliensis* (Bailey) Grunow 1882
149. *Hemiaulus sinensis*
150. *Isthmia nerviosa*
151. *Ditylium brightwellii*
152. *Rhizosolenia alata* Brightwell 1858, *Rhizosolenia alata* f. *gracillima* (Cleve) Grunow 1882
153. *Cycotella striata*
154. *Cyclotella stelligera* (Cleve & Grunow) Van Heurck 1882
155. *Cyclotella ocellata* Pantocsek 1901
156. *Thalassiosira lacustris* (Grunow) GRHasle 1977
157. *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Proshkina-Lavrenko ex Hasle 1960
158. *Cyclotella meneghiniana* Kützing 1844
159. *T. eccentrica*

160. *Thalassiosira* cf. *aestivalis*
161. *T. australis*
162. *T.* cf. *decipiens*
163. *T. diporocyclus*
164. *T. liceae*
165. *T. lineata*
166. *T. lineoides*
167. *T. nanolineata*
168. *T.* cf. *pacifica*
169. *T.* cf. *plicata*
170. *T. punctifera*
171. *T. subtilis*
172. *Bleakeleya micans*
173. Reportada como diatomea
174. *Pediastrum simplex* var. *simplex* Meyen 1829, *Pediastrum clathratum* (Schröder) Lemmermann 1897
175. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum* Wittrock 1883
176. *Pediastrum sturmii* Reinsch 1867
177. *Pediastrum duplex* var. *reticulatum* Lagerheim 1882
178. *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini 1840
179. *Scenedesmus armatus* (Chodat) Chodat 1913
180. *Scenedesmus javanensis* Chodat 1926
181. *Johannesbaptistia pelucida* (Dickie) W.R. Taylor & Drouet 1938
182. *Nostoc spumigena* (Mertens) Drouet 1978
183. *Oscillatoria erythraea*
184. *Daktyletra pirus*
185. *C. sphaeroidea*
186. *Discosphaera tubifer*
187. *Rhabdosphaera styliifer*, *Rhabdosphaera stylifera* Lohmann 1902
188. *Halopappus adriaticus* J.Schiller 1914
189. *Pontosphaera discofora*
190. *Gymnodinium sanguineum* K. Hirasaka 1922, *Gymnodinium splendens* Lebour 1925
191. *A.* cf. *schauinslandi*
192. *Oxyphysis oxytoxoides* Kofoed 1926
193. *D. cuneus*
194. *Ceratium arietinum*
195. *Ceratium azoricum* Cleve 1900
196. *C. belone*
197. *Ceratium bigelowii* Kofoed 1907
198. *Ceratium breve* (Ostenfeld & Schmidt) Schröder 1906
199. *C. candelabrum*
200. *Ceratium dens* Ostenfeld & J.Schmidt 1901
201. *C. extensum*
202. *C. furca* var. *furca*, *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann 1859
203. *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin 1841; *C. fusus* var. *seta*; también como *C. fusus* var. *fuscus*
204. *C. concilians*, *C. contortum*, *Ceratium gibberum* var. *dispar* (Pouchet) Sournia 1966
205. *Ceratium furca* var. *hircus* (Schröder) Margalef ex Sournia 1973
206. *Ceratium horridum* (Cleve) Gran 1902, *Ceratium longipes* (Bailey) L. Maggi 1880
207. *C.* cf. *contrarium*, *Ceratium contrarium* (Gourret) Pavillard 1905, *Ceratium macroceros* (Ehrenberg) Vanhöffen 1897
208. *Ceratium massiliensis*, *Ceratium massiliense* (Gourret) Karsten 1906
209. *Ceratium massiliense* var. *armatum* (Karsten) Jorgensen 1911
210. *C. minutum*
211. *C. paradoxides*
212. *C. tripos* var. *pulchellum*, *C. pulchellum*

213. *C. cf. symetricum*
214. *Ceratium trichoceros* (Ehrenberg) Kent 1881
215. *C. vultur* fo. 1 y *C. vultur* fo. 2
216. *Gonyaulax digitalis* (Pouchet) Kofoid 1911
217. *Amylax diacantha* Meunier 1919, *Gonyaulax diacantha* Athanassopoulos 1931
218. *Pyrophacus horlogium* Stein
219. *Goniodoma sphaericum* G. Murray & Whitting 1899
220. *Goniodoma polyedricum*
221. *Gymnodinium instriatum* (Freudenthal & J.J. Lee) D.W. Coats 2002
222. *Gymnodinium breve*
223. *C. tassellatum*
224. *Oxytosum cf. cribrorum*
225. *O. cf. curvatum*
226. *O. cf. depressum*
227. *C. elegans*
228. *O. cf. globosum*
229. *O. cf. mediterraneum*
230. *O. cf. ovale*
231. *O. cf. sphaeroideum*
232. *O. cf. turbo*
233. *O. cf. viride*
234. *Protoperidinium minutum* (Kofoid) Loeblich 1970
235. *Protoperidinium cf. claudicans*
236. *P. cf. venustum*
237. *P. cf. ovatum*
238. *P. cf. poucheti*
239. *Prorocentrum minimo* (Pavillard) J. Schiller 1933
240. *Prorocentrum sigmoides* Bohm 1933
241. *Scrippsiella trochoidea* (F. Stein) A.R. Loeblich III 1976
242. *Kofoidinum aff. veleilloides*
243. *D. triacantha*, *Dictyocha triacantha* Ehrenberg 1844
244. *Mesocena polymorpha* var. *biseptenaria* K. Gemeinhardt

Variación interanual en las comunidades algales y calidad del agua de una laguna periurbana: Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina).

Interannual variation in algal communities and water quality in a periurban lagoon: Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina).

Manuela Monteyro^{1*}, Andrea Biasotti¹, María José Galea¹, Ramón Sosa¹.

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNLPam), Santa Rosa, La Pampa, Argentina

*Email: manuela.monteyro@gmail.com

Monteyro, M., A. Biasotti, M.J. Galea & R. Sosa. Variación interanual en las comunidades algales y calidad del agua de una laguna periurbana: Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Cymbella* 11(1): 47-62.

DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.24488100e.2025.11.1.2>

RESUMEN

Este estudio se realizó en el Parque Recreativo Laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa, Argentina) comparando dos períodos comprendidos entre mayo 2019 - febrero 2020 y noviembre 2022 - agosto 2023. Se tomaron muestras en tres puntos de la laguna para evaluar la riqueza ficológica y la calidad del agua a lo largo de las estaciones del año. Se analizaron parámetros físicoquímicos como temperatura, transparencia, pH y conductividad. En el primer período (P1), se identificaron 78 taxones de las clases Chlorophyceae (32), Cyanophyceae (20), Zygnematomyceae (11), Bacillariophyceae (10), Euglenophyceae (4) y Trebouxiophyceae (1). En el segundo período (P2), se registraron 88 taxones, de las Clases Chlorophyceae (39), Cyanophyceae (18), Bacillariophyceae (14), Zygnematomyceae (12), Euglenophyceae (3), Trebouxiophyceae (1) y Dinophyceae (1). Los índices de Nygaard indicaron que la laguna era eutrófica en ambos períodos, con un enriquecimiento de nutrientes en el agua. El índice Plantle & Buck ($S=2.52$) señaló contaminación orgánica débil (β mesosapróbico) en ambos períodos. El análisis de similitud de las comunidades ficológicas mostró una coincidencia superior al 50 % entre los períodos, y el índice de Jaccard (0.39) reflejó los taxones compartidos entre ambos.

Palabras claves: bioindicador, comunidad algal, impacto antrópico, laguna periurbana.

ABSTRACT

This study was conducted at the Laguna Don Tomás Recreational Park (Santa Rosa, La Pampa, Argentina) comparing two periods between May 2019 - February 2020 and November 2022 - August 2023. Samples were taken at three points of the lagoon to evaluate the phycological richness and water quality throughout the seasons. Physicochemical parameters such as temperature, transparency, pH and conductivity were analyzed. In the first period (P1), 78 taxa of the classes Chlorophyceae (32), Cyanophyceae (20), Zygnematomyceae (11), Bacillariophyceae (10), Euglenophyceae (4) and Trebouxiophyceae (1) were identified. In the second period (P2), 88 taxa were recorded, from Classes Chlorophyceae (39), Cyanophyceae (18), Bacillariophyceae (14), Zygnematomyceae (12), Euglenophyceae (3), Trebouxiophyceae (1) and Dinophyceae (1). Nygaard indices indicated that the lagoon was eutrophic in both periods, with nutrient enrichment in the water. The Plantle & Buck index ($S=2.52$) indicated weak organic pollution (β mesosaprobic) in both periods. Phycological community similarity analysis showed more than 50 % overlap between the periods, and Jaccard's index (0.39) reflected shared taxa between the two.

Key words: bioindicator, algal community, anthropogenic impact, periurban lagoon.

INTRODUCCIÓN

Los lagos urbanos, debido a su menor tamaño en comparación con otros cuerpos de agua, suelen ser someros y, en su mayoría, artificiales e hipertróficos (Quirós 2007). Sin embargo, desempeñan un papel fundamental para los habitantes de la ciudad. Además de ofrecer espacios para actividades recreativas y deportivas, estos ecosistemas contribuyen de manera significativa al bienestar de la comunidad. Entre sus múltiples beneficios se encuentran la reducción de la contaminación, la regulación de variables microclimáticas, la captación de aguas pluviales y residuales, la mejora del ciclo de nutrientes y el refugio para especies que no pueden prosperar en entornos urbanos (Chaves Ramírez 2022).

El manejo ambiental de estos ecosistemas acuáticos es especialmente complejo debido al impacto de las actividades urbanas en sus cuencas de drenaje. Las fuentes de contaminación son tanto puntuales, como el vertido de aguas residuales, desagües pluviales y desechos industriales, como difusas (Chaves Ramírez 2022). Desde la ciudad, llegan a los lagos grandes cantidades de sedimentos, sólidos suspendidos y nutrientes resultantes de la acumulación de sustancias orgánicas e inorgánicas. Esta carga contribuye a la eutrofización de los cuerpos de agua, que deteriora su calidad y altera la composición hidrológica, así como la biodiversidad asociada (Chaves Ramírez 2022; García Miranda & Miranda Rosales 2018; Quirós 2007).

Para evaluar estos cuerpos de agua y el impacto del factor antrópico en su estructura se deben medir variables físicoquímicas y organismos bioindicadores. Estas especies pueden monitorearse con bajo costo, responden fisiológica o conductualmente a una amplia variedad de sustancias clasificándose en intolerantes, facultativas o tolerantes según su nivel de respuesta y tienen la capacidad para colonizar diferentes ambientes que permite su uso para la detección y determinación cualitativa y cuantitativa de contaminantes (Bellinger & Sigee 2010; Coto 2014; Ospina Álvarez & Peña 2004). Algunos ejemplos de bioindicadores son las algas, líquenes, bacterias y protozoos.

En los ambientes acuáticos, la comunidad de algas se utiliza como herramienta de evaluación debido a su sensibilidad a las condiciones ambientales. Factores como la intensidad lumínica, la temperatura, el oxígeno disuelto, el dióxido de carbono y los nutrientes influyen en su composición, siendo el nitrógeno y el fósforo los más relevantes para el fitoplancton (Jin & Pan 2024; Marques & Américo-Pinheiro 2017; Salo & Salovius-Laurén 2022; Suneesh *et al.* 2022). La sobrecarga de nutrientes

proveniente de áreas urbanas puede favorecer a ciertas especies en detrimento de otras, lo que a menudo provoca floraciones algales, que pueden ser perjudiciales tanto para los organismos que habitan en el cuerpo de agua como para las personas que lo utilizan (Borja *et al.* 2023; Rodríguez-Flórez *et al.* 2019; Zhang *et al.* 2021). Además, estudios sobre lagos urbanos, tanto estratificados como no estratificados, han revelado que las poblaciones de Chlorophyceae y Cyanophyceae dominan en estos ecosistemas, lo que puede atribuirse al entorno geográfico de los lagos muestreados (García-Rodríguez *et al.* 2015; Paul *et al.* 2012; Zhang *et al.* 2021). Las lagunas pampeanas estudiadas son de baja profundidad y se caracterizan por su turbidez, resultado de la alta biomasa algal. Estas lagunas son someras, con salinidad variable y naturalmente eutróficas, muchas de ellas dependientes de las precipitaciones (Quirós 2005). En la mayoría de las lagunas analizadas de la provincia de La Pampa, predomina la clase Chlorophyceae, seguida por Cyanophyceae y Bacillariophyceae, mientras que otras clases, como Euglenophyceae y Dinophyceae, muestran menor diversidad (Álvarez *et al.* 2000; Álvarez *et al.* 2005; Bazán *et al.* 2011; Bazán *et al.* 2012; Bazán *et al.* 2014; Novoa *et al.* 2011). En la laguna Don Tomás se han realizado estudios previos para conocer su fitoplancton (Álvarez 1992; Álvarez & Bazán 1994; Bazán *et al.* 2003; Neher 2011; Repp 2011) y la estructura de la comunidad del cuerpo de agua (Echaniz & Vignatti 2001; Del Ponti & García 2015; Pilati *et al.* 2009; Pilati *et al.* 2020). El objetivo de este trabajo es comparar la riqueza ficológica y la calidad del agua de la laguna Don Tomás durante dos períodos de tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio se encuentra comprendida en la provincia biogeográfica Pampeana, particularmente en el distrito del espinal, el cual es caracterizado por la dominancia de especies arbóreas del género *Prosopis*. Los reservorios de agua subterránea afloran en distintos sitios dando lugar a una gran cantidad de lagunas (Arana *et al.* 2021). En cuanto a la ictiofauna está conformada principalmente por *Odontesthes bonariensis* (Del Ponti & García 2015). La ciudad de Santa Rosa se encuentra en la región oriental de la provincia de La Pampa (Argentina) específicamente en la subregión de colinas y lomas. Su clima es templado, con una temperatura promedio de 24 °C en enero, que puede alcanzar máximas de hasta 45 °C, mientras que en julio la media es de 7.4 °C. La temperatura media anual

es de 16 °C, con una humedad relativa promedio del 68% y una precipitación anual aproximada de 754 mm (SMN 2023). Aledaño a la ciudad se localiza el Parque Recreativo Don Tomás, que alberga una laguna (36°37'11" S, 64°18'57" O) originada por una cuenca centripeta. Esta laguna recibe los desagües

pluviales directamente y, hasta 1987, también los desechos cloacales provenientes de los piletones de tratamiento (Del Ponti & García 2015; Pilati *et al.* 2009). Este lago es somero y permanente con una superficie de 135 hectáreas y una profundidad de 2.3 metros (Echaniz *et al.* 2008) (Fig. 1).

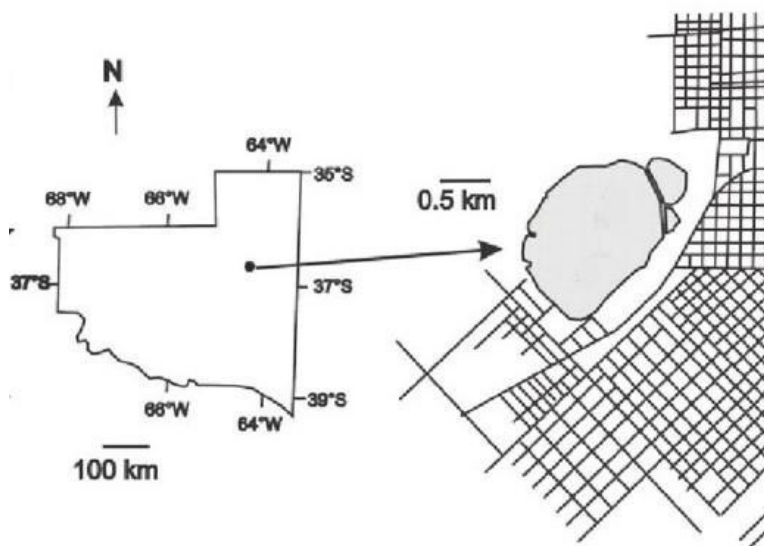


Figura 1. Croquis de la laguna Don Tomás, mostrando su ubicación geográfica en la provincia de La Pampa, Argentina (Pilati *et al.* 2020).

Trabajo de campo

Variables fisicoquímicas y ambientales

Se registraron *in situ* las siguientes variables físico-químicas: pH (sensor Hanna HI 9635), temperatura del agua y del aire (termómetro), y la conductividad (sensor ORION modelo 250 A). Para la determinación de la transparencia del agua se empleó el disco de Secchi de 20 cm de diámetro, con cuadrantes negros y blancos alternados.

Se colectaron estacionalmente muestras biológicas en el cuenco principal de la Laguna Don Tomás, durante los períodos de mayo 2019 a febrero 2020 (período 1 o, P1) y de noviembre 2022 a agosto 2023 (período 2, o P2). Se establecieron tres sitios de muestreo en función de la accesibilidad a los mismos: el sitio I (36°37'08.6" S, 64°19'10.2" O), sitio II (36°37'29.3" S, 64°19'16.8" O) y el sitio III (36°37'41.7" S, 64°19'05.8" O).

Las muestras ficológicas se colectaron por arrastre manual según técnicas convencionales (Lopretto & Tell 1995; Schwoerbel 1975). Por cada sitio y estación del año se colectaron muestras cualitativas de manera superficial y subsuperficial cerca de la orilla con red de fitoplancton de 25 micras de ta-

maño de poro, las cuales se unificaron y fijaron con formol 4% (Fig. 2).

Trabajo de Laboratorio

Identificación taxonómica

Las muestras fitoplanctónicas se observaron bajo microscopio óptico Kyowa Medilux 12 con cámara fotográfica en aumentos de 10, 40, 60 y 100x. Para la identificación taxonómica se utilizaron las floras estándar y regionales, así como trabajos específicos de diversos autores (Álvarez 1992; Álvarez & Bazán 1994; Álvarez *et al.* 2000; Álvarez *et al.* 2005; Bazán *et al.* 2003; Bazán 2010; Bazán *et al.* 2011; Bazán *et al.* 2012; Bazán *et al.* 2014; Monteyro 2021; Neher 2011; Novoa *et al.* 2011;). Se consultó la base de datos mundial AlgaeBase, accesible en internet (Guiry & Guiry 2024) para la sinonimia actualizada de las especies.

Tratamiento de los datos taxonómicos

Se confeccionó un listado de las especies identificadas en cada uno de los sitios de muestreo a lo largo de los períodos considerados (P1 y P2).

Se estableció el agrupamiento de las especies

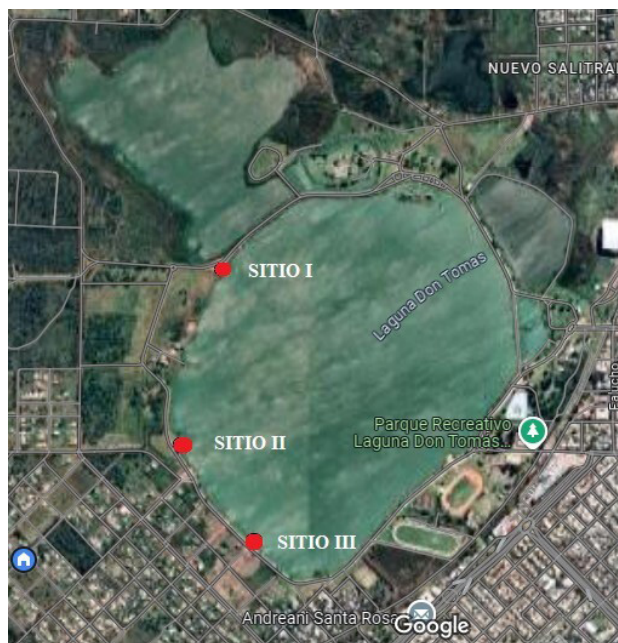


Figura 2. Sitios de muestreo, laguna Don Tomás (Imagen satelital Google 2024).

registradas en los distintos sitios de muestreo durante el período de estudio mediante el índice de similitud de Bray-Curtis (1957):

$$S_{jk} = (b+c) / (2a+b+c)$$

Donde:

S_{jk} : similitud entre sitios j y k .

a : n° de especies comunes entre j y k .

b : n° de especies que están en j , pero no en k .

c : n° de especies que están en k , pero no en j .

Para este cálculo se utilizó el programa BioDiversity Profesional (McAleece *et al.* 1997)

Se empleó el Coeficiente de Similitud de Jaccard para expresar el grado de cambio de especies entre dos muestreos (Magurran & Magurran 1988). Este coeficiente se obtuvo según la siguiente expresión:

$$I_j = c / (a+b-j)$$

donde a = número de especies presentes en el muestreo A, b = número de especies presentes en el muestreo B y j = número de especies presentes en ambos muestreos A y B.

Para los índices de Nygaard (1949) se tuvo en cuenta la riqueza fitoplanctónica de grupos algales para determinar el grado de eutrofización de la laguna Don Tomás para la época muestreada (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo 2008). Los índices utilizados fueron de diatomeas y de euglenofitas (Bazán *et al.* 2018; Mirande & Tracanna 2005; Peña Salamanca *et al.* 2005; Roldán Pérez & Ramírez Restrepo 2008), los cuales se detallan a continuación:

Índice de Diatomeas = Centrales/ Pennales

Donde:

0-0.2 = oligotrófico

0.2-3 = eutrófico

Índice de Euglenófitas = (N° taxa euglenofitas) / (N° taxa cianofíceas + chlorococcales)

Donde:

0.0-1.0 = Eutrófico

0.0-0.7 = Oligotrófico

Para establecer el estado trófico se utilizó la metodología de los saprobios según el índice de Pantle & Buck (Pinilla 2000), que emplea la frecuencia relativa y la valencia sapróbica de cada especie a lo largo del período de muestreo obtenida a través de datos propios y bibliografía existente (Bazán 2010; Biasotti 2016; Olivera 2015; Sládeček 1973):

$$S = \sum (s.h) / \sum h$$

S : rango sapróbico

S : valencia sapróbica de la especie

h : frecuencia de la especie (1: escaso, 2: frecuente; 3: muy frecuente)

Donde:

1.0 -1.5 = Ausencia de contaminación

1.5-2.5 = Contaminación orgánica débil

2.5-3.5 = Contaminación orgánica fuerte

3.5-4.0 = Contaminación orgánica muy fuerte

RESULTADOS

Variables físicoquímicas

Los datos meteorológicos extraídos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019-2020 y 2022-

2023), para las fechas muestreadas se presentan en la Tabla 1.

Las mediciones de temperatura *in situ* durante los períodos de muestreo oscilaron entre un mínimo de 8.9 °C durante el invierno en el P1, y una temperatura máxima de 30 °C en primavera del P2.

La transparencia obtenida a través del disco de Secchi no registró grandes cambios en los sitios de muestreo en cada estación del año de los períodos muestreados, con valores desde 0 metros (m) para todos los sitios muestreados en el invierno P1 al valor más elevado de 0.4 m en el sitio III en otoño del mismo período (Fig. 3).

El pH fue alcalino durante los dos períodos muestreados, sin variaciones considerables entre las diferentes estaciones. El rango osciló entre un mínimo de 8.1 para el sitio III en el otoño del P2 y un máximo de 9.08 en el sitio III tanto en la primavera como el verano del P1 (Fig. 4).

Los valores de conductividad variaron para las distintas estaciones del año de los dos períodos muestreados, con un máximo registrado en el verano de 1845 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el sitio III del P1 y un mínimo de 961 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el sitio II en el invierno del P2 (Fig. 5).

Resultados del análisis florístico

En las muestras colectadas en la laguna Don Tomás en el P1, se determinaron un total de 78 taxones pertenecientes a las Clases Chlorophyceae (32), Cyanophyceae (20), Zygnematophyceae (11), Bacillariophyceae (10), Euglenophyceae (4) y Trebouxiophyceae (1), mientras que en el P2 fueron 88 pertenecientes a las Clases Chlorophyceae (39), Cyanophyceae (18), Bacillariophyceae (14), Zygnematophyceae (12), Euglenophyceae (3) Trebouxiophyceae (1) y Dinophyceae (1) (Tabla 2).

La riqueza específica registró escasa variación entre los diferentes períodos, con mayor número de especies observadas en la primavera del P2 con 58 taxones y el menor durante el otoño del mismo año, con 44 taxones (Fig. 6).

La clase Chlorophyceae presentó el mayor número de taxones en ambos períodos muestreados, con una riqueza similar, independientemente de la estación del año. El número máximo de especies (33) se registró en el sitio II durante el P2, mientras que el mínimo se observó en el sitio I del mismo período. Las Cyanophyceae mostraron una riqueza específica mínima en invierno, tanto en el P1 como en el P2, con solo 6 especies, alcanzando su máximo en el verano del P1 con 16 especies, sin encontrarse diferencias notables entre los sitios muestreados. La clase Trebouxiophyceae exhibió su menor número de representantes en otoño del P2 (5 especies) y el

mayor en verano del mismo año (11 especies). Las Bacillariophyceae no presentaron grandes variaciones entre los períodos ni los sitios. En cuanto a las Euglenophyceae, la riqueza específica osciló entre 3 y 4 especies, salvo en el sitio I del P2, donde se observó solo un taxón. La clase Dinophyceae solo se identificó en invierno de 2023, en los sitios II y III. Finalmente, la clase Zygnematophyceae estuvo representada por un único taxón en el otoño de ambos períodos y en el invierno del P2, sin registrar diferencias entre los sitios, los cuales mostraron la misma riqueza específica (Figs. 7 y 8).

El grado de similitud de la comunidad ficológica de la laguna Don Tomás para los períodos considerados, se evaluó mediante el coeficiente de Bray-Curtis a través de la comparación de los sitios de muestreo con una similitud de más del 50% (Fig. 9, Tabla 3).

