

Vol. 6. No. 2 (2020)
ISSN: 2448-8100

Cymbella Revista de investigación y difusión sobre algas

Fitoplancton en la Ciénaga de los Manafíes, Colombia.
Undaria en Argentina.
Visiones sobre las macroalgas marinas en México.



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
alemiciencias@gmail.com

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

Dra. 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
e-mail: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. 6 Núm. 2, mayo – agosto de 2020, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación 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, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55) 56225430, <http://cymbella.mx/>, enm@ciencias.unam.mx. Editor responsable: Dr. Eberto Novelo Maldonado. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2016-112410454200. ISSN: 2448-8100. Responsable de la última actualización de este número, Laboratorio de Algas Continentales. Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, 13 de noviembre de 2020.

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.

Variación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga de los Manatíes, Atlántico, Colombia

Spatial-temporal variation of the phytoplankton community of Ciénaga de los Manatíes, Atlántico, Colombia

Dina Saray Ariza-Pérez^{1*} e Iván Martín León-Luna²

¹ Grupo de investigación Zona Costera. Semillero de investigación SEMARCO, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

² Grupo de investigación Zona Costera. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia.

*E-mail: dina_saray22@hotmail.com

Ariza-Pérez, D. & I. M. León-Luna, M. 2020. Variación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga de los Manatíes, Atlántico, Colombia. *Cymbella* 6(2): 63-77.

RESUMEN

Se analizó la variación espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga de los Manatíes (CM). Para ello, se realizaron muestreos mensuales (octubre-enero), en cuatro estaciones. Se midieron las variables fisicoquímicas *in situ*: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y profundidad de Secchi. Así mismo, se calculó la densidad celular. Se encontraron 35 especies agrupadas en 5 divisiones, 6 clases, 19 órdenes, 24 familias y 29 géneros. Las euglenofitas fueron las más abundantes (90 %) y las clorofitas las menos (0.003 %). La densidad de fitoplancton fue mayor durante el periodo de lluvias (71 460 cél.L⁻¹), cuando las euglenofitas dominaron, y en el periodo de sequía la densidad de microalgas fue menor (10 740 cél.L⁻¹), siendo las diatomeas el grupo dominante. Enero fue el mes más diverso según los índices de diversidad aplicados. El análisis de similitud (índice de Jaccard) permitió la formación de tres grupos constituidos por las estaciones del mes de octubre, noviembre y diciembre-enero, que definen la variación de la comunidad. Según el análisis de correspondencia canónica las variaciones en

salinidad explican mejor la distribución de la comunidad fitoplanctónica en la CM.

Palabras clave: Bacillariophyceae, Euglenophyceae, fitoplancton, laguna costera, variables fisicoquímicas.

ABSTRACT

The temporal spatial variation of the phytoplankton community in the Ciénaga de los Manatíes (CM) was analyzed. For this, monthly samplings were carried out (October-anuary), in four seasons. Physicochemical variables were measured *in situ*: temperature, dissolved oxygen, salinity and Secchi depth. Likewise, cell density was calculated. 35 species were found grouped into 5 divisions, 6 classes, 19 orders, 24 families and 29 genera. Euglenophytes were the most abundant taxon (90%) and chlorophytes the least abundant (0.003%). Phytoplankton density was higher during the rainy season (71460 cél.L⁻¹), when euglenophytes dominated, and in the dry period the density of microalgae was lower (10740 cél.L⁻¹), with diatoms being the dominant group. January was the most diverse month according to the applied diversity indices. The similarity analysis (Jaccard index) allowed the formation of three groups constituted by

the seasons of October, November, and December – January, which define the variation in the community. According to the canonical correspondence analysis, the variations in salinity better explain the distribution of the phytoplankton community in the CM.

Key words: Bacillariophyceae, coastal lagoon, Euglenophyceae, physical-chemistry, phytoplankton

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés por la investigación en los ecosistemas estuarinos lagunares se ha incrementado notablemente debido a que su elevada productividad biológica ha sido amenazada por las actividades humanas. La eutrofización y otros tipos de contaminación que se derivan de los sectores industriales, agrícolas y urbanísticos amenazan su sustentabilidad y diversidad biológica (Ben *et al.* 2017, Granados *et al.* 2011, Mangones & León 2014, Rodríguez *et al.* 2017, Ruiz 2017).

El estudio de los principales eslabones que conforman las redes tróficas propias de cada ecosistema es importante para comprender su funcionamiento y estabilidad ecológica, puesto que la estructura y organización de estas comunidades dirigen la dinámica funcional del mismo (Cony *et al.* 2014, González 2010, Lara *et al.* 2015). El fitoplancton comprende la mayor porción de productores primarios y es alimento básico para los consumidores, ya que es una de las principales fuentes de incorporación de carbono en la red ecológica del ambiente limnético (Margalef 1983, Platt *et al.* 1992, Ramírez *et al.* 2010). Además, es ampliamente utilizado como indicador biológico de la eutrofización y de los procesos que se presentan en ambientes costeros, puesto que puede adquirir mayor resistencia o tolerancia a diversas sustancias, como fertilizantes, e incrementar su desarrollo y abundancia repercutiendo en la eutrofización de las aguas (Aranda 2004, De la Lanza *et al.* 2000, González 2010, Lara *et al.* 2015, Moreira *et al.* 2007, Troccoli *et al.* 2004, Vázquez *et al.* 2006).

La dinámica temporal y espacial de los organismos acuáticos está enmarcada en interacciones entre las variables ambientales y las características fisiológicas de los individuos (Álvarez 1981, Wetzel 1981). Los cambios dependientes del tiempo en la biomasa del fitoplancton (dinámica del fitoplancton) son inducidos por una interacción compleja de procesos físicos, químicos y biológicos (Rojas & Ortiz 2007).

Los estudios sobre dinámica de la comunidad fitoplanctónica en función de las épocas climáticas y su influencia en la distribución espacial y temporal

en lagunas costeras de Colombia son muy escasos y limitados, a pesar de la importancia económica y comercial que conlleva la conservación de estos sitios tan productivos. La Ciénaga de los Manatíes es un ecosistema marino costero de gran importancia biológica y socioeconómica, ya que es un sistema en donde existe una sobretasa de energía que la convierte en una fuente importante de recursos pesqueros, así como un lugar óptimo para la crianza, refugio y crecimiento de diversas especies. El presente trabajo constituye un primer aporte al conocimiento acerca de las comunidades que integran la Ciénaga de los Manatíes, Atlántico, Colombia y su objetivo es describir la variación espacial y temporal de la comunidad fitoplanctónica y determinar su relación con la fisicoquímica de este sistema.

ÁREA DE ESTUDIO

La Ciénaga de los Manatíes (CM), es una laguna costera ubicada en el margen noroccidental del departamento del Atlántico en jurisdicción del municipio de Puerto Colombia entre las coordenadas planas Gauss-Krüger, siguiendo el sistema de referencia Magna Sirgas (Magna Colombia Bogotá) actualizado: 1712938.276 metros norte y 909059.060 metros este en el centro de la ciénaga (Fig. 1), insertada en la subcuenca 1401-1 de la cuenca del litoral Atlántico en plena planicie fluvio-marina (CRA 2007). Cuenta con un área aproximada de 1.532 km² de espejo de agua con profundidades entre 0.42 y 1.25 m; la longitud de la barra de arena que separa la ciénaga del mar es de 0.63 km. Su forma es alargada, siendo más estrecha hacia la zona que se encuentra conectada con el mar Caribe, lo cual, en conjunto con las escorrentías naturales de tipo dendrítico, regulan la dinámica hidráulica de la misma. Al entorno de la ciénaga, la vegetación es de bosque seco tropical y prevalecen algunas especies de mangle (*Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*), trupillo (*Prosopis juliflora*) y varias especies de cactus (CRA 2007).

Se han observado serios problemas de sedimentación, posiblemente causados por los sedimentos provenientes del Río Magdalena que son arrastrados por el Mar Caribe hacia las costas del departamento del Atlántico y que, ayudado por la alta intervención antrópica, causan el deterioro de la CM. En 1986, el área ocupada por el espejo de agua de la CM era de 12.245 km² aproximadamente; para 1990, este espejo de agua disminuyó considerablemente a 6.050 km² y en el año 2005, se redujo a 2.93 km² en el cuerpo principal de la ciénaga y 1.99 km² en los cuerpos remanentes de la ciénaga, es decir, que entre 1986 y 2005 se perdieron 7.3 km² en espejo de

agua y gran parte del bosque de manglar asociado (INVEMAR 2007). Sin embargo, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) en 2015 reporta la CM con 4.12 km², lo cual sugiere la recuperación del cuerpo de agua. Cabe resaltar que, para 1990

la CM se encontraba interconectada con la Ciénaga de Mallorquín a través de un conjunto de caños que son parte del sistema de drenaje de las cuencas de los arroyos Grande y León (CRA 2007), conexión que no se presenta en la actualidad.

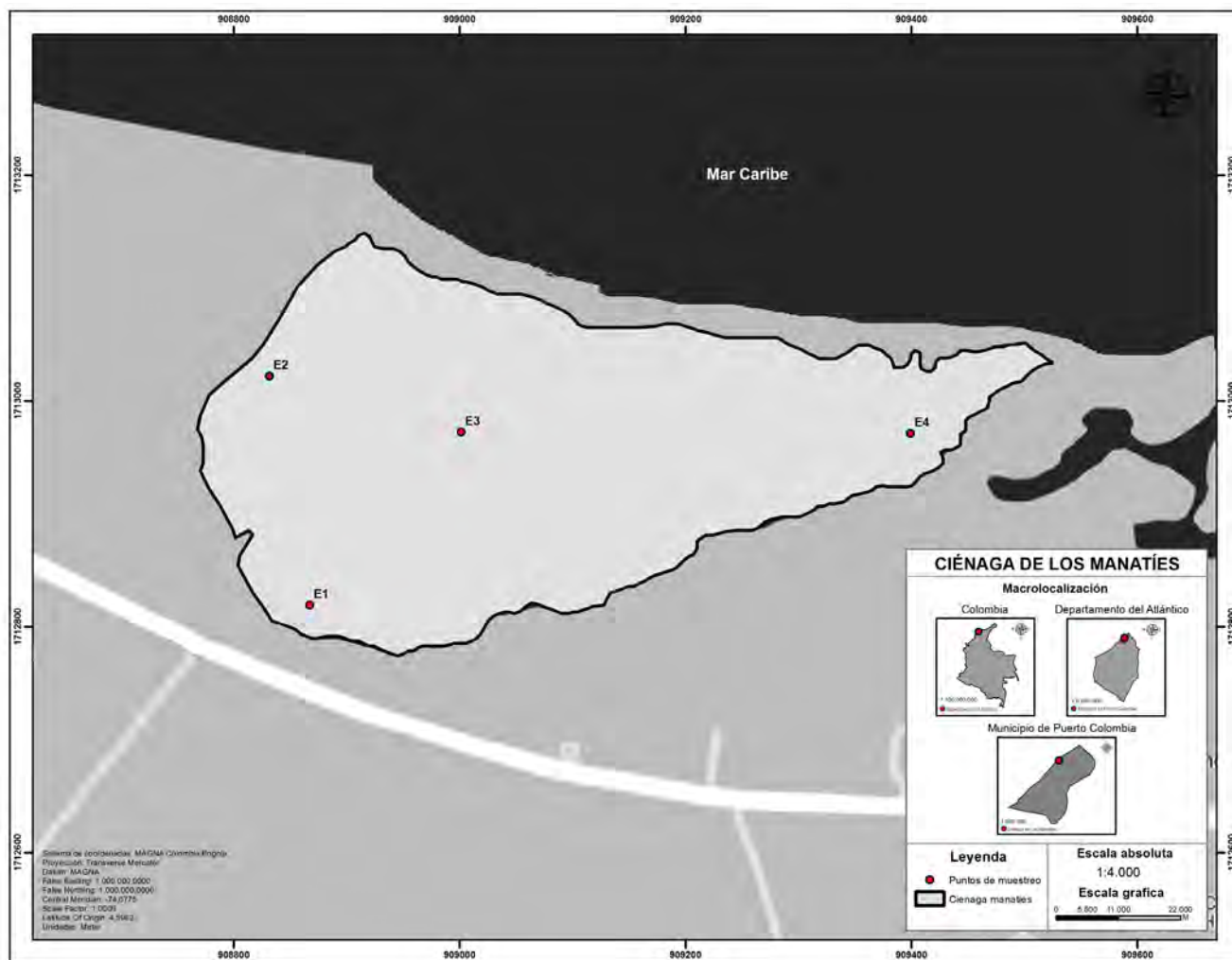


Figura 1. Localización de la Ciénaga de los Manatíes, Puerto Colombia, Atlántico, Colombia. En la cual se señalan las estaciones de muestreo. Basado en: Humedales 2017, Ministerio de ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos mensuales durante cuatro meses (octubre 2016 a enero 2017) en cuatro estaciones, teniendo en cuenta las temporadas climáticas con mayor influencia en la zona, siendo octubre-noviembre los meses de lluvia y diciembre-enero los meses de sequía (Andrade 2001) (Fig. 2). En cada estación se registraron *in situ* las variables fisicoquímicas: concentración de oxígeno disuelto (oxímetro), salinidad (refractómetro), temperatura

(termómetro de mercurio) y profundidad Secchi. Se filtraron 30 L de agua superficial (15 cm) utilizando una red cónica simple de 55 µm de diámetro de poro y el material concentrado fue depositado en botellas plásticas de 300 mL, donde posteriormente se fijó utilizando formaldehído (4 %) (Bicudo & Menezes 2006). El análisis cuantitativo del fitoplancton se realizó utilizando una cámara de recuento tipo Sedgewick-Rafter donde se realizó el barrido completo de esta en un microscopio óptico (LABOMED

Lx 400) a 100x. Con el fin de facilitar y mejorar la identificación de las diatomeas se empleó la técnica de limpieza por oxidación propuesta por Johansen *et al.* (1983). El medio utilizado para incluir las diatomeas fue resina artificial Naphrax® (IR>1.6) (Elo-segi & Sabater 2009) y para el resto de los grupos de microalgas se utilizó gelatina glicerizada (Castro 1994). Para la identificación se utilizaron equipos de microscopia fotónica de campo claro, contraste de fases, y contraste de interferencia diferencial (Labomed Lx 400, Nikon Eclipse E400, Nikon Efd-3 y Nikon E80i) a 1000x. La identificación taxonómica se realizó hasta el nivel de especie utilizando guías especializadas (Bicudo & Menezes 2006, Dodge 1982, Hustedt 1959, Komárek & Anagnostidis 2005, Komárek 2013, Round *et al.* 1990, Tomas 1997, Vidal 2010, Witkowski *et al.* 2000).

Se realizó un análisis de varianza ANOVA con el fin de conocer si existen diferencias significativas entre la densidad celular de los distintos periodos de muestreo y se aplicó prueba de Tukey pareada con el fin de conocer entre que meses y estaciones se presentan estas diferencias. Se aplicaron los índices de dominancia de Simpson (λ) y equidad de Shannon-Wiener (H') y Pielou (H'_{max}) (Moreno 2001) calculados como:

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad H' = \sum p_i \ln p_i \quad J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde;

p_i = abundancia proporcional de la especie i

$H'_{max} = \ln(S)$

(S)=Riqueza específica

La composición general descriptiva y el agrupamiento de los periodos de muestreo y estaciones, se basó en el índice de similitud de Jaccard. Las relaciones estadísticas entre las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y profundidad Secchi) y la abundancia de especies fueron determinadas mediante el método multivariado de

correspondencia canónica (ACC). Estos análisis se realizaron utilizando el programa Past 3.1.

RESULTADOS

La CM se constituyó como un cuerpo de agua poco profundo (0.69 ± 0.22 m); las mayores profundidades se presentaron durante la época de lluvias (0.82 ± 0.23 m) y las menores en la época de sequía (0.56 ± 0.11 m). A nivel general, la columna de agua se caracterizó por presentar aguas cálidas (>22 °C), mesohalinas (29.5 ± 5.7 UPS), muy turbias (prof. Secchi >17 cm) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto ($0.95-4.28$ mgL⁻¹) (Cuadro 1, Fig. 2).

Se encontraron 35 especies de fitoplancton agrupados en 5 divisiones, 6 clases, 19 órdenes, 24 familias y 29 géneros. Los taxones más abundantes fueron euglenofitas (90%), seguido de diatomeas (8%), dinoflagelados (1.6%), cianobacterias (0.68%) y por último clorofitas (0.003%) (Fig. 3).

La densidad celular varió entre 640 cél.L⁻¹ y 141,140 cél.L⁻¹ con un valor medio general de 38,380 cél.L⁻¹. La época de lluvia presentó el valor más alto (71,460 cél.L⁻¹), siendo las euglenofitas el grupo dominante (69,370 cél.L⁻¹), seguido de diatomeas (1,260 cél.L⁻¹), dinoflagelados (840 cél.L⁻¹) y por último cianobacterias (5.6 cél.L⁻¹) y clorofitas (2.7 cél.L⁻¹). Mientras que en la época de sequía la densidad celular fue menor (10,740 cél.L⁻¹), durante este periodo las diatomeas fueron dominantes (5,260 cél.L⁻¹), seguido de euglenofitas (4,470 cél.L⁻¹) y por último cianobacterias (550 cél.L⁻¹) y dinoflagelados (460 cél.L⁻¹) (Fig. 4).

Las diatomeas dominaron durante todos los meses de muestreo, a excepción de noviembre, en donde las euglenofitas fueron más abundantes. Durante octubre se hicieron presentes casi todos los grupos; excepción fueron los dinoflagelados, al igual que en enero, cuando además de este grupo, tampoco se presentaron cianobacterias. En noviembre se destacan las altas concentraciones de euglenofitas, en especial en E4 (197,190 cél.L⁻¹), mientras que las cianobacterias tuvieron concentraciones muy

Cuadro 1. Valores mínimos y máximos, media y desviación estándar (DE) de las variables fisicoquímicas del agua superficial y profundidad de la Ciénaga de los Manatés.

VARIABLES	RANGO	PROMEDIO±DE
T(°C)	22-30	27,38±2,37
Salinidad (UPS)	21-38,5	29,5±5,71
Oxígeno Disuelto (mgL ⁻¹)	0,95-4,28	2,78±1,11
Prof. Secchi (cm)	17-68	39±14,73
Profundidad (m)	0,42-1,25	68,87±22,02

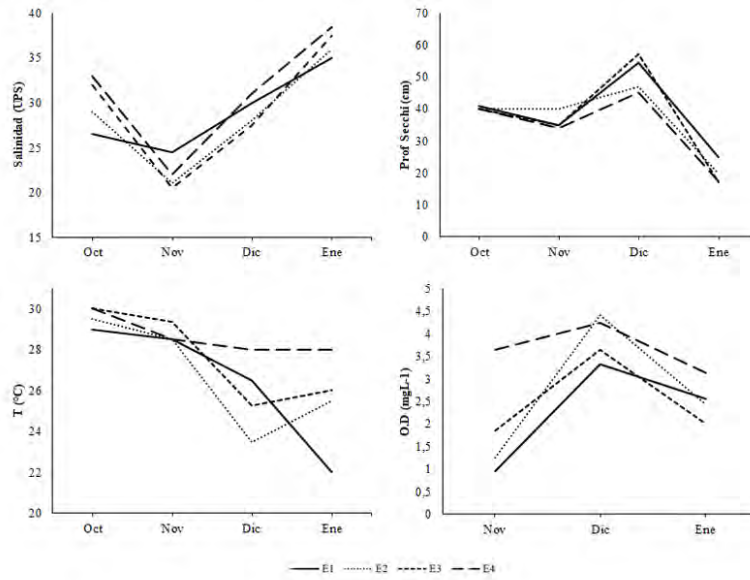


Figura 2. Variación de las variables fisicoquímicas evaluadas en la CM durante el periodo de estudio

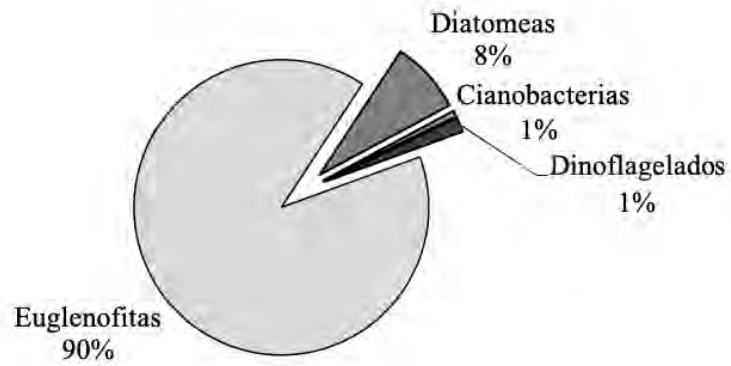


Figura 3. Diagrama de porcentajes de abundancia de los grupos encontrados en la CM.

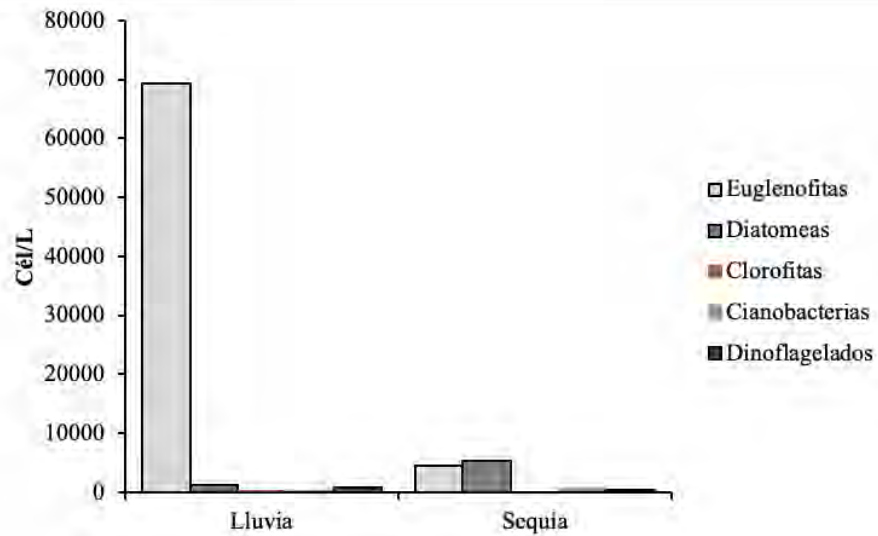


Figura 4. Densidad de grupos principales durante las dos temporadas climáticas.

bajas (1-6 cél.L⁻¹). En diciembre, se observaron las mayores densidades de cianobacterias (190 cél.L⁻¹ en E1) (Fig. 5). A pesar de no observarse en la figura 5, durante el mes octubre se presentaron los grupos de euglenofitas, las cuales dominaron en E3 (1,430 cél.L⁻¹) y las clorofitas que solo se presentaron en E2 (4 cél.L⁻¹).