El resultado de la aplicación del índice de Nygaard de euglenofitas ubica a la Laguna Don Tomás dentro del rango eutrófico, con una variación mínima de un año a otro, para el P1 fue de 0.13 y para el P2 fue de 0.15. El índice de diatomeas no registró prácticamente diferencia entre el valor del P1 (0.46) y el valor del P2 (0.40) indicando un enriquecimiento de nutrientes en el cuerpo de agua.

Solo las especies *Planktothrix agardhii* y *Tetrademus lagerheimii* se identificaron en todos los sitios muestreados y todas las estaciones del año, tanto del P1 como del P2. El índice de Plantle & Buck calculado para los períodos muestreados registró el mismo valor de $S = 2.52$, que indicaría una contaminación orgánica débil (β mesosapróbico).

Los taxones compartidos entre los P1 y P2 según el índice de Jaccard es del 0.39. Es decir, se identificaron solo en un período de tiempo, 56 taxones para mayo 2019-febrero 2020 y 32 taxones para noviembre 2022- agosto 2023.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La caracterización físicoquímica del ambiente no mostró grandes variaciones respecto a lo registrado para otros trabajos en la Laguna Don Tomás (Álvarez *et al.* 2009; Echaniz & Vignatti 2001; Pilati *et al.* 2009) así como otros cuerpos de agua de la provincia con (Bazán *et al.* 2012; Vignatti *et al.* 2024) y sin impacto antrópico (Bazán *et al.* 2014). La temperatura presentó un patrón de incremento durante la primavera y verano, y de disminución en el invierno, lo cual muestra una relación de este parámetro con las diferentes estaciones del año. La baja transparencia que se observó durante los dos períodos en este cuerpo de agua coincide con otras lagunas de características similares (Bazán *et al.* 2003; Bazán *et al.* 2014; Borja *et al.* 2023; Cony *et al.* 2014).

Tabla 1. Datos meteorológicos de la laguna Don Tomás en las fechas de muestreo (2019-2020 y 2022-2023) según el SMN.

	PERIODO 1 (2019-2020)				PERIODO 2 (2022-2023)			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Tempertura (°C)	13.9	8.9	21.7	20.9	30	11	19	10
Humedad relativa (%)	91	67	24	52	22	64	49	29
Dirección del viento	Norte	Oeste	Sur	Norte	Noreste	Sur	Sur	Sudoeste
Presión Atmosférica (hPa)	988.6	991.6	984.4	999.8	992	989.8	987.3	995

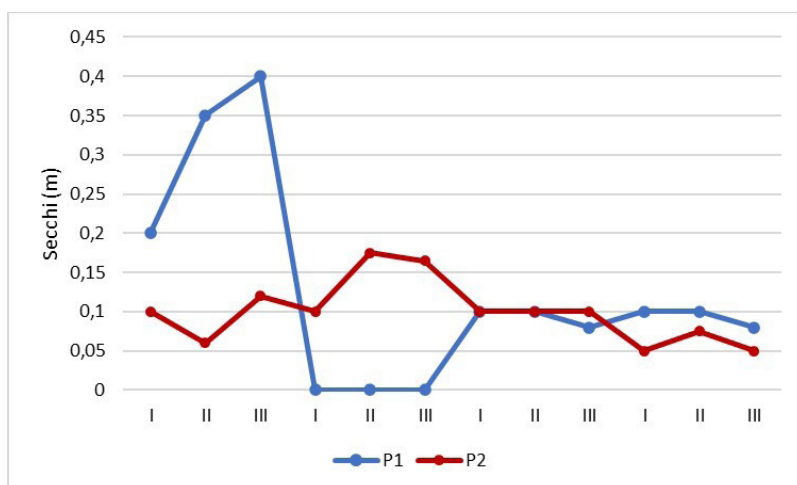


Figura 3. Variaciones en la transparencia del agua en la Laguna Don Tomás durante P1 (2019-2020) y P2 (2022-2023).

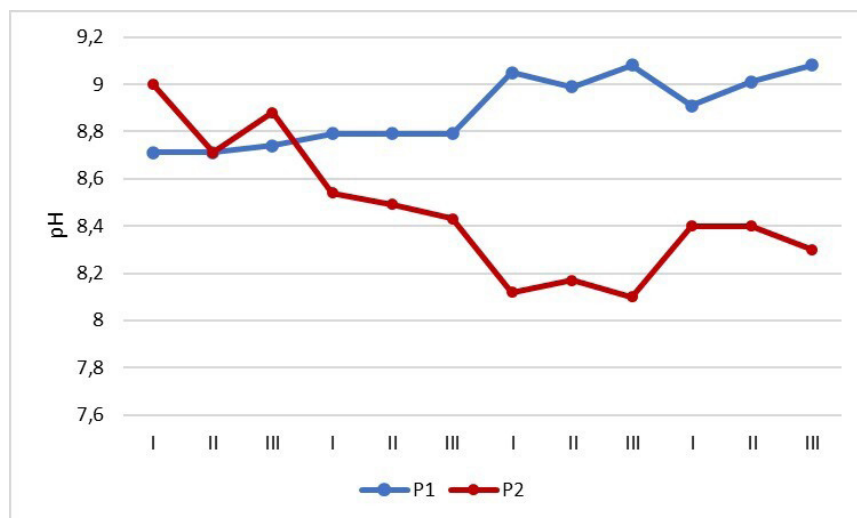


Figura 4. Variaciones del pH en el agua de la Laguna Don Tomás durante P1 (2019-2020) y P2 (2022-2023).

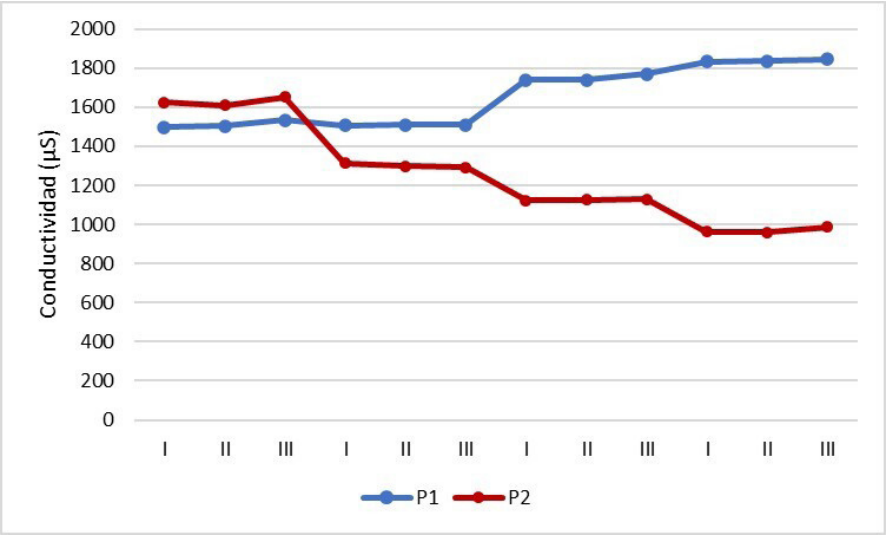


Figura 5. Variaciones en la conductividad del agua en la Laguna Don Tomás durante P1 (2019-2020) y P2 (2022-2023).

Tabla 2. Distribución espacio-temporal de las algas presentes en la Laguna Don Tomás en dos períodos de tiempo diferentes, P1 (2019-2020) y P2 (2022-2023).

	P1												P2											
	Sitio I				Sitio II				Sitio III				Sitio I				Sitio II				Sitio III			
	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I
Clase Cyanophyceae																								
<i>Anabaena</i> sp.	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x							x			x	
<i>Anabaena</i> sp. 1													x											
<i>Anabaenopsis arnoldii</i> Aptekarj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x		
<i>Aphanocapsa stagnalis</i> (Lemmermann) Beljakova		x		x		x		x	x			x												
<i>Cyanothece aeruginosa</i> (Nägeli) Komárek			x																					
<i>Cyanothece halobia</i> Roussomoustakaki & Anagnostidis														x										
<i>Glaucospira laxissima</i> (West) Simic et al.														x										
<i>Jaaginema pseudogeminatum</i> (Schmid) Anagnostidis & Komárek								x			x						x							
<i>Kamptonema okenii</i> (Gomont) Strunecký, Komárek & Smarda					x																			
<i>Leptolyngbya angustissima</i> (West et West) Anagnostidis & Komárek								x	x															
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek								x				x												
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann								x																
<i>Microcystis flosaquae</i> (Wittrock) Kirchner				x				x									x	x	x			x		
<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti																				x				

Oscillatoria obscura Brühl & Biswas

Oscillatoria ornata Gomont

Oscillatoria subbrevis Schmidle

Oscillatoria tenuis Gomont

Oscillatoria sp.

Phormidium terebriforme (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Potamolinea aerugineocaerulea (Gomont) Martins & Branco

Snowella sp.

Spirulina major Gomont

Spirulina subsalsa Gomont

Spirulina subtilissima Gomont

Clase Chlorophyceae

Ankistrodesmus arcuatus Korshikov

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs

Cerasterias rhanthidioides Reinsch

Chlamydomonas globosa Snow

Chlamydomonas sp. 1

Chlamydomonas sp. 2

Coelastrium astroideum De Notaris

Coelastrium microporum Nägeli

Desmodium armatum (Chodat) Hegewald

Desmodesmus armatus var. *longispina* (Chodat)
Hogewald

Desmodium communis (Hogewald) Hogewald

Desmodium anoliense (Richter) Hegewald

Desmodium spinosus (Chodat) H. Legewald

Kinshipariella irregularis (G. M. Smith) Korshikov

Kickapoo, Illinois, 1890. (Ment) West 9, West 10.

Leptocryptus *capensis* (Baker) (Males: 0.34 (0.33–0.35) mm)

Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová

Monoraphidium irregulare (G.M. Smith) Komarov & Logunov

Monoraphidium pusillum (Printz) Komárková-Legn-
erová

Pediagramm duplex Meyen

Polyedriopsis spinulosa (Schmidlo) Schmidlo

Pseudokirchneriella elongata (C. M. Smith) Hindák

Pseudopodiceps barinopus (Turnip) Hogeveeld

Pseudopodiceps cornutus (Pavlovskii) Long and Long

Raphidocelis danubiana (Hindák) Marvan et al.
Raphidocelis danubiana var. *elegans* (Playfair) Taskin et Alp
Scenedesmus ecornis (Ralfs) Chodat
Scenedesmus obtusus f. *disciformis* (Chodat) Compère
Schroederia nitzschoides (G.S. West) Korschikov
Schroederia planctonica (Skuja) Philipose
Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann
Stauridium tetras (Ehrenberg) Hegewald
Tetradesmus bernardii (G.M. Smith) Wynne
Tetradesmus dimorphus (Turpin) Wynne
Tetradesmus lagerheimii Wynne & Guiry
Tetraëdron caudatum (Corda) Hansgirg
Tetraëdron minimum (A. Braun) Hansgirg
Tetraëdron triangulare Korshikoff
Tetraëdron trigonum (Nägeli) Hansgirg
Tetrastrum elegans Playfair
Tetrastrum glabrum (Roll) Ahlstrom & Tiffany
Tetrastrum peterfi Hortobágyi
Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemmermann
Treubaria planctonica (G.M. Smith) Korschikov

Clase Bacillariophyceae

Anomoeoneis sphaerophora Pfitzer
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen
Aulacoseira granulata var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen
Chaetoceros muelleri Lemmermann
Craticula cuspidata (Kützing) D.G. Mann
Cyclostephanos dubius (Fricke) Round
Epithemia sorex Kützing
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow
Melosira varians Agardh
Navicula cryptocephala Kützing
Navicula radiosa Kützing
Navicula sp.
Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith
Nitzschia linearis W. Smith
Nitzschia nana Grunow
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith
Stephanocyclus meneghinianus (Kützing) Kulikovskiy et al.
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli

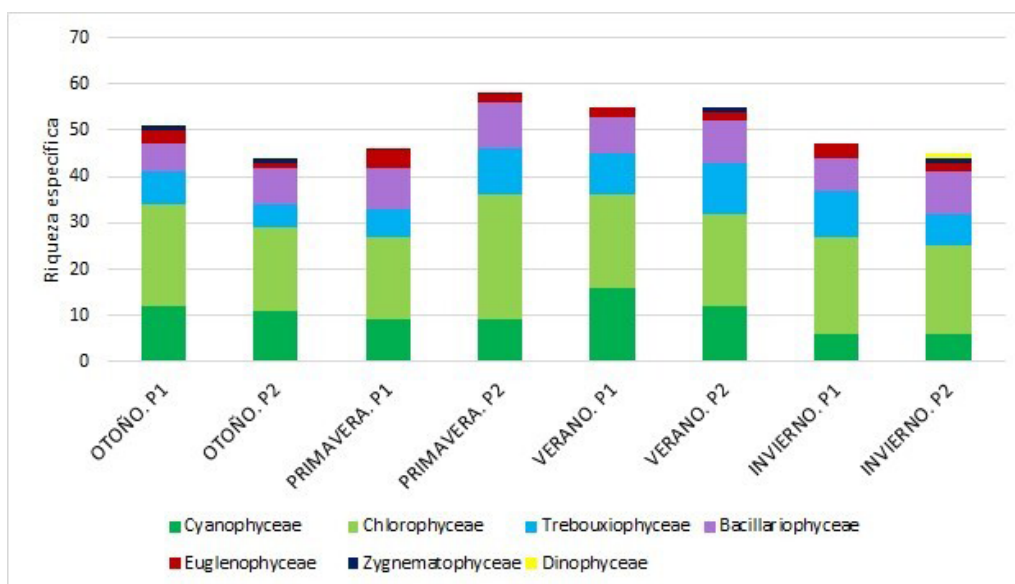


Figura 7. Riqueza específica por clase algal de los dos períodos muestreados: distribución estacional.

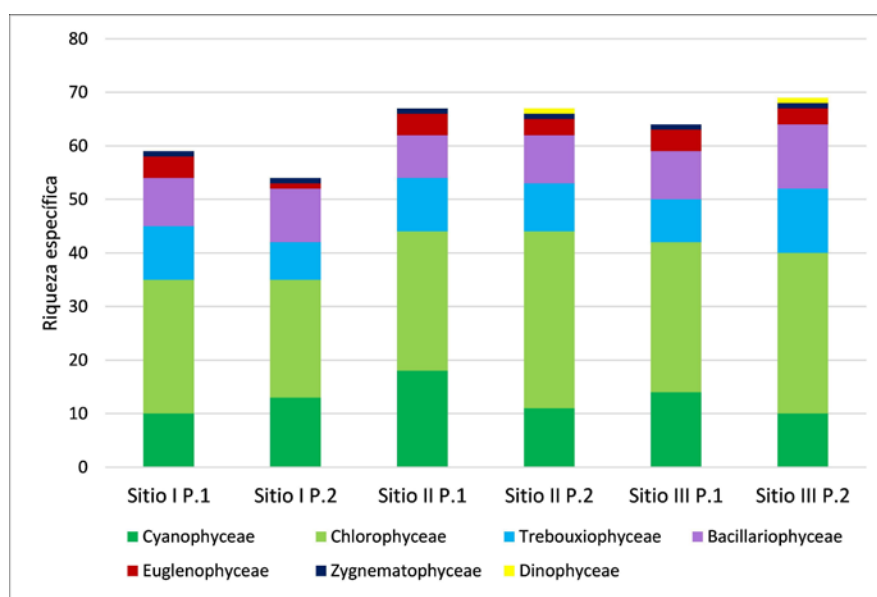


Figura 8. Riqueza específica por clase algal de los dos períodos muestreados: distribución espacial.

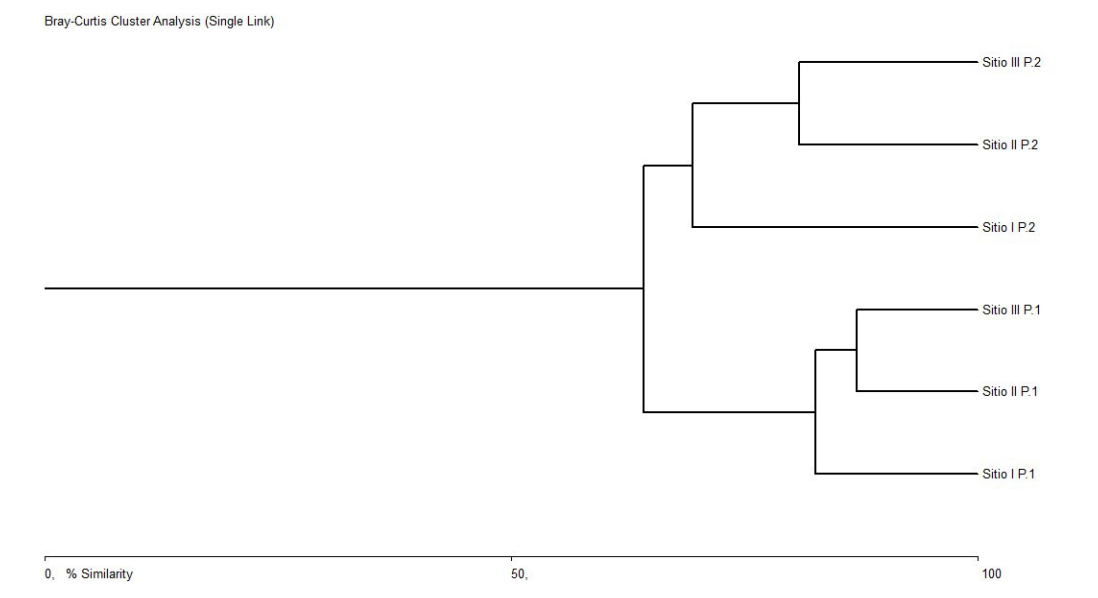


Figura 9. Coeficiente de Bray-Curtis para los distintos sitios de muestreo comparando los períodos muestreados.

Tabla 3. Matriz resultante de la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis.

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1	Joined 2	
1	5	12,97709942	87,02290058	2	3	
2	4	17,46031761	82,53968239	1	2	
3	3	19,11764717	80,88235283	5	6	
4	2	30,57851219	69,42148781	4	5	
5	1	35,82089615	64,17910385	1	4	
Similarity Matrix						
	Sitio I P.1	Sitio II P.1	Sitio III P.1	Sitio I P.2	Sitio II P.2	Sitio III P.2
Sitio I P.1	*	82,5397	81,3008	58,4071	61,9048	60,9375
Sitio II P.1	*	*	87,0229	59,5041	64,1791	58,8235
Sitio III P.1	*	*	*	55,9322	64,1221	58,6466
Sitio I P.2	*	*	*	*	69,4215	63,4146
Sitio II P.2	*	*	*	*	*	80,8824
Sitio III P.2	*	*	*	*	*	*

Al comparar dos períodos de tiempo con distinto grado de impacto antrópico, se observó un aumento en la riqueza ficológica durante el segundo período (P2), sin que se registraran cambios significativos en la calidad del agua. Las lagunas de la provincia de La Pampa, en general, exhiben una riqueza ficológica dominada por las clorofitas, por encima de otros grupos algales (Bazán *et al.* 2014). Las algas verdes, reconocidas por su alta tolerancia a distintas condiciones ambientales, son predominantes en los ecosistemas de agua dulce, lo que les permite prosperar en diversos hábitats. De hecho, constituyen el grupo más numeroso del fitoplancton, seguidas por las diatomeas (Huber *et al.* 2011). En contraposición a otros cuerpos de agua urbanos, en la Laguna Don Tomás las diatomeas ocupan el tercer lugar en términos de abundancia numérica de especies (García-Rodríguez *et al.* 2015; Novoa *et al.* 2011).

La clase Chlorophyceae estuvo mayormente representada por organismos del orden Sphaeropleales (Álvarez 1992; Álvarez & Bazán 1994; Bazán *et al.* 2003; Neher 2011), con predominio de especies de crecimiento rápido y alta tasa de renovación como *Scenedesmus*, *Pediastrum* y *Kirchneriella*, característico e indicativo de un grado de eutrofia moderado a alto (Bazán 2010; Bellinger & Sigee 2010; Kim 2013; Reynolds 2006). *Tetradesmus lagerheimii* se identificó en todos los sitios muestreados tanto del P1 como del P2, la cual es considerada indicadora de sistemas hipertróficos (García-Rodríguez *et al.* 2015).

Las especies identificadas de la clase Cyanophyceae son indicadoras de un cuerpo de agua eutrofizado (Bazán *et al.* 2014; Dantas *et al.* 2011), con un mayor aporte de organismos del orden Nostocales. *Planktothrix agardhii*, especie que presenta la capacidad de liberar toxinas (Álvarez *et al.* 2009; Daga *et al.* 2020; Kokociński *et al.* 2010), se encontró durante ambos períodos en todos los sitios muestreados.

En el caso de las diatomeas el orden que tuvo mayor número de representantes fue el de Pennales, propios de un ambiente lenítico (Novoa *et al.* 2006; Novoa *et al.* 2011). Se registraron de manera frecuente *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Stephanocyclus meneghinianus* y *Ulnaria ulna*, especies cosmopolitas asociadas desde lagos oligotróficos a hipereutróficos (Álvarez-Cobelas & Jacobsen 1992). *Stephanocyclus meneghinianus* tolera un alto rango de conductividad y es común en ambientes acuáticos con abundante materia orgánica (Daga *et al.* 2020) y *Ulnaria ulna* se encuentra entre las más tolerantes a la contaminación severa por nutrientes (Vilches 2012).

Las euglenofitas se encuentran generalmente en

entornos donde hay materia orgánica en descomposición, debido a que poseen la capacidad de recoger el material orgánico complejo, ya sea en estado soluble o particulado. Los hábitats típicos incluyen lagos someros, lagunas, humedales, arena salobre, entre otros.

La flora algal observada en la Laguna Don Tomás a lo largo del período de estudio muestra una composición similar a la de otros cuerpos de agua urbanos y lagunas con hipertrofia, tanto de la provincia de La Pampa y sus alrededores (Bazán *et al.* 2003; Bazán *et al.* 2012; Bazán *et al.* 2014; Cony *et al.* 2014; Vignatti *et al.* 2024) ya que las mismas clases algales y especies se han identificado tanto en lagunas de la región pampeana como en cuerpos de agua con características ambientales similares (García-Rodríguez *et al.* 2015; Novoa *et al.* 2006; Novoa *et al.* 2011). En la mayoría de las regiones de Argentina, los lagos y lagunas someras se caracterizan por presentar asociaciones florísticas dominadas por Chlorophyceae-Bacillariophyceae o Chlorophyceae-Cyanobacteria (Borja *et al.* 2023). La saprobiedad de la Laguna Don Tomás se ubica en el rango mesosapróbico, con valores próximos a los hallados por Bazán *et al.* (2012) para la Laguna urbana La Arocena ubicada en la ciudad de General Pico (La Pampa), la cual recibe principalmente aportes pluviales de la misma.

Considerando que este ecosistema es utilizado por la población de Santa Rosa y sus alrededores, resulta crucial implementar un monitoreo continuo de los parámetros físicoquímicos y realizar análisis ficológicos periódicos, utilizando estos resultados como información de base. Asimismo, es esencial profundizar en el conocimiento bioecológico de la laguna, a fin de comprender mejor sus fluctuaciones espaciales y temporales y, de esta manera, contribuir a su conservación y gestión sostenible (Dobrescu *et al.* 2023).

REFERENCIAS

- Álvarez-Cobelas, A., & B.A. Jacobsen. 1992. Hypertrophic phytoplankton: an overview. *Freshwater Fórum* 2: 184-199.
- Álvarez, S.B. 1992. Algas de aguas continentales de La Pampa (Argentina) I. Volvocales y Chlorococcales. *Revista de la Facultad de Agronomía* 6: 35-51.
- Álvarez, S.B. & G.I. Bazán. 1994. Cianofíceas continentales de la provincia de La Pampa (Argentina) I. *Revista de la Facultad de Agronomía* 7: 43-62.
- Álvarez, S.B., G.I. Bazán & M.T. Wenzel. 2000. Hormogonales (Cyanophyta) de la laguna El Guanaco (la pampa, Argentina). *Darwiniana* 38: 279-284.
- Álvarez, S.B., A.E. Biasotti, J.N. Bernardos & G.I. Bazán.