Octubre fue uno de los meses con menor densidad de microalgas, con un valor promedio de 730 cél.L⁻¹; durante este mes E3 presentó la mayor concentración (1,570 cél.L⁻¹), mientras E4 presentó la menor (180 cél.L⁻¹). En noviembre la mayor concentración se presentó en E4 (199,230 cél.L⁻¹), mientras que E2 presentó las menores concentraciones (92,010 cél.L⁻¹). En diciembre, E1 fue la estación con mayor concentración (21,800 cél.L⁻¹) y E3 la de menor concentración (1,480 cél.L⁻¹). En enero, la concentración de microalgas fue muy parecida en las cuatro estaciones, con valores entre 500 y 720 cél.L⁻¹ (Fig. 6).

Se hallaron diferencias significativas entre la densidad celular de los periodos de muestreo ($\alpha < 0,05$). La prueba de Tukey mostró que estas diferencias se dieron entre los meses de octubre-noviembre, noviembre-diciembre y noviembre-enero. Esta misma prueba no mostró diferencias significativas entre las estaciones de muestreo de los diferentes meses de estudio ($\alpha > 0,05$).

Durante el periodo en estudio, el taxón que presentó mayor densidad fue *Trachelomonas* sp. (36,920 cél.L⁻¹), sin embargo, otras especies tuvieron densidades importantes durante este periodo, como *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg (1,100 cél.L⁻¹), *Melosira moniliformis* C. Agardh (1,050 cél.L⁻¹), *Protoperdinium* cf. *pellucidum* Bergh (830 cél.L⁻¹), *Gyrosigma balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst (560 cél.L⁻¹) y *Nitzschia sigmaidea* (Nitzsch) W. Smith (340 cél.L⁻¹) (Figs. 7 y 8).

A nivel de las estaciones. En el mes de octubre, en E1 dominó *Amphora marina* W. Smith (370 cél.L⁻¹), quien también se halló dentro de tubos mucilaginosos (Fig. 9), en E2 y E4 *Microtabella interrupta* (Ehrenberg) Round (220 y 80 cél.L⁻¹, respectivamente) y en E3 *Trachelomonas* sp. (690 cél.L⁻¹). En noviembre, en todas las estaciones dominó *Trachelomonas* sp. con densidades entre 108,990 cél.L⁻¹ y 387,200 cél.L⁻¹, presentándose las menores densidades en E2 y las mayores en E4. En diciembre, en E1 y E2 dominó *Trachelomonas* sp. (18,880 y 14,820 cél.L⁻¹, respectivamente) y en E3 y E4 fue *E. alata* (370 y 820 cél.L⁻¹, respectivamente). En enero *M. moniliformis* dominó en todas las estaciones a excepción de E3 en donde *N. sigmaidea* fue la especie con mayor abundancia (290 cél.L⁻¹) (Fig. 10).

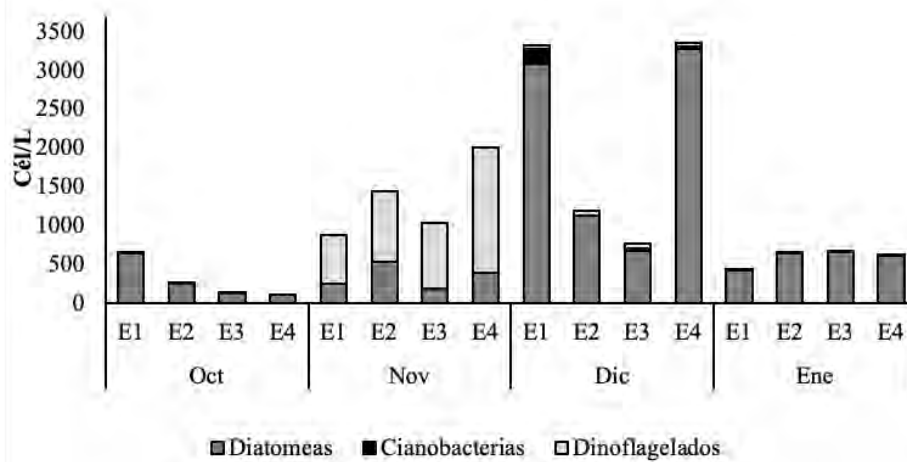


Figura 5. Variación espacial de la densidad celular de grupos principales del fitoplancton en la CM. No se incluyen euglenofitas y clorofitas, por sus muy altas y bajas concentraciones, respectivamente.

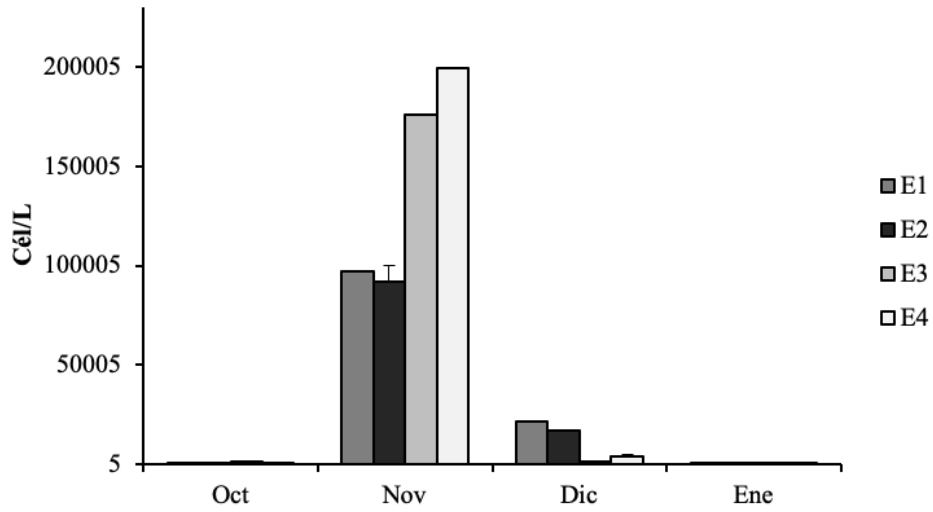


Figura 6. Densidad celular (cél.L-1) en las estaciones de muestreo en los diferentes meses.

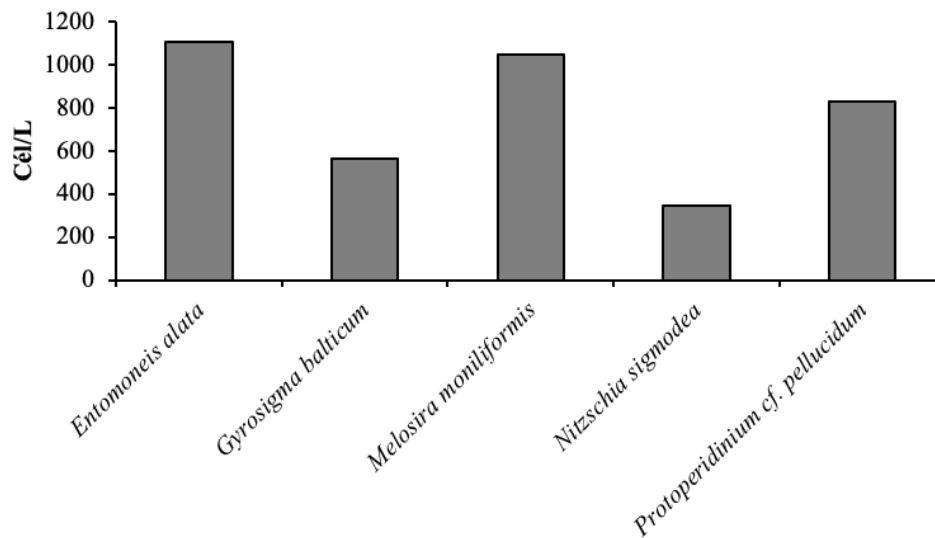


Figura 7. Especies más abundantes durante el periodo de estudio.

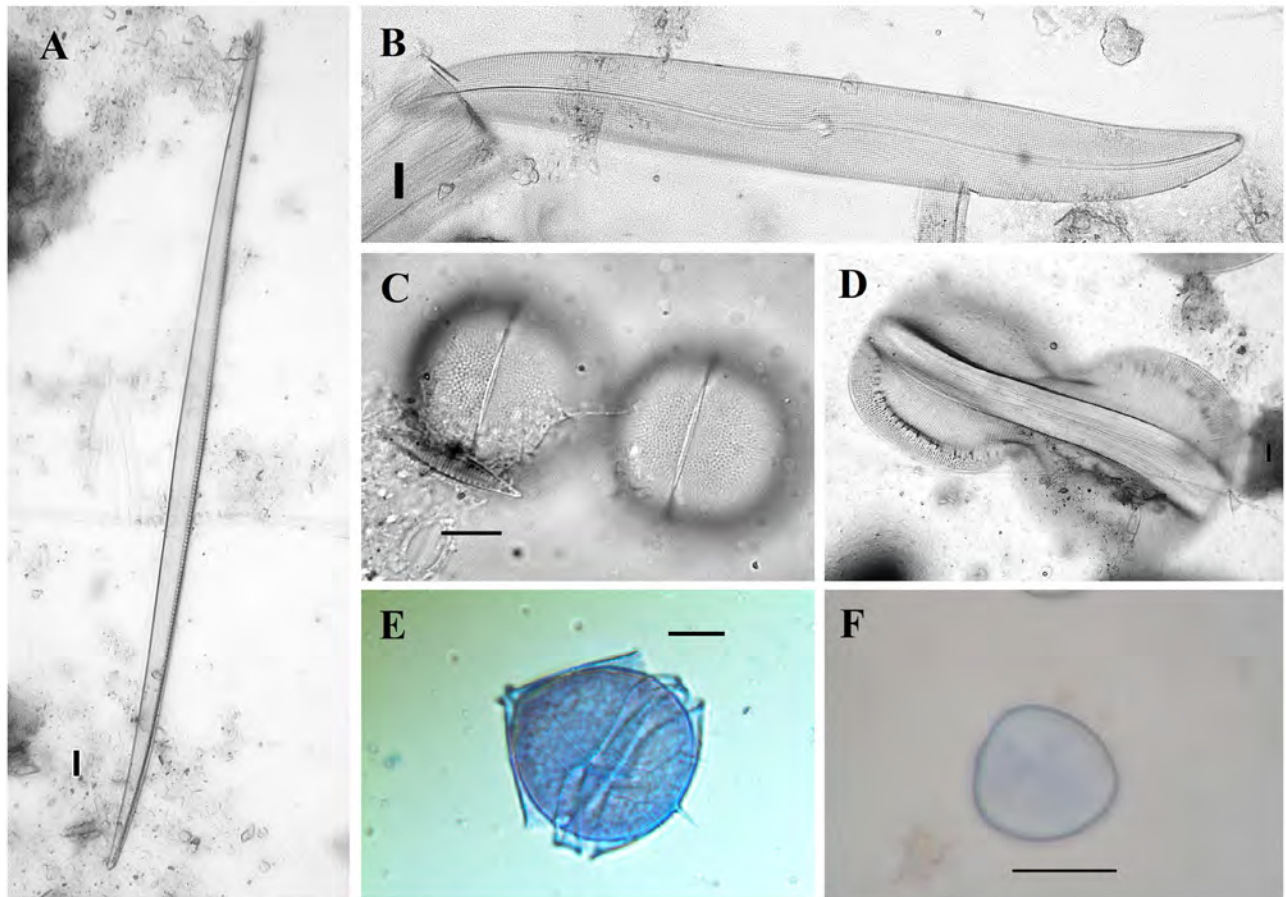


Figura 8. Fotografías de especies más abundantes en la CM, durante el periodo de estudio. A. *Nitzschia sigmoidea*, B. *Gyrosigma balticum*, C. *Melosira moniliformis*, D. *Entomoneis alata*, E. *Protoperidinium cf. pellucidum*, F. *Trachelomonas* sp. Barra de escala = 10µm

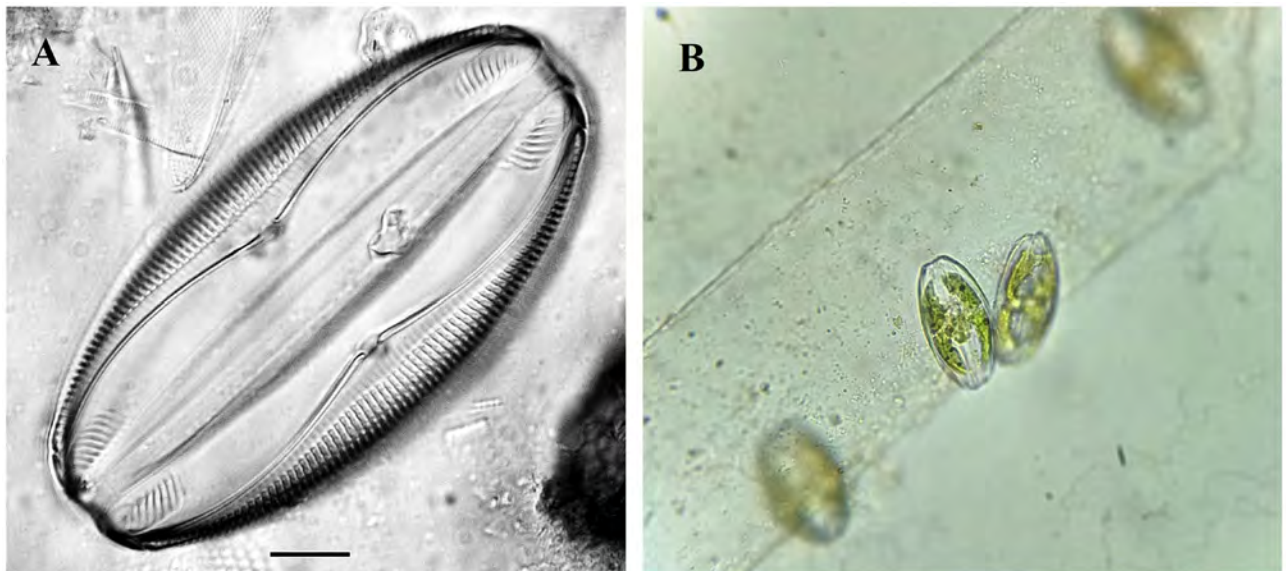


Figura 9. *Amphora marina*. A. Detalle en vista valvar B. Tubos mucilaginosos con diatomeas en su interior. Barra de escala = 10µm

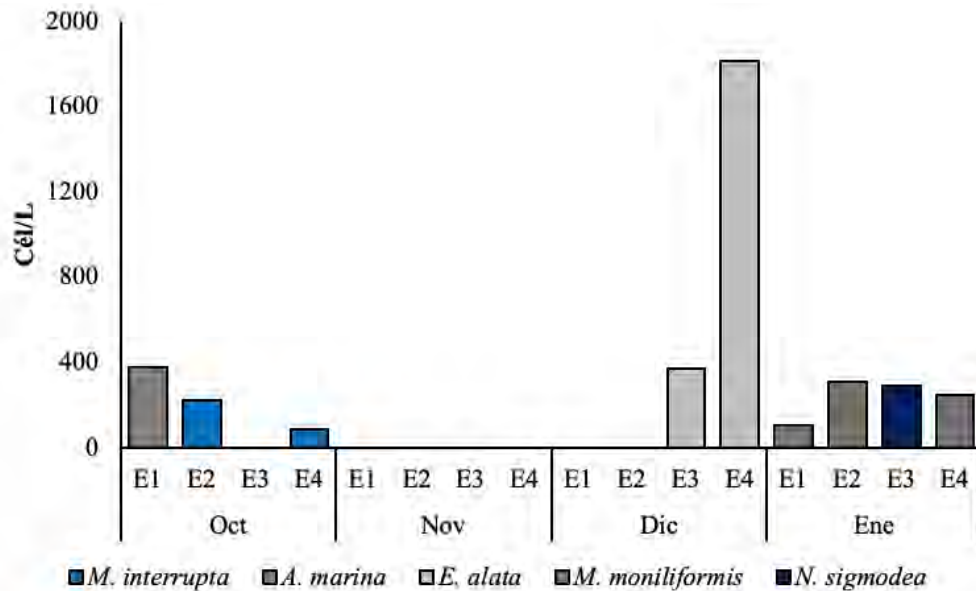


Figura 10. Especies más abundantes en las estaciones de muestreo.

El índice de diversidad más alto se presentó en el mes de enero ($H'=2.09$ y $J'=0.79$), debido a los valores más altos de riqueza y equitatividad. El mes de noviembre presentó la menor diversidad ($H'=0.02$ y $J'=0.01$) y los valores más altos de dominancia ($\lambda=0.99$), lo cual coincide con las altas abundancias de *Trachelomonas* sp. La estación más diversa durante el periodo en estudio fue E1 en enero (Fig. 11) (Cuadro 2).

Teniendo en cuenta el análisis descriptivo multivariado no paramétrico de clasificación cuantitativa (cluster) para las estaciones y meses de muestreo bajo el índice de Jaccard (Fig. 12), existe una clara variación temporal, puesto que se muestra la formación de 3 grupos, el primer grupo está conformado por las estaciones del mes de octubre (41 %), especies como *Bacteriastrum* sp., *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg y *Amphora terroris* Ehrenberg se encontraron en por lo menos tres de las cuatro estaciones de muestreo, durante este mes y solo durante éste mismo se hallaron especies como *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Synedra bacillaris* (Grunow) Hustedt, *Isthmia enervis* Ehrenberg, *Podocystis americana* Bailey, *Rhopalodia musculus* (Kützing) Müller y *Chaetoceros* sp., siendo este el mes con menor porcentaje de similaridad. El segundo grupo está conformado por las estaciones de noviembre (53 %), solo durante este mes se presentó el dinoflagelado *Prorocentrum* cf. *lima* (Ehrenberg) Stein en todas las estaciones y también se hallaron especies como *Euglena* sp., *Tripos furca* (Ehrenberg) Gómez y *Scenedesmus* sp.

El tercer grupo lo conforman las estaciones de diciembre y enero (60 %), allí se da la formación de dos subgrupos, uno formado por las estaciones del mes de diciembre, en donde *Chrysochloris bergii* (Ostenfeld) Zapomelová, Skácelová, Pumann, Kopp & Janecek, *Protoperidinium* cf. *pellucidum* Bergh y *Alexandrium* sp. estuvieron presentes en todas las estaciones, durante este mismo mes y en enero estuvieron presentes en todas las estaciones de muestreo *N. sigmoidea*, *Fragilaria* sp., *Navicula* sp., y *Amphora ventricosa* Gregory. Las especies *E. alata*, *A. marina*, *M. interrupta*, *G. balticum*, *M. moniliformis* y *Trachelomonas* sp. se encontraron presente durante todos los meses de muestreo.

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) se observó que la abundancia de las especies de fitoplancton está fuertemente relacionada con las variables fisicoquímicas (Fig. 13). En el diagrama, los dos primeros ejes explican un 99.33 % de la variabilidad en la abundancia de la comunidad fitoplanctónica en relación con las variables fisicoquímicas evaluadas (Cuadro 3). El eje 1 explica el 85.36 % de la variabilidad total de los datos y se correlacionó positivamente con la salinidad (0.89) y el oxígeno disuelto (O.D) (0.12) y negativamente con la temperatura (-0.47) y la profundidad Secchi (-0.54). El eje 2 explica el 13.97 % de la variabilidad total y se correlacionó positivamente con la salinidad (0.57), mientras que la profundidad Secchi (-0.76), temperatura (-0.44) y O.D (-0.37) se correlacionaron negativamente (Cuadro 4).

Las altas concentraciones de salinidad se correlacionaron positivamente con la mayoría de las especies, diatomeas tales como: *Nitzschia* sp., *Tabellaria fenestrata*, *Navicula distans*, *Navicula* sp., *N. sigmoidea*, *Fragilaria* sp., *A. ventricosa*, *A. terroris*, *Navicula yarrensis* Grunow y *G. balticum* se relacionaron con los valores más altos. Por otro lado, *Trachelomonas*

sp. prefiere aguas con bajas concentraciones de salinidad al igual que el dinoflagelado *Protoperidinium* cf. *pellucidum* quien también se encuentra relacionado a altas temperaturas y aguas turbias. *Phormidium* sp., *C. bergii*, *Alexandrium* sp. y *C. radiatus* se presentaron en aguas con altas concentraciones de O.D (Fig. 13)

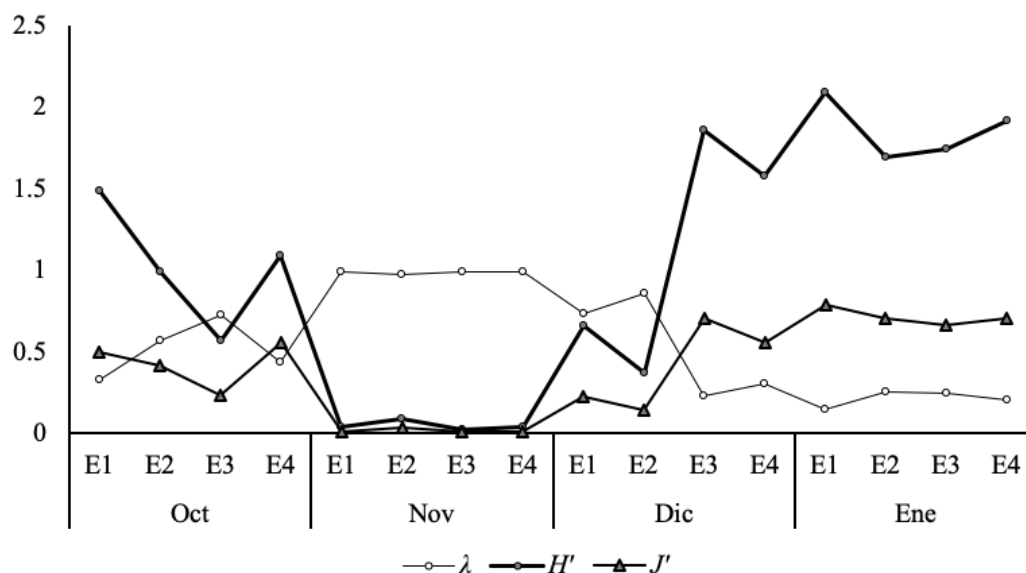


Figura 11. Índices de Simpson (λ), Shannon-Wiener (H') y Pielou (J'), calculados en los diferentes meses de muestreo en cada una de las estaciones.

Cuadro 2. Valores de diversidad de los índices de Simpson (λ), Shannon-Wiener (H') y Pielou (J'), calculados en los diferentes meses de muestreo en cada una de las estaciones.

Mes	Estación	λ	H'	J'
Octubre	E1	0,326	1,490	0,497
	E2	0,571	0,988	0,412
	E3	0,725	0,566	0,236
	E4	0,437	1,088	0,559
Noviembre	E1	0,991	0,036	0,014
	E2	0,974	0,087	0,035
	E3	0,994	0,023	0,011
	E4	0,989	0,038	0,014
Diciembre	E1	0,731	0,658	0,228
	E2	0,859	0,374	0,142
	E3	0,225	1,855	0,703
	E4	0,300	1,574	0,556
Enero	E1	0,151	2,088	0,791
	E2	0,257	1,693	0,706
	E3	0,243	1,744	0,661
	E4	0,201	1,915	0,707

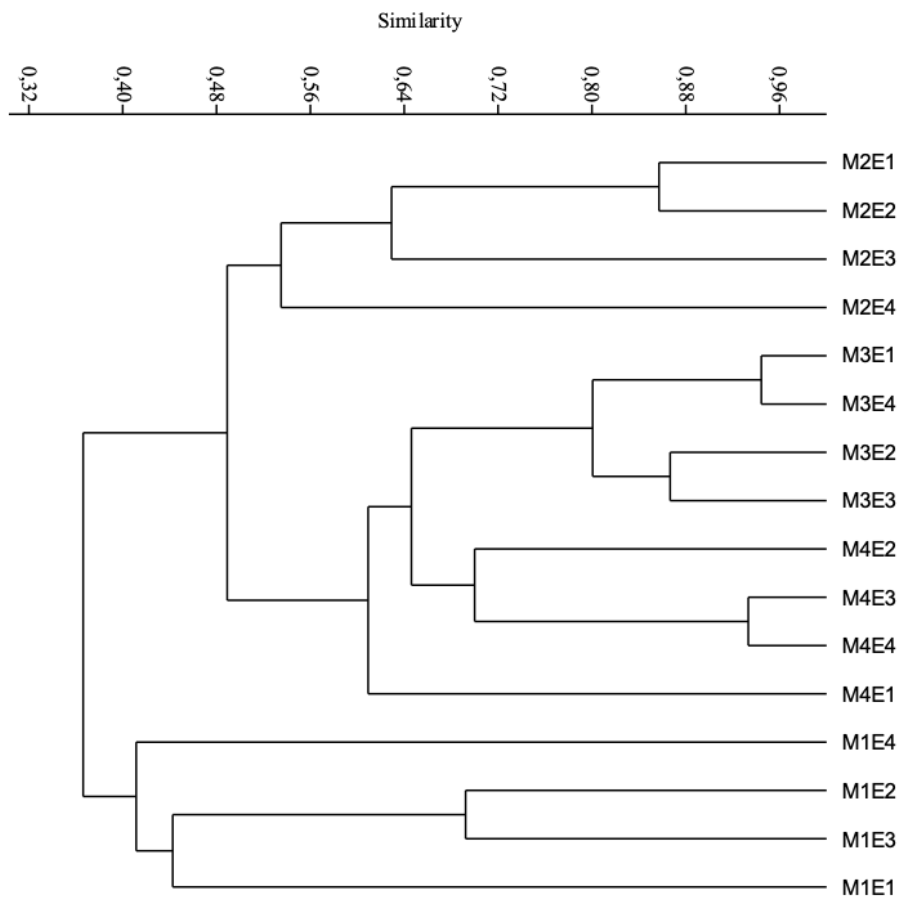


Figura 12. Cluster de similitud basado en índice de Jaccard. M1 (octubre), M2 (noviembre), M3 (diciembre), M4 (enero). E (Estaciones).

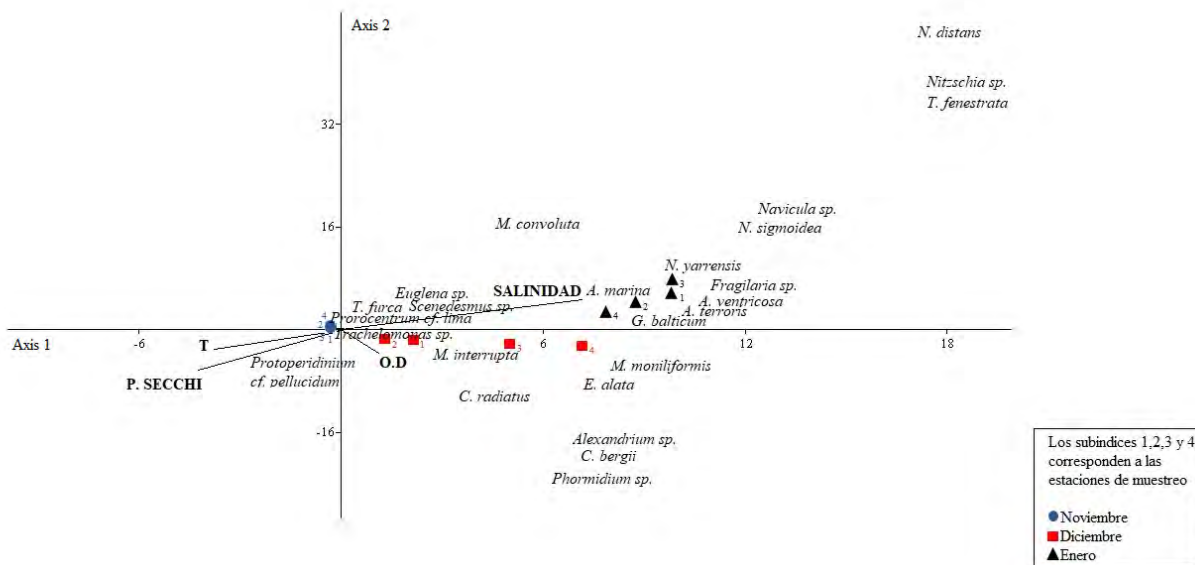


Figura 13. Representación gráfica de los análisis de correspondencia canónica. El test de permutación fue significativo ($p < 0.05$) en los ejes 1 y 2, 100 permutaciones.

Cuadro 3. Resultados del análisis de correspondencia canónica entre la abundancia del fitoplancton y las variables fisicoquímicas.

Ejes	Valores propios	%	p
1	0,13341	85,36	0,1386
2	0,021831	13,97	0,07921
3	0,0010504	0,672	0,1584
4	4,34E-07	0,0002	0,7426

Cuadro 4. Resultados de correlación entre las variables fisicoquímicas y los dos primeros ejes de ordenación.

Variables	Eje 1	Eje 2
T(°C)	-0,467334	-0,444223
O.D (mgL-1)	0,119886	-0,368211
Salinidad (UPS)	0,898454	0,574473
Prof. Secchi (cm)	-0,544634	-0,759059

DISCUSIÓN

La densidad de fitoplancton encontrado en la CM fue mucho menor que en otras lagunas costeras estudiadas por Herrera *et al.* (1999) y De la lanza & Gómez (1999), sin embargo, estos valores bajos coinciden con los que se presentaron en la Laguna Unare, según Subero *et al.* (2005). Esto posiblemente se debe a la nula conexión que tiene la CM con ríos, los cuales transportan grandes concentraciones de nutrientes que aumentan la densidad de microalgas. La mayor abundancia del fitoplancton durante las épocas de lluvia se debe a que durante este periodo incrementan los micronutrientes que son utilizados y agotados ya sea por los florecimientos del fitoplancton o por que quedan atrapados en los sedimentos. Caso contrario ocurre durante el periodo de la sequía, en donde la dinámica del sistema se atenúa, creando un ambiente hipersalino que permite la colonización de especies estenobióticas las cuales presentan ajustes a la hipersalinidad como secreciones mucilaginosas que actúan como una barrera contra la desecación (Siqueiros 1988), tal fue el caso de *Amphora marina*, quien también se halló dentro de estos tubos mucilaginosos. Debido a estas condiciones de hipersalinidad no proliferan muchas especies y por ello la riqueza de especies en la CM es muy baja. Los mayores valores del índice de Pielou durante el mes de enero indican que las especies presentan abundancias similares

y confirman la uniformidad de la comunidad fitoplanctónica en este periodo. El porcentaje de euglenofitas encontradas fue superior al de los otros grupos (90 %). Sin embargo, sin tener en cuenta las euglenofitas, por su elevada concentración, el porcentaje de diatomeas (77%) y de dinoflagelados (20%), coincide con lo encontrado por Troccoli *et al.* (2004) quienes encontraron porcentajes de 75-90 % y 10-25 %, respectivamente. Al igual que en otros sistemas estuarinos predominaron las diatomeas durante todas las épocas de muestreo, a pesar de que gran parte de esta dominancia se debe a la gran flexibilidad ecológica de este grupo (Margalef 1983), la mayoría de las especies registradas en este trabajo son bentónicas y aportan una fuente de enriquecimiento del fitoplancton (ticoplancton) sobre todo en las lagunas costeras con elevada producción primaria (Siqueiros 1988).

Particularmente, durante la época de sequía, se ha establecido que las partículas suspendidas experimentan un proceso de advección, asentamiento y resuspensión que facilita la retención de éstas, incluyendo diatomeas (Varona & Gutiérrez 2006), es por ello que en este periodo se presentó mayor abundancia de éstas. Esto también explica la presencia de varias especies ticoplanctónicas en la columna de agua como *Entomoneis alata*, especie verdaderamente estuarina, como lo establecen Varona & Gutiérrez (2006). Durante la época de lluvia,

ingresa al sistema agua dulce proveniente de las escorrentías y con ello altas densidades de euglenofitas, todas de la especie *Trachelomonas* sp., las cuales son predominantemente dulceacuícolas. En noviembre, además de la presencia de *Trachelomonas* sp., se presentó un aumento significativo de *Protoperdinium* cf. *pellucidum* Bergh, especie que Lozano *et al.* (2011) reportaron para el Caribe Colombiano. La presencia de dinoflagelados en este mes permite explicar la época con mayor influencia del mar sobre la laguna (Varona & Gutiérrez 2006). Como resultado de mayor intercambio con el mar adyacente, en E4, ingresan al sistema un gran número de especies neríticas.

Los análisis de correlación aplicados en el presente trabajo mostraron que la salinidad influye de forma positiva en la distribución de la comunidad fitoplanctónica de la CM. Esto coincide con los estudios realizados por De la Hoz (2004) y Varona & Gutiérrez (2003), quienes afirman que la salinidad es uno de los factores más determinantes en la presencia y distribución de los grupos del fitoplancton en lagunas costeras. Los altos valores de salinidad presentados en la CM durante los meses de sequía podrían explicar las bajas densidades de microalgas, ya que durante este periodo existe una limitación de nutrientes como el nitrógeno y fósforo causada por la alta salinidad, que es la situación más generalizada en cuanto a limitación de nutrientes en aguas dulces y marinas (Comín *et al.* 1987).

La heterogeneidad planctónica observada durante los meses de lluvia está relacionada con la contribución de especies bentónicas debido a la alta relación superficie/volumen de la laguna y con el gradiente de salinidad creado por la combinación de los dos tipos de agua diferentes (Herrera *et al.* 1999). Especies como *Entomoneis alata* son un ejemplo claro de los constantes procesos de resuspensión de sedimentos, ya que además de ser una especie característica de cuerpos de aguas salobres (Spiniello 1996) es considerada una especie bentónica (Delgado 1987, en Vidal 2010).

CONCLUSIONES

Se encontraron 35 especies, entre diatomeas, dinoflagelados, euglenofitas, clorofitas y cianobacterias. En su mayoría marinas o de aguas salobres. Siendo, *Entomoneis alata*, la especie más representativa en el periodo de estudio presentándose en todos los meses de muestreo, ya que es propia de ambientes salobres y estuarinos. Igualmente, la comunidad fitoplanctónica exhibió varias proliferaciones causadas por euglenofitas del género *Trachelomonas*. En general, la heterogeneidad planctónica

es debida a la poca profundidad de la laguna, su ubicación latitudinal y la resuspensión de los sedimentos causada por acción de los vientos.

La composición de la comunidad fitoplanctónica varía en función de las épocas climáticas establecidas (lluvia y sequía), lo que provoca la variación temporal de la comunidad fitoplanctónica, la cual es clara en cuanto a la densidad celular y las especies que se hacen presente durante cada mes, sin embargo, no se observó una variación espacial, lo que sugiere la homogeneidad del cuerpo de agua.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Algas Continentales: Ecología y Taxonomía (LACET) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en especial al Dr. Eberto Novelo por su acompañamiento y valiosa orientación en la identificación de las especies. Al profesor Alfonso Vidal por su asesoría y ayuda en la identificación de las especies. Al laboratorio de Biotecnología microbiana y Bioprospección Microbiana de la Universidad del Atlántico, donde se llevaron a cabo los recuentos.

REFERENCIAS

- Álvarez, F. 1981. *Introducción a la ecología del mar. Fascículos de ecología II*. Editorial Mejoras, Bogotá.
- Andrade, C.A. 2001. Las corrientes superficiales en la cuenca de Colombia observadas con boyas de deriva. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales* 25: 321-335.
- Aranda, N. 2004. Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical. Tesis de doctorado. Universidad de Barcelona. 246 pp.
- Ben, H., O. Pringault, H. Louati, A. Sakka & C. Lebouranger. 2017. Impact of contaminated sediment elutriate on coastal phytoplankton community (Thau lagoon, Mediterranean Sea, France). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 486: 1-12.
- Bicudo, C.E. & M. Menezes. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil (chave para identificação e descrições)*-Segunda edição. RiMa Editora, São Carlos.
- Castro, T. 1994. Preparación de placas permanentes para microalgas dulceacuícolas. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. 58 pp.
- Comín, F.A., M. Menéndez & E. Forés. 1987. Salinidad y nutrientes en las lagunas costeras del delta del Ebro. *Limnética* 3: 1-8.
- Cony, N.L., N.C. Ferrer & E.J. Cáceres. 2014. Evolución del estado trófico y estructura del fitoplancton de un lago somero de la región pampeana: laguna Sauce Grande (Pcia. de Buenos Aires, Argentina). *Biología Acuática* 30: 79-91.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

2007. Documentación del estado de las cuencas hidrográficas en el departamento del Atlántico, Barranquilla, pp. 80-82.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). 2015. Monitoreo fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico sobre la calidad y estado de los cuerpos de agua, las fuentes hídricas del departamento del Atlántico y la caracterización de los humedales Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela en cumplimiento de lo establecido en el plan de acción institucional 2012-2015. Informe final, Barranquilla, pp. 2-6.
- De la Hoz, M.V. 2004. Dinámica del fitoplancton de la ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras* 33: 159-179.
- De la Lanza, G. J. & S. Gómez. 1999. Físicoquímica del agua y cosecha de fitoplancton en una laguna costera tropical. *Ciencia ergo sum* 6: 147-153.
- De la Lanza, G.J., S. Hernández & J.L. Carbajal. 2000. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdés, México.
- Delgado, M. 1987. Fitoplancton de las bahías del Delta del Ebro. *Investigación Pesquera* 51: 517-548.
- Dodge, J.D. 1982. *Marine dinoflagellates of the British Isles*. London: Her Majesty's Stationery Office, London.
- Elosegi, A. & S. Sabater. 2009. *Conceptos y técnicas de ecología fluvial*. Primera edición. Rubes editorial, Bilbao, pp. 224-226.
- González, L.M. 2010. Influencia de la deficiencia de nitrógeno y fósforo en las interacciones competitivas entre *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 65 pp.
- Granados, C., J. Rodríguez, & H. López. 2011. Producción primaria fitoplanctónica y metabolismo durante una época lluviosa en una laguna costera estuarina tropical, Ciénaga Grande de Santa Marta. *Intropica* 6: 9-19.
- Herrera, J.A., M. Martín & V. Díaz. 1999. Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras del Estado de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* 47 (Supl. 1): 47-56.
- Hustedt, F. 1959. *Die kieselalgen Deutschlands, Österreichs y der Schweiz*. In L. Rabenhort. Ed. *Kryptogamen-Flora. VII Banda, II Teil*. Koeltz, Dehra Dun.
- Instituto de investigaciones marinas y costeras (INVE-MAR) & Corporación regional autónoma del Atlántico (CRA). 2007. *Ordenamiento Ambiental de la Zona Costera del Departamento del Atlántico. Informe Final*. Instituto de investigaciones marinas y costeras, Santa Martha.
- Johansen, J.R., S.R. Rushforth, R. Orbendorfer, N. Fungladda & J.A. Grimes. 1983. The algal flora of selected wet walls in Zion National Park, Utah, USA. *Nova Hedwigia* 38: 765-808.
- Komárek, J. 2013. *Cyanoprokaryota: 3rd part: heterocystous genera*. In: B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz, & M. Schagerl. Eds. *Süsswasserflora von Mitteleuropa* Vol. 19. Springer Verlag Springer Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 2005. *Süsswasserflora von Mitteleuropa Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales*. In: B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner, M. Schagerl. *Süsswasserflora von Mitteleuropa* Vol. 19. Elsevier GmbH, Munchen.
- Lara, R., R. Velásquez, L. Troccoli, D. Hernández & M. Lemus. 2015. Variación temporal de las variables físico-químicas y biomasa fitoplanctónica en aguas superficiales de la zona costera de Chacopata, NE Venezuela (Mar Caribe). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 50: 367-373.
- Lozano, Y., L.A. Vidal & G.R. Navas. 2011. Lista de especies de dinoflagelados (Dinophyta) registrados en el mar Caribe Colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras* 40: 361-380.
- Mangones, A. & I.M. León. 2014. Elementos nutritivos la clorofila a y su relación con las variables fisicoquímicas en la Ciénaga de Mallorquín, Colombia. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 53: 127-141.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona.
- Moreira, A.R., M. Seisdedo, S. Leal, A.A Comas, G. Delgado, R. Regadera, C. Alonso, A. Muñoz & M. Abatte. 2007. Composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 28: 97-109.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1., Zaragoza.
- Platt, T., P. Jauhary & S. Sathyebdranath. 1992. The importance and measurement of new production. In: P. Falkowski & A. Woodhead. Eds. *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*. Environmental Science Research, vol 43. Springer, Boston, pp. 273-284.
- Ramírez, J.S., A. Franco, L.M. García & D.A. López. 2010. La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 39: 233-263.
- Rodríguez, L., M. Achkar, O. Defeo, L. Vidal, E. Meerhoff & D. Conde. 2017. Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188: 116-126.
- Rojas, P.J. & J.R. Ortiz. 2007. Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el Océano Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 6: 5-15.
- Round, F.E., R.M Crawford & D.G. Mann. 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruiz, T.M. 2017. Análisis comparativo de índices de eutrofización en lagunas costeras del estado de Sonora

- México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California Sur. 120 pp.
- Siqueiros, D.A. 1988. Diatomeas bentónicas de la Laguna Figueroa, Baja California. Benthic Diatoms from Laguna Figueroa, Baja California. *Ciencias Marinas* 14: 85-112.
- Spiniello, P. 1996. Las diatomeas Marino-Costeras de Venezuela. *Caribbean Journal of Science* 32: 331-347.
- Subero, S., J. Díaz & E. Ferraz. 2005. Variación espacial y temporal del fitoplancton de la laguna Unare (Estado Azoátegui, Venezuela), noviembre 1988- Julio 1989. *Acta científica venezolana* 56: 98-102.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, New York.
- Troccoli, L., J.A. Herrera & F.A Comin. 2004. Structural variations of phytoplankton in coastal seas of Yucatan, México. *Hydrobiologia* 519: 85-102.
- Varona, F. & F.J. Gutiérrez. 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 13: 177-194.
- Varona, F. & F.J. Gutiérrez. 2006. Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical. *Hidrobiológica* 16: 159-174.
- Vázquez, G., G. Castro, I. González, R. Pérez & T. Castro. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* 60: 41-48.
- Vidal, L.A. 2010. *Manual de fitoplancton hallado en la Ciénaga grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona.
- Witkowski, A., H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin. 2000. *Diatom flora of marine coasts. Iconographia diatomologica, Vol. 7, Diversity-Taxonomy-Identification* Gantner, Rugell.

Recibido: 21 de septiembre de 2018.

Revisado: 28 de noviembre de 2018.

Corregido: 17 de agosto de 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.

Revisores: Tres revisores anónimos.

Aclaración de la identidad de una diatomea registrada en México: *Minidiscus decoratus*, una especie pico-nanoplanctónica marina

Clarification of the identity of a diatom registered in Mexico: *Minidiscus decoratus*, a marine pico-nanoplanktonic species.

José Antolín Aké-Castillo

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Calle Hidalgo 617, Col. Río Jamapa, C. P. 94290, Boca del Río, Veracruz, México.
Email: aake@uv.mx

Aké-Castillo, J. 2020. Aclaración de la identidad de una diatomea registrada en México: *Minidiscus decoratus*, una especie pico-nanoplanctónica marina. *Cymbella* 6(2): 78-81.

RESUMEN

Minidiscus es uno de los géneros de diatomeas marinas de tamaño menor de 10 μm por lo que pertenecen al pico-nanoplancton. Para su estudio morfológico es necesario la utilización de microscopio electrónico. Hasta el 2001, en México se tenía el registro de tres especies de *Minidiscus* en el océano Pacífico, una de las cuales fue reportada como *M. trioculatus*. En 2004 se describió una nueva especie, *M. decoratus*, por lo que a la luz de las características morfológicas diagnósticas de esta especie, se reconoce que la identidad de la especie reportada como *M. trioculatus* corresponde a *M. decoratus*. Se hace la aclaración en este escrito sobre la diversidad de especies de *Minidiscus* y su distribución en México.

Palabras clave: Bacillariophyta, comicus, chilensis, Minidiscus, picoplancton, trioculatus.

ABSTRACT

Minidiscus is one of the tiniest diatom genera. With sizes smaller than 10 μm , they are pico-nanoplanktonic, and electron microscope is needed for their study. Until 2001, in México there were records of three species in the Pacific Ocean; one was reported as *M. trioculatus*. In 2004 a new species, *M. decoratus*

was described. The morphological characters of this new species indicate that the identity of the species previously reported as *M. trioculatus* is actually *M. decoratus*. The clarification is made in this article to correct information on the diversity of the species of *Minidiscus* and on the distribution of its species in Mexico.

Key words: Bacillariophyta, comicus, chilensis, Minidiscus, picoplancton, trioculatus,

INTRODUCCIÓN

Minidiscus Hasle 1973 (Bacillariophyta/Thalassiosiraceae), al tener una talla menor de 10 μm , es uno de los géneros de diatomeas marinas más pequeños del grupo (Hasle 1973; Park *et al.* 2018) y pertenece al picoplancton (< 2 μm) y nanoplancton (2 - 20 μm). La mayoría de las especies han sido descritas basadas en criterios morfológicos y solo una parte de ellas han sido corroboradas por estudios moleculares (Kaczmarek 2009; Park *et al.* 2017). A la fecha, M. D. Guiry (Guiry & Guiry 2020) reconoce la existencia de 12 especies válidas más 2 taxones infraespecíficos. Puesto que se trata de especies pico-nanoplanctónicas, la identificación morfológica requiere de observaciones a grandes aumentos; por ello el

uso de microscopios electrónicos es indispensable para la observación precisa de la rimopórtula, ful-topórtulas y patrón de arreglo de las areolas que caracterizan a las diferentes especies del género.

En México, la presencia de por lo menos 3 especies de *Minidiscus* habían sido reportadas en las aguas costeras del océano Pacífico: *M. trioculatus* (Taylor) Hasle, *M. comicus* Takano y *M. chilensis* Rivera (Aké-Castillo *et al.* 2001), y una especie para el Golfo de México: *M. trioculatus* (Licea *et al.* 2016).

A la luz de la nueva información generada y el incremento en el conocimiento de la diversidad de las especies de *Minidiscus*, hoy se conoce que una de las especies identificadas en el Pacífico mexicano (Aké-Castillo *et al.* 2001) tiene una identidad taxonómica diferente y pertenece a otra especie descrita posterior al año 2001 (Quiroga & Chrétiennot-Dinet 2004).

La intención de este escrito es aclarar la identidad de dicha especie, para evitar futuras malas interpretaciones de la diversidad de las especies y de su distribución en México, así como el conocimiento de su biogeografía global.