2005. Ficoflora de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Biología Acuática* 22: 1-6.
- Álvarez, S.B., G.I. Bazán & J.N. Bernardos. 2009. Diversidad fitoplanctónica en los cuencos principal y norte de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Limnetica* 28: 0253-0260.
- Arana, M.D., E. Natale, N. Ferretti, G. Romano, A. Oggero, G. Martínez, P. Posadas, & J. J. Morrone. 2021. Esquema biogeográfico de la República Argentina. *Opera Lilloana*, 56.
- Bazán, G.I. 2010. Estudios ficológicos en el sistema lenítico de La Arocena (Departamento Maracó), La Pampa, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 203 pp.
- Bazán, G.I., S.B. Álvarez, M.C. Martín & J. Bernardos. 2003. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uriburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática* 20: 1-5.
- Bazán, G.I., S.B. Álvarez & A.M. de Fabricius. 2011. Microalgas nuevas para Argentina en sistemas leníticos de la provincia de La Pampa. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* 13: 34-43.
- Bazán, G.I., M. Dalmaso, S. Álvarez & A.L.M. Fabricius. 2012. Contribución al conocimiento ficológico y calidad de agua de la laguna La Arocena (pcia. de La Pampa, Argentina). *Biología Acuática* 27: 17-27.
- Bazán, G.I., D. Almeyda, L. Olivera & B. Oriani. 2014. Biodiversidad fitoplanctónica en tres lagunas someras de la Provincia de La Pampa, Argentina. *Biología Acuática* 30: 47-57.
- Bazán, G.I., M.J. Galea & E.A. Biasotti. 2018. Estado trófico de la laguna La Arocena (Pcia. de La Pampa, Argentina): aplicación de índices biológicos. In: VII Congreso Pampeano de Agua: 41-55. Sec. de Rec. Hídricos.
- Bellinger, E.G., & D.C. Sigee. 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. Wiley-Blackwell (eds.) 210 pp.
- Biasotti, A.E. 2016. Ficoflora de la llanura aluvial del Río Colorado (Patagonia, Argentina). Distribución temporal de la comunidad fitoplanctónica continental. Publicia. ISBN 978-3-8416-8139-3. 156 pp.
- Borja, C., F. Dalinger, V. Lozano, C. Muñoz & L. Moraña. 2023. Calidad de agua y fitoplancton del lago del Parque San Martín (Salta, Argentina). *Lhabet* 9: 35-43.
- Bray, J.R., & J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs* 27: 326-349.
- Chaves Ramírez, C. 2022. Evaluación del estado ambiental del lago en el Parque Metropolitano La Sabana, San José, Costa Rica, para la implementación de medidas de rehabilitación ecológica. *Biocenosis* 33: 35-42.
- Cony, N.L., N. C. Ferrer & E. Cáceres. 2014. Evolución del estado trófico y estructura del fitoplancton de un lago somero de la Región Pampeana: laguna Sauce Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Biología Acuática* 30: 79-91.
- Coto, J.G. 2014. Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales. *Éxito Empresarial* 252: 1-4.
- Daga, I.C., M.C. Fernández Belmonte & S. María Reyna. 2020. Composición algal y bioindicadores de calidad de agua. Caso de estudio: Embalse San Roque, Córdoba, Argentina. *Cuadernos Del CURIHAM* 26: 1-11.
- Dantas, Ê.W., A.N. Moura, & M.D.C. Bittencourt-Oliveira. 2011. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 1327-1338.
- Del Ponti, O. & M. García. 2015. Alimentación del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en las lagunas Bajo Giuliani y Don Tomás, provincia de La Pampa, Argentina. *Semiárida* 25: 7-15.
- Dobrescu, C. M., A. Turtureanu, & L.M. Dorobat. 2023. Algae as Biological Indicators of Water Pollution. *Journal of Danubian Studies and Research* 131: 32-38.
- Echaniz, S.A. & A.M. Vignatti. 2001. Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros (Crustacea: Anomopoda y Ctenopoda) planctónicos y química del agua de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía* 12: 23-35. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/5998>.
- Echaniz, S.A., A.M. Vignatti & P.C. Bunino. 2008. El zooplancton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina: cambios después de una década. *Biota Neotropica* 8: 63-71.
- García Miranda, F.G. & V. Miranda Rosales. 2018. Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. In: E. Pérez-Campuzano & V.E. Mota-Flores. *Impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., Coeditores, México, pp. 353-367.
- García-Rodríguez, J., F.I. Molina-Astudillo, E. Miranda-Espinoza, B. Martha & M. Díaz-Vargas. 2015. Variación fitoplanctónica en un lago urbano del municipio de Cuernavaca, Morelos, México. *Acta universitaria* 25: 3-11.
- Guiry, M.D., & G.M. Guiry. 2024. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org> (consultado el 20 de noviembre 2024).
- Huber, M.P., M.D. Novoa & A.L. Martínez de Fabricius. 2011. Fitoplancton de una laguna endorreica de uso recreacional (Córdoba, Argentina). *Biológicas* 13: 24-33.
- Jin, C., & Y. Pan. 2024. Application of Algae Biomarkers in Water Quality Monitoring. *International Journal of Aquaculture* 14: 29-36.
- Kim, Y.J. 2013. Taxonomic and Ecological Study of the

- Families Hydrodictyaceae and Coelastraceae, Order Chlorococcales and Class Chlorophyceae in Korea. *Journal of Ecology and Environment* 36: 421-437.
- Kokociński, M., K. Stefaniak, J. Mankiewicz-Boczek, K. Izydorczyk, & J. Soininen. 2010. The ecology of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) in two hypereutrophic lakes dominated by *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyta). *European Journal of Phycology* 45: 365-374.
- Lopretto, E.C. & G. Tell. 1995. *Ecosistemas de aguas continentales*. Ediciones Sur, La Plata, 3 tomos, 1401 pp.
- Magurran, A.E., & A.E. Magurran. 1988. Diversity indices and species abundance models. *Ecological diversity and its measurement*, 7-45.
- Marqués, S.M., & J.H.P. Américo-Pinheiro. 2017. Algas como bioindicadores da qualidade da água. *Revista Científica ANAP Brasil* 10: 76-88.
- McAleece, N., J.D.G. Gage, P.J.D. Lambshead, & G.L.J. Paterson. 1997. BioDiversity Professional statistics analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Mirande, V. & B.C. Tracanna. 2005. Fitoplancton de un río del noroeste argentino contaminado por efluentes azucareros y cloacales. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40: 169-182.
- Monteyro, M. 2021. Estado trófico y variación espacio-temporal del fitoplancton de una laguna periurbana: laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de la Pampa. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/9166> (consultado el 20 de noviembre de 2024).
- Neher, B.D. 2011. Análisis de la composición algal en relación a los parámetros ambientales durante el verano en la laguna Don Tomás, La Pampa, Argentina. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de la Pampa. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1990> (consultado el 20 de noviembre de 2024).
- Novoa, M.D., M.E. Luque, D. Lombardo & A.L. Martínez De Fabricius. 2006. Estudio Ficológico de lagos urbanos artificiales del sur de la provincia de Córdoba. *Sociedad Argentina de Botánica* 41: 203-231.
- Novoa, M., A.L.M. de Fabricius, M.E. Luque & D.M. Lombardo. 2011. Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba). *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* 13: 1-14.
- Nygaard, G. 1949. *Hydrobiological studies in some Danish ponds and lakes. Part II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms*. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter Vol. 7. 293 pp.
- Olivera, L. 2015. Estudio de la biodiversidad algal y de terminación de calidad de agua y estado trófico en la Laguna Ea. Ansín, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de La Pampa. 73 pp.
- Ospina Álvarez, N. & E.J. Peña. 2004. Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas: Algas como Bioindicadores. *Acta Nova* 2: 513-517.
- Paul, W.J., D.P. Hamilton, I. Ostrovsky, S.D. Miller, A. Zhang, & K. Muraoka. 2012. Catchment land use and trophic state impacts on phytoplankton composition: a case study from the Rotorua lakes' district, New Zealand. *Hydrobiologia* 698: 133-146.
- Peña Salamanca, E.J., M.L. Palacios Peñaranda, N. Ospina-Alvarez. 2005. *Algas como indicadores de contaminación*. Universidad del Valle – Programa Editorial.
- Pilati, A., S.A. Echaniz, A.M. Vignatti, A. Trucco & S.B. Álvarez. 2009. Efecto del lavado de la ciudad de Santa Rosa sobre el estado trófico de una laguna arreica. *Biología acuática* 26: 177-184.
- Pilati, A., S. Echaniz, A. Vignatti, & G. Bazán. 2020. Dynamics of an autumn phytoplankton bloom in a hypereutrophic urban lake in the semiarid Pampean region (Argentina). *Anales de Biología* 42: 21-30.
- Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 68 pp.
- Quirós, R. 2005. La ecología de las lagunas de las Pampas. *Investigación y Ciencia* 1: 1-13.
- Quirós, R. 2007. Manejo y recuperación de lagos urbanos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Repp, E.Y. 2011. Biodiversidad algal en relación a los parámetros ambientales durante la primavera en la laguna Don Tomás, La Pampa, Argentina. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de la Pampa. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/2022> (consultado el 20 de noviembre 2024).
- Reynolds, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press New York. 535 pp.
- Rodríguez-Flórez, C.N., A. Vinocur & I. Izaguirre. 2019. Dinámica del fitoplancton en tres lagos urbanos con diferentes estrategias de manejo: Análisis de floraciones estivales. *Ecología Austral* 29: 072-093.
- Roldán Pérez G. & J.J. Ramírez Restrepo. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2ª Edición. Editorial Universidad de Antioquía. Medellín Colombia. 442 pp.
- Salo, T., & S. Salovius-Laurén. 2022. Green algae as bioindicators for long-term nutrient pollution along coastal eutrophication gradient. *Ecological Indicators*, 140(109034), 109034. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109034>.
- Schwoerbel, J. & F.J. Aering-Pérez. 1975. Métodos de hidrobiología: biología de agua dulce. H. Blume, Madrid.
- Sládeček, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Schweizerbart Science Publishers.

- Stuttgart, Germany.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2019-2020 y 2022-2023. Clima promedio de Santa Rosa, provincia de La Pampa. Recuperado de <https://www.smn.gob.ar>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2023. Estadísticas Climatológicas Normales: República Argentina - Período 1991-2020. SMN, 847 pp.
- Suneesh, V.S., W. Longkumer, M. Parmar, & J. Reddy. 2022. Algae used as bio-monitors and bio-remediators. *International Journal of Research and Analytical Reviews* 9: 340–345.
- Rindi, F., H.A. Allali, D.W. Lam, & J.M. Lopez-Bautista. 2010. An overview of the biodiversity and biogeography of terrestrial green algae. In: V. Rescigno & S. Maletta. Eds. Biodiversity Hotspots. Nova Science Publishers, Hauppauge, pp. 105–122.
- Vignatti, A., S. Echaniz, A. Biasotti, M. Kin, A. Pilati, G. Cabrera, R. Kihn, F. Cora Jofré, M. Monteyro, M. Savio & V. Giacomino. 2024. Comparación de las características físico químicas y la biota de dos lagunas subsalinas con diferente influencia antrópica del centro de La Pampa (Argentina). In: XII Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos.
- Vilches, C. 2012. Efectos de la contaminación difusa sobre el perifiton de arroyos. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 172 pp.
- Zhang, H., R. Zong, H. He, K. Liu, M. Yan, Y. Miao, B. Ma, & X. Huang. 2021. Biogeographic distribution patterns of algal community in different urban lakes in China: Insights into the dynamics and co-existence. *Journal of Environmental Sciences (China)* 100: 216–227.

Recibido: 2 de diciembre de 2024

Revisado: 3 de enero de 2025

Corregido: 19 de febrero de 2025

Aceptado: 26 de febrero de 2025

Sargassum spp. (Phylum: Ochrophyta, Class: Phaeophyceae): Elemental analysis and spatial distribution approximation

Sargassum spp. (Phylum: Ochrophyta, Clase: Phaeophyceae): Análisis elemental y una aproximación a la distribución espacial

María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar^{1*}, José Luz González Chávez¹, Caterin Gutiérrez Sánchez², Analaura Skladal Méndez², Ariana Janai Morales Velázquez², Esperanza Elizabeth Mendoza Solís², Rafael Ibarra Contreras², Norma Ruth López Santiago¹

¹Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cd. Universitaria, CDMX, México, CP 04510.

²Facultad de Química, UNAM.

*Email: mtjrs@quimica.unam.mx/mtjrs.papime2020@gmail.com

Rodríguez Salazar, M.T.J., J.L. González Chávez, C. Gutiérrez Sánchez, A. Skladal Méndez, A.J. Morales Velázquez, E.E. Mendoza Solís, R. Ibarra Contreras & N.R. López Santiago. 2025. *Sargassum* spp. (Phylum: Ochrophyta, Class: Phaeophyceae): Elemental analysis and spatial distribution approximation (Review). *Cymbella* 11(1): 63-87. DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.24488100e.2025.11.1.3>

ABSTRACT

This review for the 1984-2023 period, includes a sampling sites information employing the Google Earth platform: <https://earth.google.com/earth/d/1Qd72z9YXRpNVqmv5jqjQftJlfS4JLgS?usp=sharing>. The seaweed species mainly analyzed were: *Sargassum polycistum*, *S. wightii*, *S. fluitans*, *S. natans*, and *S. muticum*. The most common chemical analytes determined were: Cu, Mn, Zn (micromineral), Ca, K, Fe, Mg, Na, P (macromineral), As, Cd, Cr, Ni, Pb (PTE), C, H, N, S, O (organic elemental analysis). There were a few isotopic data for ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb (radioactive) and ¹³C and ¹⁵N (light stable). The contamination risk evaluation was preliminary estimated through the indexes *CF*, *C_d*, *PLI*, *E_rⁱ*, and *PERI* using As, Pb, Cd, and Zn global reported concentration data for Mexico's sampling sites and guideline limits available. In Europe there is regulation for macroalgae but not yet in Mexico. The preliminary indexes values obtained are higher considering the European Regulation

is more severe than the Mexican Standards not specific to the use of biomass (NOM 187, NOM 242, and NOM 247). Thus, the analyzed *Sargassum* spp. seaweed could be classified as "high" risk for As and Cd content, and "moderate" for Pb and Zn.

Keywords: Chemical composition, contamination risk evaluation, *Sargassum*, spatial distribution.

RESUMEN

El presente trabajo de revisión para el período 1984-2023, incluye la información de los sitios de muestreo utilizando la plataforma Google Earth: <https://earth.google.com/earth/d/1Qd72z9YXRpNVqmv5jqjQftJlfS4JLgS?usp=sharing>. Las especies de macroalgas más analizadas son: *Sargassum polycistum*, *S. wightii*, *S. fluitans*, *S. natans* y *S. muticum*. Los analitos mayoritariamente determinados son: Cu, Mn, Zn (microminerales), Ca, K, Fe, Mg, Na, P (macrominerales), As, Cd, Cr, Ni, Pb (PTE), C, H,

N, S, O (análisis elemental orgánico). Se reportan datos isotópicos: ^{210}Po y ^{210}Pb (radiactivos) y ^{13}C y ^{15}N (ligeramente estables). La evaluación del riesgo de contaminación se estimó preliminarmente a través de los índices CF , C_d , PLI , E_i y $PERI$ utilizando datos globales reportados en sitios de muestreo de México para el contenido de As, Pb, Cd y Zn, y los valores permisibles disponibles. En Europa sí existe regulación para el consumo de macroalgas, pero no en México. Los valores preliminares obtenidos para los índices son mayores para la Regulación Europea que las Normas Mexicanas existentes NOM 187, NOM 242 y NOM 247 (no específicas para el uso de la biomasa). Las especies de la macroalga *Sargassum* spp. analizadas podrían clasificarse como riesgo "alto" para los contenidos de metaloides como As y Cd, y "moderado" para los metales Pb y Zn.

Palabras clave: Composición química, evaluación del riesgo de contaminación, sargazo, distribución espacial.

Abstract Abbreviations: *S.*: *Sargassum*; *CF*: Contamination Factor; E_i : Individual Potential Risk Factor; *NOM 187*: NOM-187-SSA1/SCFI-2002 Standard; *PTE*: Potentially Toxic Elements; C_d : Degree of Contamination; *PERI*: Total Ecological Risk Index; *PLI*: Pollution Load Index; *NOM 242*: NOM 242-SSA1-2009 Standard; *NOM 247*: NOM-247-SSA1-2008 Standard.

INTRODUCTION

The origin and location of the tropical floating *Sargassum* spp. are related to the North-Equatorial Recirculation Region (NEER), the Sargasso Sea (place with greatest abundance of pelagic species), and the main currents in the Central Atlantic (Baker *et al.* 2018; DCNA 2019; Fernández *et al.* 2017; Hinds *et al.* 2016). The Langmuir Ocean Circulations allow the grouping of the macroalgae mats (Baker *et al.* 2018; Barstow 1983) as the case of the macroalgae arrivals to the Mexican Caribbean coasts. INECC (2021) reported the abundance of the *Sargassum natans* and *S. fluitans* at the coast, as an environmental problem (related to tourism, economic and health sector) due to a combination of eutrophication from human pollution and oceanographic conditions changes (as temperature).

Sargassum spp. (brown macroalgae) is classified according to Puspita (2017) in Phylum: Ochrophyta, Class: Phaeophyceae, Order: Fucales, Family: Sargassaceae. Hinds *et al.* (2016) highlight the ecologi-

cal value of floating seaweed as a habitat, shelter, and food for many marine species. Fleurence & Levine (2016) report the potential applications of documented marine macroalgae in the world. For example, a) Years 13000 B.C. for nutrition and health in Chile country, b) Years 0 – 300 A.C. for medicinal use in Greece, as fertilizer in Rome, and as food supplement in Japan. Other reported applications point towards pharmacology and cosmetics of various bioactive compounds of *Sargassum* spp. (Hinds *et al.* 2016; Puspita 2017), biogas (Hernández López 2014; Hinds *et al.* 2016), hydrocarbon pollution bioindicators of petroleum (Lourenço *et al.* 2019), heavy metal biosorbent in contaminated water (DCNA 2019; Hinds *et al.* 2016), pest control, feed supplements, fish and livestock feed, agglomerated material for construction (Hinds *et al.* 2016). Milledge & Harvey (2016) highlight the therapeutic use of bioactive compounds in diabetes, cancer, AIDS, vascular diseases, antioxidants, and anti-inflammatory treatments. Rushdi *et al.* (2020) look over the reported bioactive compounds and the biological activities for clinical applications of *Sargassum* species from the Red Sea.

Diverse methods and techniques have been used to analyze the chemical composition of *Sargassum* samples collected in multiple geographical locations, including volumetry, colorimetry, potentiometry, gravimetry, atomic and molecular spectrometry, and chromatography (Addico & deGraft-Johnson 2016; Baker *et al.* 2018; Fernández *et al.* 2017; Hernández López 2014; Lourenço 2019; Puspita 2017; Rohani-Ghadlkolact & Abdulalian 2012; Solarin *et al.* 2014). Several investigations (Addico & deGraft-Johnson 2016; Fernández *et al.* 2017; Hernández López 2014; Lourenço 2019; Milledge & Harvey 2016; Puspita 2017; Rohani Ghadlkolact & Abdulalian 2012; Solarin *et al.* 2014) provide data on the chemical composition determined: a) As, Cd, Cu, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Zn, Be, Cr, Co, Hg, Na, K, Mg, Ca, Ag, Al, B, Bi, Cs, Fe, Ga, Ge, In, Cl, Mn, P, B; b) Rare earths: Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sc, Sm, Tb, Tm, Y, Yb; c) Nitrate and phosphate anions; d) C, H, O, N, S; e) Proteins, lipids, polyphenols, carbohydrates, pigments, polycyclic aliphatic and aromatic hydrocarbons; f) Percentage (%) of Organic matter, and total ash. Solarin *et al.* (2014) mention that AOAC (Association of Official Analytical Chemists) methods to analyze the samples were used.

This paper aims to present a map review with the chemical composition (elements, isotopic analysis, not speciation studies) reported in *Sargassum* spp. samples, and data analysis of recent years (2019-

2023), specifying the information reported from studies in Mexico (1995-2022). Also, the global data was evaluated concerning to As, Cd, Pb, and Zn guideline limits from regulation available, using the preliminary estimation of the indexes Metal Pollution Index (*MPI*), Contamination Factor (*CF*), Degree of Contamination (C_d), Pollution Load Index (*PLI*), Individual Potential Risk Factor (E_r) and Total Ecological Risk Index (*ERI* or *PERI*). This document attempts to contribute as a tool for the integral management (collection, analysis, application, and disposal) of *Sargassum* seaweed as a raw material, knowing the main inorganic content data reported.

METHODOLOGY

The specialized documentary research was carried out by using the www.bidi.unam.mx platform, the National Autonomous University of Mexico Digital Library (DGB 2023), getting eighty-six references covering the period 1984-2023, highlighting: a) Ten articles from the *Journal of Applied Phycology*, b) Six publications from the *Science of the Total Environment Journal*, c) Four papers from the *Algal Research Journal* and the same founds from *Marine Pollution Bulletin*. The main database was ScienceDirect, except for the *Journal of Applied Phycology*. Three doctoral and four master's theses were also recopilated.

RESULTS AND DISCUSSION

Sargassum species and mostly elemental analytes determined.

During 2020 and 2021 an Excel database (two files) that can be seen in the AMyD (Rodríguez Salazar *et al.* 2023; SPI 2023) free website from Facultad de Química, UNAM was elaborated (<https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662§ion=5>). Figure 1a shows that Asia leads the research about *Sargassum* spp. marine macroalgae, with 45% of the chemical composition references found; the second place corresponds to 27% for America; next, 17% for Europe; and, finally, 11% corresponding to Africa. The *Sargassum* spp. species reported are shown in Figure 1b. The most studied corresponds to *S. fluitans* and *S. natans* in America, *S. muticum* in Europe, *S. polycystum* and *S. wightii* in Asia, and *S. elegans* in Africa. There was also found research in Africa for the *Sargassum* spp. composed of *S. fluitans* and *S. natans*.

With the above database information mentioned, and updated references during 1984-2023 period, there were mapped (Figure 2a) the sampling sites employing the platform Google Earth Version 9.185.0.0 (Google Earth 2024), with the next electronic link allowing the visualization

<https://earth.google.com/earth/d/1Qd72z9YXRpN-Vqrmv5jqjQftJfS4JLgS?usp=sharing> (free website). Figure 2b displays the content registered for each point mapped: a) Sampling site (the cited references contain the precise geographical coordinates from the sampling location), b) Analytes, c) DOI (Digital Object Identifier); and d) Certified Reference Material (CRM), if it was used for the analytical methodology as quality assurance.

In Figure 3a, it is observed that most determined analytes by the called group are:

- a) Organic elemental analysis: C, H, N, S, O.
- b) Potentially toxic elements (PTE): As, Cd, Cr, Ni, Pb.
- c) Macromineral elements: Ca, K, Fe, Mg, Na, P.
- d) Micromineral elements: Cu, Mn, Zn.

e) Special isotopic analysis: ^{210}Po and ^{210}Pb (radioactive) in *Sargassum boveanum* and *Sargassum oligocystum* from Kuwait (Uddin *et al.* 2019), ^{13}C and ^{15}N (light stable isotopes) in *S. fluitans* and *S. natans* from Mexico (Martínez-Rodríguez 2020; Vázquez-Delfín *et al.* 2021). Figure 3b displays the preliminary concentration average and maximum concentration levels found. According to the average concentration values (mg/kg) the lowest are for Cd, Ni, and Pb; while the highest are for K, Na, and C.

Table 1 specifies information about recent research published corresponding to the 2019-2023 period, which contains the *Sargassum* species analyzed, the sampling site, an analytical technique for the elements determined, and the main findings of the reported results for the authors of the reference cited. The highlighted location of several *Sargassum* species can be observed:

- a) Africa: *Sargassum obovatum*, *S. cf. portierianum*, *S. robillard*, *S. pfeifferae*, *S. elegans*, *S. vulgare*, *S. cinereum* (Bekah *et al.* 2023; Madkour *et al.* 2019; Magura *et al.* 2019; Mahmoud *et al.* 2019).
- b) Iberian Peninsula: *S. muticum* (Álvarez-Viñas *et al.* 2019; Rodrigues *et al.* 2019; Torres *et al.* 2021).
- c) Caribbean: *S. fluitans*, *S. natans*, *S. polyceratium* (Alzate-Gaviria *et al.* 2021; Davis *et al.* 2021; Gobert *et al.* 2022; Martínez-Rodríguez 2020; Ortega-Flores *et al.* 2022; Ramírez-Cruz 2021; Rodríguez-Martínez *et al.* 2020; Thompson *et al.* 2020; Vázquez-Delfín *et al.* 2021) and also *S. vulgare* (Martínez-Rodríguez 2020).
- d) Asia: *S. horneri* (Huang *et al.* 2022; Tamura *et al.* 2022), *S. fusiforme* (Huang *et al.* 2022; Su *et al.* 2021), *S. wightii* (Ajith *et al.* 2019; Thadhani *et al.* 2019; Yoganandham *et al.* 2019), *S. polycystum* (Corales-Ultra *et al.* 2019; Sumandiarsa *et al.* 2020; Thadhani *et al.* 2019), *S. ilicifolium* (Kordjazi *et al.* 2019; Siddique *et al.* 2022).

To determine the analyte's concentration level, the most employed analytical techniques, according to

Table 1 were:

a) Organic Elemental Analyzer (OEA) by combustion using infrared detectors and thermal conductivity for quantification of C, H, N, S (and oxygen by difference).

b) Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry (ICP-MS) for PTE.

c) Atomic Absorption Spectrometry (AAS), Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) for macromineral and micromineral elements, and also ICP-MS for elements at trace concentration levels.

d) Specific volumetric method to determine nitrogen (Kjeldahl) and Ultraviolet-Visible Spectrophotometry for phosphorous.

e) Special isotopic analysis as Ratio Mass Spectrometry (IRMS) to determine ^{13}C and ^{15}N , and Alpha Spectrometry (AS) for ^{210}Po and ^{210}Pb (radioactive).

f) Anodic Stripping Voltammetry (ASV) to determine arsenic.

Among the overall findings obtained through the *Sargassum* spp. sample analysis were as a natural source of bioactive compounds such as vitamins (A, C, B complex), polyphenols, polysaccharides (fucoidan, alginic acid), functional metabolites (alanine, guanidinoacetate, ethylene glycol), fatty acids (palmitic acid, oleic acid), phytosterols (b-sitosterol, fucosterol), phaeophytin and minerals nutrients as Mg, Ca, K, P, N, Fe, Mn, Zn (Álvarez-Viñas *et al.* 2019; Alzate-Gaviria *et al.* 2021; Bekah *et al.* 2023; Choi *et al.* 2020; Circuncisão *et al.* 2018; Dewi *et al.* 2019; Kordjazi *et al.* 2019; Magura *et al.* 2019; Rodrigues *et al.* 2019; Sumandiarsa *et al.* 2020; Tamura *et al.* 2022; Torres *et al.* 2021; Thadhani *et al.* 2019; Yoganandham *et al.* 2019).

According to the valuable chemical composition of the seaweed, the potential applications studied reported were: a) Environmental: production of bioethanol and bioplastics, carbon capture, bioaccumulation of heavy metals (Ni, Cu, Pb), arsenic remover, pollution biomonitoring, bioremediation for polluted water and soil, b) Biomedical: antioxidant activity and action against cancer, antidiabetic treatment, nutraceutical products, antihypertensive properties, c) Agro-Food Industry: alginate extract, fertilizer, natural plant growth stimulant, ruminant feed (Ajith *et al.* 2019; Álvarez-Viñas *et al.* 2019; Choi *et al.* 2020; Corales-Ulta *et al.* 2019; Davis *et al.* 2021; Delgadillo Mendoza 2022; Dewi *et al.* 2019; Gouvêa *et al.* 2020; Gutiérrez Sánchez 2023; Huang *et al.* 2022; Kordjazi *et al.* 2019; Leyvas Acosta *et al.* 2023; Madkour *et al.* 2019; Mahmoud *et al.* 2019; Rakib *et al.* 2021; Ramírez-Cruz 2021; Sumandiarsa *et al.* 2020; Tamura *et al.* 2022; Thad-

hani *et al.* 2019; Torres *et al.* 2021; Yoganandham *et al.* 2019).

This research paper details information reported for Mexico's *Sargassum* spp. sampling sites in Table 2. The data registered are *Sargassum* species analyzed, sampling site, analytes (including isotopic data), and concentration level (keeping the unities reported for the authors). The sampling sites correspond to Mexico's Caribbean and Gulf and Baja California Peninsula. The main species reported are *S. fluitans* and *S. natans* for the Caribbean and *S. sinicola* for the BC Peninsula. On the whole, it can be observed the concentration level for the elements determined in the real samples (Fig. 3b): a) Trace: Al, As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, b) Minor: Fe, N, P, and c) Major: C, Ca, K, Mg, Na. About the isotopes ^{13}C and ^{15}N , the numerical value indicates an enrichment or depletion of the heavier isotope (^{13}C , ^{15}N) relative to the lighter (^{12}C , ^{14}N). Through the isotopic characterization, the next findings were observed: the pelagic *Sargassum* species acquire carbon as HCO_3^- and are associated with the biological fixation of atmospheric nitrogen (Martínez Rodríguez 2020).

Preliminary estimation of the contamination risk evaluation, through available regulation.

Related to the previous overall findings paragraph, Table 3 presents Mexican regulation data available that may be useful to take advantage of the *Sargassum* spp. as a natural resource and not as a growing pollution problem. The allowance concentration levels for As, Ba, Be, Ca, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, I, Mg, Mn, N, Ni, P, Pb, Se, Sn, Tl, V, Zn, and also Ag (not analyzed yet in the reported studies of this review) are recommended by the Official Mexican Standards (NOM). The NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (SE & SSA 2010), NOM-247-SSA1-2008 (SSA 2009), NOM 242-SSA1-2009 (SSA 2010), and NOM-187-SSA1/SCFI-2002 (SSA & SE 2003) are employed for Foodstuff applications. While for soil use the norms are NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT 2002), NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (SEMARNAT & SS 2007), and NOM-004-SEMARNAT-2002 (SEMARNAT 2003). The NOM-127-SSA1-2021 (SS 2022) supplies the radioactivity specifications for drinking water (alpha 0.5 Bq/L, beta 1 Bq/L).

Data from Table 2, were evaluated for possible pollution risks and contamination degree, using different indexes taking into account as background concentration values the guideline limits established by the regulation available (in mg/kg) for PTE (As, Cd, Pb) by the European Regulation shown in Table 4 (CEVA 2020; Timoner *et al.* 2020)

and by the mentioned above Mexican Standards (NOM 242 for fishery products, NOM 187 for corn products and NOM 247 for other cereal products). The essential element Zn is regulated by NOM 247. The European Commission is applied to edible algae consumed in the continent for example, the called Hiziki (*S. fusiforme*).

The *MPI* (Rahhou *et al.* 2023; Rajaram *et al.* 2020; Rakib *et al.* 2021;) to evaluate the pollution between species, was applied only as an example for *S. fluitans* y *S. natans* data from Ortega Flores *et al.* (2022) and Vázquez Delfín *et al.* (2021), because both studies determined the concentration for the five elements mentioned above. The *MPI* calculated using the maximum concentration values were: 1) Based on PTE and Zn: 3.7 and 30.5 for VD and OF, respectively, and 2) Based only on PTE: 2.9 and 23.9 (VD and OF, respectively). The data from Ortega Flores *et al.* (2022) represents a major source for elements evaluated.

Using the average values, the indexes *CF* and *PLI* (reported by Shams El-Din *et al.* 2014; Tyovenda *et al.* 2019) were calculated for seaweeds as bioindicators due to potential bioaccumulation for heavy metals (and also Zheng *et al.* 2023 for mangrove ecosystems). Other indexes were calculated in analogy for the *Sargassum* spp. samples: C_d , E_r^i , and *PERI* (described by Alkan *et al.* 2020; Hankanson 1980; Mahammad Diganta *et al.* 2023), using the average and maximum concentration data reported.

The results for *CF* and E_r^i calculated are presented in Figure 4a and 4b, where it can be seen that the European Regulation and NOM 187 establish more severe guideline limits than the other Mexican standards mentioned previously. The PTE As and Cd contribute in a high degree to the index value, exceeding the limits. In accordance with indexes scale values (Alkan *et al.* 2020; Karimian *et al.* 2021; Mahammad Diganta *et al.* 2023; Tyovenda *et al.* 2019), the contamination level could be classified as “high” with respect to As and Cd, and “moderated” for Pb and Zn content, using the global data reported for *Sargassum* spp. macroalgae evaluated from Table 3. But if NOM 242 and 247 are applied as criteria for Pb, then it surpasses the guideline values. The micronutrient Zn does not represent ecological risk according to the NOM 247 standard, because the E_r^i has the value <40 (Karimian *et al.* 2021; Mahammad Diganta *et al.* 2023).

Figures 5a, 5b, and 5c displayed the C_d , *PERI*, and *PLI*, considering the global data reported for As, Cd, Pb, and Zn. The graphs show the higher index values calculated using maximum concentration values found than the index values obtained with

the average concentrations. In general, the C_d and *PERI* diagrams show the next descendent order in calculated indexes values with respect to the standards criteria for guideline limits: European Regulation > NOM 187 > NOM 247 > NOM 242 (Fishery Products). While for *PLI* values the order was: NOM 247 > NOM 187 > European Regulation > NOM 242. The indexes scale values available (Alkan *et al.* 2020; Håkanson 1980; Karimian *et al.* 2021; Mahammad *et al.* 2023; Shams El-Din 2014; Zheng 2023) were used also to evaluate the possible contamination risk from the content of PTE (As, Cd, Pb) and Zn, identifying the “moderate” classification of the organisms according to the less severe NOM 242 for Fishery products, and “high” contamination risk applying the European Regulation (macroalgae consumption) and Mexican Standards NOM 187 and 247 (Corn and Cereal Products), especially concern to As and Cd. This paper advises about the contamination risk, instead of polluted in agreement with the definition of both terms given by Chapman (2007), considering that the index values calculation is based on concentration levels and their dispersion, the elements included, and the guideline limits criteria.

This review also remarks that the data about the analytical quality assurance are not ordinarily reported. Table 5 displays the certified reference material (CRM) for analytical methodology validation applied to the macroalgae analysis reported in this review. The CRM based on seaweed matrix are for elemental analysis: BCR-279 (*Ulva lactuca*, not yet available), NIES-03 (microalgae *Chlorella* spp.), ERM-CD200 (Bladderwrack seaweed, *Fucus vesiculosus*), GBW10023 (Laver algae) NMIJ CRM 7405-b (*S. fusiforme*, also for arsenic speciation), NIES No. 9 (*Sargassum fulvellum*). The CRM IAEA 446 (Baltic Sea Seaweed) was applied for radionuclides analytical methodology. For isotopic analysis, the sample matrix types are, for instance, caffeine (IAEA-600, USGS-61) and human hair (USGS-42, USGS-43), and there is no reported seaweed matrix yet. This review agrees with the observation about the opportunity area to characterize the *Sargassum* species to know the chemical constituents and its properties associated with benefits that could be obtained from this biomass instead of considering it as a waste. And advice about the requirement to evaluate environmental indexes and establish regulation about the well-known chemical species with human and animal health risks previous to the application of the macroalgae (like a raw material). And also considering the effects of heavy metals in morphology, growth, photosynthesis and meta-

bolic process on seaweeds, a was documented by Chung & Lee (1989).

Complementary environmental findings. The research about *Sargassum* spp. seaweed draws attention to its properties as a call to take advantage of the observed following information:

Inorganic components.

The data obtained by Madkour *et al.* (2019) indicated the accumulation of Fe, Mn, and Zn in the studied macroalgae species; hence, they can be used as a good target for monitoring metal pollution in marine waters.

Corales-Ultra *et al.* (2019) found that *S. polycystum* bioaccumulates heavy metals, following the metal uptake descending order: Ni » Cu > Pb.

Siddique *et al.* (2022) reported overall mean values <1 for Hazard Index (HI) for metals (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mn, Cr, Fe) and Hazard Quotient (HQ) for bioaccumulation of carcinogenic elements (Pb, Cd, Cr, Ni). Low total concentration levels of Cu, Mo, Zn, Mn, and Pb were found by Rodríguez Martínez *et al.* (2020). However high total concentration levels found for As exceeded the allowable limits; and the availability for application as animal fodder and agricultural soil according to European regulations can be restricted.

Thompson *et al.* (2020) reported that high Hg and As content could limit the exploitation of *Sargassum* species as biogas. Through the hydrothermal pretreatment of the biomass, it was possible to reduce the H₂S concentration from 3 to 1% in the biogas obtained.

Differences in arsenic concentration (µg / g as dry weight, dw) levels between the coastal and oceanic area *Sargassum* species collected were observed experimentally by Gobert *et al.* (2022): 30–45 and 120–240. The above is because of the depuration performed by the competitive exchange with high concentrations of terrigenous metals (Al, Fe, Mn) in the coast.

Inorganic arsenic (iAs: As^{III} + As^V) analysis was also performed by Huang *et al.* (2022) reported a high iAs concentration of 15.1 to 83.7 mg/kg, especially in *S. hemiphyllum* and *S. henslowianum*. These values exceed the limit for seaweed as additives for infant food in the National Food Safety Standard of Pollutants in China. The authors also evaluate the water extraction efficiency for As species, obtaining values above 60 %. Rakib *et al.* (2021) evaluate Pb content in *S. oligocystum*, where the concentration level (10.63 mg/kg), exceeds the maximum international guidance level (5 mg/kg) recommended by the French High Council for Public Health and The Center for the

Study and Development of Algae (CEVA), and as leafy vegetable according to Food and Agriculture Organization (FAO, 0.3 mg/kg).

Martínez-Rodríguez (2020) evaluates the carbon and nitrogen biological fixation by the macroalgae using C and N isotopes. The numerical values found were δ (‰) ¹³C -18.26 ± 0.40 in *S. fluitans* III and ¹⁵N -1.03 ± 0.73 in *S. natans* I.

Radioactive isotopes were found by Uddin *et al.* (2019) for *S. boveanum* and *S. oligocystum*, the Concentration Factor values observed were:

a) ²¹⁰Po (•10⁴): 1.05 and 0.85, respectively for both species. These values are higher than the IAEA (International Atomic Energy Agency) recommended value (1 •10³).

b) ²¹⁰Pb (•10³): 0.8 and 1.54, respectively. Both values are below the ICRP (International Commission on Radiological Protection) recommended value (2 •10³). Dewi *et al.* (2019) produced an organic liquid fertilizer from *Sargassum* sp., through the addition of a bread starter with *Saccharomyces cerevisiae* microorganism to accelerate the fermentation process (transforming glucose into ethanol, CO₂, and organic acid as pyruvic acid and lactic acid). Some chemical parameters of the product were evaluated: 2.7 % N, pH 5.43, and 94.36 % total solid content. The tempe starter addition with *Rhizopus oligosporus* microorganism gave a high content of micronutrients such as Fe, Mn, and Zn.

Organic components.

Davis *et al.* (2021) found that *S. fluitans* and *S. natans* pelagic morphotypes (I and VIII) are carbohydrate sources for microbial production of ethanol and bioplastics.

Magura *et al.* (2019) reported that *S. elegans* macroalgae contains bioactive compounds: β-sitosterol, fucosterol, and phaeophytin.

Choi *et al.* (2020) performed the identification and quantification of functional metabolites in *S. fulvellum* useful for rumen fermentation, among them: alanine (1.00 ± 0.06 mM/L), guanidoacetate (41.93 ± 3.36 mM/L) and ethylene glycol (8.21 ± 0.69 mM/L). The study also found high content of: a) minerals (Na and Ca) with nutritional value, b) As (122.05 ± 5.69 mg/kg), and c) F (4.37 ± 0.18 mg/kg). The arsenic concentration is within the acceptable limit for ruminants' feed.

Mahmoud *et al.* (2019) applied an extract from *S. vulgare* to red radish plants as a natural plant growth stimulant. The results showed significant improvement in the next parameters: plant length, number of leaves, the diameter of roots, and leaf pigment content (chlorophyll a, b, a + b, and carotenoids). Also, similar effects were observed for

increasing the nutritional content: a) Phytochemicals compounds (total phenolics, flavonoids, and anthocyanins), and b) N, P, K, Fe, Zn, and Mn.

Tamura *et al.* (2022) confirmed the arsenic removal and the antihypertensive effect of fermented pretreatment of *S. horneri* with *Lactiplantibacillus pentosus* SN001, enhanced ACE (angiotensin-I-converting enzyme) inhibitory activity. The above was done by analyzing the liver, kidney, and spleen of the spontaneously hypertensive rats (SHR) model. Rodrigues *et al.* (2019) performed an enzymatic aqueous extraction with Alcalase for *S. muticum* to concentrate macro and microelements, increasing the nutritional values for K and P. Also, it was confirmed the presence of polysaccharides as fucoidans with prebiotic and antidiabetic potential. And no cytotoxicity against normal mammalian cells was observed. Torres *et al.* (2021) obtained an ultrasound-assisted hydrolysis of crude fucoidan from *S. muticum*, and it was observed cell growth inhibitory activity against human cervical carcinoma cells (HeLa 229). Álvarez-Viñas *et al.* (2019) as a result of fractionation of fucoidans obtained from *Sargassum* by hydrolysis treatment through a sequence of progressively lowering molecular weight membranes (different Kilodalton values, kDa), observed the next:

c) 10–30 kDa: fraction showed IC_{50} (concentration inhibiting growth by 50 %) 44.4 mg L, against cervix cancer cells (HeLa 229).

d) 50–100, 5–10, and < 5 kDa: fractions found active against ovarian cancer cells (A2780).

There have been carried out estimations of the above-ground biomass (AGB), which represents an ecological practical parameter to study the carbon cycle taking into account the function of the forests in carbon storage and climate change (Li *et al.* 2023). Gouvêa *et al.* (2020) obtained the next information as a combination of predictors to the distribution for *Sargassum* species (floating and benthic):

a) Iron, temperature, salinity, and phosphate: $305.95 \cdot 10^4$ km² Pelagic (floating).

b) Light at the bottom, nitrate, salinity, and temperature: $139.59 \cdot 10^4$ km² (benthic).

For both species, it was obtained a total area of $445.54 \cdot 10^4$ km², 84.05 Gg/km² value for AGB, and predicted 13.1 Pg C (petagrams of carbon per year) value for carbon stock in AGB globally. These authors point out that “...*Sargassum aquaculture, natural stock management, and restoration can represent important allies in the urgent need for CO₂ mitigation...*”.

CONCLUSIONS

A map with the sampling site of reported studies was developed using the Google Earth platform and

it could be seen that most of the research has been conducted in Asia, analyzing mainly *S. polycistum* and *S. wightii* species, followed by America with *S. fluitans* and *S. natans* (for example at Mexican Caribbean).

Through the review data on chemical composition (elements and isotopic, not speciation) was observed that most of the determined analytes correspond to Potentially toxic elements (As, Cd, Cr, Ni, Pb), macromineral (major) elements (Ca, K, Mg, Na) and micromineral (trace) elements (Cu, Mn, Zn); from the human health approach. According to the concentration level of the above elements, analytical techniques such as ICP-MS (trace), ICP-AES (minor and major), and the AAS methods (Flame, Graphite Furnace, and Hydride Generation) were employed. Stable and radioactive isotopic analysis were also found to be scarce: a) ¹³C, ¹⁵N in Mexico, and b) ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb in Kuwait. The appropriate quality assurance approach to worldwide analysis results necessary. The use of available CRM reported for algae matrix: NIES-03, ERM-CD200, GBW10023, NMIJ CRM 7405-b, and NIES No. 9 is recommended.

The preliminary estimation for CF , C_d , PLI , E_r^i and $PERI$ indexes allows to advise about a “moderated” to “high” risk contamination due to the As, Cd, Pb and Zn concentration global data reported for the *Sargassum* spp. samples analyzed at Mexico sites, especially when it follows severe guideline limits as European Regulation or Mexican NOM 187 or NOM 247. Although this is in agreement with that, the biomass is viable as a biomonitoring and bioremediation material.

Nowadays, in Mexico there is no specific regulation for the emerging exploitation of *Sargassum* spp. biomass, although it is suggested to look over the standards catalog to establish its necessity, considering potential applications as: bioremediation for polluted water and soil, human health benefits (products with antioxidant activity) and farming and cattle advantages (natural plant growth stimulant and livestock feed). This paper provides a *Sargassum* spp. biomass composition (elements, isotopic) baseline data to complement adequate management strategies, possible valorization routes, development of regulatory measures, and biomonitoring programs.

ACKNOWLEDGMENTS

O. Zamora-Martínez, M. Monroy-Barreto, F.E. Mercader Trejo, R. Herrera Basurto, J.C. Aguilar-Cordero, I. Zaldívar-Coria, I.P. Bernal-España, A.G. Gómez -Carrasco, E.D. Delgadillo-Mendoza, Ma. F. Leyvas-Acosta, A. Acosta-Huerta, C. Flores-Ávila, M.R. Covarrubias-Herrera, M.E. Núñez Gaytán, A.M

Núñez-Gaytán, J.J. Recillas-Mota, A.P. Peña Álvarez, E. Rodríguez de S.M., S.C. Gama González, O.U. Rodríguez-Pacheco, M.A. Saavedra Pérez, M.A. Gómez Reali. and Project DGAPA-UNAM PE201324.

REFERENCES

- Addico, G.N.D., & K.A.A. deGraft-Johnson. 2016. Preliminary investigation into the chemical composition of the invasive Brown seaweed *Sargassum* along the West Coast of Ghana. *African Journal of Biotechnology* 15: 2184-2191. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.15177>.
- Ajith, S., G. Rojith, P.U. Zacharia, R. Nikki, V.H. Sajna, V.B. Liya, & G. Grinson. 2019. Production, Characterization and Observation of Higher Carbon in *Sargassum wightii* Biochar From Indian Coastal Waters. *Journal of Coastal Research* 86: 193-197. <https://doi.org/10.2112/si86-029.1>.
- Alkan, N., A. Alkan, A. Demiral, & M. Bahloul. 2020. Metals/metalloid in marine sediments, bioaccumulating in macroalgae and a mussel. *Soil and Sediment Contamination* 29: 569-594. <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1751061>.
- Álvarez-Viñas, M., N. Flórez-Fernández, M.J. González-Muñoz, & H. Domínguez. 2019. Influence of molecular weight on the properties of *Sargassum muticum* fucoidan. *Algal Research* 38: 101393. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.101393>.
- Alzate-Gaviria, L., J. Domínguez-Maldonado, R. Chablé-Villacis, E. Olguín-Maciel, R.M. Leal-Bautista, G. Cancché-Escamilla, A. Caballero-Vázquez, C. Hernández-Zepeda, F.A. Barredo-Pool, & R. Tapia-Tussell. 2021. Presence of polyphenols complex aromatic "Lignin" in *Sargassum* spp. from Mexican Caribbean. *Journal of Marine Science and Engineering* 9: 1-10. <https://doi.org/10.3390/jmse9010006>.
- Baker, P., U. Minzlaff, A. Schoenle, E. Schwabe, M. Hohlfeld, A. Jeuck, N. Brenke, D. Prausse, M. Rothenbeck, A. Brix, I. Frutos, K.M. Jörger, T.P. Neusser, R. Koppelman, C. Devey, A. Brandt, & H. Arndt. 2018. Potential contribution of surface-dwelling *Sargassum* algae to deep-sea ecosystems in the southern North Atlantic. *Deep-Sea Research Part II* 148: 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.10.002>.
- Balboa, E.M., C. Gallego-Fábrega, A. Moure, & H. Domínguez. 2016. Study of the seasonal variation on proximate composition of oven-dried *Sargassum muticum* biomass collected in Vigo Ria, Spain. *Journal of Applied Phycology* 28: 1943-1953. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0727-x>.
- Barbarino, E. & S.O. Lourenço. 2005. An evaluation of methods for extraction and quantification of protein from marine macro- and microalgae. *Journal of Applied Phycology* 17: 447-460. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-1641-4>.
- Barstow, S.F. 1983. The ecology of Langmuir circulation: A review. *Marine Environmental Research* 9: 211-236. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(83\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0141-1136(83)90040-5).
- Bekah, D., A.D. Thakoor, A. Ramanjooloo, I. Chummun Phul, S. Botte, P. Roy, P. Oogarah, S. Curpen, N. Goo-noo, J. Bolton, & A. Bhaw-Luximon. 2023. Vitamins, minerals and heavy metals profiling of seaweeds from Mauritius and Rodrigues for food security. *Journal of Food Composition and Analysis* 115: 104909. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104909>.
- Carrillo, S., A. Bahena, M. Casas, M.E. Carranco, C.C. Calvo, E. Ávila & F. Pérez-Gil. 2012. El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46: 181-186. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024447011>.
- Carrillo Domínguez, S., M. Casas-Valdez, F. Ramos Ramos, F. Pérez-Gil & I. Sánchez-Rodríguez. 2002. Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutricional. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52: 400-405. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000400012.
- Casas-Valdez, M, H. Hernández-Contreras, A. Marín-Álvarez & R.N. Aguila-Ramírez. 2006. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae) una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista de Biología Tropical* 54: 83-92. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000100010.
- Castellanos Ruelas, A.F., F. Cauich Huchim, L.A. Chel Guerrero, J.G. & Rosado Rubio. 2010. Vegetación marina en la elaboración de bloques multinutritivos para la alimentación de rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1: 75-83. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000100007.
- Chan, J.C.C., P.C.K. Cheung, & P.O. Ang Jr. 1997. Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C.Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 3056-3059. <https://doi.org/10.1021/jf9701749>.
- Chapman, P.M. 2007. Determining when contamination is pollution-Weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Environment International* 33: 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.09.001>.
- Centre d'Étude et de Valorisation des Algues, CEVA. 2020. *Edible seaweed and microalga-Regulatory status in France and Europe*. 2019 Update. CEVA, France. <https://www.ceva-algues.com/wp-content/uploads/2020/03/CEVA-Edible-algae-FR-and-EU-regulatory-update-2019.pdf>.
- Choi, Y.Y., S.J. Lee, H.S. Kim, J.K. Eom, D.H. Kim, & S.S. Lee. 2020. The potential nutritive value of *Sargas-*