MÉTODOS

Se hizo una revisión del trabajo de Quiroga & Chrétiennot-Dinet. (2004), donde describieron la nueva especie *Minidiscus decoratus* y señalaron como sinónimo a la especie *Minidiscus trioculatus* reportada e ilustrada en Aké-Castillo *et al.* (2001).

Se compararon las características morfológicas mostradas en las figuras 1-3 en Aké-Castillo *et al.* (2001) con las características diagnósticas de *M. decoratus* (Quiroga & Chrétiennot-Dinet 2004).

Se hizo una revisión de la presencia de especies de *Minidiscus* en México así como su distribución nacional.

RESULTADOS

La especie identificada como *M. trioculatus* en el trabajo de Aké-Castillo *et al.* (2001) es efectivamente *M. decoratus*. Los especímenes ilustrados presentan características concordantes con el rasgo diagnóstico de *M. decoratus*, que es la limitación de las areolas en la parte media de la superficie de la valva (Quiroga & Chrétiennot-Dinet 2004). De esta manera se hace la aclaración de la identidad de

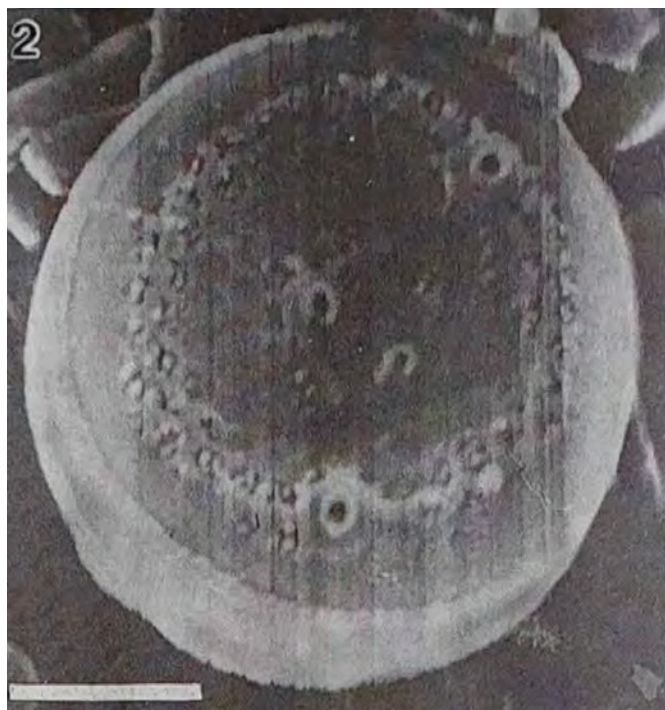


Figura 1. *Minidiscus decoratus* (tomado de figura 2 en Aké Castillo *et al.* 2001, con permiso de Elsevier¹). Escala 1 μ m.

¹Reprinted from Cryptogamie, Algologie, 22, Aké-Castillo, J.A., D.U. Hernández-Becerril, M.E. Meave del Castillo & E. Bravo-Sierra, Species of *Minidiscus* (Bacillariophyceae) in the Mexican Pacific Ocean, 101-107, 2001, with permission from Elsevier.

Cuadro 1. Especies de *Minidiscus* en México.

Especie	Localidad	Hábitat	Referencia
<i>M. chilensis</i> Rivera	Pacífico mexicano: Baja California; Bahía de Todos Santos	Marino; formando florecimientos	Aké-Castillo <i>et al.</i> 2001; Peña-Manjarrez 2008
<i>M. comicus</i> Takano	Pacífico mexicano: Golfo de Tehuantepec	Marino	Aké-Castillo <i>et al.</i> 2001
<i>M. decoratus</i> Chrétiennot-Dinet et Quiroga	Pacífico mexicano: Baja California	Marino	Aké-Castillo <i>et al.</i> 2001
<i>M. trioculatus</i> (Taylor) Hasle	Golfo de México, sur.	Indicada como de hábitat de agua dulce	Licea <i>et al.</i> 2016

dicho taxón presente en el Pacífico mexicano. *Minidiscus decoratus* Chrétiennot-Dinet et Quiroga in Quiroga & Chrétiennot-Dinet 2004 (fig. 1), reportado como *M. trioculatus* en Aké-Castillo *et al.* 2001, *Cryptogamie Algologie* 22, p. 102, figs. 1–3. Quiroga & Chrétiennot-Dinet (2004) reportan un diámetro de 2.3 a 2.9 μm para la especie, mientras que Aké-Castillo *et al.* (2001) reportan de 1.5 a 3.3 μm , por lo que se trata de una especie pico-nanoplanctónica. El cuadro 1 muestra el registro y distribución de las especies de *Minidiscus* en México.

DISCUSIÓN

Los registros para el Pacífico mexicano realizados en 2001 (Aké-Castillo *et al.* 2001) se basaron en observaciones hechas en microscopía electrónica tanto de transmisión como de barrido. Con base en la información de las 6 especies conocidas hasta aquella fecha (ver revisión en Aké-Castillo *et al.* 2001) se identificaron 3 especies: *Minidiscus trioculatus*, *M. comicus* y *M. chilensis*.

Quiroga & Chrétiennot-Dinet (2004) describen a la especie *M. decoratus* y señalan en sus argumentos que las figuras de *M. trioculatus* mostradas en Aké-Castillo *et al.* (2001) corresponden a las características de su nueva especie. Los mismos autores, en la diagnosis de la nueva especie *M. decoratus*, señalan como sinónimo a "*Minidiscus trioculatus* in Aké -Castillo *et al.* 2001, *Cryptogamie Algologie* 22, p. 102, figs. 1–3". Es importante aclarar que esta denominación como sinónimo no se refiere a un sinónimo nomenclatural o taxonómico, sino a una equivalencia en la identidad de la especie que fue determinada como *M. trioculatus*, ya que a la fecha de la determinación (2001) no se tenían caracteres diacríticos que ahora permiten distinguir a las 12 especies del género.

En México, a partir del año 2001, no ha habido un incremento notable en los registros de especies de

Minidiscus, quizás por las implicaciones metodológicas derivadas de su tamaño, que representan retos para su estudio y que ya ha sido señalados con anterioridad (Aké-Castillo *et al.* 2001; Zingone *et al.* 2011). A pesar de que las especies de *Minidiscus* juegan un papel importante en la exportación de carbono (Leblanc *et al.* 2018), las técnicas de estudio adecuadas para el picoplancton (Zingone *et al.* 2011; Santana-Vega *et al.* 2018) no han sido implementadas de manera extensiva en México.

CONCLUSIÓN

La diversidad de especies de *Minidiscus* en México es, a la fecha, de 4 especies. Los registros son escasos, lo cual es un indicador del problema de inadvertencia de su presencia en los estudios rutinarios de análisis de fitoplancton, por lo que es recomendable implementar estudios de microscopía electrónica para trabajar con especies de pequeño tamaño ($< 10 \mu\text{m}$).

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los comentarios hechos por dos revisores y el editor para la mejora de este escrito. Agradecemos al personal de la biblioteca de la Facultad de Ciencias - UNAM las facilidades otorgadas para la obtención de la publicación de *Cryptogamie, Algologie* del 2001.

REFERENCIAS

- Aké-Castillo, J.A., D.U. Hernández-Becerril, M.E. Meave del Castillo & E. Bravo-Sierra. 2001. Species of *Minidiscus* (Bacillariophyceae) in the Mexican Pacific Ocean. *Cryptogamie, Algologie* 22: 101–107.
- Guiry, M.D. & G. M. Guiry. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (consultado el 12 de mayo de 2020).
- Hasle, G.R. 1973. Thalassiosiraceae, a new diatom family.

- Norwegian Journal of Botany* 20: 67–69.
- Leblanc K., B. Quéguiner, F. Diaz, V. Cornet, M. Michel-Rodriguez, X. Durrieu de Madron, C. Bowler, S. Malviya, M. Thyssen, G. Grégori, M. Rembauville, O. Grosso, J. Poulain, C. de Vargas, M. Pujo-Pay & P. Conan. 2018. Nanoplanktonic diatoms are globally overlooked but play a role in spring blooms and carbon export. *Nature Communications* 9: 953. doi: 10.1038/s41467-018-03376-9.
- Licea S., J. L. Moreno-Ruiz & R. Luna. 2016. Checklist of diatoms (Bacillariophyceae) from the southern Gulf of Mexico: Data-base (1979-2010) and new records. *Journal of Biodiversity and Endangered Species* 4: 174. doi: 10.4172/2332-2543.1000174.
- Park, J. S., S. W. Jung, J. S. Ki, R. Guo, H. J. Kim, K. W. Lee & J. H. Lee. 2017. Transfer of the small diatoms *Thalassiosira proschkinae* and *T. spinulata* to the genus *Minidiscus* and their taxonomic re-description. *PLoS One* 12(9):9 e0181980.
- Peña-Manjarrez, J. L. 2008. Ecología de dinoflagelados productores de florecimientos en Bahía Todos Santos, Baja California. Tesis de Doctorado. CICESE. Ensenada, BC. México. 240 pp.
- Quiroga, I., M. J. Chrétiennot-Dinet. 2004. A new species of *Minidiscus* (Diatomophyceae, Thalassiosiraceae) from the eastern English Channel, France. *Botanica Marina* 47(4): 341–348. <https://doi.org/10.1515/bot.2004.040>
- Santana-Vega, Z., D. U. Hernández-Becerril, A. R. Morales-Blake, F. Varona-Cordero & M. Merino-Ibarra. 2018. Prokaryotic picoplankton distribution within the oxygen minimum zone of the central Mexican Pacific across environmental gradients. *Brazilian Journal of Oceanography* 66(2): 157-171.
- Zingone, A., D. Sarno, R. Siano & D. Marino. 2011. The importance and distinctiveness of small-sized phytoplankton in the Magellan Straits. *Polar Biology* 34: 1269–1284. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0937-2>
- Recibido: 6 de mayo de 2020.*
Revisado: 3 de agosto de 2020.
Corregido: 13 de agosto de 2020.
Aceptado: 15 de agosto 2020.
Revisores: 2 revisores anónimos.

Taxonomy and morphologies of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) in Golfo Nuevo, Argentina.

Taxonomía y morfologías de *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) en Golfo Nuevo, Argentina.

Graciela N. Casas*

Laboratory of Benthic Marine Algae. Institute of Biology of Marine Organisms (IBIOMAR- CONICET). 2915 Brown Boulevard. U9120ACD Puerto Madryn – Argentina.

*email: graciela@cenpat-conicet.gob.ar

Casas, G.N. 2020. Taxonomy and morphologies of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) in Golfo Nuevo, Argentina. *Cymbella* 6(2): 82-87.

ABSTRACT

Since 1992, after the accidental introduction of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) and its subsequent dispersion along the coasts of Argentina, the species has become part of the local benthic marine flora. In this note, after reviewing the background of *Undaria*, the taxonomic position of the forms found in Golfo Nuevo (Argentina) can be confirmed and the observed morphotypes discussed.

keywords: bioinvasions; Japanese kelp; marine macroalgae; Patagonian coasts; Undaria.

RESUMEN

Desde 1992, luego de la introducción accidental de *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) y su subsecuente dispersión a lo largo de las costas de Argentina, la especie se ha convertido en parte de la flora marina bentónica local. En esta nota, luego de revisar los antecedentes de *Undaria*, se puede confirmar la posición taxonómica de las formas encontradas en Golfo Nuevo (Argentina) y discutir los morfotipos observados.

palabras clave: alga japonesa; bioinvasiones; costas patagónicas; macroalgas marinas; Undaria

About the taxonomy of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar 1873

Most of the genus of brown algae known as “kelps” historically were placed in the Laminariaceae, but according with the opinion of different authors they had to be excluded from this family (Miyabe 1957). In the modern systems the “kelps” were located in the order Laminariales Migula, being the Alariaceae family classified in this order (Setchell & Gardner 1925) and although many species have been transferred to other genera and many new taxa were described, this classification is still used (Guiry & Guiry 2020).

The genus *Undaria* Suringar (previously classified as *Alaria pinnatifida* by Harvey 1859) was placed within the Alariaceae family with four species: *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar 1873, *Undaria peterseniana* (Kjellmann) Okamura 1915, *Undaria undarioides* (Yendo) Okamura 1915 and *Undaria crenata* Y.-P. Lee & J.T. Yoon 1998 (Guiry & Guiry 2020).

After Saito (1975) *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar was described from samples collected in Shimoda, Shizuoka Prefecture, Japan. The f. *typica* Yendo is observed in the Southern districts of Japan especially in “shallow” tempered waters. Miyabe (1902) proposed another species: *Undaria distans* (based on the previous description of *Ulop-*

teryx pinnatifida (Harvey) Kjellman, but in opinion of Okamura (1915) it was a local and ecological form of *U. pinnatifida* and was located as f. *distans* Miyabe et Okamura (Miyabe 1957, footnote by J. Tokida). This form is widely distributed in Japan, but especially in the Northern districts and in the cold "deep-water" of Southern districts.

There is another form of *Undaria pinnatifida*, the f. *narutensis* Yendo, with stipe shortest, a less folded sporophylls which become confluent with the blade. This form, however, should be considered as an extreme case of the f. *typica*, and if one strictly distinguishes one from the other many more *formae* may be enumerated, but other than the two, f. *typica* and *distans*, are of less importance (Okamura 1915). Going back to history, Suringar in 1873 classified *U. pinnatifida* in:

- *U. pinnatifida* var. *vulgaris*
 - = f. *subflabellata*
 - = f. *elliptic*
- *U. pinnatifida* var. *elongata*.

But Suringar did not describe them. So, Suringar's 1873 classifications for these infraspecific taxa were disregarded.

Miyabe & Okamura described *Undaria distans* (Miyabe 1902, and translated edition 1957), but Yendo (1911) placed it as a form of *U. pinnatifida* f. *distans* and also suggested f. *typica* and f. *narutensis*.

This classification of Yendo (1911) was followed by Okamura (1915) and defined f. *narutensis* as an extreme form of f. *typica*, rather than as an independent one. Meaning that, Okamura did not recognize *U. pinnatifida* var. *vulgaris* with its forms: f. *subflabellata* and f. *elliptic*, nor *U. pinnatifida* var. *elongata*. For Lee & Yoon (1998) those infraspecific taxa are superfluous and should be discarded, because they were predated by Suringar in 1873 and have priority.

The concept of the genus was extended to include the species created by Okamura in 1915: *U. pinnatifida*, *U. undarioides* and *U. peterseniana* which differ from each other in the form of the adult thallus and in the position where the sporangia are formed (Saito 1975).

In addition to updating the use of the 1873 Suringar's infraspecific taxa, Lee & Yoon (1998) created the species *Undaria crenata*.

In a modern compilation of the marine algae of Japan (Yoshida 1998), three species were recognized: *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, *Undaria peterseniana* (Kjellman) Okamura and *Undaria undarioides* (Yendo) Okamura.

Undaria crenata Lee & Yoon was published later to

be included in this compilation and for T. Yoshida (*in litt.*) this species may be a hybrid between the three mentioned above, although this entity is currently accepted taxonomically (Guiry & Guiry 2020).

Undariella Y.-P. Lee (1998) is a valid name but it is not legitimate because it is a superfluous name for *Undariopsis* Miyabe & Okamura, being both genera based on *Laminaria peterseniana* Kjellman.

Yoshida (1998) did not recognize *Undariopsis*, then presumably neither he would had recognized *Undariella* if it had been published in time to be considered, and *Undariella* was subsequently invalidated by its author (Lee 1999).

The varieties and forms suggested by Suringar in 1873 were not recognized by Okamura (1915), causing a great confusion and although Okamura's classification was never well explained, it was and still is followed by Japanese researchers, who generally use *U. pinnatifida* f. *pinnatifida* (= *typica*), *U. pinnatifida* f. *distans* and *U. pinnatifida* f. *narutensis*.

About the morphological variations in Argentina

The samples of *Undaria* collected in the Golfo Nuevo (42° 45' S - 64° 55' W), were mostly related in their anatomical and morphological characteristics with the form *distans*, characterized by stipe elongated, almost equal to the length of deeply pinnated blade with large sporophylls limited to the base of stipe, without proliferations (Fig. 1).

Also were observed morphotypes coincident with the Japanese form *typica* (Fig. 2). In this form the stipe is short and the pinnate blade with relatively shallow sinuses between adjacent pinnae well distant from the midrib. The pinnate characteristic of the blade is sometimes diminished. The sporophyll is large, which upper portions confluent at the base of the blade.

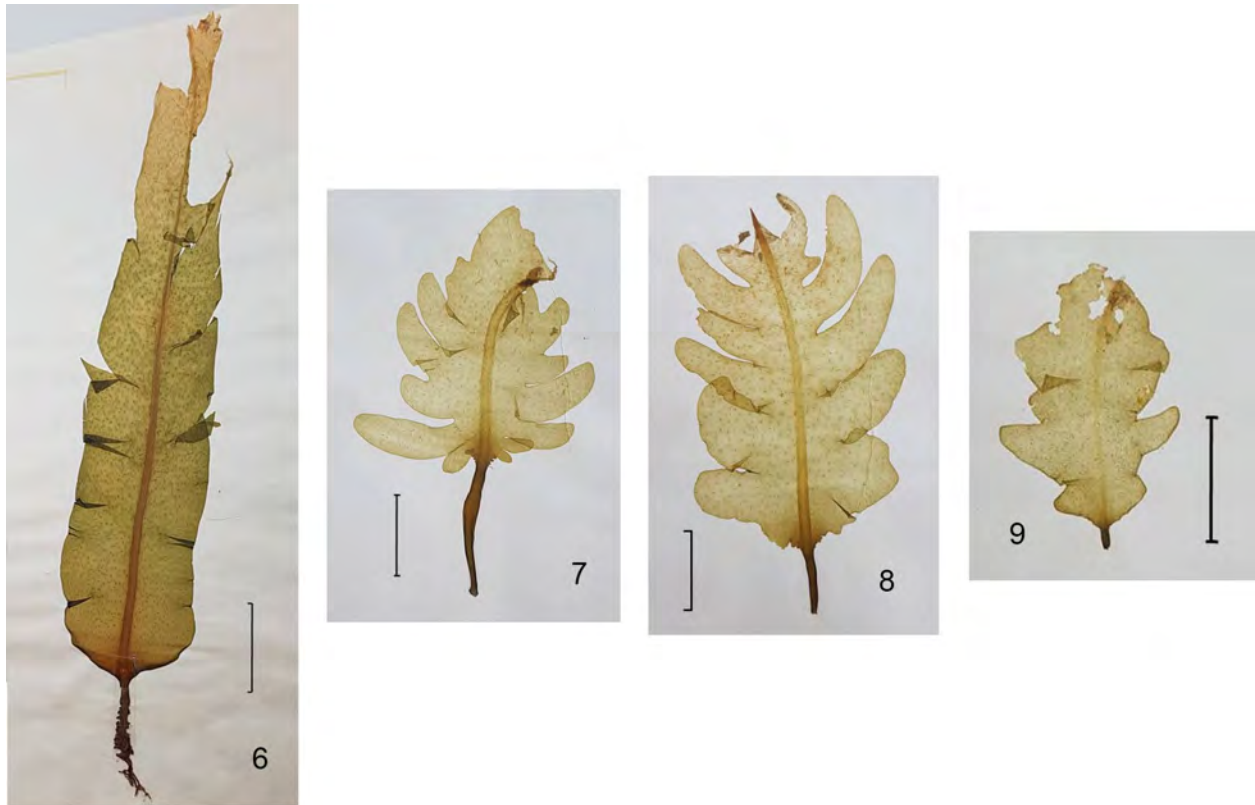
These two forms *typica* and *distans* were found on a regular basis, confirming that both integrate the local populations (Casas 2005, Casas & Piriz 1996, Casas *et al.* 2008).

Another morphotype, occasionally recorded within the samples, matched the description for f. *narutensis* with the sporophyll widely spread over the basal zone of the blade (Fig. 3). Its occurrence was associated with high sea surface temperature in summer and shallow waters.

In a spring sampling (October 1997) specimens collected did not resemble any of the taxonomic forms already described, or the occasional morphological alterations that were seen in Golfo Nuevo. These specimens were classified preliminarily by the author, as similar to *Undaria undarioides* (Fig. 4), opinion shared by Professor Masao Ohno (Kochi University, *in litt.*). But additional taxonomic and molecular studies



Figures 1 – 5. **1)** *Undaria pinnatifida* f. *distans*, collected in Golfo Nuevo, Argentina; scale: 20 cm. (Photo: G. Casas). **2)** *Undaria pinnatifida* f. *típica*; scale: 15 cm. (Photo: G. Casas). **3)** *Undaria pinnatifida* aff. f. *narutensis*, see arrow showing the sporophyll spread over the lowest side of the blade; scale: 20 cm. (Photo: G. Casas). **4)** Morphotype similar to *Undaria undarioides*; scale: 2 cm, collected in Golfo Nuevo in spring-summer (kindly given by Seaweed Herbarium of Cenpat - CONICET). **5)** Form called “aberrant”, collected in Golfo Nuevo: small form elongated; scale: 20 cm. See incipient sporophyll in the lowest third of stipe, resembling the f. *distans* (kindly given by Seaweed Herbarium Collection. Cenpat - CONICET).



Figures 6 – 9. **6)** Non pinnate form with incipient sporophyll; scale: 5 cm (kindly given by Seaweed Herbarium Collection. Cenpat - CONICET). **7)** Small specimen with long stipe; scale: 2 cm. See developed midrib, criptostomata and ligules in the lower part of the blade, characteristics of adult specimens (kindly given by Seaweed Herbarium Collection. Cenpat - CONICET). **8)** Small specimen with adult shape; scale: 2 cm (kindly given by Seaweed Herbarium Collection. Cenpat - CONICET). **9)** Small less pinnate form; scale: 2 cm (kindly given by Seaweed Herbarium Collection. Cenpat - CONICET).

would be necessary to confirm or reject this opinion. Frequently, were found specimens with very remarkable morphological alterations, which could not be related to changes in environmental variables, so they were considered as “aberrant” morphotypes (Figs. 5 - 9), which in a broad sense reflected the great phenotypic plasticity of the species (Casas 2005) and cannot be confused with juvenile specimens of *Undaria*, due to the presence of well-developed midrib and criptostomata, characteristics of adult specimens.

The plants of *Undaria pinnatifida* population living in Golfo Nuevo, can be classified in the forms *typica* and *distans* (Akiyama & Kurogi 1982, Okamura 1915, Tokuda *et al.* 1987; Ueda *et al.* 1963 and photographs kindly sent by K. Akiyama), even the occasional appearance of the *f. narutensis* could be mentioned, although the latter, is considered as an extreme case of *f. typica*.

We agree with Lee & Yoon (1998) that Suringar 1873 classification is valid, but most of the infraspecific taxa lack descriptions, which does not occur with

Japanese descriptions. So, in this work we followed the Japanese classification to identify the Golfo Nuevo specimens (Casas 2005, Okamura 1915). Based only on the morphology of the blade, it could be noted that one of the forms of *U. pinnatifida* present in Golfo Nuevo (Argentina) has characteristics indicative of the *f. typica*, as shortest stipe and pinnate blades although with less deeper incisions. When the differences are clearly referred to the length of the stipe and the location of the sporophyll in the lower third, it would belong to the *f. distans* (Fig. 1) (Casas 2005).