- sum fulvellum* as a feed ingredient for ruminants. *Algal Research* 45: 101761. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101761>.
- Chung, K. & Lee, J.A. 1989. The Effects of Heavy Metals in Seaweeds. *The Korean Journal of Phycology* 4: 221-238. <https://www.e-algae.org/upload/pdf/algae-1989-4-2-221.pdf>.
- Circuncisão, A.R., M.D. Catarino, S.M. Cardoso, & A.M.S. Silva. 2018. Minerals from macroalgae origin: Health benefits and risks for consumers. *Marine Drugs* 16: 400. <https://doi.org/10.3390/md16110400>.
- Corales-Ultra, O.G., R.P. Peja Jr., & E.V. Casas Jr. 2019. Baseline study on the levels of heavy metals in seawater and macroalgae near an abandoned mine in Manicani, Guiuan, Eastern Samar, Philippines. *Marine Pollution Bulletin* 149: 110549. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110549>.
- Davis, D., R. Simister, S. Campbell, M. Marston, S. Bose, S.J. McQueen-Mason, L.D. Gómez, W.A. Gallimore, & T. Tonon. 2021. Biomass composition of the golden tide pelagic seaweeds *Sargassum fluitans* and *S. natans* (morphotypes I and VIII) to inform valorisation pathways. *Science of the Total Environment* 762: 143134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143134>.
- Delgadillo Mendoza, E.D. 2022. Sargazo: fertilizante natural, alternativa sustentable. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2022/noviembre/0830452/Index.html>.
- Dewi, E.N., L. Rianingsih, & A.D. Anggo. 2019. The addition of different starters on characteristics *Sargassum* sp. Liquid fertilizer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 246: 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012045>.
- Di Filippo Herrera, D.H. 2018. Actividad bioestimulante de extractos de macroalgas y su evaluación sobre el crecimiento de frijol mungo (*Vigna radiata*). Tesis Doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. https://delfin.cicimar.ipn.mx/Biblioteca/busqueda/Tesis/944?Origen=coleccion_tesis.
- Dirección General de Bibliotecas, DGB. 2023. Biblioteca Digital UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://www.dgb.unam.mx/>.
- Dutch Caribbean Nature Alliance, DCNA. 2019. *Prevention and clean-up of Sargassum in the Dutch Caribbean*. Holanda. <https://dcnanature.org/wp-content/uploads/2019/02/DCNA-Sargassum-Brief.pdf>.
- Fernández, F., C.J. Boluda, J. Olivera, L.A. Guillermo, B. Gómez, E. Echavarría & G.A. Mendis. 2017. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. *Revista Centro Azúcar* 44: 11-22. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n1/caz02117.pdf>.
- Fleurence, J. & I. Levine, I. 2016. *Seaweed in Health and Disease Prevention*. 1a ed. Ed. Elsevier Inc., USA. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02206-X>.
- García Salgado, S. 2013. Estudios de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental. Tesis Doctoral, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, Universidad Politécnica de Madrid, España. https://oa.upm.es/15311/1/SARA_GARCIA_SALGADO.pdf.
- Gobert, T., A. Gautier, S. Connan, M.L. Rouget, T. Thibaut, V. Stiger-Pouvreau, & M. Waeles. 2022. Trace metal content from holopelagic *Sargassum* spp. Sampled in the tropical North Atlantic Ocean: Emphasis on spatial variation of arsenic and phosphorus. *Chemosphere* 308: 136186. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136186>.
- Gojon Báez, H.H., D.A. Siqueiros Beltrones & H. Hernández Contreras. 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad *In Situ* de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas* 24: 463-481. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48024406>.
- Google Earth. 2024. Version 9.185.0.0. Google LLC IT Corporation, USA. <https://www.google.com/earth/about/>.
- Gorham, J. & S.A. Lewey. 1984. Seasonal changes in the chemical composition of *Sargassum muticum*. *Marine Biology* 80: 103-107. <https://doi.org/10.1007/BF00393133>.
- Gouvêa, L.P., J. Assis, C.F.D. Gurgel, E.A. Serrão, T.C.L. Silveira, R. Santos, C.M. Duarte, L.M.C. Peres, V.F. Carvalho, M. Batista, E. Bastos, M.N. Sissini, & P.A. Horta, 2020. Golden carbon of *Sargassum* forests revealed as an opportunity for climate change mitigation. *Science of the Total Environment* 729, 138745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138745>.
- Gutiérrez Sánchez, C. 2023. Sargazo: de especie invasiva hacia una alternativa nutracéutica. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2023/septiembre/0847316/Index.html>.
- Håkanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research* 14: 975-1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8).
- Hernández López, F. 2014. Obtención de biogás a partir de algas del tipo *Sargassum* de la Playa Miramar de Cd. Madero, Tamaulipas. Tesis de Maestría en Energías Renovables, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.-UUTT, México. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2259738>.
- Hinds, C., H. Oxenford, J. Cumberbatch, F. Fardin, E. Doyle, & A. Cashman. 2016. *Golden Tides: Management Best Practices for Influxes of Sargassum in the Caribbean with a Focus on Clean-up*. Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES), The Uni-

- versity of the West Indies, Cave Hill Campus, Barbados. <https://doi.org/10.25607/obp-786>.
- Hou, X. 1999. Study on chemical species of inorganic elements in some marine algae by neutron activation analysis combined with chemical and biochemical separation techniques. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 242: 49-61. <https://doi.org/10.1007/BF02345894>.
- Hou, X. & X. Yan. 1998. Study on the concentration and seasonal variation of inorganic elements in 35 species of marine algae. *The Science of the Total Environment* 222: 141-156. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00299-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00299-X).
- Huang, Z., R. Bi, S. Musil, A.H. Pétursdóttir, B. Luo, P. Zhao, X. Tan, & Y. Jia. 2022. Arsenic species and their health risks in edible seaweeds collected along the Chinese coastline. *Science of the Total Environment* 847: 157429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157429>.
- Ismail, G.A. 2017. Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Science and Technology* 37: 294-302. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.20316>.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC 2021. Lineamientos Técnicos y de Gestión para la Atención de la Contingencia Ocasionada por Sargazo en el Caribe Mexicano y el Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. México <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/636709/SEMARNAT-INECC-SARGAZO-2021.pdf>.
- Kannan, S. 2014. FT-IR and EDS analysis of the seaweeds *Sargassum wightii* (brown algae) and *Gracilaria corticata* (red algae). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3: 341-351. <https://ijcmas.com/vol-3-4/S.Kannan.pdf>.
- Karimian, S., S. Shekoohiyan, & G. Moussavi. 2021. Health and ecological risk assessment and simulation of heavy metal-contaminated soil of Tehran landfill. *RSC Advances* 11:8080. <https://doi.org/10.1039/d0ra08833a>.
- Kaviarasan, T., M.S. Gokul, S. Hencly, K. Muthukumar, H.U. Dahms, & R.A. James. 2018. Trace metal inference on seaweeds in Wandoor Area, Southern Andaman Island. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 100: 614-619. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2305-9>.
- Khristoforova, N.K. & S.I. Kozhenkova. 2002. The use of brown algae *Sargassum* spp. in heavy metal monitoring of the marine environment near Vladivostok, Russia. *Ocean and Polar Research* 24: 325-329. <https://doi.org/10.4217/OPR.2002.24.4.325>.
- Kordjazi, M., Y. Etemadian, B. Shabanpour, & P. Pourashouri. 2019. Chemical composition antioxidant and antimicrobial activities of fucoidan extracted from two species of brown seaweeds (*Sargassum ilicifolium* and *S. angustifolium*) around Qeshm Island. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 18: 457-475. https://jifro.ir/browse.php?a_id=2659&sid=1&slc_lang=en.
- Kuda, T. & T. Ikemori. 2009. Minerals, polysaccharides and antioxidant properties of aqueous solutions obtained from macroalgal beach-casts in the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan. *Food Chemistry* 112: 575-581. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.008>.
- Kumar, S. & D. Sahoo. 2017. A comprehensive analysis of alginate content and biochemical composition of leftover pulp from Brown seaweed *Sargassum wightii*. *Algal Research* 23: 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.02.003>.
- Kumar, S., D. Sahoo, & I. Levine. 2015. Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research* 9: 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.02.024>.
- Kumari, R., I. Kaur, & A.K. Bhatnagar. 2013. Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of Applied Phycology* 25: 1225-1235. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9933-y>.
- Leyvas Acosta, M.F., MT.J. Rodríguez Salazar & M. Monroy Barreto. 2023. Sargazo y biosorción (investigación documental preliminar 2016-2022). Memorias del 3er Congreso Internacional de Educación Química 2022, Sociedad Química de México, México: 166-171. <https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Memorias-3%C2%B0CIEQ.pdf>.
- Li, W., Y. Zhang, J. Zhang, H. Chen, E. Chen, L. Zhao, & D. Zhao. 2023. Tropical forest AGB estimation based on structure parameters extracted by TomoSAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 121: 103369. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103369>.
- Lourenço, R.A., C.A. Magalhães, S. Taniguchi, S.G. Leite Siqueira, G. Buz Jacobucci, F.P. Pereira Leite, & M. Caruso Bicego. 2019. Evaluation of macroalgae and amphipods as bioindicators of petroleum hydrocarbons input into the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 145: 564-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.052>.
- Madkour, A.G., S.H. Rashedey, & M.A. Dar. 2019. Spatial and temporal variation of heavy metals accumulation in some macroalgal flora of the Red Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries* 23: 539-549. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2019.60548>.
- Magura, J., R. Moodley, & S.B. Jonnalagadda. 2019. Toxic metals (As and Pb) in *Sargassum elegans* Suhr (1840) and the bioactive compounds. *International Journal of Environmental Health Research* 29: 266-273. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1537439>.

- Magura, J., R. Moodley, & S.B. Jonnalagadda. 2016. Chemical composition of selected seaweeds from the Indian Ocean, KwaZulu-Natal coast, South Africa. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 51: 525-533. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1170547>.
- Mahammad Diganta, M.T., A.S.M. Saifullah, M.A. Bakar Siddique, M. Mostafa, M.S. Sheikh, & M.J. Uddin. 2023. Macroalgae for biomonitoring of trace elements in relation to environmental parameters and seasonality in a sub-tropical mangrove estuary. *Journal of Contaminant Hydrology* 256: 104190. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104190>.
- Mahmoud, S.H., D.M. Salama, A.M.M. El-Tanahy, & E.H.A. El-Samad. 2019. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences* 64: 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2019.11.002>.
- Marinho-Soriano, E., P.C. Fonseca, M.A.A. Carneiro, & W.S.C. Moreira. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresource Technology* 97: 2402-2406. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.014>.
- Martínez-Rodríguez, L.I. 2020. Composición de isótopos estables de carbono y nitrógeno en especies pelágicas de sargazo. Tesis de Maestría (Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Orientación en Biología Marina), Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3069>.
- Marzocchi, M., D. Radocco, A. Piovan, P. Pastore, V. Di Marco, R. Filippini, & R. Caniato. 2016. Metals in *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar and *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt edible seaweeds growing around Venice (Italy). *Journal of Applied Phycology* 28: 2605-2613. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0793-8>.
- Matanjan, P., S. Mohamed, N.M. Mustapha, & K. Muhammad. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euchema cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology* 21: 75-80. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9326-4>.
- McDermid, K.J. & B. Stuercke. 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology* 15: 513-524. <https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000004345.31686.7f>.
- Milledge, J.J. & P. Harvey. 2016. Ensilage and anaerobic digestion of *Sargassum muticum*. *Journal of Applied Phycology* 28: 30213030. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0804-9>.
- Milledge, J.J., A. Staple, & P.J. Harvey. 2015. Slow pyrolysis as a method for the destruction of Japanese wireweed, *Sargassum muticum*. *Environmental and Natural Resources Research* 5: 28-37. <http://dx.doi.org/10.5539/enrr.v5n1p28>.
- Mišurcová, L., I. Stratilová, & S. Kráčmar. 2009. Obsah minerálních látek ve vybraných produktech mořských a sladkovodních řas. *Chem. Listy* 103: 1027-1033. <https://adoc.pub/laboratorni-pistroje-a-postupy-96bed53b199d0206eea9bbdb59fd252658905.html>.
- Murugaiyan, K. & S. Narasimman. 2012. Elemental composition of *Sargassum longifolium* and *Turbinaria conoides* from Pamban Coast, Tamilnadu. *International Journal of Research in Biological Sciences* 2: 137-140. <https://www.academia.edu/90866290>.
- Ortega-Flores, P.A., E. Serviere-Zaragoza, J.A. De Anda-Montañez, Y. Freile-Pelegrín, D. Robledo, & L.C. Méndez-Rodríguez. 2022. Trace elements in pelagic *Sargassum* species in the Mexican Caribbean: Identification of key variables affecting arsenic accumulation in *S. fluitans*. *Science of the Total Environment* 806: 150657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150657>.
- Oyesiku, O.O. & A. Egunyomi. 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgesen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 13: 11881193. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12335>.
- Peng, Y., E. Xie, K. Zheng, M. Fredimoses, X. Yang, X. Zhou, Y. Wang, B. Yang, X. Lin, J. Liu, & Y. Liu. 2013. Nutritional and chemical composition and antiviral activity of cultivated seaweed *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Marine Drugs* 11: 20-32. <https://doi.org/10.3390/md11010020>.
- Praiboon, J., S. Palakas, T. Notraksa, & K. Miyashita. 2018. Seasonal variation in nutritional composition and anti-proliferative activity of brown seaweed *Sargassum oligocystum*. *Journal of Applied Phycology* 30: 101-111. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1248-6>.
- Puspita, M. 2017. Enzyme-assisted extraction of phlorotannins from *Sargassum* and biological activities. Doctoral Program. Medicinal Chemistry. Diponegoro University, Université Bretagne Sud. <https://hal.science/tel-01630154v1/document>.
- Rahhou, A., M. Layachi, M. Akodad, N. El Ouamari, A. Aknaf, A. Skalli, B. Oudra, M. Kolar, J. Imperl, P. Petrova, & M. Baghour. 2023. Analysis and health risk assessment of heavy metals in four common seaweeds of Marchica lagoon (a restores lagoon, Moroccan Mediterranean). *Arabian Journal of Chemistry* 16: 105281. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105281>.
- Rajaram, R., S. Rameshkumar, & A. Anandkumar. 2020. Health risk assessment and potentiality of green seaweeds on bioaccumulation of trace elements along the Palk Bay coast, Southeastern India. *Marine Pollution Bulletin* 154: 111069. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111069>.
- Rakib, M.R.J., Y.N. Jolly, D.C. Dioses-Salinas, C.I. Pizarro-Or-

- tega, G.E. De-la-Torre, M.U. Khandaker, A. Alsubaie, A.S.A. Almaki, & D.A. Bradley. 2021. Macroalgae in biomonitoring of metal pollution in the Bay of Bengal coastal waters of Cox's Bazar and surrounding areas. *Scientific Reports* 11: 20999. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99750-7>.
- Ramírez Cruz, J.I. 2021. Arsénico en algas cafés del género *Sargassum*: condiciones empleadas para su remoción del agua. Tesis de Maestría. Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación en Biología Marina), Posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3130>.
- Rodrigues, D., A.R. Costa-Pinto, S. Sousa, M.W. Vasconcelos, M.M. Pintado, L. Pereira, T.A.P. Rocha-Santos, J.P. da Costa, A.M.S. Silva, A.C. Duarte, A.M.P. Gomes, & A.C. Freitas A.C. 2019. *Sargassum muticum* and *Osmundea pinnatifida* enzymatic extracts: Chemical, structural, and cytotoxic characterization. *Marine Drugs* 17: 209. <https://doi.org/10.3390/md17040209>.
- Rodrigues, D., A.C. Freitas, L. Pereira, T.A.P. Rocha-Santos, M.W. Vasconcelos, M. Roriz, L.M. Rodríguez-Alcalá, A.M.P. Gomes, & A.C. Duarte. 2015. Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food Chemistry* 183: 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.057>.
- Rodríguez Bernal, M.G. 1995. Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis de Maestría (Producción Animal), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://132.248.9.195/pmig2016/0221130/Index.html>.
- Rodríguez-Martínez, R.E., P.D. Roy, N. Torrescano-Valle, N. Cabanillas-Terán, S. Carrillo-Domínguez, L. Collado-Vides, M. García-Sánchez, & B.I. van Tussenbroek. 2020. Element concentrations in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ* 8:e8667: 1-19. <https://doi.org/10.7717/peerj.8667>.
- Rodríguez Salazar, M.T.J., F.E. Mercader Trejo, M. Monroy Barreto, R. Herrera Basurto, A. Skladal Méndez, A.J. Morales Velázquez, A.G. Gómez Carrasco, C. Gutiérrez Sánchez, E.D. Delgadillo Mendoza, E.E. Mendoza Solís, I.P. Bernal España, & M.F. Leyvas-Acosta. 2023. Base de datos (1984-2022) de composición química de sargazo: Análisis elemental. Memorias del Congreso Internacional de la Sociedad Química de México 2022, Sociedad Química de México, México: 21-31. <https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2023/03/Memorias-CISQM2022.pdf>.
- Rohani-Ghadikolact, K., E. Abdulalian, & W.K. Ng. 2012. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. *Journal of Food Science Technology* 49: 774-780. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0220-0>.
- Rushdi, M.I., I.A.M. Abdel-Rahman, H. Saber, E.Z. Attia, W.M. Abdelraheem, H.A. Madkour, H.M. Hassan, A.H. Elmaidomy, & U.R. Abdelmohsen. 2020. Pharmacological and natural products diversity of the Brown algae genus *Sargassum*. *RSC Advances* 10: 24951-24972. <https://doi.org/10.1039/D0RA03576A>.
- Santoso, J., S. Gunji, Y. Yoshie-Stark, & T. Suzuki. 2006. Mineral contents of Indonesian seaweeds and mineral solubility affected by basic cooking. *Food Science Technology Research* 12: 59-66. <https://doi.org/10.3136/fstr.12.59>.
- Secretaría de Economía, SE & Secretaría de Salud, SSA 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002#gsc.tab=0.
- Secretaría de Planeación e Informática, SPI 2023. Administrador de Manuales y Documentos. Facultad de Química, UNAM, México. <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=662§ion=5>.
- Seepersaud, M., A. Ramkissoon, S. Seecharan, Y.L. Powder-George, & F.K. Mohammed. 2018. Environmental monitoring of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in *Sargassum filipendula* and *Sargassum vulgare* along the Eastern coastal waters of Trinidad and Tobago, West Indies. *Journal of Applied Phycology* 30: 2143-2154. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1372-3>.
- SEMARNAT 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental - Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003#gsc.tab=0.
- SEMARNAT, SS 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio.

- rio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0.
- Shams El-Din, N.G., L.I. Mohamedein, & Kh.M. El-Moselhy. 2014. Seaweeds as bioindicators of heavy metals off a hot spot area on the Egyptian Mediterranean Coast during 2008-2010. *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 5865-5881. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-3825-3>.
- Siddique, M.A.M., Md. Sh. Hossain, Md. M. Islam, M. Rahman, & G. Kibria. 2022. Heavy metals and metalloids in edible seaweeds of Saint Martin's Island Bay of Bengal, and their potential health risks. *Marine Pollution Bulletin* 181: 113866. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113866>.
- Solarin, B.B., D.A. Bolaji, O.S. Fakayode, & R.O. Akinigbagbe. 2014. Impacts of an invasive seaweed *Sargassum hystrix* var. *fluitans* (Borgesen 1914) on the fisheries and other economic implications for the Nigerian coastal waters. *IOSR Journal of Agricultural and Veterinary Science* 7: 01-06. <https://www.iosr-journals.org/iosr-javs/papers/vol7-issue7/Version-1/A07710106.pdf>.
- Soto, M., M.A. Vázquez, A. de Vega, J.M. Vilariño, G. Fernández, & M.E.S. de Vicente. 2015. Methane potential and anaerobic treatment feasibility of *Sargassum muticum*. *Bioresource Technology* 189: 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.074>.
- SSA 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba, Diario Oficial de la Federación, México. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>.
- SSA 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009#gsc.tab=0.
- SSA, SE 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0.
- SS 2022. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0.
- Su, L., W. Shi, X. Chen, L. Meng, L. Yuan, X. Chen, & G. Huang. 2021. Simultaneously and quantitatively analyze the heavy metals in *Sargassum fusiforme* by laser-induced breakdown spectroscopy. *Food Chemistry* 338 (127797): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127797>.
- Sumandiarsa, I.K., D.G. Bengen, J. Santoso, & H.I. Januar. 2020. Nutritional composition and alginate characteristics of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 1824) growth in Sebesi island coastal, Lampung-Indonesia. *IOP Conf Series: Earth and Environmental Science* 584: 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/584/1/012016>.
- Sutharsan, S., S. Nishanthi, & S. Srikrishnah. 2014. Effects of foliar application of seaweed (*Sargassum crassifolium*) liquid extract on the performance of *Lycopersicon esculentum* Mill. in sandy regosol of Batticaloa District Sri Lanka. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 14: 1386-1396. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes14\(12\)14/9.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes14(12)14/9.pdf).
- Syad, A.N., K.P. Shunmugiah, & P.D. Kasi. 2013. Seaweed as nutritional supplements: Analysis of nutritional profile physicochemical properties and proximate composition of *G. acerosa* and *S. wightii*. *Biomedicine & Preventive Nutrition* 3: 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2012.12.002>.
- Tamura, M., Y. Suzuki, H. Akiyama, & N. Hamada-Sato. 2022. Evaluation of the effect of *Lactiplantibacillus pentosus* SN001 fermentation on arsenic accumulation and antihypertensive effect of *Sargassum horneri* in vivo. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 395: 1549-1556. <https://doi.org/10.1007/s00210-022-02288-2>.
- Thadhani, V.M., A. Lobeer, W. Zhang, M. Irfath, P. Su, N. Edirisinghe, & G. Amaratunga. 2019. Comparative analysis of sugar and mineral content of *Sargassum* spp. collected from different coasts of Sri Lanka. *Journal of Applied Phycology* 31: 2643-2651. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01770-4>.
- Thompson, T.M., B.R. Young, & S. Baroutian. 2020. Efficiency of hydrothermal pretreatment on the anaerobic digestion of pelagic *Sargassum* for biogas and fertiliser recovery. *Fuel* 279: 118527. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118527>.
- Timoner Alonso, I., J. Bosch Collet, V. Castell Garralda, S. Abulin, & J. Calderón. 2020. *Algues. Estudi de la presència de metalls pesants i iode en algues destinades al consum humà. Avaluació del risc associat i la seva contribució a la dieta total.* Agència Catalana de Seguretat Alimentària, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut, España. <https://scientiasalut.gencat.cat/>

- handle/11351/5376?locale-attribute=en.
- Torres, M.D., N. Flórez-Fernández, & H. Domínguez. 2021. Monitoring of the ultrasound assisted depolymerisation kinetics of fucoidans from *Sargassum muticum* depending of the rheology of the corresponding gels. *Journal of Food Engineering* 294 (110404): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110404>.
- Tyovenda, A.A., S.I. Ikpughul, & T. Sombo. 2019. Assessment of heavy metal pollution of water, sediments and algae in River Benue at Jimeta-Yola, Adamawa State, Nigeria. *Nigerian Annals of Pure and Applied Sciences* 1:186-195. <https://doi.org/10.46912/napas.44>.
- Uddin, S., M. Bebbehani, S. Sajid & Q. Karam. 2019. Concentration of 210Po and 210Pb in macroalgae from the northern Gulf. *Marine Pollution Bulletin* 145: 474-479. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.056>.
- Uribe-Orozco, M.E., L.E. Mateo-Cid, A.C. Mendoza-González, E.F. Amora-Lazcano, D. González-Mendoza & D. Durán-Hernández. 2018. Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *IDESIA* 36: 69-76. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202>.
- Vázquez-Delfín, E., Y. Freile-Pelegrín, A. Salazar-Garibay, E. Serviere-Zaragoza, L.C. Méndez-Rodríguez, & D. Robledo. 2021. Species composition and chemical characterization of *Sargassum influx* at six different locations along the Mexican Caribbean coast. *Science of the Total Environment* 795: 148852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148852>.
- Vijayanand, N., S. Ramya, & S. Rathinavel. 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 3: 150-155. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(14\)60019-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1).
- Wernberg, T., M.S. Thomsen, P.A. Stæhr & M.F. Pedersen. 2000. Comparative phenology of *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* (Phaeophyceae: Fucales) in Limfjorden, Denmark. *Botanica Marina* 43, 31-39. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.005>.
- Yoganandham, S.T., V. Raguraman, G. Muniswamy, G. Sathyamoorthy, R.R. Renuka, J. Chidambaram, T. Rajendran, K. Chandrasekaran, & R.R.S. Ravindranath. 2019. Mineral and trace metal concentrations in seaweeds by microwave-assisted digestion method followed by Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Biological Trace Element Research* 187: 579-585. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1397-8>.
- Yu, Z., S.M.C. Robinson, J. Xia, H. Sun, & C. Hu. 2016. Growth, bioaccumulation and fodder potentials of the seaweed *Sargassum hemiphyllum* grown in oyster and fish farms of South China. *Aquaculture* 464, 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.031>.
- Zeng, G.Z., S. Lou, H. Ying, X. Wu, X. Dou, N. Ai & J. Wang. 2018. Preparation of microporous carbon from *Sargassum horneri* by hydrothermal carbonization and KOH activation for CO₂ capture. *Journal of Chemistry* 4319149:1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/4319149>.
- Zheng, X., R. Sun, Z. Dai, L. He, & Ch. Li. 2023. Distribution and risk assessment of microplastics in typical ecosystems in the South China Sea. *Science of the Total Environment* 883:163678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163678>.
- Zubia, M., C.E. Payri, E. Deslandes, & J. Guezennec. 2003. Chemical composition of attached and drift specimens of *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales) from Tahiti, French Polynesia. *Botanica Marina* 46: 562-571. <https://doi.org/10.1515/BOT.2003.059>.

Recibido: 15 de noviembre de 2024

Revisado: 4 de febrero de 2025

Corregido: 20 de febrero de 2025

Aceptado: 26 de febrero de 2025

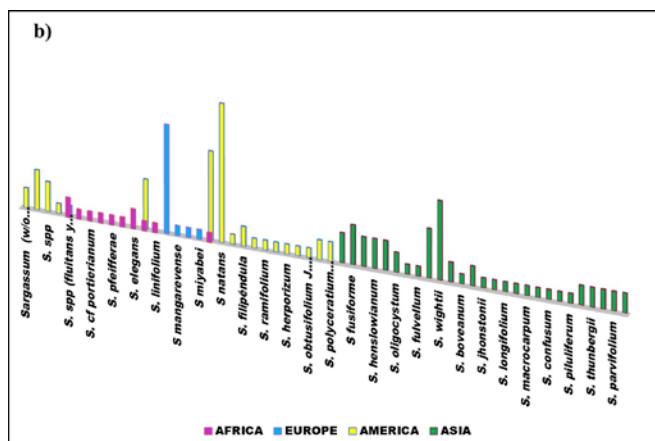
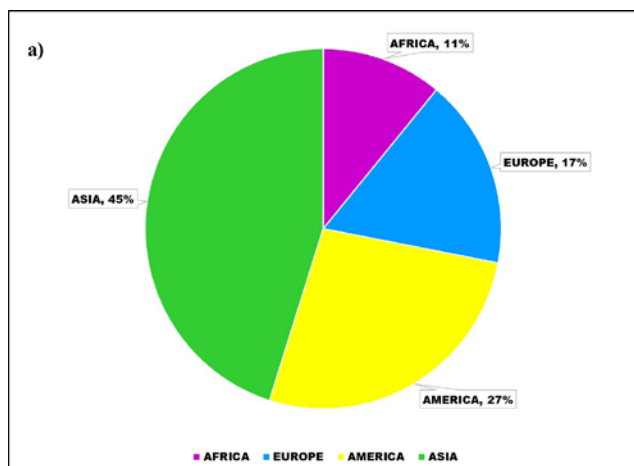


Figure 1. a) Geographic origin from *Sargassum* spp. reported studies found for the documentary research (eighty-two references) and **b)** *Sargassum* species reported from the scientific publications found.