Occasionally, another form was observed with a very short stipe, little divided blade and sporophylic tissue widely extending on its basal portions, characteristics of *U. pinnatifida f. narutensis* (Okamura 1915).

No specimens with the characteristics of *Undaria peterseniana* have been found (Ueda *et al.* 1963, Yoshida 1998) therefore its presence in the Golfo Nuevo has been ruled out.

Regarding the probable presence of *Undaria undarioides*, it is not clear why only few specimens have been found in 1997, five years after the initial introduction of *Undaria pinnatifida* (Casas 2005). Assuming that it was such species, one of the possible explanations is that there have been new subsequent events of introduction of exotic species in the Golfo Nuevo. Then the appearance of *Undaria undarioides* may have been a later event or, that this species after its introduction did not prosper and did not generate a population as abundant as *U. pinnatifida*. The opinions on the different morphologies of *Undaria pinnatifida* are many and controversial. The occasional appearance in Golfo Nuevo of plants belonging to the form *narutensis* and others with important somatic modifications, undoubtedly induce to think on phenotypic alterations as a result of changes in environmental conditions. Observing the forms *typica* and *distans* together in the populations of Golfo Nuevo, leads to suppose that either the two forms have been introduced or these plants would have undergone processes of hybridization and combination of their phenotypic characteristics (Casas 2005). The morphological variations of the sporophytes of *Undaria pinnatifida* are huge and many researchers consider that such variations may be related to environmental conditions, mainly seawater temperature (Morita *et al.* 2003). It is also mentioned that f. *typica* (also called "Inner-bay type" or "Southern type") and f. *distans* ("Outer-bay type" or "Northern type") (Tokuda *et al.* 1987) seem to be caused by environmental and genetic factors (Saito 1972, Watanabe & Nisizawa 1984). In opinion of Pérez *et al.* (1991) the Northern type or f. *distans* and the Southern type or f. *typica* are only phenotypic, because a plant of the f. *distans* transferred to the South of Korea grows with characteristics of f. *typica* and reciprocal characteristics. Since Casas (2005) and Casas *et al.* (2008), the distribution and forms of *Undaria pinnatifida* in Golfo Nuevo, are associated with temperature changes and there is also a clear inverse relationship between this factor and the length of the plants, being the population pattern and phenology of *Undaria pinnatifida* in Golfo Nuevo, conditioned by the relatively small annual ranges of water temperatures. The two mentioned forms that are the most frequently found, and the appearance of the other morphologies that here were discussed might have a phenotypic base, conditioned by environmental factors concluding that the population of *Undaria pinnatifida* from the Golfo Nuevo is evidently polymorphic. This article is based only on morphological differen-

ces in a genus with great plasticity and the conclusions were not confirmed by molecular techniques. However, in the absence of such a resource, the manuscript provides a basis that could be useful for future research, proposing here an enthusiastic invitation to researchers in molecular techniques and taxonomy to join in the taxonomic challenge posed in this work.

REFERENCES

- Akiyama, K. & M. Kurogi. 1982. Cultivation of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, the decrease in crops from natural plants following crop increase from cultivation. *Bulletin Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 44: 91-100.
- Casas, G.N. 2005. Biology and ecology of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae) in the Golfo Nuevo, Argentina. PhD Thesis in Biology, Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina. 234 pp.
- Casas, G.N. & M.L. Piriz. 1996. Surveys of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) in Golfo Nuevo, Argentina. *Hydrobiologia* 326/327: 213-215.
- Casas, G.N., M.L. Piriz & E.R. Parodi. 2008. Population features of the invasive kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae: Laminariales) in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88: 21-28.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2020. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 10 August 2020.
- Lee, Y.-P. 1998. *Undariella*, a new genus of the Alariaceae (Laminariales, Phaeophyta). *Algae* 13: 419-426.
- Lee, Y.-P. & J.T. Yoon. 1998. Taxonomy and morphology of *Undaria* (Alariaceae, Phaeophyta) in Korea. *Algae* 13: 427-446.
- Lee, Y.-P. 1999. Nomenclatural correction of *Undariella*, a new genus of the Alariaceae (Laminariales, Phaeophyta). *Algae* 14: 79.
- Miyabe, K. 1902. On the Laminariaceae of Hokkaido. *Report of the Investigation on the Marine Resources of Hokkaido* 3: 1-60.
- Miyabe, K. 1957. On the Laminariaceae of Hokkaido. *Journal of Sapporo Agricultural College (An English Edition)* 1: 1-80.
- Morita, T., A. Kurashima & M. Maegawa. 2003. Temperature requirements for the growth of young sporophytes of *Undaria pinnatifida* and *Undaria undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycological Research* 51: 266-270.
- Okamura, K. 1915. *Undaria* and its species. *The Botanical Magazine*, Tokyo 29: 266-278.
- Pérez, R., R. Kaas, O. Barbaroux, S. Arbault, N. Le Bayon & J.Y. Moigne. 1991. *Undaria*, une japonaise en Bretagne:

- nouvelle technique de culture d'une algue alimentaire. *Equinoxe* 36: 19-30.
- Saito, Y. 1972. On the effects of environmental factors on morphological characteristics of *Undaria pinnatifida* and the breeding of hybrids in the genus *Undaria*. In: I.A. Abbott & M. Kurogi (Eds.) *Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the North Pacific. Japanese Society of Phycology*: 117-131.
- Saito, Y. 1975. *Undaria*. In: J. Tokida & H. Hirose (Eds.) *Advances of Phycology in Japan*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 304-320.
- Setchell, W.A. & N.L. Gardner. 1925. The Marine Algae of the Pacific Coast of North America. *University of California Publications in Botany* 8: 383-898.
- Suringar, W.F.R. 1873. Illustrationes des algues du Japon. *Musée Botanique de Leide* 1: 77-90, pls 26-33.
- Tokuda, H., M. Ohno & H. Ogawa. 1987. *The Resources and Cultivation of Seaweeds*. Midori Shobo Co. Ltd., Tokyo (In Japanese, translated by Y. Aruga).
- Ueda, S., K. Iwamoto & A. Miura. 1963. *Aquatic Botany* (In Japanese, translated by Y. Aruga). Koseisha Koseikaku Co. Ltd., Tokyo.
- Watanabe, T. & K. Nisizawa. 1984. The utilization of wakame (*Undaria pinnatifida*) in Japan and manufacture of "haiboshi wakame" and some of its biochemical properties. *Hydrobiologia* 116/117: 106-111.
- Yendo, K. 1911. The development of *Costaria*, *Undaria* and *Laminaria*. *Annals of Botany* 25: 691-715
- Yoshida, T. 1998. *Marine Algae of Japan*. Uchida Rokakuho Publ. Co. Ltd., Tokyo.

Recibido: 15 de mayo de 2020

Revisado: 22 de julio de 2020

Corregido: 4 de agosto de 2020

Aceptado: 22 de agosto de 2020

Revisores: Dr. José Zertuche y Dr. Luis Aguilar.

Macroalgas marinas de México. Visiones sobre su diversidad

Mexican marine macroalgae. Visions on their diversity

Francisco F. Pedroche.

Departamento de Ciencias Ambientales, UAM-Lerma. Av. De las Garzas # 10, Lerma de Villada, Edo. Mex. 52005.

México & University Herbaria, UC-Berkeley, CA 95720, USA.

Email: fpedroche@correo.ler.uam.mx

Pedroche, F.F. 2020. Macroalgas marinas de México. Visiones sobre su diversidad. *Cymbella* 6(2): 88-98.



MACROALGAS MARINAS DE MEXICO VISIONES SOBRE SU DIVERSIDAD

Francisco F. Pedroche y Abel Senties
Universidad Autónoma Metropolitana

Figura 1. Presentación de la conferencia: Macroalgas marinas de México. Visiones sobre su diversidad, en el XXI Congreso Mexicano de Botánica (foto KeyNote).

INTRODUCCIÓN

El presente texto es el resultado de la exposición que el Dr. Abel Sentés y un servidor realizamos en el simposio denominado: Avances en el conocimiento de la diversidad de los hongos, líquenes, algas y plantas en México llevado a cabo durante el XXI Congreso Mexicano de Botánica en 2019 en la ciudad de Aguascalientes, México (Fig. 1). La finalidad fue presentar un panorama actualizado del estado de conocimiento de estos grupos y sus avances más significativos. Por lo tanto, no presenta el formato formal de un artículo de investigación y hemos reducido a lo esencial las referencias bibliográficas.

Las macroalgas marinas bentónicas en México se manifiestan en una línea de costa de aproximadamente 11,150 km, de los cuales 7,828 corresponden al Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California, y 3,294 al Golfo de México y Mar Caribe. A este gran total, habría que sumar el perímetro de los 5,127 km² que cubre el sistema insular. El estudio de su presencia en estas costas se remonta a mediados del siglo XIX y desde entonces, el estudio de su diversidad ha sido un elemento constante de trabajo entre ficólogos nacionales y extranjeros.

La diversidad biológica, también conocida como biodiversidad, es un concepto que ha sido interpretado de diferentes maneras, por diferentes autores, dependiendo principalmente de su escala de estudio. La importancia de este concepto, que en cualquier caso es útil cuando se hacen juegos geográficos, es su capacidad como posible indicador del deterioro o mejora del medio ambiente. Independientemente de la definición, la diversidad tiene dos componentes principales: espacio y tiempo, el primero mostrado en patrones, el segundo a su vez en dos dimensiones: corto (estacionalidad y cambios anuales) y a largo plazo (recuperado en las relaciones filogenéticas o históricas). Esto nos lleva a considerar un concepto multidimensional de la biodiversidad, que puede ser abordado desde sus patrones o desde sus procesos.

Estimaciones recientes de la biodiversidad costera en México no han considerado a profundidad la importancia de las algas en este panorama. Las algas representan un grupo del cual el valor estimado de su diversidad, a nivel mundial es desconocido, más aún de aquellas presentes en los litorales Pacífico y Atlántico mexicanos.

La intención de la presente contribución se centra en mostrar algunas visiones de la biodiversidad de algas marinas en México. Así, presentaremos la visión que llamamos externa y que se refiere a la apreciación que algunas instituciones, en parti-

cular La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) tiene del conocimiento ficológico en México. Esta Comisión se ha propuesto ser el líder en la organización y financiamiento de proyectos orientados en este sentido y se ha convertido también en el depositario de bases de datos y listas de los taxones registrados, que resultan de estos proyectos. La segunda visión se refiere a la situación que este conocimiento guarda en los círculos académicos y, finalmente, la visión a futuro que pretende proponer estrategias para compensar estas diferencias en el estado de arte en este grupo.

LA VISIÓN EXTERNA.

La visión externa estimó en 2013 que en México había alrededor de 4,917 especies de algas y protistas o protozoarios (clasificación usada por CONABIO) (Fig. 2A). En este número se encuentran incluidos todos los grupos taxonómicos y ambientes. Hago la aclaración de que usaremos la denominación de nombres correctos o aceptados taxonómicamente y no el de especies válidas, concepto no adecuado para los propósitos que nos ocupan. Para 2017, el número se redujo a 4,758 de un total estimado de 43,918 especies en el mundo. No es claro si se excluyeron a los protozoarios (Fig. 2B). Antes, habíamos mencionado que realmente las estimaciones de los números globales son inciertas; por ejemplo, solo en el caso de las diatomeas se considera que hay posiblemente 200,000 especies actualmente. Un intento por presentar información más detallada y precisa se dio con la iniciativa de la publicación de la biodiversidad por estados de la república. En dichas publicaciones los datos no son tratados de manera homogénea, ni con la profundidad necesaria en algunos casos.

LA VISIÓN INTERNA.

La segunda visión (la visión interna) es resultado de la consulta y actualización de catálogos y a través de trabajos especializados en géneros particulares que emplean técnicas de reciente introducción, incluimos un análisis comparativo a lo largo del tiempo del panorama que ha guardado la apreciación del conocimiento de las algas, en particular el de las formas marinas, en México. Previamente, se han publicado avances a este respecto que, sin embargo, no han sido considerados en su dimensión en las recientes publicaciones sobre la biodiversidad de México. Hemos actualizado hoy en día los nombres de las especies reconocidas taxonómicamente para los litorales de México y registradas desde 1847. Esta segunda visión se desdobra en visiones

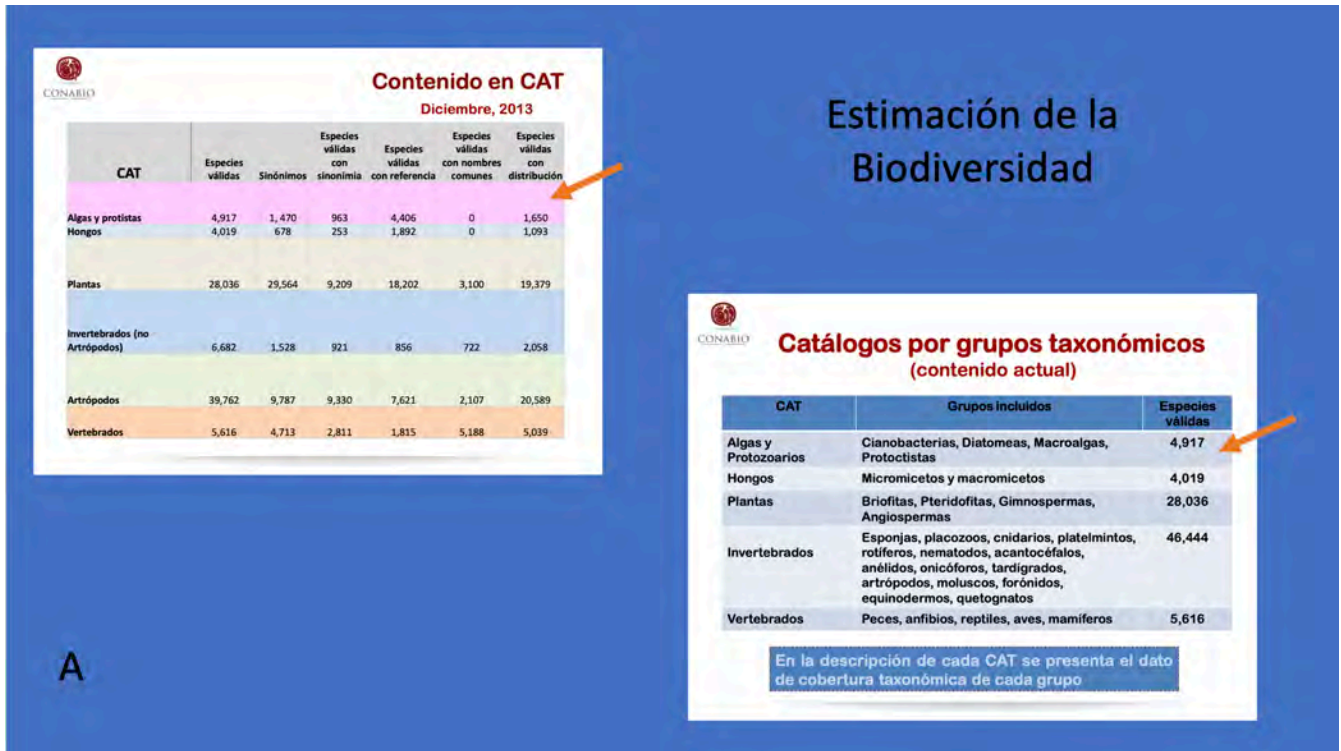


Figura 2A. Estimación de la diversidad de algas de acuerdo con la visión externa 2A. Datos de 2013, imágenes tomadas de Hernández Robles (2014).

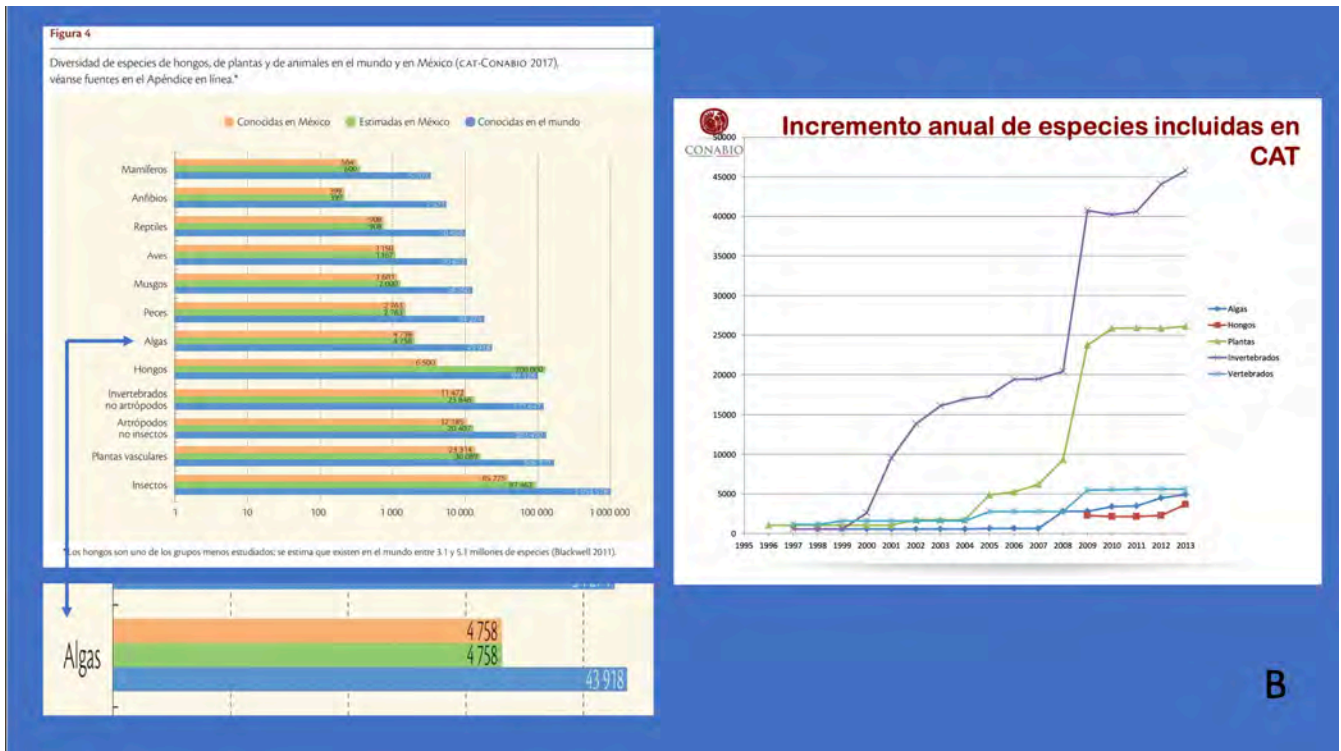


Figura 2B. Datos de 2017, imágenes tomadas de Hernández Robles (2014) y Sarukhán *et al.* (2017).

particulares que manifiestan la posibilidad de acercarse a la biodiversidad de manera diferencial. Una aborda los números totales de las algas marinas en los litorales oriental y occidental de México, por grandes grupos: las Divisiones Chlorophyta y Rhodophyta y una Clase Phaeophyceae, conocidas como algas verdes, rojas y pardas respectivamente. Otra se enfoca a su distribución por regiones y otra más en visiones locales, por entidad federativa.

Así, en 1993 en un primer esfuerzo por reunir toda la información disponible sobre registros y especies, se configuró una tabla por entidad federativa que arrojó un total de 1,600 nombres. Posteriormente, en 2003 este número se amplió a 1,827 y la representación fue también por regiones, reconociendo cinco: Pacífico de Baja California, Golfo de California, Pacífico tropical mexicano, Golfo de México y Caribe mexicano. En 2009, el número de macroalgas marinas fue depurado alcanzando la cifra de 1,751 taxones. Finalmente, para el presente trabajo, construimos listas por División, en donde se tuvo cuidado de actualizar la nomenclatura y considerar las opiniones taxonómicas sobre las posibles sinonimias y llegamos a las cifras que se muestran en la figura 3. De esta manera la ficoflora marina total ascendería a 1,968 taxones. De ellos, 156 son comunes a ambos litorales, por lo que la riqueza quedaría en 1,812

nombres taxonómicamente aceptados (Fig. 4). A este número quizá habría que sumar aquellos taxones citados en la literatura como sp. o morfotipos distintos parecidos a las especies descritas (cf., aff.) que a la fecha son alrededor de 150 y que podrían corresponder a taxones nuevos para la ciencia, lo que conocemos como Biodiversidad potencial (Fig. 4). Una actualización de la información presentada en este párrafo y con una discusión mas amplia, se puede consultar y contrastar en Vázquez Delfín *et al.* (2019) y Pedroche y Senties (2020).

Según algunos autores, las floras de algas marinas se pueden separar en floras pobres con menos de 200 spp., medianamente pobres aquellas con una riqueza entre 200-400 spp., y las floras ricas entre 900-1100 spp. (Bolton 1994). El Pacífico mexicano sería una de estas últimas, mientras que nuestro Atlántico y Caribe quedarían en una categoría no mencionada y que podríamos denominar como medianamente rica con 755 spp. Un panorama similar se encuentra si observamos la riqueza en géneros, 350-450 alta, 250-300, moderada, 100 baja (Norton *et al.* 1996; Kerswell 2006).

Otras visiones de biodiversidad son muestras de aproximaciones complementarias que mejoran el panorama presentado. En cada una de ellas, hemos elegido un ejemplo (el Golfo de California, las

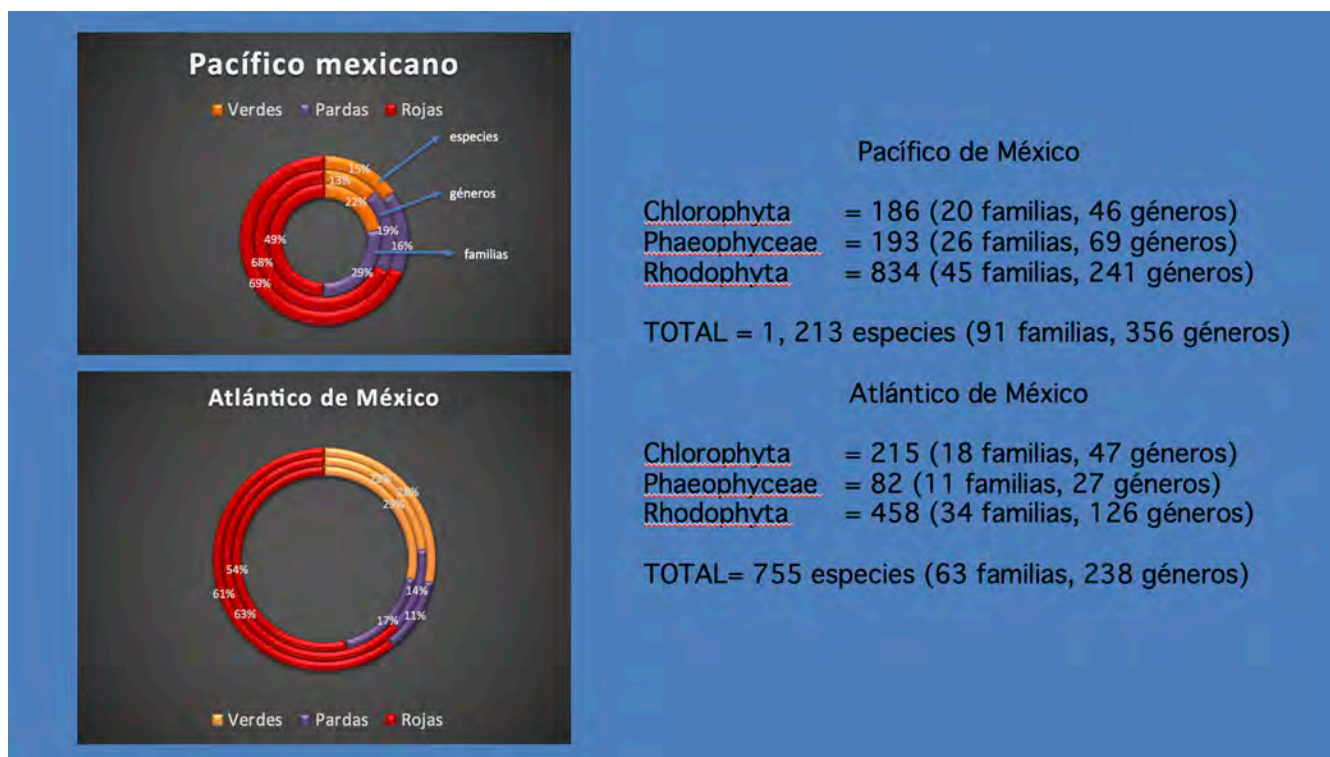


Figura 3. Número de especies de macroalgas marinas conocidas durante el periodo 1847-2019.

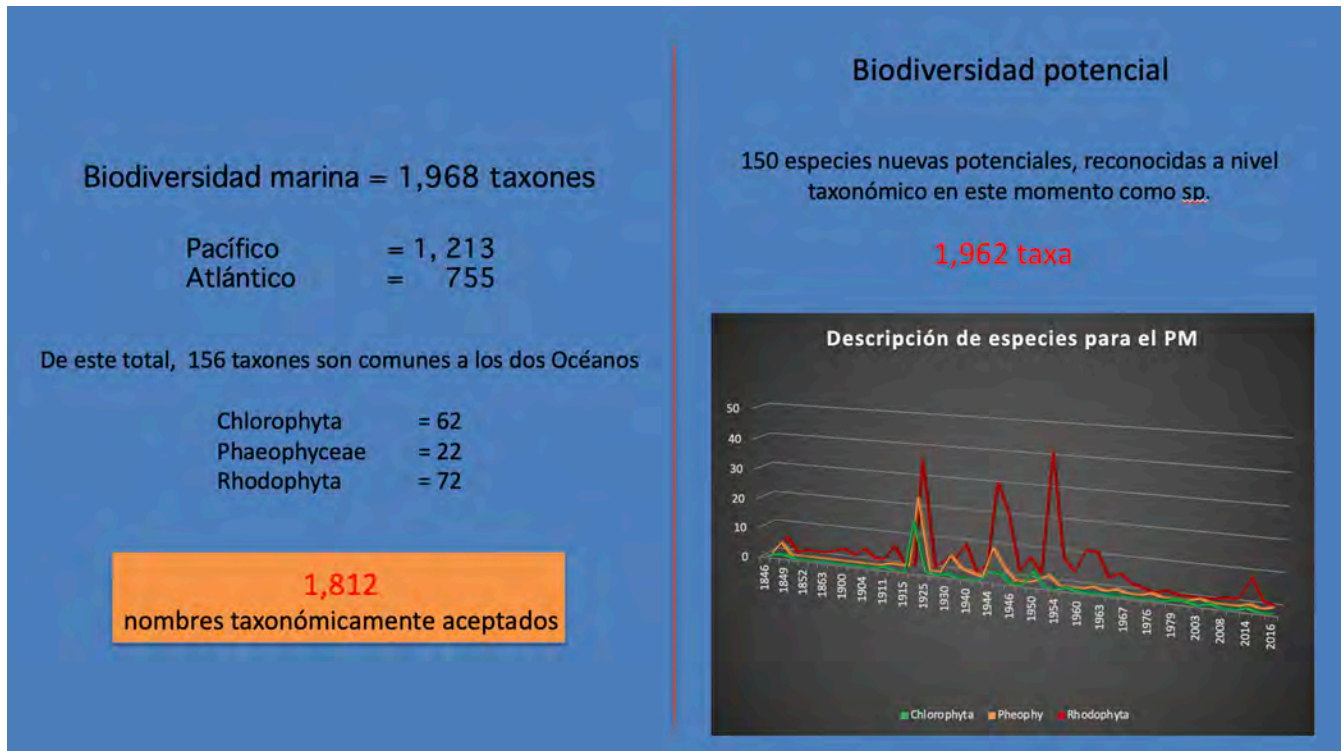


Figura 4. Biodiversidad algal actual y potencial.

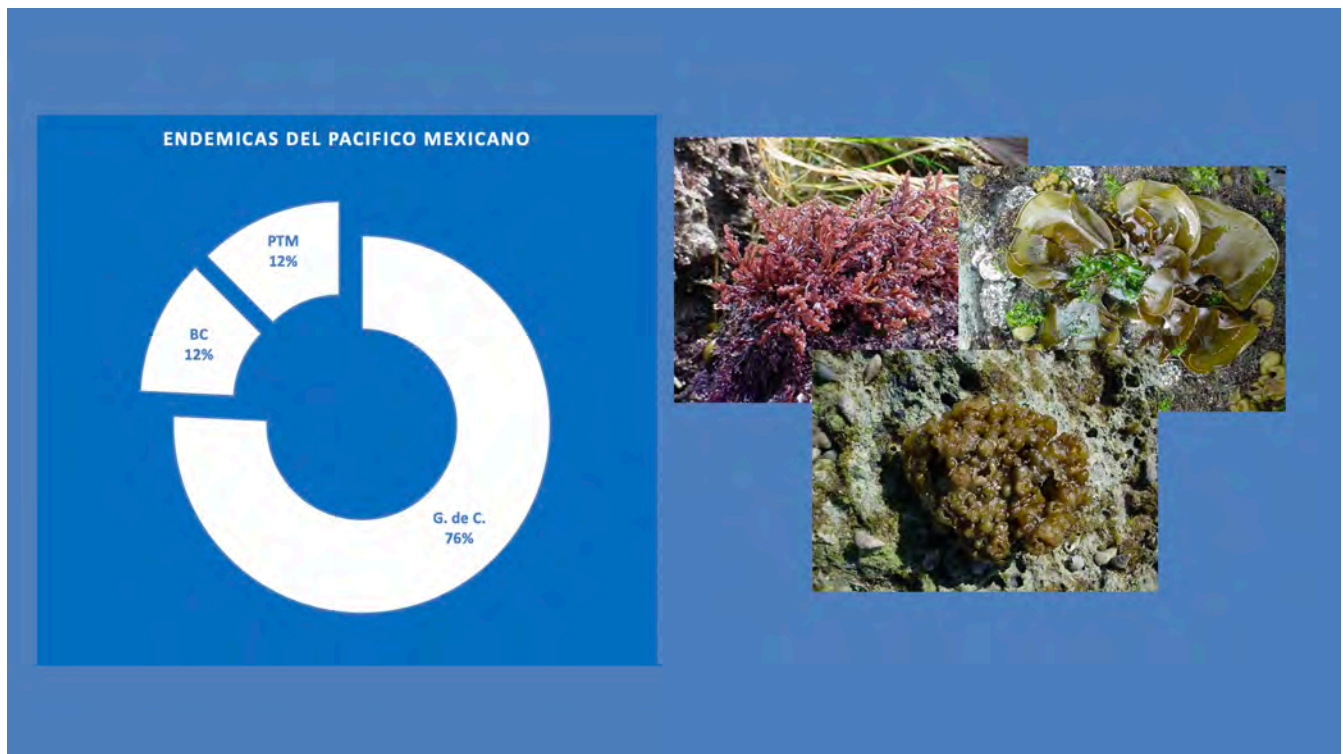


Figura 5. Especies endémicas en el Pacífico mexicano. BC = Costa Occidental de Baja California, G. de C. = Golfo de California, PTM = Pacífico tropical mexicano.

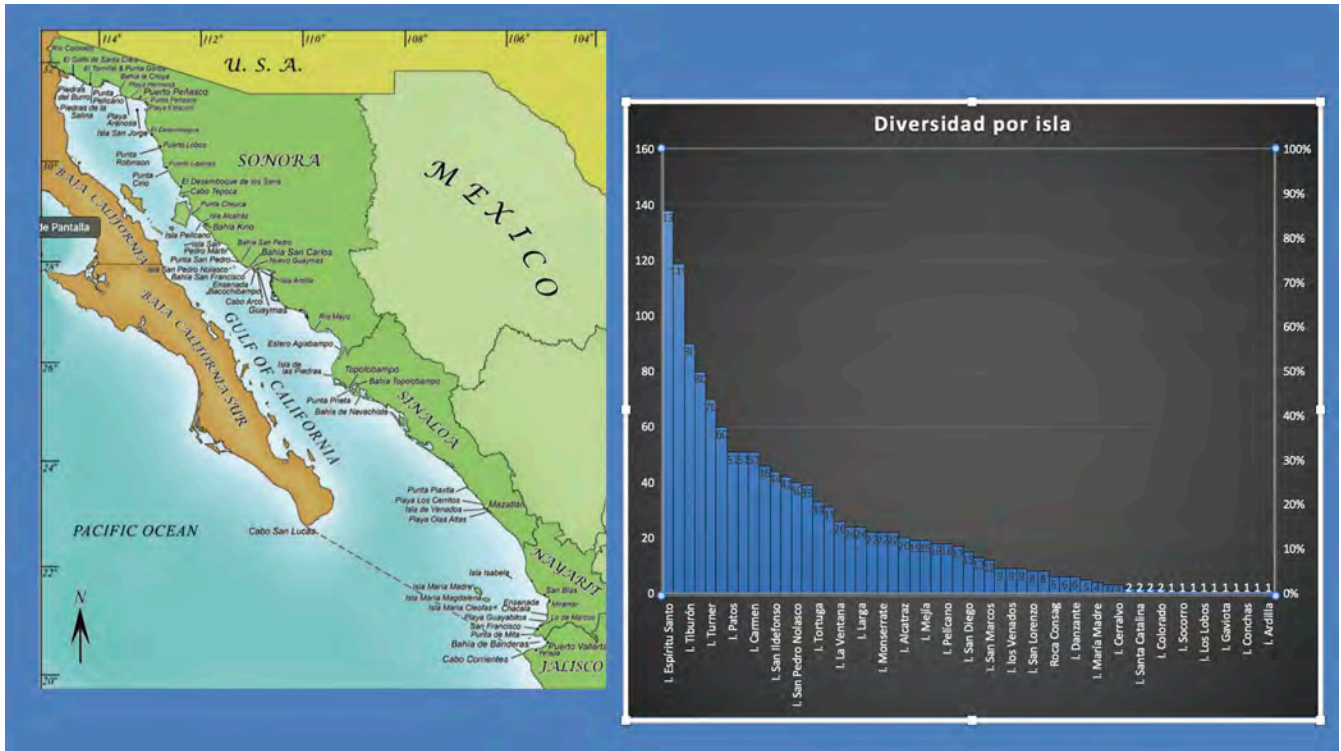


Figura 6. Biodiversidad de ambientes particulares: las Islas del Golfo de California. Número de taxones por isla (la imagen de la izquierda tomada de Norris *et al.* 2017).

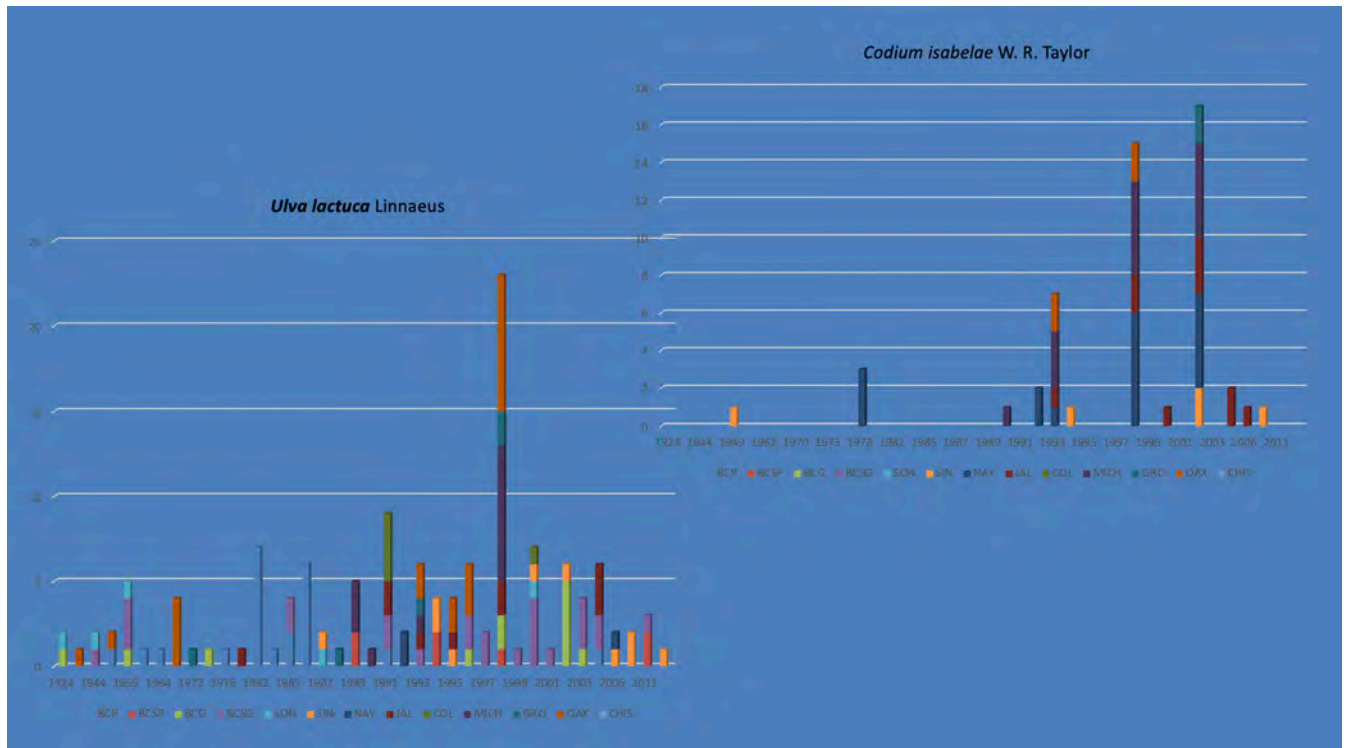


Figura 7. Diversidad temporal. Series de tiempo. Las barras de color muestran el número de registros para la especie, por entidad federativa a partir de su primer registro, hasta 2011.

islas o algunas especies particulares) para mostrar estas visiones.

Endemismos. La primera, referente a los taxa de distribución restringida, conocidos como endemismos (Fig. 5). Casi 300 taxa endémicos de México se encuentran en el Golfo de California; de ellos, 225 son particulares de esta región. Treinta y cinco por ciento del total de especies registradas para el Golfo de California, que es de 730. Este porcentaje ya había sido propuesto en 1960 por Dawson y cuestionado posteriormente por Espinoza Avalos en 1993, quién redujo este porcentaje al 20%, argumentando que algunos taxa no merecían este apelativo. Esto nos lleva, como en muchos casos, a un aspecto conceptual básico en el tratamiento de los taxa: el análisis, discusión y propuesta de términos consensuados, en este ejemplo ¿qué es un alga endémica?

Flora de ambientes. La segunda, es una visión particular de la biodiversidad de una región y tiene que ver con la presencia y ausencia de taxones en determinados ambientes, reconociendo la diversidad ambiental en nuestras costas. Aquí, presentamos un análisis de

aquellos taxones presentes en las islas, también del Golfo de California (Fig. 6). Las islas presentes en esta región se contabilizan en 244 y registran una flora ficológica de 452 taxa. Es decir, el 62% de la diversidad ficológica del Golfo de California se manifiesta en las islas. Sin embargo, solo 57 islas (23%) poseen registros y solamente 18 de ellas (30%) tienen una diversidad por arriba del promedio, que es de 24 registros.

Diversidad temporal. Como se mencionó anteriormente, la estimación de la diversidad como posible indicador del deterioro o mejora del medio ambiente, puede apreciarse si analizamos el comportamiento de la presencia/ausencia de especies a lo largo de años diferentes y espacios diferentes. Esta tercera aproximación contempla lo que se conoce como series de tiempo y podría ser un elemento para considerar si algunas especies están amenazadas o en peligro y orientar quizá algunas de las normas de protección o conservación. En este caso (Fig. 7), dos clorofitas que poseen distribuciones muy diferentes y la intención no es comparar a las dos especies entre sí (que también es posible) sino más bien como, en cada una de ellas, los registros se han comportado a lo largo del tiempo.

<i>Caulerpa taxifolia</i> (M. Vahl) C. Agardh	Chlorophyta	X	
<i>Caulerpa verticillata</i> J. Agardh	Chlorophyta	X	Indias Occid.
<i>Codium fragile fragile</i> (Suringar) Hariot (= <i>Codium fragile tomentosoides</i>)	Chlorophyta	X	
<i>Ulva australis</i> Areschoug (= <i>U. pertusa</i>)	Chlorophyta	X	Japón
<i>Ulva lactuca</i>	Chlorophyta	X	
<i>Ulva linza</i> L. (= <i>Ulva fasciata</i>)	Chlorophyta		Grecia
<i>Ulva lobata</i> (Kützting) Harvey	Chlorophyta		Chile
<i>Ulva nemato idea</i> Bory	Chlorophyta		Chile
<i>Ulva ohnoi</i> M. Hiraoka & S. Shimada	Chlorophyta		Japón
<i>Ulva</i> spp.	Chlorophyta	X	
<i>Ulva tepida</i> Masakiyo & S. Shimada	Chlorophyta		Japón
<i>Ulva torta</i> (Mertens) Trevisan	Chlorophyta		Alemania
<i>Cladostephus spongiosus</i> (Hudson) C. Agardh	Phaeophyta	X	Inglaterra
<i>Dactylosiphon durvillei</i> (Bory de Saint-Vincent) Santiañez, K.M.Lee, S.M.Boo & Kogame (= <i>Colpomenia phaeodactyla</i>)	Phaeophyta	X	Asia ¿Chile?
<i>Dictyopteris prolifera</i> (Okamura) Okamura	Phaeophyta	X	Asia ¿Corea?
<i>Macrocystis pyrifera</i> (Linnaeus) C. Agardh	Phaeophyta	X	
<i>Mutimo cylindricus</i> (Okamura) H. Kawai & T. Kitayama (= <i>Cutleria cylindrica</i>)	Phaeophyta	X	Japón
<i>Pleurosiphon gracilis</i> (Kogame) McDevit & G.W. Saunders (= <i>Scytosiphon gracilis</i>)	Phaeophyta	X	Japón
<i>Sargassum horneri</i> (Turner) C. Agardh	Phaeophyta	X	Corea
<i>Sargassum muticum</i> (Yendo) Fensholt	Phaeophyta	X	Japón
<i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	Phaeophyta	X	Japón
<i>Acanthophora spicifera</i> (M. Vahl) Bergesen	Rhodophyta	X	Islas Virgenes
<i>Agarophyton vermiculophyllum</i> (Ohmi) Gurgel, J.N. Norris & Fredericq (= <i>Gracilaria vermiculophylla</i>)	Rhodophyta	X	Japón
<i>Caulacanthus ustulatus</i> (Mertens ex Turner) Kützting	Rhodophyta	X	España
<i>Chondracanthus squarrolus</i> (Setchell & N.L. Gardner) Hughey, P.C. Silva & Hommersand	Rhodophyta	X	MEXICO
<i>Gracilaria parvispora</i> I.A. Abbott	Rhodophyta	X	Hawaii
<i>Grateloupia tururuta</i> Yamada	Rhodophyta	X	Corea
<i>Lomentaria hakodatensis</i> Yendo	Rhodophyta	X	Japón
<i>Melanthamnus harveyi</i> (Bailey) Diaz-Tapia & Maggs (= <i>Neosiphonia harveyi</i>)	Rhodophyta	X	USA atlántico
<i>Pochymeniopsis lanceolata</i> (Okamura) Y. Yamada ex S. Kawabata (= <i>Grateloupia lanceolata</i>)	Rhodophyta	X	Corea
<i>Pyropia suborbiculata</i> (Kjellman) J.E. Sutherland, H.G. Choi, M.S. Hwang & W.A. Nelson	Rhodophyta	X	Japón
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey	Rhodophyta		Europa

Figura 8. Diversidad de especies algales marinas no nativas para México. La tercera columna indica aquellas reconocidas por CONABIO como no nativas, la cuarta columna el posible origen de la colonización y aquellas subrayadas en amarillo, las no reconocidas por Pedroche y Aguilar Rosas (datos no publicados).

Diversidad de especies no nativas. Otro aspecto que se conjuga con el anterior es la evaluación de la diversidad de aquellas especies que pueden considerarse como no nativas y cuyo impacto en las poblaciones locales no ha sido abordado. Para efectos prácticos, hemos considerado como no nativas a aquellas especies que antes no estaban en determinada región y ahora si lo están. Para México CONABIO (2019) ha propuesto 21 especies de algas marinas en esta categoría lo que representa aproximadamente el 1% en relación con la

diversidad actual de estos organismos en México. En términos de la visión interna este número es diferente encontrándose entre 28 y 32 taxones (Pedroche y Aguilar Rosas, datos sin publicar) (Fig. 8). De ellos, cuatro especies son de reciente incorporación a este elenco, por lo que el número aparentemente se está incrementando, indicando quizá cambios ambientales importantes en nuestras costas. Sin embargo, el número final o definitivo requiere de estudios más detallados y con el uso de herramientas moleculares.