Figure 2. a) Worldwide geographical distribution of *Sargassum* species analyzed (Map created using Google Earth Version 9.185.0.0, Google Earth 2024). Electronic link: <https://earth.google.com/earth/d/1Qd72z9YXRpNVqmv5jqJlQftJl-fs4JLgS?usp=sharing>, and **b)** Example of the *Sargassum* spp. analysis data registered in the tag for the map sites (Google Earth 2024).

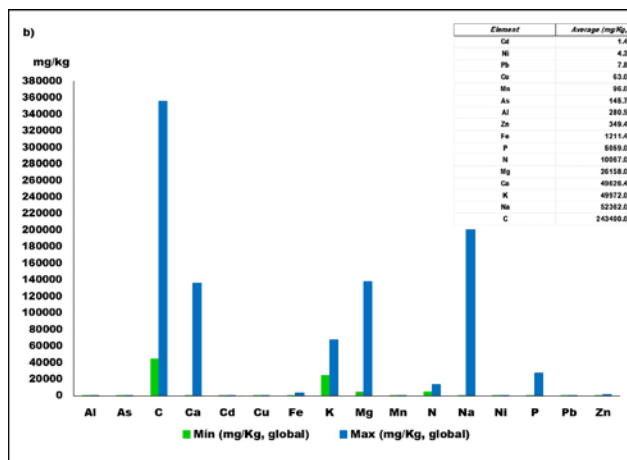
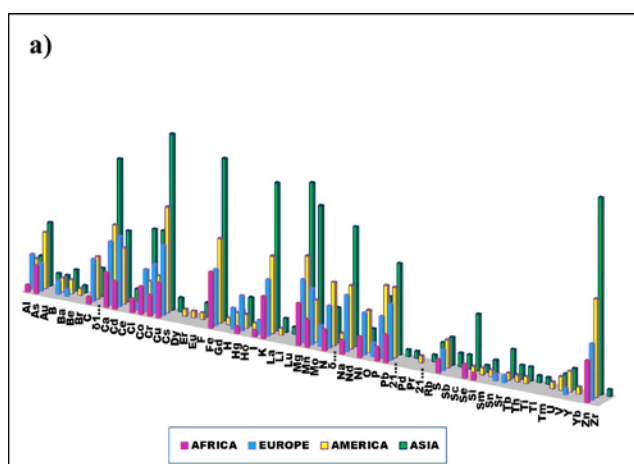


Figure 3. a) Analytes determined in *Sargassum* species from the mapping review publications and **b)** Concentration levels (mg/kg) for elements reported (twice at least) from Mexico's *Sargassum* spp. data. The average values include the maximum digits reported after the decimal point.

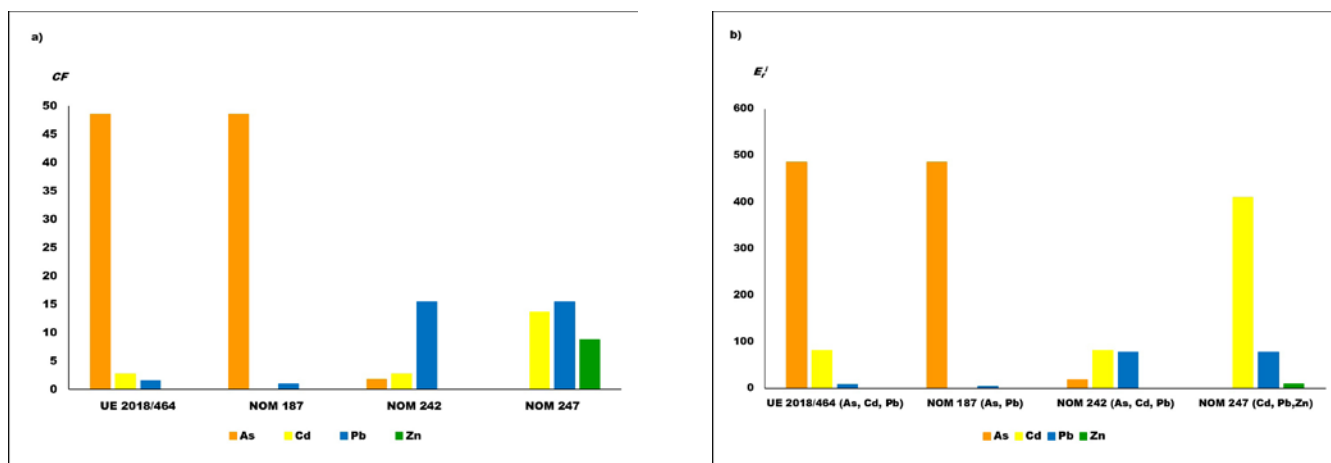


Figure 4. a) Contamination Factor (CF) and **b)** Individual Potential Risk Factor (E_i) using average values concentration in *Sargassum* spp. samples from Mexico, according to Regulation available for As, Cd, Pb, and Zn.

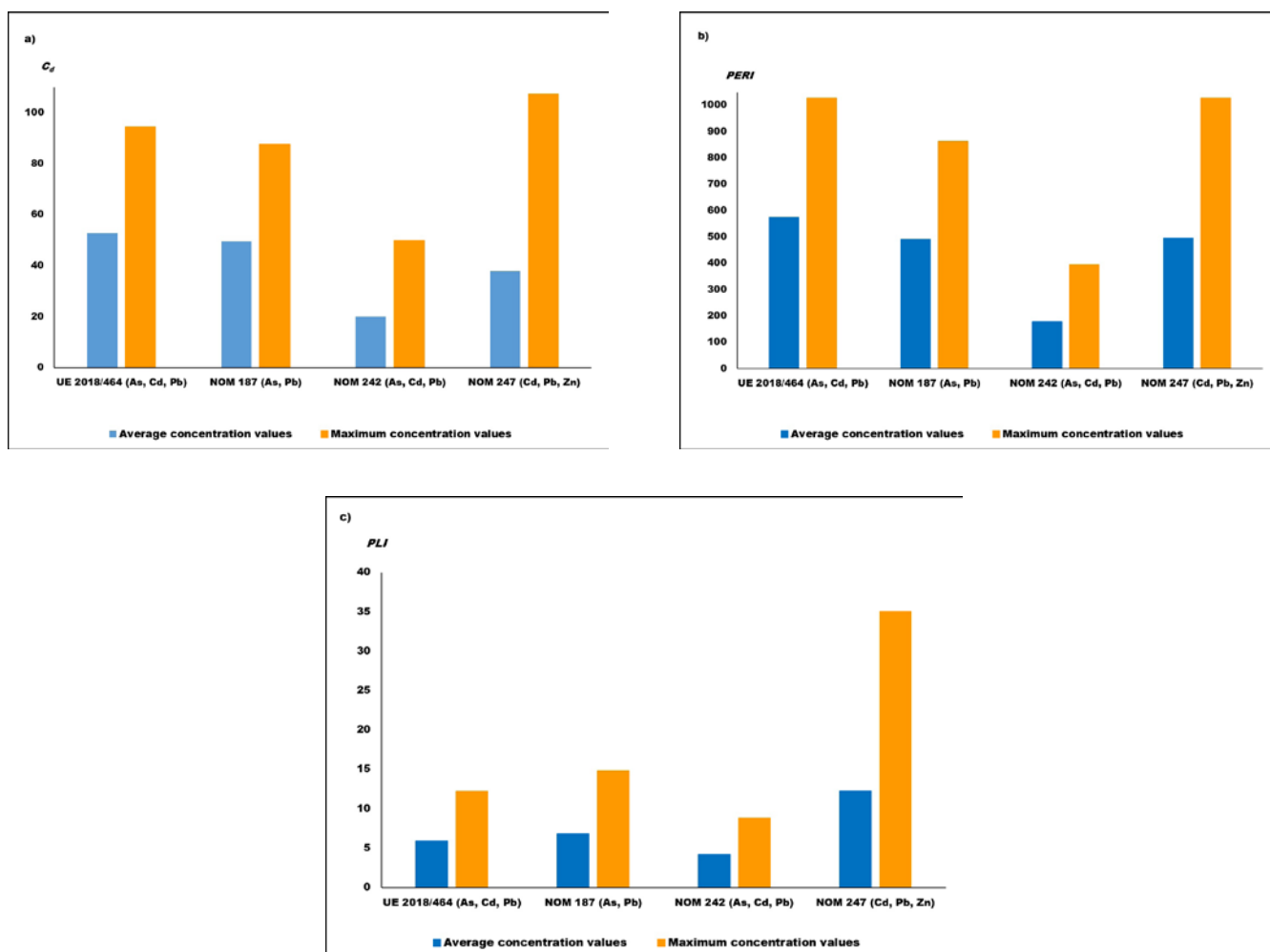


Figure 5. a) Contamination Degree (C_d), **b)** Total Ecological Risk Index (ERI or PERI) and **c)** Pollution Load Index (PLI) using average and maximum concentration values in *Sargassum* spp. samples from Mexico, according to Regulation available for As, Cd, Pb and Zn.

Table 1. *Sargassum* species worldwide studies with elemental chemical composition reported (2019-2023).

<i>Sargassum</i> species	Sampling site	Analytes	Analytical Technique	Ref.
<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I y <i>S. natans</i> VIII, <i>S. polyceratium</i> var <i>ovatum</i> , <i>S. sp.</i>		As	HG-AAS ¹	Ramírez Cruz 2021
<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I y VIII, <i>S. buxifolium</i> , <i>S. filipéndula</i> , <i>S. furcatum</i> , <i>S. hystrix</i> , <i>S. ramifolium</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>S. sp.</i> , <i>S. polyceratium</i> , <i>S. spp.</i>	Quintana Roo and Yucatán, México	P	HR-ICP- MS ²	Martínez Rodríguez 2020
		$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$	IRMS ³	
		C, N	OEA ⁴	
	Quintana Roo, México	As	GFAAS ⁵	Ortega-Flores <i>et al.</i> 2022
		Cd, Cu, Fe, Pb, Zn	FAAS ⁶	
		Al, As, Ba, B, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd	ICP-AES ⁷	Alzate Gaviria <i>et al.</i> 2021
		As	HG-AAS	Vázquez Delfín <i>et al.</i> 2021
		$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$	IRMS	
	Mexican Caribbean	Al, As, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, P, Pb, Rb, S, Si, Sr, Th, U, V, Zn	EDXRF ¹⁰	Rodríguez Martínez <i>et al.</i> 2020
	Port Royal, Jamaica	Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb, U		Davis <i>et al.</i> 2021
<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>			ICP-MS	
	Consey Bay, Barbados	Na, Mg, Al, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb		Thompson <i>et al.</i> 2020
		C, N, O, H, S	OEA	
	Guadaloupe and Martinique Islands, France	As	ASV ¹¹	Gobert <i>et al.</i> 2022
		Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, V, Zn	ICP-QMS ¹²	
		As, Ca, Cd, Cl, Cu, F, Fe, Mn, P, Pb, Zn	FAAS	
<i>S. fulvellum</i>	Tongyeong, Korea	Co, Cr, Na, Mg, S, Se	ICP-MS ⁸	Choi <i>et al.</i> 2020
		Hg	FIMS ⁹	

<i>Sargassum spp</i>	Yogyakarta, Indonesia	Cu, Pb, Zn	FAAS	Dewi <i>et al.</i> 2019
		Cd	GFAAS	
		K	FES ¹³	
		P	UV-Vis ¹⁴	
		C	Volumetric Analysis and UV-Vis	
		N	Volumetric Analysis	
<i>S. muticum</i>	Pontevedra, Spain	Na, K	AES ¹⁵	Torres <i>et al.</i> 2021
		Ca, Mg, Cu	AAS ¹⁶	
		Cr, Cd, Pb	ICP-MS	
	Figueira da Foz, Portugal	Ca, K, Na, Mg, Cu, Pb, Hg, Cr, Cd	Not Specified	Álvarez Viñas <i>et al.</i> 2019
		Mo, B, Zn, P, Cd, Co, Ni, Mn, Fe, Mg, Ca, Cu, Na, Al, K	ICP-AES	Rodrigues <i>et al.</i> 2019
		C, H, S	OEA	
<i>S. polycystum</i>	Sebesi Island, Indonesia	Mn, Ba, Zn, Fe, Cu, Se, Mo	FAAS	Sumandiarsa <i>et al.</i> 2020
	Manicani Island, Filipinas	Ni, Cu, Pb	MP-AES ¹⁷	Corales Ultra <i>et al.</i> 2019
<i>S. fusiforme</i>	Wenzhou City, China	As, Cr, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn	ICP-MS	Su <i>et al.</i> 2021
<i>S. boveanum</i> , <i>S. oligocystum</i>	Northern Gulf, Kuwait	²¹⁰ Po, ²¹⁰ Pb	AS ¹⁸	Uddin <i>et al.</i> 2019
<i>S. horneri</i> , <i>S. fusiforme</i> , <i>S. hemiphyllum</i> , <i>S. henslowianum</i>	Bohai Bay, Yellow Sea, East China Sea, and South China Sea	As	ICP-MS	Huang <i>et al.</i> 2022
<i>S. horneri</i>	Oki Shimane, Japan			Tamura <i>et al.</i> 2022
<i>S. wigthii</i>	Tamil Nadu, India	C, H, N, S	OEA	Ajith <i>et al.</i> 2019
<i>S. oligocystum</i>	Bay of Bengal, Indian Ocean	As, Pb, Cr, K, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr,	EDXRF	Rakib <i>et al.</i> 2021

<i>S. wightii</i> , <i>S. crassifolium</i> , <i>S. polycystum</i>	Mannar, Sri Lanka	K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Se, Pd, As, Cd	ICP-MS	Thadhani <i>et al.</i> 2019
<i>S. wightii</i> , <i>S. swartzii</i>	Mundapam, India	Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn		Yoganandham <i>et al.</i> 2019
<i>S. ilicifolium</i>	Saint ´s Martin Island, Bangladesh	Al, As, Be, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Se, Sr, Tl, Ti, V, Zn		Siddique <i>et al.</i> 2022
				Kordjazi <i>et al.</i> 2019
<i>S. ilicifolium</i> , <i>S. angustifolium</i>	Qeshm Island, Persian Gulf, Iran	Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn	FAAS	
<i>S. boveanum</i> , <i>S. oligocystum</i>	Northern Gulf, Kuwait	²¹⁰ Po, ²¹⁰ Pb	AS ¹⁸	Uddin <i>et al.</i> 2019
		As	ICP-MS	Bekah <i>et al.</i> 2023
<i>S. obovatum</i> , <i>S. cf. portierianum</i> , <i>S. robillard</i> , <i>S. pfeifferae</i>	Mauritius Island	K, Na, Mg, Si, S, Cl, K, Ca, Al, P, Fe	EDX-SEM ¹⁹	
<i>S. elegans</i> Suhr 1840	Durban, South Africa	As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	ICP-AES	Magura <i>et al.</i> 2019
<i>S. vulgare</i>	Monufia Governorate, Egypt	N	Volumetry	Mahmoud <i>et al.</i> 2019
		P	UV-Vis	
		K	FES	
		Fe, Mn, Zn	AAS	
<i>S. cinereum</i> C. Agardh	Egypt	Zn, Cd, Cu, Co, Fe, Mn, Ni	FAAS	Madkour <i>et al.</i> 2019
<i>Sargassum</i>	Brazilian Coast	C, N	OEA	Gouvêa <i>et al.</i> 2020

Note: ¹ HG-AAS: Hydride Generation-Atomic Absorption Spectrometry ² HR-ICP-MS: High Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ³ IRMS: Isotope Ratio Mass Spectrometry ⁴ OEA: Organic Elemental Analyzer ⁵ GFAAS: Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry ⁶ FAAS: Flame Atomic Absorption Spectrometry ⁷ ICP-AES: Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ⁸ ICP-MS: Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrometry ⁹ FIMS: Flow Injection Mercury System ¹⁰ ED XRF: Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry ¹¹ ASV: Anodic Stripping Voltammetry ¹² ICP-QMS: Inductively Coupled Plasma-Quadrupole Mass Spectrometry ¹³ FES: Flame Photometry or Flame Emission Spectroscopy ¹⁴ UV-Vis: Ultraviolet-Visible Spectrophotometry ¹⁵ AES: Atomic Emission Spectrometry ¹⁶ AAS: Atomic Absorption Spectrometry ¹⁷ MP-AES: Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometry ¹⁸ AS: Alpha Spectrometry ¹⁹ EDX SEM: Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray spectroscopy ²⁰ FTIR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy, XRD: X-Ray Diffraction, SEM: Scanning Electron Microscope

Table 2. Elemental chemical composition reported studies (1995-2022) from *Sargassum* species found in Mexico.

Sampling Site	<i>Sargassum</i> species sampled µg/g	Concentration values reported ¹					δ Isotope values (o/oo)	Ref. 7
		mg/kg DW	ppm	mg/100 g	mg/g	g/100 g		
Puerto Morelos, Q. Roo ⁴ , Mexico	<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>		DW ² As 9.5-255.2 Cd < 0.02 to 2.6 Cu <0.01 to 2.85 Fe < 0.07 to 78.2 Pb <0.05 to 20.7 Zn < 0.02 to 62.8					Ortega Flores <i>et al.</i> 2022
	<i>Sargassum</i> spp (<i>S. natans</i> , <i>S. fluitans</i>)		Al 33.81 - 61.88 As 76.49 - 115.66 Ba, 13.73 - 16.7 B 204.36 - 228.83 Cu 3.83 - 4.51 Ni <LOD ³ to 2.5 Zn 30.8 - 80.54 Pb < LOD ³ Cd 0.44 - 0.47					Alzate Gaviria <i>et al.</i> 2021
Quintana Roo and Yucatan, Mexico	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I, <i>S. natans</i> VIII, <i>S. polyceratum</i> var. <i>ovatum</i> , <i>S. sp.</i>	As 0.7-119.9						Ramírez Cruz 2021
	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I and VIII, <i>S. buxifolium</i> , <i>S. filipendula</i> , <i>S. furcatum</i> , <i>S. hystrix</i> , <i>S. ramifolium</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>S. sp.</i> , <i>S. polyceratum</i> , <i>S. spp.</i>						DW ² C 26.69-35.60 N 0.58-1.36 P 0.013-0.086 δ ¹³ C -19 to -15.24 δ ¹⁵ N -2.30 to 2.17	Martínez Rodríguez 2020
Mexican Caribbean (Q. Roo: Playa Mirador,-Tulum; Playa Blanca, Akumal; Playa Xcalococo, Playa del Carmen; Puerto Morelos; Playa Coral y Playa Delfines, Cancun)	<i>S. fluitans</i> , <i>S. natans</i>		Cd: 0.32-1.36 Cu < 0.20 to 1.09 Fe 24 - 54.6 Pb < 0.20 to 0.29 Zn 3.65 - 7.2 As 29.0 - 65.7				C 26.8 - 33.0 N 0.9 - 1.2 δ ¹³ C- 17.87 to 17.09 δ ¹⁵ N-0.55 to 0.19	Vázquez Delfín <i>et al.</i> 2021
Yucatan, Mexico (Chuburná, Progreso, Chicxulub)	<i>Sargasso</i>		DW ² Fe 277.1					
			Cu 20.6 Zn 49.7 Co 3.09				DW ² Mg 0.45	Castellanos Ruelas <i>et al.</i> 2010

Mexican Caribbean (Contoy Island, Puerto Morelos, Cozumel, Mahahual, Chinchorro, Xahuayxol, Xcalak)	<i>S. fluitans</i> III, <i>S. natans</i> I y <i>S. natans</i> VIII	Al <LOD ³ to 500 As 24-172 Ca 23, 273- 136, 146 Cl 747- 53101 Cu <LOD ³ to 540 K 1990 - 46002 Mg < LOD ³ to 13662 Mn 40 - 139 P 228 - 401 Rb 30 - 143 Si 447 - 2922 Th 5-23 U 11-48 V <LOD ³ to 13 Zn <LOD ³ to 17	Rodríguez Martínez <i>et al.</i> 2020
Barra de Cazones, Veracruz	<i>S. vulgare</i>	Cu 3.251 Cd 1.025 Cr 1.4 Ni 6.001 Pb 8.002 Zn 17.604	Uribe Orozco <i>et al.</i> 2018
Ciudad Madero, Tamaulipas	<i>Sargassum</i>		N 0.46 C 3.85 - 4.42 S 2.02 - 2.26 P 0.545 Na 3.22-3.43 K 3.91-4.09 Ca 6.86 Mg 1.379 Hernández López 2014

BCS ⁶			Cu 1 Zn 1600 Fe 3600	Ca 3.21 P 0.1 Na 20.1	K 5.77 Mg 0.9	Carrillo <i>et al.</i> 2012
	<i>S</i> spp		Na 2066.8 K 6800.4 Ca 500.7 Mg 701.4 P 44.9 Mn 5.3 Zn 0.98 Fe 41.20 Cu 0.66 Pb 0.2			Casas Valdés <i>et al.</i> 2006 ⁸
				Mg 138.3 K 24.4 Na 24.5 Ca 32.7 P 27.9		Gojon Baéz <i>et al.</i> 1998
Bahía de la Paz, BCS ⁶	<i>S. herporizum</i> , <i>S. sinicola</i>	Zn 32 - 50 Cu 47 Fe 419 - 458			Ca 6.74 7.28 P 0.5 - 0.53 Na 3.2 - 3.44 K 3.91 - 5.51 Mg 1.39 - 1.4	Carrillo Domínguez <i>et al.</i> 2002
	<i>S. sinicola</i>		Fe 3600±0.33 Cu 1.00± 0.00 Zn 1600±0.11		Ca 3.21 ±0.54 P 0.011 ±0.00 Mg 0.90±0.09 Na20.07±0.45 K 5.77 ±0.06	Rodríguez Bernal 1995

Note: ¹ Concentration units according to the original publication ² DW: Dry Weight ³ LOD: Limit of Detection ⁴ Q. Roo: Quintana Roo Mexican State ⁵ BC: Peninsula of Baja California located in Mexico ⁶ BCS: Baja California Sur, Mexican State ⁷ Ref: Bibliography ⁸ The standard error values are also reported for each analytical parameter

Table 3. Official Mexican Standards (NOM) for elemental concentration regulation values as a possible legal framework for *Sargassum spp.* applications.

Analyte	Official Mexican Standards (NOM)						
	Foodstuff				Soil		
	051-SCFI/SSA1-2010 (SE & SSA 2010)	247-SSA1-2008 (SSA 2009)	242-SSA1-2009 (SSA 2010)	187-SSA1/SCFI-2002 (SSA & SE 2003)	021-RECNAT-2000 (SEMARNAT 2002)	147-SEMAR-NAT/SSA1-2004 (SEMARNAT & SSA 2007)	004-SEMAR-NAT-2002 (SEMARNAT 2003)
	Concentration units						
	Specified for each value		mg/kg		Specified for each value		mg/kg
As			80	3		22	41
Ba						5400	
Be						150	
Ca	900 mg ¹	900.0 mg ³					
Cd		0.1 mg/kg	2.0 / 0.5 ⁵		0.35 mg/kg	37	39
Cr	22 µg ¹						1200
Cu	650.0 µg ¹	650.0 µg ³			> 0.2 mg/kg		
F	2.2 mg ¹	2.2 mg ³		40			
Fe	17 mg ¹	40 mg/kg, 17.0 mg ³			> 4.5 mg/kg		
Hg						23	17
I	150 µg ¹						
Mg	248 mg ¹	250.0 mg ³					
Mn					> 1.0		
N					0.10 - 0.15 %		
Ni					50 mg/kg	1600	420
P	664 mg ²	664.0 mg ³			< 250 ppm		
Pb		0.5 mg/kg	0.5 / 1 ⁶	8	35 mg/kg	400	300
Se	41 µg ¹					390	

Sn		100		
Tl				5.2
V				78
Zn	10 mg ¹	40 mg/kg, 10.0 mg ³	> 1.0 mg/kg	2800
Ag ⁴				390

Note: ¹ Reference Nutritional Value (VNR), Daily Suggested Intake (IDS) ² Reference Nutritional Value (VNR), Daily Recommended Intake (IDR) ³ Daily Recommended Intake (IDR)

⁴Not determined yet in reported *Sargassum* studies found for the present review ⁵ Values for fishing products: mollusk/others ⁶ Values for fishing products: fresh / processed

Table 4. European Regulation for heavy metals in edible algae (CEVA 2020, Timoner *et al.* 2020).

Analyte	mg/kg (dry weight)
As	3
Cd	0.5
Hg	0.1
I	2000
Pb	5
Sn	5

Table 5. Certified reference materials applied for the quality assessment of the methodologies for the *Sargassum spp.* samples analysis.