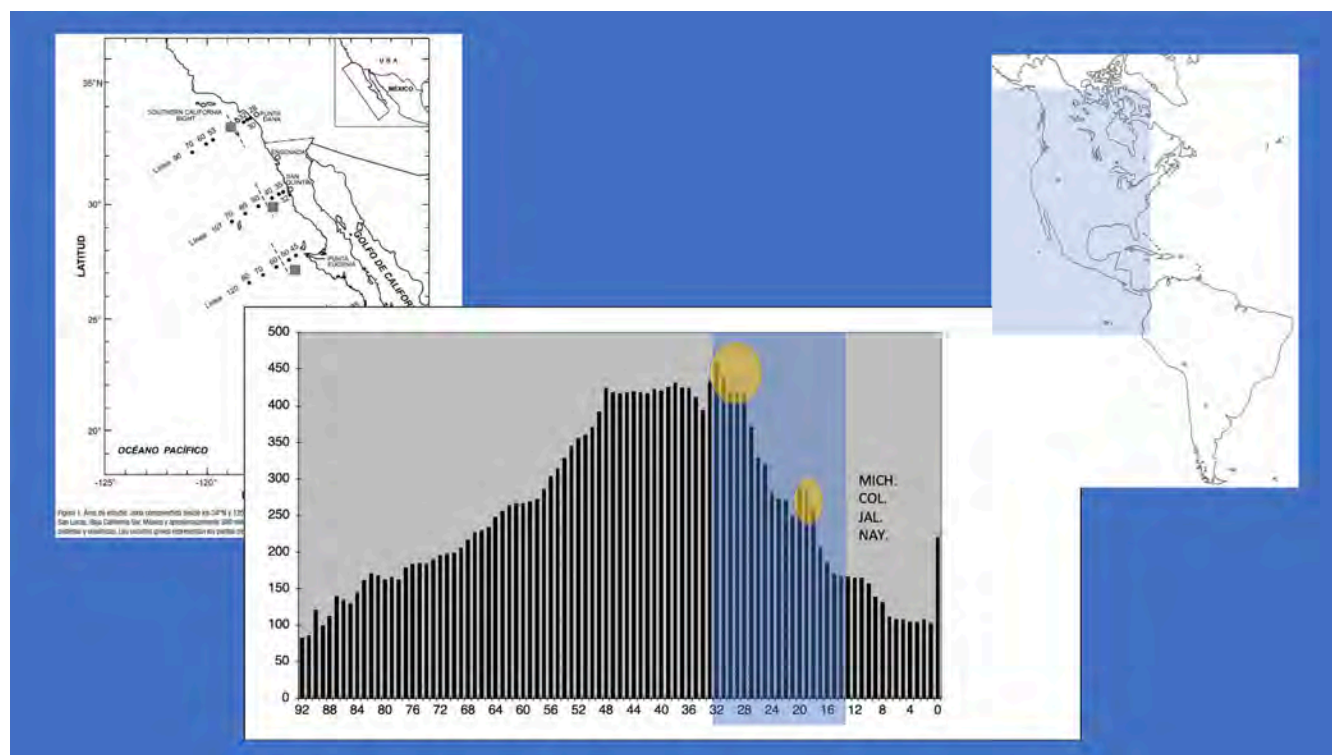


Figura 9. Diversidad y su distribución latitudinal. La imagen de la izquierda muestra los puntos de surgencia (tomada de Hernández de la Torre *et al.* 2015) y el de la derecha muestra el área cubierta en la gráfica de en medio. Los círculos amarillos son los posibles portales en el Pacífico mexicano, área que se encuentra indicada en azul claro.

Diversidad espacial. No podemos dejar de mencionar un quinto enfoque, uno de los más socorridos en el estudio de la biodiversidad y es, su manifestación espacial, en términos latitudinales. Como ya es sabido, las algas no se comportan bajo el esquema de un incremento de la diversidad conforme se acercan a las regiones tropicales, sino que las algas marinas tienen su mayor expresión en las latitudes templadas. Esta aproximación también nos permite formular hipótesis sobre zonas de mayor diversidad

y de los portales que pudiesen existir a lo largo de su distribución. Por ejemplo, en la figura 9 se muestra la diversidad (número) de taxones con respecto a la latitud, desde Alaska hasta las Galápagos, mostrando además la posibilidad de dos grandes portales, uno reconocido hace tiempo y relacionado con el fenómeno de surgencia, en la costa occidental de Baja California y otro, en una sección del Pacífico tropical mexicano (Pedroche y Moe, datos sin publicar) a la espera de una hipótesis de causalidad que proponer.

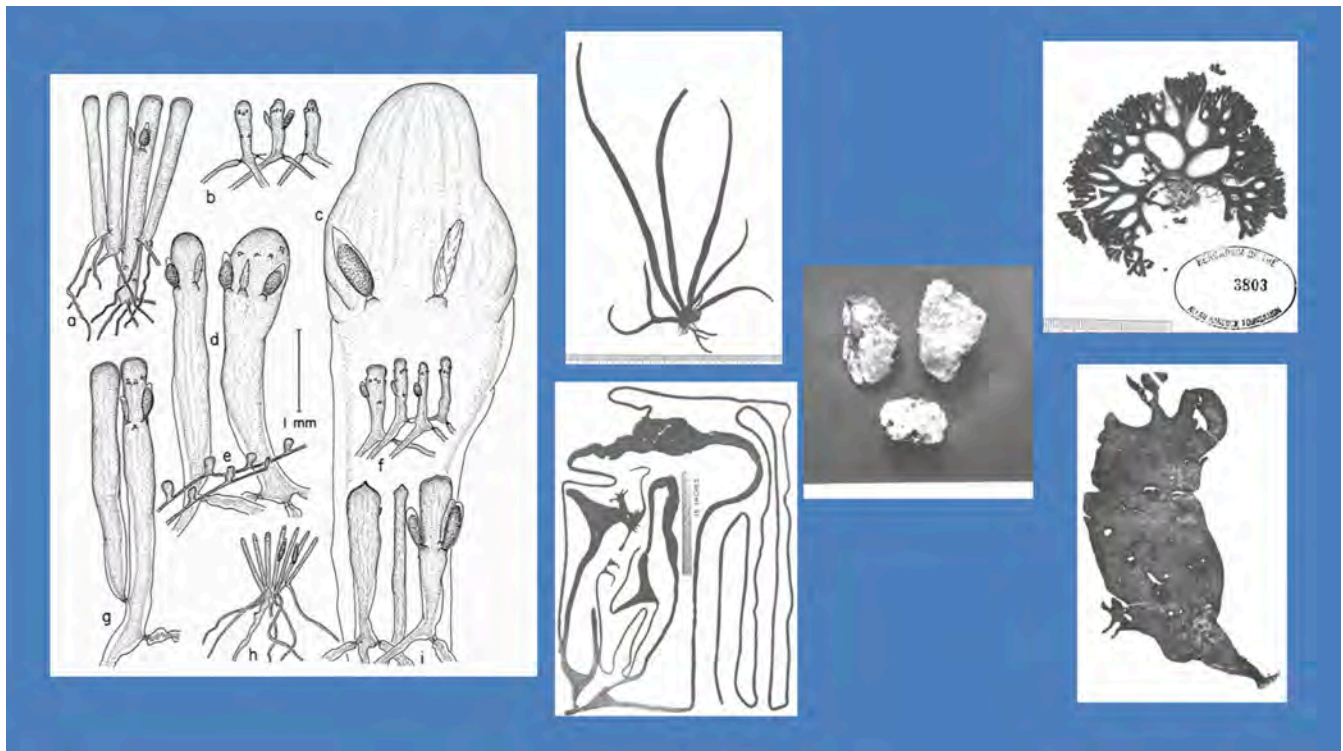


Figura 10. Diversidad morfológica por género. *Codium*, un ejemplo. Variabilidad en forma y tamaño de los utrículos (a la izquierda ilustración tomada de Silva, 1962) y diferentes manifestaciones en el hábito de algunos representantes del Pacífico mexicano.

Diversidad morfológica intragenérica. Ya desde hace algún tiempo Paul Silva de UC-Berkeley, introdujo el concepto de diversidad morfológica intragenérica, que denota la riqueza de formas resultado de variaciones evolutivas sobre un tema. En la figura 10 como ejemplo, se puede ver la diversidad en los elementos más simples del talo de *Codium* sp. denominados utrículos y de la morfología externa. El Pacífico de México es una de las cuatro áreas geográficas de mayor diversidad en número de especies de este género. El primero lo ocupa África del sur con 19, Australia con 16, Japón también con 16 y el Pacífico mexicano con 15.

LA VISIÓN A FUTURO.

Qué tan grande o pequeño es el grupo potencial de especies de una región depende de las formas ancestrales que alcanzaron sus costas durante el posicionamiento de los continentes actuales, por la velocidad y dirección de evolución de estas formas ancestrales, y por las tasas y efectividad de la selección y extinción. Para sitios específicos dentro de una región, el grupo potencial de especies se modifica en gran medida por factores ambientales continuos, como la diversidad del hábitat y la

distribución de la temperatura, especialmente en relación con las corrientes, así como por la efectividad de la dispersión y el establecimiento de las especies potencialmente disponibles. Así, la biodiversidad que generalmente se mide al examinar los cambios en el número de especies en una región, para identificar áreas de gran diversidad de especies y endemismo, carecen de la profundidad de los análisis que toman un enfoque filogenético. Una aproximación que combina dos elementos principales: una filogenia y un conjunto de datos espaciales que representan los terminales de la filogenia, se le conoce como filogenia espacial (Laffan *et al.* 2010). Éste es quizá el camino que seguir, en los próximos años, para comprender la diversidad de algas marinas en México.

Por otro lado, y no menos importante, son los factores involucrados en la generación del conocimiento en este campo. Solo mencionaré dos de ellos que deberían preocuparnos, el primero es el personal interesado en la ficología, número que no se ha mantenido, sino disminuido. Como ejemplo, en la ciudad de México de casi 60 ficólogos a finales de los años 90 ahora solo hay 40. ¿Falta de interés en las personas o en las instituciones que



Figura 11. Posible estructura y contenido del Portal Diversidad algal de México.

fomentan y contratan a estas personas? Otro dato para reflexionar, a finales del siglo pasado solo 18 instituciones realizaban investigaciones ficológicas en todo el país de un total de 63 Universidades públicas y privadas reconocidas, sin considerar el sector gubernamental e industrial.

El segundo factor, es la infraestructura con la que contamos para realizar trabajo en ficología y los medios para dar a conocer dichos avances. En este último aspecto la revista de la Sociedad Mexicana de Ficología, *Cymbella*, que publica trabajos de índole diversa y en la que el comité editorial orienta al autor para mejorar la presentación de sus resultados y el posible impacto de ellos. Por último, la creación de un instrumento que promueva la concentración del conocimiento, la socialización de él y la colaboración entre diversos grupos de investigación, podría crear sinergia en la actualización de la información en diversos campos y la construcción de un panorama más realista de la biodiversidad de algas marinas en México. El instrumento podría denominarse **Portal de Diversidad algal de México** (Fig. 11).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Novelo por sugerir la presentación de este tema como un artículo de opinión. Por su invitación a participar en el simposio: Avances en el conocimiento de la diversidad de los hongos, líquenes, algas y plantas en México, un agradecimiento al Dr. Sánchez Ken. A los Drs. Siqueiros Beltrones, Garduño Solórzano y Aguilar Rosas por sus valiosos

comentarios. A los Drs. Senties y Novelo por intercambiar opiniones en la propuesta de un futuro Portal sobre Diversidad Algal de México. Este trabajo está en el marco del proyecto "Macroalgas Marinas Mexicanas: sistemática, filogenia, biogeografía y filogeografía" financiado por la UAM – Lerma.

REFERENCIAS.

- Bolton, J. J. 1994. Global seaweed diversity: patterns and anomalies. *Botanica Marina* 37: 241-245.
- CONABIO. 2019. Especies exóticas invasoras. <https://enciclovida.mx/exoticas-invasoras> (consultado en octubre, 2019).
- Hernández de la Torre B., G. Gaxiola Castro, S. Álvarez Borrego, A. Gallegos García & R. Aguirre Gómez. 2015. Carbono orgánico nuevo frente a la Península de Baja California: series de tiempo y climatología. *Hidrobiológica* 25: 74-85.
- Hernández Robles, D. R. 2014. Catálogos de Autoridades Taxonómicas (CAT) Biótica 5.0. http://www.conabio.gob.mx/biotica5/documents/CursoEnero2014/SCAT-Biotica50_enero2014.pdf
- Kerswell, A. P. 2006. Global biodiversity patterns of benthic marine algae. *Ecology* 87: 2479-2488.
- Laffan, S. W., E. Lubarsky & D. F. Rosauer. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography* 33: 643-647.
- Norris, J. N., L. E. Aguilar Rosas & F. F. Pedroche. 2017. *Conspectus of the benthic marine algae of the Gulf of California: Rhodophyta, Phaeophyceae, and Chlorophyta*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington.

Norton, T. A., M. Melkonian & R. A. Andersen. 1996. Algal biodiversity. *Phycologia* 35: 308-326.

Pedroche, F. F. & A. Senties. 2020. Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. *Cymbella* 6: 4-55.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta, J. de la Maza, I. Pisanty, T. Urquiza Haas, S. P. Ruiz González & G. García Méndez. 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales.*

CONABIO, D.F., México.

Vázquez Delfín, E., Y. Freile Pelegrín, H. Pliego-Cortés & D. Robledo. 2019. Seaweed resources of Mexico: current knowledge and future perspectives. *Botanica Marina* 62: 275-289.

Recibido: 12 de julio de 2020.

Revisado: 17 de agosto de 2020.

Corregido: 9 de septiembre de 2020.

Aceptado: 10 de septiembre de 2020.

Revisores: David Alfaro Siqueiros Beltrones, Gloria Garduño Solórzano

Pertinencia de la nomenclatura abierta en ficología

Relevance of open nomenclature in phycology

Francisco F. Pedroche^{1*} y Eberto Novelo²

¹ Comité Internacional de Nomenclatura – sección Algas.

¹ Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana-Lerma, Av. de las Garzas 10, Col. El Panteón, Lerma de Villada 52005, Estado de México, México & University Herbarium, University of California at Berkeley, USA.

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

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

Pedroche, F. & E. Novelo. 2020. Pertinencia de la nomenclatura abierta en ficología. *Cymbella* 6 (2): 99-105

PROLEGÓMENO

Uno de los objetivos de la sección de nomenclatura es colaborar en la construcción de una cultura taxonómica, sobre todo entre los jóvenes ficólogos y estudiantes inmersos en esta disciplina de la biología y con ello, incentivar las buenas prácticas en taxonomía y nomenclatura. Un ejemplo de ello fue la publicación, en el número pasado, de la nota sobre los nombres de las autoridades de un taxón determinado (Novelo & Pedroche 2020). Con esto se pretende contribuir para una comunicación, una responsabilidad y una aportación colegiada, y comprometida, con el conocimiento ficológico de nuestro país.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años se ha incrementado el uso de dos abreviaturas que no eran comunes en la literatura ficológica: *aff.* y *cf.* o *cfr.* Éstas como una alternativa a la identificación y ante la imposibilidad de asignar un epíteto específico o genérico a algunos individuos o representantes de un elenco florístico determinado. El uso de estas abreviaturas, que se pueden considerar herramientas del trabajo cotidiano de los taxónomos, puede tener tres vertientes, todas de una importancia no despreciable. La primera y que podría pensarse como la responsabilidad de los profesionales de la ficología al reconocer la limitación que tienen en la práctica de identificación de los individuos con los que se trabajan y por ende en la asignación de un nombre científico; la segunda, por el reconocimiento de que algunas entidades, que se parecen morfológi-

camente, pueden diferir en su contenido genético, y casi todo el uso de estas abreviaturas es en la florística morfológica. Esto, gracias al advenimiento de herramientas moleculares que muestran, en ocasiones, la desvinculación que puede existir entre la información recuperada de los segmentos amplificados de los genes analizados y la expresión de esta variación en la estructura presente en los organismos: las famosas especies crípticas. La tercera vertiente, es la imposibilidad para encontrar los caracteres diagnósticos y/o diacríticos para identificar la especie, como la falta de estructuras reproductoras, pero con un talo vegetativo muy conspicuo y único (p. ej., *Oedogonium nodulosum* Wittrock ex Hirn tiene células vegetativas cortas y onduladas, única especie con estas características en las más de 500 especies del género, que se distinguen entre sí por las estructuras reproductoras; en ausencia de ellas es posible nombrar *O. aff. nodulosum* solo por su talo vegetativo).

Estas abreviaturas proceden, sobre todo, del ámbito de la zoología y fueron usadas, principalmente, por los paleontólogos como resultado de su materia de estudio: fragmentos y evidencias parciales de los organismos a los que se enfrentan. Se introdujeron como parte de los procedimientos que pretenden resolver algunas lagunas o deficiencias presentes en los métodos taxonómicos tradicionales, algunos de ellos presentes y regulados por los códigos de nomenclatura internacionales (**nomenclatura cerrada**), en nuestro caso el Código de algas, hongos y plantas (Greuter & Ranklin Rodríguez 2018). Este

procedimiento fue denominado **nomenclatura abierta** (Bengtson 1988) y su objetivo era resolver el problema de lo que ellos llamaban las formas intermedias en los fósiles (Crusafont-Pairo & Reguant 1970, Maglio 1971). Los ficólogos también y no en fósiles necesariamente, se han enfrentado a estos individuos que no concuerdan en las claves o en las descripciones de los trabajos florísticos, monográficos o de revisión. En palabras de Bengtson (1988, p. 223): "Use of open nomenclature is the procedure by which a taxonomist comments upon the identity of a specimen that cannot be readily or securely determined". Esta inseguridad puede ser expresada, de manera coloquial como: probablemente tal o cual especie. La nomenclatura abierta fue introducida aparentemente por Richter (1943) en un texto en alemán, el cual fue traducido casi textualmente por Matthews (1973) y procura fundamentalmente, evitar la asignación de nombres inadecuados que carecen de la robustez o "fortaleza" de aquellos instaurados mediante la nomenclatura cerrada. Por otra parte, reconoce una forma alternativa para que los investigadores expresen su punto de vista sobre el material que estudian y cuya identidad no puede ser determinada con fidelidad.

Significados

En el uso de la nomenclatura abierta, que trata de mostrar grados diferentes de afinidad taxonómica, han existido propuestas diversas. Entre ellas las ya mencionadas, con el empleo de *aff.* y *cf.* o *cfr.* que son abreviaturas de adjetivos derivados del latín,

con interpretaciones un tanto diferentes (Stearn 1992), pero que han sido utilizadas, en la mayoría de las ocasiones, como sinónimos (Zidek 1987); la primera, proviene de *affinis* (*aff.*), que significa relacionado estrechamente y la segunda, *conformis* (*cf.*) parecido o similar. De acuerdo con Lucas (1986), en el sentido taxonómico *aff.* indica afinidad, pero no "identidad con", mientras que *cf.* denuncia un acuerdo "cerca de", aunque también puede aplicarse el verbo *conferre* o *confer*, "comparar con" (Bengtson 1988, Stearn 2006). Las interpretaciones pueden ir desde considerar *aff.* como una especie nueva para la ciencia (Bengtson 1988) hasta incorporar aquellos individuos que se encuentran en los límites de su variabilidad (Sigovini *et al.* 2016). Mientras que *cf.* puede denotar una identificación provisional o una asignación incierta. Las razones o causas para este espectro pueden ser muy variadas y particulares a cada investigador.

Algunos ejemplos del empleo de estas abreviaturas se encuentran en trabajos morfológicos que carecen de datos suficientes para tomar una decisión taxonómica o bien los autores están enfocados en un grupo en especial y desconocen a profundidad las particularidades de otros grupos y prefieren solo llamar la atención sobre estas entidades; como muestra, los trabajos de Winsborough & Golubić (1987) en diatomeas y estromatolitos (Fig. 1), el de Steller *et al.* (2003) con el grupo de rodolitos (Fig. 2) o el de García López *et al.* (2017) en un estudio florístico de las algas marinas del estado de Veracruz (Fig. 3).

The Cuatro Ciénegas stromatolite diatom assemblage is characterized by a dominance of: *Amphora aff. A. katii* Selva, *Nitzschia denticula* Grun., *Mastogloia smithii* Thwaites ex Wm. Smith, *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchn., *Brachysira vitrea* (Grun.) Ross, *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grun., *Denticula elegans* Kütz., and *Cymbella norvegica* Grun. The cyanobacterial laminae are alternately dominated by *Scytonema cf. mirabile* (Dillw.) Born. (coarse vertically striated lamina), and *Schizothrix cf. affinis* Lemm. (thin horizontally striated lamina). The filaments of *Scytonema cf. mirabile* are predominantly upright, falsely branched and slightly divergent, forming an upward convex layer. The filaments of *Schizothrix cf. affinis* are prostrate and intertwined.

Figura 1. Empleo de *aff.* y *cf.* en diatomeas de Cuatro Ciénegas (fragmento tomado de Winsborough & Golubić 1987). El resaltado es adicional.

dominated by *Polysiphonia* spp., *Dictyota* cf. *divaricata*, and *Rosenvingea intricata*. The high winter cover of tunicate/sponge mats was dominated by the colonial mat forming tunicates *Polyclinum laxum* and *Aplidium* sp. and sponges *Leucetta losangelensis*, *Tendania nigrescens*, and *Mycale* spp. In contrast, cover of microalgal mats varied strongly with both depth and season and was high during the summer and at middle depths (Figure 2(C), Table 2). Species of microalgae included the cyanobacteria *Lyngbya* sp. and *Oscillatoria* spp. and the diatoms *Nitzschia* and *Cocconeis* spp. The rhodoliths covered by mat-forming species were more highly pigmented than uncovered thalli.

Figura 2. Empleo de *cf.*, *sp.* y *spp.* en diversas algas (fragmento tomado de Steller et al. 2003). El resaltado es adicional.

Familia Codiaceae								
64. <i>Codium decorticatum</i> (Woodward) M.A. Howe	5	LI	Gm	R	P	A, B	10459	
65. <i>C. isthmocladum</i> Vickers	7	LI	Ve	R	P	A	V-P01	
66. <i>C. cf. simplex</i> DeNotaris	4, 7, 9	S, LI	Gm	Gm	R	P	A, B	19973, 21287

Figura 3. Empleo de *cf.* en *Codium* (fragmento tomado de García-López et al. 2017, p. 47). El resaltado es adicional.

También, y como resultado de trabajos moleculares, está la propuesta de taxones con diferencias genéticas que ameritan, según los autores una mención especial. Así, Mamoozadeh & Freshwater (2012) propusieron el tratamiento de *Neosiphonia flaccidissima* (Hollenberg) M.-S. Kim & I. K. Lee como conoespecífica de una entidad parecida a *Polysiphonia sertularioides* (Grateloup) J. Agardh (*Polysiphonia* cf. *sertularioides*). La razón por la que utilizaron *cf.* para la determinación de este taxón, fue que su análisis molecular reconoció "tres especies genéticas" que se ajustan al concepto morfológico de *P. sertularioides* (fig. 4A) o bien el estudio de Lam et al. (2012) en el género *Sirodotia*, cuyos hallazgos muestran una especie similar a *S. huillensis* (Welwitsch ex W. West & G. S. West) Skuja (*S. aff. huillensis*) (fig. 4B) pero que la identificación mediante morfología no fue conclusiva debido a lo limitado de los caracteres diagnósticos, pero, por otra parte, los datos moleculares mostraron incongruencia, de tal forma que los autores consideran que podría tratarse de una especie nueva, en espera de un mayor número de evidencias.