Certified Reference Material	Certified parameters	Reference
IAEA 446 (Baltic Sea Seaweed)	Radionuclides	Uddin <i>et al.</i> 2019
NMIJ CRM 7405-b (Hijiki seaweed)	As speciation	Huang <i>et al.</i> 2022
IAEA-600 (Caffeine)	Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)	Martínez Rodríguez 2020
USGS-40 (L-glutamic acid)		
USGS-41 (L-glutamic acid enriched in ^{13}C & ^{15}N)		
USGS-42 (Tibetan human hair)		
USGS-43 (Indian human hair)		
USGS-61 (Caffeine)		
USGS-64 (Glycine)		
BCR-402 (White clover)	Elements	Magura <i>et al.</i> 2019
BCR-279 (<i>Ulva latuca</i>)		Gobert <i>et al.</i> 2022
DORM-4 (Fish protein)		Marzocchi <i>et al.</i> 2016
ERM-BB422 (Fish muscle)		Rodrigues <i>et al.</i> 2015
NIES-03 (Chlorella)		Khristoforova & Kozhenkova 2002
1566a (Oyster tissue)		Ortega Flores <i>et al.</i> 2022, Ramírez Cruz 2021
IAEA-392 (Algae material: <i>Scenedesmus obliquus</i>)		Seepersaud <i>et al.</i> 2018
SRM 1570a (Spinach leaves)		Rodríguez Martínez <i>et al.</i> 2020
Es-2 (Organic rich argillite)		Huang <i>et al.</i> 2022
Es-4 (Dolostone)		
ERM-CD200 (Bladderwrack seaweed, <i>Fucus vesiculosus</i>)		Gobert <i>et al.</i> 2022, Huang <i>et al.</i> 2022
GBW10023 (Laver algae)		Kaviarasan <i>et al.</i> 2018
NMIJ CRM 7405-b (<i>S. fusiforme</i> , Hijiki seaweed)		Rakib <i>et al.</i> 2021
BCSS (Marine sediment)		García-Salgado 2013, Hou 1999, Hou & Yan 1998
MAG-1 (Marine mud)		Hou 1999, Hou & Yan 1998
NIST 1570a (Spinach)		
NIST 1571 (Orchard leaf)		
NIES No. 9 (<i>Sargassum fulvellum</i>)		
NIST-1572 (Citrus leaves)		

La estabilidad nomenclatural en las algas

Francisco F. Pedroche¹ y Eberto Novelo²

¹Comité Internacional de Nomenclatura – sección Algas.

¹Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana-Lerma & University Herbarium, University of California at Berkeley, USA.

²Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Email: fpedroche@correo.ler.uam.mx

Pedroche Francisco, F., E. Novelo. 2025. La estabilidad nomenclatural en las algas *Cymbella* 11(1): 88-96.

DOI: <https://doi.org/10.22201/fc.24488100e.2025.11.1.4>

RESUMEN

En la nomenclatura botánica, la diversidad y pluralidad de los nombres científicos que se aplican a los taxones es uno de los problemas más notables. Este inconveniente ha sido desde hace mucho tiempo una preocupación constante entre los taxónomos y se le conoce como estabilidad nomenclatural, la cual asegura que los nombres de los organismos sean confiables y consistentes a lo largo del tiempo. En la presente contribución analizamos someramente e ilustramos algunos de los aspectos relacionados con este tópico, e. g. el valor de los nombres científicos y por qué pueden cambiar, así como algunos casos de inestabilidad nomenclatural algal. Así mismo, se proponen posibles soluciones para disminuir prácticas que incorporan nombres sin una reflexión previa de su impacto en la estabilidad nomenclatural. Proponemos para el trabajo nomenclatural en ficología mexicana utilizar como referencia (más no como sistema de validación), las bases de datos Index Nominum Algarum, AlgaeBase y *bdLACET*. Finalmente, se ofrecen algunas recomendaciones prácticas a seguir antes de publicar un nombre algal.

ABSTRACT

The diversity and plurality of scientific names applied to taxa worldwide is one of the most notable problems in botanical nomenclature. This drawback has long been a constant concern among taxonomists and is known as nomenclatural stability. Nomenclatural stability in biology is paramount because it ensures that the names of organisms

remain consistent and reliable over time. In this contribution, we briefly analyze and illustrate some aspects of this topic. The value of scientific names and why names change. Examples of instability in algal nomenclature. As well as possible solutions to reduce practices that incorporate names without prior reflection of their impact on nomenclatural stability. We propose that the work in Mexican phycology be based on the databases Index Nominum Algarum (INA), AlgaeBase, and *bdLACET*. Those should be used as a reference, but not as a validation system. Finally, some practices to follow before publishing an algal name are recommended.

INTRODUCCIÓN

En términos nomenclaturales, las algas solo pueden tener un nombre científico al cual referirse, denominado por el Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (CIN) como el **correcto**, excepto en casos específicos cuando estos nombres se rigen por Códigos diferentes; por ejemplo, las cianofitas, algunos dinoflagelados u otras algas consideradas pertenecientes a reinos distintos. Esto está plasmado en el Principio IV del CIN (Turland *et al.* 2018). Con este principio rector, podemos decir que la diversidad y pluralidad de nombres científicos que se aplican a algunos taxones, a nivel mundial, es uno de los problemas más notables en la nomenclatura botánica, debido en parte por desconocimiento de los que trabajamos y utilizamos los nombres científicos con diversas apli-

caciones y del público en general. Podría pensarse que esto de “equivocarse” al citar, referir o nombrar un taxón es algo del pasado y que se encuentra superado, nada más alejado de la realidad. Este inconveniente ha sido desde hace mucho tiempo, una preocupación constante entre los taxónomos y se le conoce como **estabilidad nomenclatural (EN)**, la cual trata de asegurar que los nombres de los organismos permanezcan consistentes y confiables a lo largo del tiempo. En la actualidad, la EN desempeña un papel vital en el suministro de nombres correctos para plataformas diseñadas para la comunicación sobre la biodiversidad a diferentes escalas geográficas y particularmente en el campo de la bioinformática, donde los científicos buscan y utilizan con frecuencia información filogenética o biogeográfica. Además, la EN es esencial porque cualquier cambio en los nombres puede alterar a una comunidad significativa fuera de la taxonomía, ya que cambios en los nombres de las plantas, por ejemplo, pudieran producir alteraciones en sus usos y aprovechamientos (Knapp *et al.* 2004, Winston 2018). Así mismo, cambios en la EN pueden impactar el desarrollo de sistemas de recuperación

de datos, las decisiones de las autoridades sanitarias, comerciales y de conservación e incluso en el establecimiento de leyes y reglamentos que protejan los derechos de propiedad (Hawksworth 1988). A finales del siglo XVIII algunos naturalistas externaban su preocupación por facilitar el quehacer de la ciencia, estableciendo algún tipo de reglas para denominar a los organismos (Lamarck 1798) (Fig. 1). Previamente, Linnaeus (1737) había publicado las bases de lo que sería su sistema binomial y en 1753, apareció la obra *Species Plantarum*, que marcó el uso inicial de este sistema, para plantas con flor y helechos (Linnaeus 1753) (Fig. 2), pero no incluía regla alguna. Esta preocupación fue aumentando con el tiempo y ha sido el pensamiento rector en los Códigos de Nomenclatura (CN). Los primeros pasos se dieron al momento de generar reglas y posteriormente, al modificarlas o proponer adiciones o supresiones. Dos elementos sobresalen en este esfuerzo por estabilizar la nomenclatura, el primero fue el principio de prioridad y el segundo, el método del tipo. El primero, data de 1877, formalizado en las “Reglas de Berlín” en 1897 (Nicolson 1991) y el

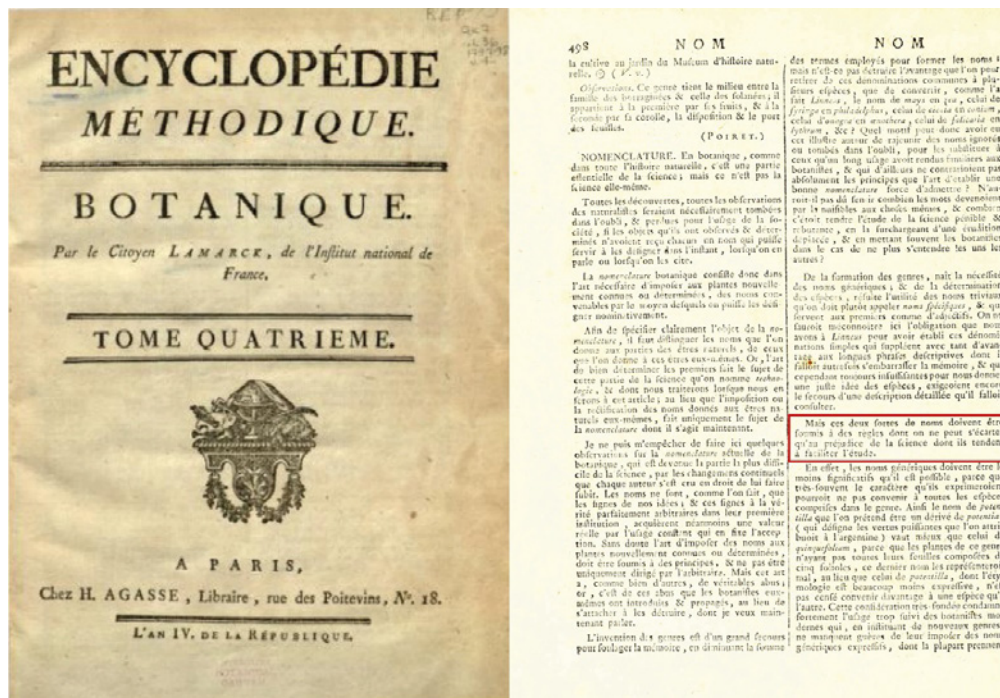


Figura 1. Portada de *Encyclopédie Methodique Botanique* y de la página 498, en donde el recuadro marca el énfasis sobre la necesidad de ciertas reglas. “Pero ambos tipos de nombres deben adecuarse a reglas de las que uno no puede desviarse en detrimento de la ciencia a la que deben facilitar el estudio”.

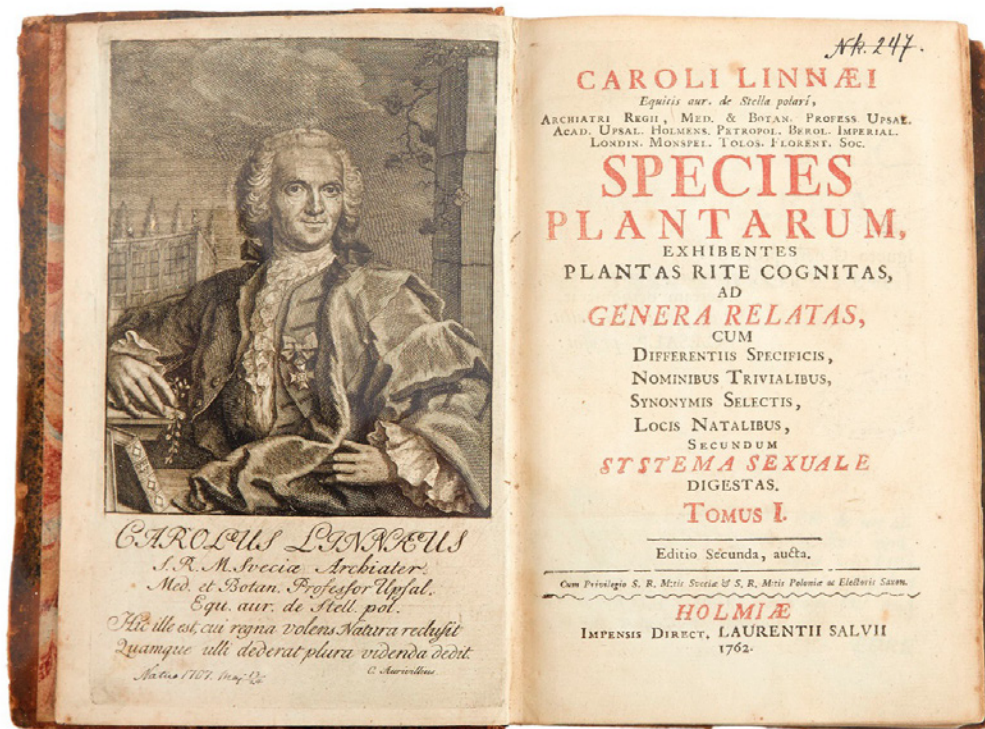


Figura 2. Portada 2a. edición de *Species plantarum*.

segundo, concebido en 1892 pero considerado en el "Código de Philadelphia" hasta 1904 y enunciado como un principio (Principio IV) "secure stability, uniformity and convenience in the designation of plants, than the method of applying the name according to tradition, authority or consensus of opinion" (Hitchcock 1905).

Los nombres científicos y su importancia

El ser humano ha procurado asignar a cada organismo un nombre o "etiqueta" y es a través de este nombre que los individuos, los ejemplares, las poblaciones o las especies tienen un significado y así de esta manera percibimos y medimos la diversidad biológica. Estas denominaciones, originalmente de uso común (nombres comunes), fueron formalizados en nombres científicos. Los nombres llevan a cabo una función importante, pues sirven como códigos lingüísticos que se pueden aplicar a cualquier entidad biológica que uno pueda percibir o descubrir. Aparte, estos nombres tienen que ser estandarizados de alguna manera, pues es a través de la estandarización que todo el mundo reconoce lo mismo que el nombre nos indica. Los nombres, perro, gato, elefante, independientemente del idioma que se trate, nos refieren a organismos mundial-

mente conocidos. La barrera del idioma se eliminó con la instrumentalización del nombre científico, el mismo nombre en cualquier parte del mundo.

Estos nombres en sí mismos contienen información, por ejemplo, pueden hacer referencia al sitio donde crecen los organismos, algunas de sus cualidades morfológicas, fisiológicas e incluso sus características o sus cualidades curativas se pueden plasmar en los nombres. Así mismo, estos pueden evocar imágenes que nuestra mente procesa construyendo al organismo al que el nombre compete. Es así como el nombre científico, es una amalgama de impresiones, características, conocimiento y una interpretación dada por el que observa y delimita a este organismo (Pedroche 2019b). Estas denominaciones, antes de ser nombres, se conocen como **designaciones** (Turland 2019) o nombres provisionales (CIN art. 36.1). No es hasta que esta designación recibe una circunscripción, una posición y un rango, que el nombre provisional está listo para ser publicado (Pedroche 2019a).

Dos ideas contrapuestas han gravitado sobre los nombres, una de ellas es su inmutabilidad y la otra, su transformación. La primera sugiere que entre menos se cambien los nombres, mayor estabilidad habrá en el conocimiento biológico. La segunda,

inegablemente muestra el pensamiento de la transformación, es decir, el mundo mismo y lo que nos rodea no es estático, por lo que existen cambios a través del tiempo y el espacio, los cuales se reflejan en los organismos pudiendo originar nuevas poblaciones y consecuentemente nombres nuevos. Incluso, organismos con nombres definidos pueden cambiar su posición o rango, debido a los avances en la tecnología y en la ciencia, en la interpretación sobre la pertenencia o no a algún grupo, etc., en el último caso éste debe ser en términos actuales, monofilético.

Los nombres tienen que ser claros y precisos; es decir, en términos nomenclaturales no ser ambiguos. Esta falta de claridad y precisión puede tener varios orígenes, entre ellos la aplicación inadecuada del CIN (nombres mal aplicados), la nomenclatura abierta (Pedroche & Novelo 2020), el asumir autoridades nomenclaturales (uso ambiguo de ex) o la aplicación de un nombre, por varios autores, a una gama de organismos que se parecen y sin una definición precisa de su circunscripción, *Ulva latissima auctorum*, en la ficoflora del Pacífico mexicano es una buena referencia (Pedroche *et al.* 2005). En la medida que esta ambigüedad disminuye, se asegura su significado, su existencia tangible y su documentación e inclusión en catálogos y bases de datos. Si los nombres no están acordados y validados entonces se pueden cometer errores; por ejemplo, el uso de nombres provisionales (*nom. nud.*) o de nombres rechazados (*nom. rej.*). Así, los nombres científicos representan la culminación multidimensional del conocimiento y de muchas de sus aproximaciones (Ohl 2018).

¿Por qué los nombres de las algas cambian?

Los nombres cambian principalmente por dos razones: la aplicación estricta del principio de prioridad (CIN Principio III) u otras condiciones nomenclaturales, como son las llamadas fechas de partida. En aras de la estabilidad, en los tres códigos principales, se han introducido opciones para limitar la aplicación del principio de prioridad en casos particulares. Entre ellas, se incluyen las opciones para rechazar un nombre poco utilizado que, si se adopta, podría anular un nombre establecido desde hace mucho tiempo, pero más reciente. A estos se les denomina *nomen rejiciendum* (*nom. rej.*) y contrario a ello, hay opciones para conservar un nombre establecido desde hace mucho tiempo, para su aplicación en un sentido particular, que no corresponde al más antiguo, *nomen conservandum* (*nom. cons.*). Cada caso de conservación o rechazo de un nombre o de un grupo de nombres estre-

chamente relacionados, se juzga por separado por los comités permanentes y su mérito se evalúa a la luz de sus efectos sobre la estabilidad del uso y se resuelve en el Comité General cada seis años, durante el Congreso Internacional de Botánica. Los nombres conservados y rechazados forman apéndices en el CIN y pueden consultarse en: <https://naturalhistory2.si.edu/botany/codes-proposals/>.

Aunque ahora se dan como un hecho, en algún momento las fechas de punto de partida para la nomenclatura de algunos grupos sufrieron oposición, pues representaban una imposición a la comunidad botánica de trabajos con un punto de vista u orientación y contenido particulares, que contravenían los principios de prioridad y tipificación (Silva 1958). El artículo 13.1 del CIN establece que el punto de partida para el grupo de las algas inicia con el trabajo de Linnaeus "*Species plantarum ...*" (Linnaeus 1753), en el que se introduce el sistema binomial ("*nomina trivialia*") y los atributos particulares de cada entidad ("*nomina specifica*") (Knapp *et al.* 2004). A este considerando de orden general, surgieron posteriormente propuestas para considerar a las desmicias, oedogoniales, diatomeas y oscilatorias como grupos singulares. Estas condiciones nomenclaturales representan una excepción a los dos principios mencionados anteriormente. También como en el caso de los *nomen rejiciendum* y *nomen conservandum*, pero con la gran diferencia de que estos se tratan como casos individuales o particulares y no de manera general ni a todos los niveles jerárquicos. Así, estas fechas modificaron los nombres de especies previamente utilizadas y actualmente se pueden consultar en el CIN (Art. 13.1).

Los nombres también cambian por conocimientos nuevos que modifican la circunscripción, la posición o el rango de un taxón, generando así sinonimias (Pedroche & Novelo 2021). Por ejemplo, las variedades que se convierten en especies, las secciones en géneros, o viceversa, e.g. *Gelidium cartilagineum* var. *robustum* N. L. Gardner fue elevado a *Gelidium robustum* (N. L. Gardner) Hollenberg et I. A. Abbott. Las identificaciones erróneas pueden generar nombres nuevos para entidades previamente reconocidas.

La inestabilidad en la nomenclatura algal

Aunque los nombres cambian, no todos estos cambios crean nombres incorrectos o inválidos que contribuyen a la inestabilidad nomenclatural. Presentamos a continuación algunas circunstancias que sí pueden favorecer inestabilidad. Admitir o asumir que un autor realizó una combi-

nación nueva, porque sugirió la sinonimia entre géneros. Por ejemplo, la combinación *Heteroderma minutulum* (Foslie) Dawson, atribuida a Dawson, parece ser un error por parte de Chamberlain (1994, p. 138). Así como el nombre *Pneophyllum minutula*, atribuido a Chamberlain, es una apreciación inadecuada de Dreckmann (1991, p. 34). De igual manera, la atribución a Worlkerling de la transferencia de *Litholepis accola* a *Lithophyllum accolla* (Dreckmann 1991, p. 34). *Desmodesmus quadricauda* (Turpin) Hegewald (2000) (o *D. quadricaudata*) es una suposición, pues en esa publicación no aparece y deviene de suponer erróneamente que todos los antiguos *Scenedesmus*, con espinas, fueron trasladados a *Desmodesmus* por Hegewald en 2000. Este nombre aparece frecuentemente en registros florísticos de bdLACET (Novelo & Tavera 2025).

La generación de homónimos posteriores, como es el caso de *Mazzaella phyllocarpa* (Postels et Ruprecht) Perestenko (Perestenko 1994) y *Mazzaella phyllocarpa* (Postels et Ruprecht) O. N. Selivanova et G. G. Zhigadlova (Selivanova & Zhigadlova 1997). Ambas publicaciones producto de investigadores de la misma nacionalidad, que aparentemente no se leen entre sí.

En otros casos, la mención de nombres en publicaciones no aceptadas por el CIN o como parte de resúmenes de ponencias o carteles en congresos y exposiciones, sin que hayan sido previamente publicadas efectivamente (CIN art. 29). Como ejemplo tenemos el nombre de *Ahnfeltiopsis pacifica* Silva et DeCew (Silva 1979), que incluso con una breve descripción, nunca se publicó efectivamente. *Codium simplex* y *C. oaxacense* son nombres citados en resúmenes de congresos para dos supuestas especies nuevas para México. En el primer caso, *C. simplex* es un nombre publicado por De Notaris (1846) pero sin descripción (*nom. nud.*) y por lo tanto inválido. El segundo, se confirmó que las poblaciones consideradas bajo esta denominación pertenecían realmente a *C. isabellae* W. R. Taylor (Pedroche et al. 2002). *Basycladia huichihuayana* Meave fue mencionada en una tesis doctoral sin cubrir con los requisitos de una novedad nomenclatural (Meave del Castillo 1997).

Otros casos comunes son en los que se describe a una misma especie de alga para lugares diferentes (sinónimos taxonómicos), como *Jania mexicana* W. R. Taylor y *Jania pacifica* Areschoug, o aquellas en que las descripciones pertenecen a estadios alternos de su historia de vida, e.g. *Gymnogongrus crustiformis* E. Y. Dawson (gametofito) y *Petrocelis anastomosans* Dawson (esporofito) (T. DeCew, com pers.).

En el caso de las especies colocadas por sus au-

tores en un género equivocado, estas deben ser transferidas al género correcto e.g. *Entocladia condensata* Setchell et N. L. Gardner transferida al género *Epicladia* (*Epicladia condensata* (Setchell et N. L. Gardner) J. N. Norris). Incluso pueden existir nombres de especies que pueden pertenecer a otra categoría o grupo taxonómico, como *Polyopes sinicola* Setchell et N. L. Gardner, considerada un miembro de la familia Halymeniaceae (Rhodophyta), la cual fue transferida al género *Carpopeltis* por Kylin (Kylin 1956) dentro de la misma familia, cuando realmente pertenece a la familia Ishigeaceae (Phaeophyceae) y su nombre correcto es *Ishige sinicola* (Setchell et N. L. Gardner) Chihara. A pesar de descripciones adecuadas y completas, los nombres se aplican inadecuadamente, con duda o las algas se identifican incorrectamente. *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis (Rodríguez et al. 2008) resultó ser una especie nueva, *Gelidium nayaritense* D. Rodríguez, Quiroz-González et Ponce-Márquez (Quiroz-González et al. 2021). La diatomea *Achnantheidium chlidanos* (M. H. Hohn & Hellerman) Novelo, Tavera et Ibarra, es en realidad *Psammothidium chlidanos* (M. H. Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot (Novelo et al. 2007).

Los descuidos al transcribir nombres o atenerse a la memoria para nombrar taxones o el nombrar especies con base en observaciones limitadas. En este contexto, *Gelidium californicum nom. nud.* hace referencia a una especie, que de acuerdo con Huerta (Huerta-Múzquiz 1978), es un habitante típico de la costa de Baja California; sin embargo, no menciona una localidad específica, ni tampoco las autoridades del taxón. Quizá esto representa la intención de reconocer algo diferente o fue una equivocación o un error tipográfico. La combinación y epíteto específico en *Gelidium flacinum* Lamouroux, no existen. Hernández-Herrera et al. (2005, p. 147) aparentemente combinaron el epíteto *flaccidum* con la del género construyendo un *nom. nud.*, e inválido. *Chara cuatro-cienegaensis* fue registrado por Proctor (1980) probablemente confundido por *C. cienegaensis* Tindall (un nombre inválido por falta de publicación efectiva).

Los listados florísticos y trabajos que utilizan nombres sin citar el material de herbario, a partir del cual han sido elaborados, son a menudo responsables de dar validez a nombres mal aplicados. Ejemplos comunes han sido *Codium setchellii* N. L. Gardner y *Codium hubbsii* E. Y. Dawson, especies de aguas frías, pero con registros para el Golfo de California o Pacífico tropical mexicano (Arizpe & Riosmena-Rodríguez 2012, Brusca & Thomson 1975, Dawson 1949, López et al. 2022, Paul-Chávez

& Riosmena-Rodríguez 2000). Estos nombres se mantienen y perpetúan porque no pueden ser verificados, ante la ausencia del material de respaldo. Algunas otras acciones nomenclaturales han sido mencionadas por Buchinger (1957).

Posibles soluciones

El contar con una referencia confiable, a la cual acudir para referir estos nombres ha sido postulada como una posible solución para evitar la inestabilidad nomenclatural. Denominaciones variadas ha recibido esta iniciativa: lista de los nombres en uso (Hawksworth 1988), lista de referencia (Geoffroy & Berendsohn 2003), listas de validación (Knapp *et al.* 2004), listas autorizadas (McNeill 2000, Rao 2004), sistema de nombres científicos (Patterson *et al.* 2010), o listas oficiales (Winston 2018). Todas ellas parecen coincidir en que esta referencia sería un medio de estandarización y para ello debe contener lo relacionado a ortografía, autoridades taxonómicas, publicación válida, nombres correctos, entre otras consideraciones. Estas pueden ir acompañadas de recursos taxonómicos como: claves, monografías, revisiones, floras y fuentes de registros (Wägele *et al.* 2011). La disponibilidad de una fuente donde se encuentren todos los nombres previamente publicados y usados también prevendría la existencia de homónimos.

Un recuento breve de los intentos por catalogar la diversidad de las algas puede encontrarse en Guiry *et al.* (2014). De estos, desde nuestro punto de vista, destacan el Index Nominum Algarum (INA 2025), AlgaeBase (Guiry & Guiry 2025) y *bdLACET* (Novelo & Tavera 2025). Esta última en particular para Latinoamérica, aunque restringida a los taxones de agua dulce.

Index Nominum Algarum (INA)

La obra punto de partida para que P.C. Silva iniciara su *magnum opus*, el Index Nominum Algarum (INA) en 1949 (Silva & Moe 1999), fue *Sylloge algarum* de De Toni (De Toni 1889). INA tiene tres objetivos principales: exactitud, compleción y utilidad, integrando todos los nombres científicos (de todos los rangos taxonómicos) publicados desde el 1 de mayo de 1753 hasta la fecha. Paul murió en 2014 pero R. Moe continúa su trabajo (<https://ucjeps.berkeley.edu/CPD/>).

AlgaeBase

AlgaeBase se estableció en 1996 para proporcionar información taxonómica, nomenclatural y de distribución sobre las algas. Es un recurso accesible, confiable y en línea (Guiry 2021), alcanzando tres objetivos: cobertura, disponibilidad (validez de

la publicación) y acceso. Además de convertirse en un excelente repositorio de la literatura taxonómica en algas.

bdLACET

Esfuerzos locales, nos referimos a México, existen a manera de catálogos, nomenclátors o listados florísticos por regiones, pero como base de datos no hay otra como *bdLACET*. Inició formalmente en 1989 como un registro de las algas continentales mexicanas con las referencias bibliográficas, la distribución por estado, municipio, ambiente y forma de vida. Con el tiempo, se ha añadido información sobre sistemática, notas taxonómicas y referencias no florísticas (Novelo & Tavera 2025).

Otras iniciativas, que incluyen un abanico de taxones más diverso y no solo a las algas, parecen ser más bien una recopilación de lo que las dos primeras fuentes (INA y AlgaeBase) han proporcionado, con la desventaja de replicar los errores que se pueden encontrar en ambas. Entre ellas se encuentran GBIF (2025) y WoRMS (2025), plataformas muy consultadas por nuestros colegas ficólogos. Una mención especial requiere CONABIO (2025), que implementó lo que denominó listas de autoridades taxonómicas (Catálogos de Autoridades Taxonómicas (CAT)), para taxones de todos los grupos biológicos presentes en México, que incluye un “validador taxonómico”, lo que esto signifique. El futuro de esta Comisión es incierto y desgraciadamente todo el trabajo y tiempo invertido se pueden perder.

Adicionalmente, a estas listas de referencia, se ha sugerido el registro de todos los nombres como una forma no solo de realizar un seguimiento de todas las denominaciones nuevas publicadas, sino también como una forma de aumentar el estado y la visibilidad de la literatura taxonómica. Este esfuerzo ha sido tomado seriamente por el Comité de Nomenclatura y avances de ello se puede apreciar en el CIN (Arts. 42.2, 42.3), aunque no es obligatorio y desde hace tiempo con cierta oposición (Turland & Davidse 1998). Para que esto se pueda lograr deben de cubrirse: la facilidad para registrar (no un trabajo adicional y dificultoso para los taxónomos), accesibilidad y amplia difusión (Knapp *et al.* 2004). Actualmente PhycoBank (2025) parece reunir estas características y está funcionando como el lugar de registro para novedades nomenclaturales en algas (<https://www.phycobank.org/>).

Recomendaciones para buenas prácticas en ficología antes de publicar un nombre

En lo que decidimos cuál podría ser esta lista “autorizada” o de referencia, casi obligada de consulta para disminuir la “inestabilidad” nomenclatural en

la ficología mexicana, nos atrevemos a enumerar algunas prácticas que, de lograr el consenso, serían de gran ayuda en este tema. No son todas ni se encuentran priorizadas:

1) No introducir nombres que no han sido cotejados con alguna de las bases de datos mencionadas. Esto incluye su ortografía. 2) Siempre utilizar los nombres correctos y sus autoridades. 3) Si existe una opinión taxonómica detrás de la elección de un nombre diferente, mencionarlo en la publicación. 4) Determinar con cuidado si es necesario introducir un nombre nuevo. 5) Una de las más importantes, publicar descripciones completas de los taxones mencionados o tratados, sobre todo en los considerados como registros nuevos (Novelo & Tavera 2013). La estabilidad depende, en mucho, de la descripción correcta de los taxones (Buchinger 1957). 6) Las descripciones de los taxones deben estar basadas en material de herbario completo y en buen estado, depositado en un herbario reconocido. 7) Evitar el uso de la nomenclatura abierta (Pedroche & Novelo 2020).

Algunas consideraciones finales

Una reflexión especial es necesaria para aquellos organismos que consideramos hasta el día de hoy que pueden pertenecer a reinos diferentes y que no es tan sencillo encasillar en uno u otro Código de nomenclatura. Entre ellos, se encuentran los dinoflagelados, las euglenas, las criptomonadales y las cyanoprocariontas (cianobacterias). Taxones con dos nombres diferentes, atendiendo a dos códigos diferentes, incrementan la inestabilidad nomenclatural. Discusiones interesantes han surgido al interior del Comité de Algas por propuestas de conservación de este tipo de organismos. La solución debe ser el trabajo colaborativo entre los diferentes comités; sin embargo, esto resulta en una negociación temporal hasta que no haya más evidencia sobre la naturaleza, origen y evolución de estos grupos. Quizá el esclarecimiento de los clados y la recuperación de los grupos monofiléticos nos ayude en esta tarea.

Esencialmente, como todas las ciencias, la taxonomía es una red de hipótesis, **los nombres de las especies son hipótesis** cuya aceptación se funda en la calidad de la información, las evidencias obtenidas y los argumentos presentados. Como lo han expresado M. Guiry y G. Guiry (com. pers.), el proverbio "*Homo proponit, sed Deus disponit*" se puede aplicar a la taxonomía, en el sentido de que uno puede ser libre de hacer cualquier propuesta taxonómica o nomenclatural que desee, **siempre que alguien la publique válidamente**, pero el árbitro final de la

aceptación suele ser alguna fuente autorizada (persona, grupo, institución o base de datos) que supera a todas las demás. Es importante no olvidar que el INA, AlgaeBase y *bdLACET* son **herramientas no-nomenclaturales y no taxonómicas**, son excelentes sitios de referencia, más no de validación.

Sin embargo, a nivel mundial o local hay que hacer un esfuerzo por sumar voluntades y trabajo hacia una referencia única, consensuada y colaborativa, en la que los expertos integren su experiencia y conocimiento independientemente de afiliaciones o grupos taxonómicos que consideran de su propiedad. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de las bases de datos biológicas, relacionadas a nomenclatura, se sustentan en las mismas referencias, por lo que son compiladoras y repetidoras de los errores u omisiones de estas listas base. Inversiones de tiempo y dinero duplican esfuerzos y aunque la diversidad es bienvenida, los autores escogen indistintamente o con una preferencia a una o a ninguna y en ocasiones incluso rivalizan entre ellas. Un ejemplo de esto último, en algas, es DiatomBase (<https://www.diatombase.org>) y AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>) (Guiry 2021, Roy & Keshri 2019) ¿Cuál es la más completa y actualizada? ¿Cuál está mejor alineada taxonómicamente?, ¿AlgaTerra (<http://www.algaterra.org>) o CyanoDB (<http://www.cyanodb.cz>)? Para los que utilizamos estos sitios lo mejor sería contar con una que integre lo mejor de todas o quizá sustituir o eliminar algunas de ellas. Para México quizá la propuesta del sitio **ALGAS DE MÉXICO. Portal de información, referencia, crítica y evaluación**, en un trabajo conjunto entre la comunidad ficológica, *bdLACET*, la Sociedad Mexicana de Ficología (SOMFICO) y lo que fue CONABIO, pudiera ser una solución a mediano plazo ¡El tiempo lo dirá!

Finalmente, el punto central a favor de la estabilidad es que se presenta como un objetivo deseable, en el que hipótesis robustas deben lograrse a través de la ciencia de calidad y rigor científico, en lugar o mediante una estasis arbitraria en la que los nombres se establecen incambiables o estáticos. El desafío de lograr una estabilidad verdadera y duradera en los nombres se encuentra en las normas consensuadas para su construcción y que consideren la naturaleza evolutiva de la materia con la que trabajamos (Silva 1996). En el caso de la ficología el CIN trata de cumplir con esto (Turland *et al.* 2018). Una ventaja de los Códigos es que en gran parte son inmunes a las modas de la ciencia, lo que garantiza en parte esta estabilidad (Knapp *et al.* 2004).

AGRADECIMIENTOS.

Apreciamos los comentarios de dos revisores anónimos, que con sus comentarios, mejoraron el contenido de esta contribución.

REFERENCIAS.

- Arizpe, O. & R. Riosmena-Rodríguez 2012. Flora y fauna marina y costera *In*: P. Ganster, O. Arizpe & A. Ivanova. Eds. *Los Cabos. Prospectiva de un Paraíso Natural y Turístico*. San Diego State University & Institute for Regional Studies of the Californias. San Diego, pp. 64-79.
- Brusca, R.C. & D.A. Thomson. 1975. Pulmo reef: the only "coral reef" in the Gulf of California. *Ciencias Marinas* 2: 37-53.
- Buchinger, M. 1957. Suggestions to maintain the stability of nomenclature at the specific level. *Taxon* 6: 195-197.
- Chamberlain, Y.M. 1994. Mastophoroideae Setchell. *In*: Irvine, L.M. & Y.M. Chamberlain. Eds. *Seaweeds of the British Isles ... HMSO*. London, pp 113-158.
- CONABIO (comp.). 2025. Catálogo taxonómico de la biota en México. Base de datos SNIB-CONABIO, México.
- Dawson, E.Y. 1949. Resultados preliminares de un reconocimiento de las algas marinas de la costa pacífica de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 9: 215-255.
- DeToni, G.B. 1889. *Sylloge algarum omnium hucusque cognitaram*. Vol. I. Chlorophyceae. publicado por el autor, Patavii [Padova].
- Dreckmann, K.M. 1991. Géneros de algas calcificadas de México. I. Nomenclatura y sistemática. *Hidrobiologica* 1: 29-39.
- GBIF Secretariat. 2025. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei>.
- Geoffroy, M. & W.G. Berendsohn. 2003. The concept problem in taxonomy: importance, components, approaches. *Schriftenreihe Vegetationsk* 39: 14.
- Guiry, G.M. 2021. AlgaeBase: a global database for algae. *Current Science* 121: 10-11.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication. <http://www.algaebase.org>: National University of Ireland, Galway.
- Guiry, M.D., G.M. Guiry, L. Morrison, F. Rindi, S. Valenzuela Miranda, A.C. Mathieson, B.C. Parker, A. Langangen, D. M. John, I. Bárbarah, C.F. Carter, P. Kuipers & D.J. Garbary. 2014. AlgaeBase: An On-line Resource for Algae. *Cryptogamie, Algologie* 35: 105-115.
- Hawksworth, D. 1988. Improved stability for biological nomenclature. *Nature* 334: 301-301.
- Hegewald, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmeceae). *Algological Studies* 96:1-18.
- Hernández-Herrera, R.M., S.E. Ibarra-Obando, M.R. Mora-Navarro. 2005. Macroalgae community structure in southern coast of Jalisco, México. *Scientia-CUCBA* 7:139-154.
- Hitchcock, A.S. 1905. Nomenclatorial type specimens of plant species. *Science* 21:828-832.
- Huerta-Muquiz, L. 1978. Vegetación marina litoral. *In*: Rzedowski, J. Ed. *Vegetación de México*. Limusa, México, pp. 328-340.
- INA. 2025. Index Nominum Algarum, compiled by Paul Silva. University Herbarium, University of California, Berkeley. <https://ucjeps.berkeley.edu/INA.html>.
- Knapp, S., G. Lamas, E.N. Lughadha, & G. Novarino. 2004. Stability or stasis in the names of organisms: the evolving codes of nomenclature. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359: 611-622.
- Kylin, H. 1956. *Die Gattungen der Rhodophyceen*. C.W.K. Gleerups Förlag, Lund.
- Lamarck, J.B. 1798. Nomenclature. *In*: Lamarck, J.B. & J.M.L. Poiret. Eds. *Encyclopedie Methodique Botanique*, vol. 4. H. Aggase, Paris, pp: 498-499.
- Linnaeus, C. 1737. *Critica botanica in qua nomina plantarum generica, specifica, & variantia examini subijciuntur, selectiora confirmantur, indigna rejiciuntur; simulque doctrina circa denominationem plantarum traditur. Seu Fundamentorum botanicorum pars IV*. Accedit Johannis Browallii De necessitate historiae naturalis discursus. Lugdunum Batavorum: Lugduni Batavorum : Apud Conradum Wishoff.
- Linnaeus, C. 1753. *Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Impensis Laurentii Salvii. Stockholm.
- López, N., H. León-Tejera, L. González-Resendiz, C. Candelario, P. Ramírez-García, D. Rodríguez. 2022. Macroalgas arrecifales del Pacífico Centro-Sur de México: Estado del arte. *Hidrobiologica* 32: 285-293.
- McNeill, J. 2000. Naming the groups: developing a stable and efficient nomenclature. *Taxon* 49: 705-720.
- Meave del Castillo, M.E. 1997. Taxonomía y distribución de las Cladophorales (Chlorophyta) en la región de la Huasteca Potosina. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nicolson, D.H. 1991. A history of botanical nomenclature. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78: 33-56.
- Novelo, E. & R. Tavera. 2013. Sobre los primeros registros de algas continentales en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Ficología* 1: 14-15.
- Novelo, E. & R. Tavera. 2025. *bdLACET*. Base de datos de algas continentales. Facultad de Ciencias, UNAM, México. Accesible en: <https://bdlacet.mx/>
- Novelo, E., R. Tavera & C. Ibarra. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in México. *Bibliotheca Diatomologica* 54. J. Cramer, Berlin – Stuttgart.
- Ohl, M. 2018. *The art of naming*. The MIT Press, Cambridge.
- Patterson, D.J., J. Cooper, P.M. Kirk, R.L. Pyle, & D.P.

- Remsen. 2010. Names are key to the big new biology. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 686-691.
- Paul-Chávez, L. & R. Riosmena-Rodríguez. 2000. Floristic and biogeographical trends in seaweed assemblages from a subtropical insular island complex in the Gulf of California. *Pacific Science* 54: 137-147.
- Pedroche, F.F. 2019a. Circunscripción, rango y posición en la nomenclatura biológica. *Cymbella* 5: 124-127.
- Pedroche, F.F. 2019b. Reflexiones sobre tres nociones: las clasificaciones, los caracteres y los nombres. *Cymbella* 5: 147-151.
- Pedroche, F.F. & E. Novelo. 2020. Pertinencia de la nomenclatura abierta en ficología. *Cymbella* 6: 99-105.
- Pedroche, F.F. & E. Novelo. 2021. Los problemas de igualdad o identidad en la nomenclatura ficológica. Sinónimos vs. *sensu*. *Cymbella* 7: 65-71.
- Pedroche F.F., P.C. Silva, L. Aguilar-Rosas, K. M. Dreckmann & R. Aguilar-Rosas. 2005. Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México. I. Chlorophyta. UAM, UABC, UC Berkeley. Ensenada.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva & M. Chacana. 2002. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. In: Senties, A., K.M. Dreckmann. Eds. *Monografías Ficológicas*. Vol. 1. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp: 11-74.
- Perestenko, L.P. 1994. *Krasnye vodorosli dal'nevostochnykh morej Rossii* [Red algae of the Far-Eastern Seas of Russia]. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg.
- PhycoBank. 2025. Registration of nomenclatural acts of algae. Available from <https://phycobank.org>.
- Proctor, V.W. 1980. Historical biogeography of *Chara* (Charophyta): an appraisal of the Braun-Wood classification plus a falsifiable alternative for future consideration. *Journal of Phycology* 16: 218-233.
- Quiroz-González, N., M. Ponce-Márquez, N. López-Gómez & D. Rodríguez. 2021. Morphological and molecular characterization of two species of *Gelidium* (Gelidiales, Rhodophyta) from Mexico: *G. nayaritense* sp. nov. and the new record of *G. sanyaense*. *Phytotaxa* 527: 161-1765.
- Rao, M.K.V. 2004. The importance of botanical nomenclature and synonymy in taxonomy and biodiversity. *Current Science* 87: 602-606.
- Rodríguez, D., N. López & J. González-González. 2008. Gelidiales (Rhodophyta) en las costas del Pacífico mexicano con énfasis en las especies tropicales. In: Senties, A., K.M. Dreckmann. Eds. *Monografías Ficológicas*. Vol. 3. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp. 27-74.
- Roy, S. & J.P. Keshri. 2019. DiatomBase—Principal online catalogue of diatoms. *Current Science* 116: 703-703.
- Selivanova, O.N. & G.G. Zhigadlova. 1997. Marine algae of the Commander islands preliminary remarks on the revision of the flora. III. Rhodophyta. *Botanica Marina* 40: 15-24.
- Silva, P.C. 1958. Later starting points in algae. *Taxon* 7: 181-184.
- Silva, P.C. 1979. The benthic algal flora of central San Francisco Bay. In: Conomos, T.J. Ed. *San Francisco Bay: the urbanized estuary*. American Association for the advancement of Science. San Francisco, pp. 287-345.
- Silva, P.C. 1996. Stability versus rigidity in botanical nomenclature. *Nova Hedwigia* 112: 1-8.
- Silva, P.C. & R.L. Moe. 1999. The index nominum algarum. *Taxon* 48: 351-353.
- Turland, N.J. 2019. The Code Decoded. *A user's guide to the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Turland, N.J. & G. Davidse. 1998. Registration of plant names: undesirable, unnecessary, and unworkable. *Taxon* 47:957-962.
- Turland, N.J., J.H. Wiersema, F.R. Barrie, W. Greuter, D.L. Hawksworth, P.S. Herendeen, S. Knapp, W.H. Kusber, D.Z. Li, K. Marhold, T.W. May, J. McNeill, A.M. Monro, J. Prado, M.J. Price & G.F. Smith. Eds. 2018. Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen) adoptado por el decimonoveno Congreso Internacional de Botánica Shenzhen, China, julio de 2017 (Versión en español por Greuter, W. y R. Rankin Rodríguez). *Occasional papers from the Herbarium Greuter* 4, Berlín.
- Wägele, H., A. Klussmann-Kolb, M. Kuhlmann, G. Haszprunar, D. Lindberg, A. Koch & J.W. Wägele. 2011. The taxonomist - an endangered race. A practical proposal for its survival. *Frontiers in Zoology* 8: 25. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-8-25>.
- Winston, J.E. 2018. Twenty-first century biological nomenclature—The enduring power of names. *Integrative and Comparative Biology* 550: 225-210.
- WoRMS Editorial Board. 2025. World register of marine species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. doi:10.14284/170.

Recibido: 25 de marzo de 2025

Revisado: 10 de abril de 2025

Corregido: 25 de abril de 2025

Aceptado: 26 de abril de 2025

Diana Karen Meneses Mejía

Evaluación morfológica y molecular de morfotipos distromáticos de *Padina* (Dictyotaceae, Phaeophyceae) en las costas de la península de Yucatán y Cozumel

Tesis de licenciatura en Biología

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM

Director de tesis: Sergio Díaz Martínez

Padina Adanson (Dictyotaceae) es un género de algas pardas que presentan un talo en forma de abanico y un margen enrollado que protege un meristemo marginal. Las especies se diferencian por estructuras reproductivas y vegetativas, principalmente por el número de capas celulares. En México se han registrado tres especies con talos conformados por dos capas celulares: *P. sanctae-crucis*, *P. haitiensis* y *P. perindusiata*. Las especies de este género presentan plasticidad fenotípica porque son dependientes de las fluctuaciones ambientales (temperatura, oleaje, salinidad, nutrientes, herbivoría, etc.), lo que genera confusión e imprecisión al momento de su delimitación. El objetivo de este estudio es evaluar los distintos morfotipos distromáticos del género *Padina* del Caribe mexicano con evidencia morfológica y molecular, para ello se evaluaron caracteres externos e internos, como la posición de los soros, las bandas de pelos feofíceos, la presencia de la fase *Vaughaniella*, el número de capas celulares y el origen de los soros (entre o sobre las células corticales). Para el análisis molecular, se utilizó el gen mitocondrial *cox3*. Se calcularon las distancias genéticas no corregidas (distancia p) y corregidas (K2P), y se realizó una reconstrucción filogenética por medio de análisis de Máxima Verosimilitud e Inferencia

Bayesiana. También se implementó un análisis de delimitación de especies con métodos basados en coalescencia (GMYC, bPTP) y uno por distancias genéticas (ABGD). Se reconocieron seis morfotipos, de los cuales *P. sanctae-crucis* es la única especie encontrada de las tres registradas en la zona de estudio. Los resultados moleculares sugieren que *P. sanctae-crucis* es una especie polifilética, y en el caso de los ejemplares mexicanos se observó variabilidad morfológica. Además, los resultados permitieron reconocer dos especies nuevas para la ciencia en la isla de Cozumel, las cuales están soportadas con evidencia morfológica y molecular. Entre los caracteres que apoyan a estos dos linajes son la presencia de soros en ambos lados de la cara y en una de ellas la fase *Vaughaniella* está evidentemente desarrollada. Finalmente, *P. haitiensis* y *P. perindusiata* no fueron encontradas en la zona de estudio, por lo que aún falta confirmar su presencia en las costas de México como se ha reportado en trabajos previos.

Correo: menesesmejiadiana@gmail.com

Texto completo disponible en TESIUNAM:
<http://132.248.9.195/ptd2023/junio/0841704/Index.html>

Lista de revisores *Cymbella* (volúmenes 1-10)

En 10 años hemos solicitado a muchas personas por sus comentarios, correcciones y mejoras a los artículos publicados en los volúmenes 1 a 10. Agradecemos encarecidamente su colaboración para mantener la calidad de los artículos de *Cymbella*.

Marina Aboal Sanjurjo
Luis E. Aguilar Rosas
José Aké Castillo
Leonardo Alvarado Cárdenas
Alejandrina Ávila Ortíz
Esther Berrendero Gómez
Roberto Carlos Barrientos Medina
Visitación Conforti
Lorena Durán Riveroll
Adolfo Espejo Serna
María Cecilia Fernández Belmonte
Ma. Guadalupe Figueroa Torres
Francisco F. Pedroche
Yolanda Freile Pelegrín
Brigitte Gavio
Ismael Gárate-Lizárraga
Thais García da Silva
Gloria Garduño Solórzano
José Luis Godínez Ortega
Silvia M. P. B. Guimarães
Oscar U. Hernández Almeida
Manuel Hernández Quiroz
Isabel Israde Alcántara
Gilles Pierre René Levresse
Daniel León Álvarez
Beatriz Lira Hernández
Juan Manuel Lopez Bautista
Francisco Omar López Fuerte
Angélica López Moreno

Juan Manuel López Vivas
Erasmus Macaya
Laura M. Márquez Valdelamar
Martha Martínez García
Martha Juana Martínez Gordillo
Luz Elena Mateo Cid
Pilar Mateo Ortega
Alejandra Mazariegos Villarreal
James T. Melton
Layla Michán Aguirre
Alejandro Morales Blake
María de Lourdes Morquecho
Eberto Novelo
Martín D. Novoa
Yuri Okolodkov
Ileana Ortegón Aznar
Alfredo Pérez-Morales
Andrés Saralegui Amaro
Nandini Sarma
Claudia Segal Kischinevsky
Abel Sentíes Granados
Itzel Sigala Regalado
David Alfaro Siqueiros Beltrones
Rosaluz Tavera
Alejandra Torres-Ariño
Gabriela Vázquez Hurtado
Michael J. Wynne
José Antonio Zertuche González

DIRECTORIO

SOCIEDAD MEXICANA DE FICOLOGÍA

<https://somfico.org/>

COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL 2023-2025

Ileana Ortigón-Aznar

Presidenta

Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida,
Yucatán

e-mail: oaznar@correo.uady.mx

Dr. José Antolín Aké Castillo

Vicepresidente

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad
Veracruzana

e-mail: aake@uv.mx

Dr. Julio Adolfo Acosta Calderón

Secretario General

Universidad del Mar

e-mail: julioseaweed@gmail.com

Dra. Erika Fabiola Vázquez Delfín

Secretaria Académica

CINVESTAV Mérida

e-mail: erika.vazquez@cinvestav.mx

Dr. Armin Tuz Sulub

Secretario Administrativo

UADY

e-mail: tuz@correo.uady.mx

M. en C. Emmanuel Santos May

Secretario de Difusión y Extensión

UADY

e-mail: miva.uam@gmail.com

CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

Colonia de *Pseudostaurosira* (Bacillariophyta).

Muestra del río Ameca, Edo. Mex., Fotografía MEB en el Museo Botánico de Berlín, Alemania. 02/07/18. Cámara de Microscopio electrónico de barrido Hitachi SU8010.

Víctor Hugo Salinas Camarillo. Premio único en la sección Microalgas del Concurso de Fotografía. IX Congreso Mexicano de Ficología, Juriquilla, Querétaro, México.