Otras alternativas

Otras alternativas empleadas en este sentido, que se conocen muy bien, son el uso de *sp.* o *spp.* para indicar la pertenencia de uno o varios taxones a un género, pero que por desconocimiento o ante la imposibilidad de ubicarlas en un taxón específico en particular se asigna este estado. En la ficología mexicana se han dado otro tipo de expresiones de ambigüedad como el registro de *Dictyota divaricata* J. V. Lamouroux [*prox.*] (= *Dic-*

tyota implexa (Desfontaines) J. V. Lamouroux) de Dawson (1966, p. 12) para Puerto Peñasco, Sonora. La introducción de un signo de interrogación (?), para denotar incertidumbre en la posición de un taxón, fue utilizado por Setchell y Gardner (1930) para diferenciar individuos con fragmentos del talo anchos y pinados, quizá pertenecientes al género *Eisenia*: *E. (?) masonii* Setchell & Gardner, de aquellos que presentaban fragmentos del talo, también pinados, pero estrechos y quizá miembros de *E. (?) desmarestioides*. Esta duda fue despejada por Silva que demostró que ambas entidades eran conoespecíficas (Silva 2008, p. 159) y pertenecen a *E. desmarestioides* Setchell & Gardner. Hernández Kantún et al. (2014, p. 334) emplearon una forma igualmente generalizada que consiste en usar letras o números para diferenciar morfos o clados diferentes, en este caso dos individuos de *Lithophyllum margaritae* (Hariot) Heydrich, marcados como "A" y "B" o a nivel genérico como *Lithophyllum* sp. 4 ó *Lithothamnion* sp. 2. Existen formas no comunes, como en el trabajo de Ríos Jara et al. (2008, p. 174): *Padina (vickersiae) gymnospora* ó *Gracilaria mammillaris (veleroae)* pero sin una explicación de la intención de colocar ambos epítetos específicos. Quizá esta postura es derivada de la propuesta de incorporar la palabra *bi* seguida de los dos epítetos específicos entre los que se encuentra el individuo en cuestión (Bird 1971): *Codium bi-isthmocladum-taylorii*. Una debilidad de esta aproximación es considerar cuál epíteto debe situarse primero y cuál después ¿esto reconoce un ancestro y un derivado, en el pensamiento filogenético?

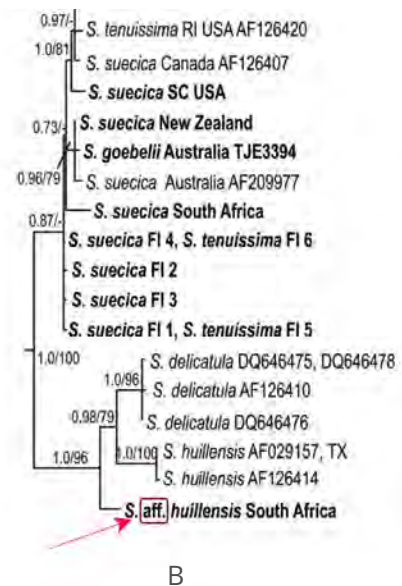
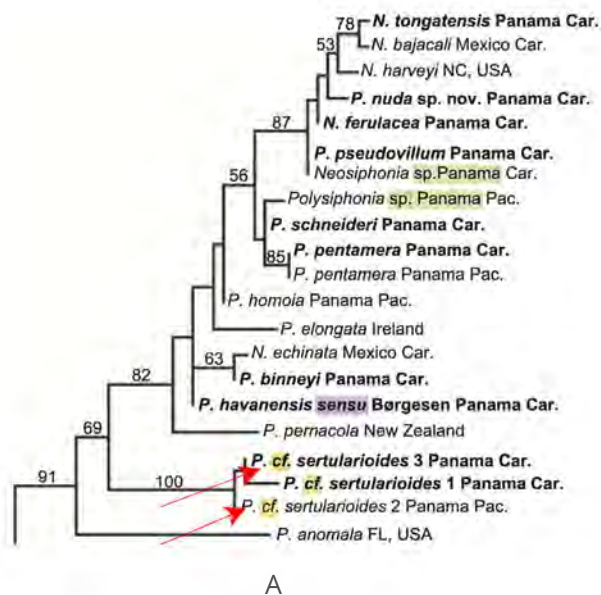


Figura 4. A. Empleo de *cf.* en taxones del género *Polysiphonia* (topología tomada de Mamoozadeh & Freshwater 2012, p. 323). **B.** Empleo de *aff.* en el género *Sirodotia* (topología tomada de Lam *et al.* 2012, p. 46, fig. 1). Las flechas y el resaltado son adicionales.

En todos estos modelos el denominador común es ¿qué quisieron decir o expresar los autores? Hay claridad en el hecho de que existe un gradiente de certidumbre sobre la identidad de los individuos, pero ¿cuál es el más alejado y cuál el más cercano a lo conocido mediante un nombre y una descripción? El concepto de morfos, en sus acepciones morfotipos o morfoespecies, ¿no podrían sustituir a todos estos calificativos? Una exposición extensa sobre los diversos calificativos y su posible ponderación puede revisarse en el trabajo de Sigovini *et al.* (2016, fig. 1) quienes incluso incorporan un diagrama de flujo para el uso y grado de confianza de estos elementos.

Postura del Código

El Código establece textualmente en su artículo 23.1 “un nombre de especie es una combinación binaria que consiste en el nombre del género seguido de un **solo** epíteto específico con forma de adjetivo, o de sustantivo en genitivo, o de una palabra en aposición (véase también el Art. 23.6). Si un epíteto originalmente consistía en dos o más palabras, estas deben unirse o conectarse por guiones. Un epíteto no unido así en la publicación original no debe ser rechazado, sino que, al usarse, debe conectarse por guiones o unirse, como lo estipula el Art. 60.11” (Greuter & Ranklin Rodríguez 2018, negritas nuestras).

Los nombres trinomiales se permiten solo en dos circunstancias: la primera cuando un autor quiere citar la pertenencia de una especie a una categoría infragenérica, para ello se empleará la categoría correspondiente entre paréntesis vinculando los epítetos genérico y específico: *Hydropuntia (Polycavernosa) edulis* (S.G. Gmelin) Gurgel & Fredericq (Rec. 21A) y la segunda, las categorías infraespecíficas, que consisten en un nombre específico y un epíteto infraespecífico, conectados por un término que denota el rango: *Caulerpa paspaloides* var. *laxa* Weber Bosse (Art. 24.1). De esta manera, una especie es identificada por su binomio, no solo por el epíteto específico. Matthews (1973) incluso amplía el concepto incorporando la autoridad del nombre en esta entidad nomenclatural y por lo tanto esta unidad binomial no se debe romper intercalando signo o nombre alguno (como por ejemplo en *Caulerpa paspaloides* (Bory) Greville var. *laxa* Weber Bosse). Como mucho en Biología, esto no es una postura universal ni totalmente aceptada, por ejemplo, para Bengtson (1988) una especie es identificada por su nombre (epíteto) específico, no por el binomio y considera, junto a otros autores, que los elementos de la nomenclatura abierta son calificativos y no nombres; por lo tanto, las reglas o recomendaciones de los códigos no deben de aplicarse (Bengtson 1988, Zidek 1987), son independientes y resuelven preguntas diferentes. Para tratar de conciliar las dos

visiones: calificativos o reglas, Lucas (1986) propuso, como sintaxis adecuada, la siguiente: *Bryopsis* cf. *B. hypnoides* J. V. Lamouroux, que podría leerse como: un individuo del género *Bryopsis* que habría que comparar con *B. hypnoides*, en contraposición con *Bryopsis* cf. *hypnoides*. Propuesta que se ve parcialmente aplicada en el trabajo de Winsborough & Golubić (1987) (Fig. 1), en el cual reconocen *Amphora* aff. *A. katii* Selva (= *Halamphora katii* (Selva) Bishop & Spaulding) pero también usan *Schizothrix* cf. *affinis*. Dos tratamientos diferentes para los calificativos ¿quieren decir cosas diferentes?

Buenas prácticas, alcances y propuestas

Para regresar con las tres vertientes de uso de los adjetivos tendremos que considerar quiénes los aplican: a) los que describen especies, las identifican positivamente y que eventualmente llegan a una situación irresoluble: la especie no es completamente igual a la descripción original, pero no tan diferente como las especies más cercanas; b) los profesionales que usan los nombres, no los describen, solo requieren de identificaciones superficiales y generalmente para fines distintos del recuento de la biodiversidad y usan esos calificativos para no tener que discutir si es o no la especie; c) finalmente, están los profesionales que no se comprometen y que al no contar con suficiente información solo se acercan a las identificaciones. El resultado es que todos pueden aplicar *cf.*, *aff.*, o *sp.* y tienen connotaciones y significados distintos. Hay otro profesional que tiene que trabajar con los resultados de los tres anteriores, el que compila datos, nombres y que no necesariamente es especialista en todos los grupos ¿cómo podrá distinguir entre un trabajo de análisis serio de otro superficial? Por ejemplo, AlgaeBase (Guiry & Guiry 2020) reúne como registros válidos para México nombres con la anotación *cf.* que fueron publicados como un listado simple, sin descripciones ni ilustraciones.

Como se ha visto, no existe homogeneidad en la aplicación de estos calificativos y menos aún, en un significado compartido. No hay que olvidar que la nomenclatura taxonómica es una forma de comunicación escrita que debe ser precisa, y sin ambigüedad, hasta donde sea posible. La nomenclatura abierta ofrece algunas alternativas que resuelven en parte la disyuntiva de no identificación y promueve la discusión formal sobre la identidad de las entidades biológicas; **sin embargo, la ambigüedad contenida en sus múltiples interpretaciones y la falta de consenso en la ubicación de los calificativos en el nombre científico hacen endeble un uso generalizado en este momento.**

Por supuesto que el meollo del asunto, en todo lo anteriormente expuesto y discutido, radica en la conceptualización de esa unidad biológica que denominamos especie, materia que amerita un escrito diferente pues no es la intención ni orientación de la presente contribución. Baste mencionar algunos conceptos ligados e interrelacionados directamente a los problemas mencionados y que han sido expuestos por Ruse (1969) y Hull (1970): taxonomía fenética y taxonomía evolutiva o filogenética que derivan a morfoespecies y bioespecies. Puesto que esta discusión ha demostrado ser casi interminable, algunas propuestas prácticas lo resuelven encontrando formas de llamar la atención hacia unidades discretas que pueden ser materia de conservación, uso racional o distinción biológica.

Las respuestas a las preguntas formuladas a lo largo del texto quizá se encuentran en buscar, de común acuerdo, buenas prácticas mínimas que comuniquen con mayor certeza la opinión de los expertos a otros expertos o al público en general.

Una buena práctica y una propuesta.

El uso de *aff.*, *cf.*, *sp.* es útil y práctico si hay descripción, discusión de los caracteres, etc. No en listas de nombres, todas esas menciones deben descartarse de las publicaciones, no ofrecen información sostenible en el análisis de la diversidad, de la amplitud de las especies (o de los géneros). Ante la falta de evidencia suficiente para asignar un nombre ahora es mejor esperar, las especies no se irán y seguramente otro día, u otra persona se encuentre con todo lo necesario para describirla o circunscribirla completamente. Es mejor nombrar una especie como nueva que asociarla a otra como *cf.* o *aff.* Seguramente, vendrá alguien más eficiente que uno y corrija el nombre, pero ya llamó la atención (Pedroche 2019b).

Esta práctica debería ser complementada de lo que podríamos llamar descripciones abiertas. Es decir, además de conservar la descripción original, se debería ir incorporando toda la variación específica que un autor considere debe ser parte de la circunscripción de la especie (Pedroche 2019a). Este mecanismo está contemplado en el Código en el artículo 47 y en particular en la recomendación 47A y se identifica con la abreviatura *emend.* (del latín *emendatus* - *emendavit*, corregido) seguida por el autor de dicha enmienda (Greuter & Ranklin Rodríguez 2018). Es importante mencionar que esta práctica no modifica el nombre del autor de la descripción original puesto que deja intocable al tipo nomenclatural. (v. gr. *Codium giraffa* P. C. Silva *emend.* Pedroche), pero sí incorpora elementos im-

portantes en la distinción de la entidad taxonómica. Sin embargo, tendríamos un problema con los taxónomos que incluyen una gran variación bajo un nombre, como en el caso de la sistemática de Drouet y Daily (Drouet & Daily 1956, Drouet 1968, 1973, 1978) quienes redujeron más de 2000 especies de Cyanophyceae a 140, pero la taxonomía no es cerrada, es abierta a las propuestas de sus afiliados. El uso de las denominaciones “*sensu lato*” (*s. l.*), “*sensu stricto*” (*s. str.*) son un buen ejemplo de ello y con las herramientas actuales se podría ir resolviendo ese problema. Toda nomenclatura tiene sus reglas que pueden cambiarse, pero en general son cerradas: ortografía, sintaxis son obligatorias al lenguaje, es decir a la nomenclatura de las cosas y las ideas.

Actualmente en la era de la tecnología y digitalización, un instrumento para acelerar el conocimiento de nuestra diversidad, la bioinformática, ha recomendado la inclusión de datos que diferencien a las entidades y permitan conformar una idea más completa de los organismos que se estudian. Así, el contemplar prácticas más cercanas a la realidad, con la integración de la mayor cantidad de datos (taxonomía integrativa) (Ohl 2015) o el considerar el juicio de los investigadores al utilizar calificativos (Sigovini *et al.* 2016) que permitan una comunicación y una colaboración más amplia y activa se desemboca en un trabajo más riguroso e ilustrativo de lo que está sucediendo en la Naturaleza. Suena bien, pero ¿cómo se deben de interpretar estos calificativos en la estimación de la biodiversidad? ¿cuáles de ellos hablan de la variación en una especie? ¿cuáles indican que se debe considerar a una entidad como “tan” diferente para contabilizarla en el número total de especies de una región? ¿hay posibilidad de hacer equivalente estos calificativos con las categorías infraespecíficas reconocidas por el Código? Resumiendo, ¿qué significado biológico tienen?

La propuesta, por ahora, sería seguir de principio las sugerencias y recomendaciones del Código y buscar en segunda instancia los elementos que muestren nuestro juicio o postura formando un paquete informativo que permita tomar decisiones a otros profesionales. Como se mencionó en su momento, es de suma importancia asignar un nombre, existente o no, que no hacerlo. Evadir esta responsabilidad conlleva consecuencias importantes en el conocimiento biológico de un área o país (Pedroche 2019b). La nomenclatura abierta es una alternativa que permite a los ficólogos comunicar la incertidumbre de una identificación combinando calificativos y nombres, pero considerando las

recomendaciones del Código (Greuter & Ranklin Rodríguez 2018) hasta donde sea posible.

REFERENCIAS

- Bengtson, P. 1988. Open nomenclature. *Palaeontology* 31: 223-227.
- Bird, S. O. 1971. Interpolative open nomenclature. *Systematic Zoology* 20: 469.
- Crusafont-Pairo, M. & S. Reguant. 1970. The nomenclature of intermediate forms. *Systematic Zoology* 19: 254-257.
- Dawson, E.Y. 1966. *Marine algae in vicinity of Puerto Peñasco Sonora, Mexico*. The University of Arizona, Tucson.
- Drouet, F. 1968. Revision of the classification of the Oscillatoriaceae. *Monograph* Vol. 15. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Lancaster.
- Drouet, F. 1973. Revision of the *Nostocaceae* with cylindrical trichomes. (Formerly *Scytonemataceae* and *Rivulariaceae*). *Hafner Press*, New York.
- Drouet, F. 1978. Revision of the *Nostocaceae* with constricted trichomes. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 57. J. Cramer, Vaduz.
- Drouet, F. & W.A. Daily. 1956. Revision of the coccoid *Myxophyceae*. *Butler University Botanical Studies*. 12: 1-218.
- García-López, D. Y., L. E. Mateo-Cid & A. C. Mendoza-González. 2017. New records and updated list of green algae (Chlorophyta) from the littoral of Veracruz, Mexico. *Gayana Botánica* 74: 41-56.
- Greuter, W. & R. Ranklin Rodríguez. Eds. 2018. Código internacional de nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen). *Occasional papers from the Herbarium Greuter*. 4, Stiftung Herbarium Greuter, Berlin.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; Consultado el 19 de septiembre de 2020.
- Hernández Kantun, J. J., R. Riosmena Rodríguez, W. H. Adey & F. Rindi. 2014. Analysis of the *cox2-3* spacer region for population diversity and taxonomic implications in rhodolith-forming species (Rhodophyta: Corallinales). *Phytotaxa* 190: 331-354.
- Hull, D. L. 1970. Contemporary systematic philosophies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 19-54.
- Lam, D. W., T. J. Entwistle, P. Eloranta, J. Kwadrans & M. L. Vis. 2012. Circumscription of species in the genus *Sirodotia* (Batrachospermales, Rhodophyta) based on molecular and morphological data. *European Journal of Phycology* 47: 42-50.
- Lucas, S.G. 1986. Proper syntax when using *aff.* and *cf.* in taxonomic statements. *Journal of Vertebrate Paleontology* 6: 202-202.
- Maglio, V. J. 1971. The nomenclature of intermediate

- forms: an opinion. *Systematic Zoology* 20: 370-373.
- Mamoozadeh, N. R. & D. W. Freshwater. 2012. Polysiphonia sensu lato (Ceramiales, Florideophyceae) species of Caribbean Panama including *Polysiphonia lobophoralis* sp. nov. and *Polysiphonia nuda* sp. nov. *Botanica Marina* 55: 1-31.
- Matthews, S. 1973. Notes on open nomenclature and on synonymy lists. *Palaeontology* 16: 713-719.
- Novelo, E. & F. F. Pedroche. 2020. La importancia de llamarse *Cymbella* 6: 56-57.
- Ohl, M. 2015. Principles of taxonomy and classification: Current procedures for naming and classifying organisms. In: I. Tattersall & W. Henke. Eds. *Handbook of paleoanthropology*. Springer, New York, pp. 213-236.
- 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.
- Richter, R. 1943. *Einführung in die zoologische Nomenklatur, durch Erläuterung der Internationalen Regeln*. Senckenbergische naturforschende Gesellschaft, Frankfurt.
- Ríos Jara, E., E. López Uriarte, M. Pérez Peña, I. Enciso Padilla, J. L. Arreola Robles, A. Hermosillo González & C. M. Galván Villa. 2008. *Listados taxonómicos de la biota marina del Parque Nacional Isla Isabel (invertebrados, peces y macroalgas)*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas, Guadalajara.
- Ruse, M. 1969. Definitions of species in biology. *The British Journal for the Philosophy of Science* 20: 97-119.
- Setchell, W. A. & N. L. Gardner. 1930. Marine algae of the Revillagigedo Islands Expedition in 1925. *Proceedings of the California Academy of Sciences, Fourth Series* 19: 109-215.
- Sigovini, M., E. Keppel & D. Tagliapietra. 2016. Open nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1217-1225.
- Silva, P.C. 2008. Conespecificidad de *Eisenia desmarestioides* y *E. masonii* (Laminariales, Phaeophyceae) de Isla Guadalupe, Baja California, México. *Hidrobiológica* 18: 155-165.
- Stearn, W. T. 1992. *Botanical Latin. History, grammar, syntax, terminology and vocabulary*. 4a Ed. Timber Press, Portland.
- Stearn, W. T. 2006. *Latín Botánico*. Barcelona, Ediciones Omega.
- Steller, D. L., R. Riosmena-Rodríguez, M. S. Foster & C. A. Roberts. 2003. Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: The importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: S5-S20.
- Winsborough, B. M. & S. Golubić. 1987. The role of diatoms in stromatolite growth: two examples from modern freshwater settings. *Journal of Phycology* 23: 195-201.
- Zidek, J. 1987. Response to Lucas on syntax in taxonomic statements. *Journal of Vertebrate Paleontology* 7: 100-101.

Recibido: 2 de octubre de 2020

Revisado: 29 de octubre de 2020

Corregido: 30 de octubre de 2020

Aceptado: 30 de octubre de 2020

Revisores: Luz Elena Mateo Cid, Abel Senties Granados

Valeria Casa

Diatomeas de turberas de Tierra del Fuego: diversidad, ecología y evaluación de su uso como indicadores ambientales

Tesis de doctorado

Departamento de Ecología, Genética y Evolución,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Correspondencia: casa.valeria@hotmail.com

El objetivo general de la tesis fue investigar la ficoflora autóctona de diatomeas y los factores ambientales que regulan la estructura de sus ensamblajes en diversos ambientes y a distintas escalas en dos turberas de Tierra del Fuego (Argentina): Valle de Andorra y Rancho Hambre. A su vez, se realizó una caracterización ambiental comparativa de los ambientes acuáticos y se buscó identificar especies de diatomeas como indicadoras de ciertas características ambientales específicas.

En 2014 y 2016 se muestrearon ambientes dentro (charcas y matriz de musgo) y en la periferia (ríos, castoreras y moats) de las turberas estudiadas. De cada sitio se realizó una caracterización física, química y morfométrica completa.

Para el estudio de las comunidades de diatomeas, se muestrearon separadamente plancton, bentos y perifiton (*Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum fimbriatum* y *Sanionia uncinata*). El relevamiento de la biodiversidad de las diatomeas resultó en un total de 171 especies, pertenecientes a 52 géneros. *Pinnularia* y *Eunotia* dominaron la composición específica (24 y 25 spp). En especial, el género *Eunotia* estuvo muy bien representado tanto en el perifiton como la comunidad bentónica. Fue el de mayor riqueza y dominancia, con más del 85% de las valvas contadas. De los 24 taxones identificados, 13 serían especies nuevas para la ciencia, las que se suman a las 9 ya descritas a lo largo de esta tesis: *Frustulia* (6 spp.), *Aulacoseira* (1 sp.), *Distrionella* (1 sp.) y *Stauroneis* (1 sp.) La descripción de estas especies y la generación de un catálogo que incluye un registro fotográfico y con los principales rasgos morfométricos de cada taxón representa un aporte valioso al escaso conocimiento existente sobre la ficoflora diatomológica de Tierra del Fuego.

Por su parte, los ambientes de turberas presentaron características ambientales únicas y se diferenciaron de los periféricos por tener menores valores de pH, dureza y conductividad. Además, en ambas campañas se diferenciaron las matrices de musgo (*S. magellanicum*) de las charcas, sin diferencias en estas últimas acorde a su condición de vegetadas o no. Este patrón se observó independientemente de la identidad de la turbera que, a pesar de encontrarse geográficamente distanciadas, compartieron características físicas y químicas similares dentro de cada elemento del paisaje estudiado.

No se observaron diferencias entre los ensamblajes de diatomeas de las distintas especies de musgo ya que todas las comunidades perifíticas tuvieron fuertemente dominadas por la especie *Eunotia* sp.1 y presentaron menor riqueza, equitatividad y diversidad que las comunidades bentónicas.

Las condiciones ombrotáficas de las turberas en general, y de los cuerpos de agua en particular imponen un fuerte mecanismo de filtrado ambiental que está estructurando los distintos los ensamblajes de diatomeas. Estos respondieron en función del grado de terrestrialización y al gradiente minerotrófico de los ambientes. Asimismo, se identificaron grupos de especies que resultaron ser potencialmente buenas indicadoras de este extremo más acuático del gradiente de terrestrialización.

Por el contrario, en los ambientes con un avanzado grado de terrestrialización y condiciones más ombrotáficas (matriz de musgo y charcas pequeñas) se encontraron sólo unas pocas especies de diatomeas. *Eunotia* sp.1 dominó estos ambientes con condiciones extremas de pH, por lo que se la categorizó como una especie acidófila y subaerófila y estuvo notoriamente ausente en los ambientes

más acuáticos y minerotróficos, resultando ser una buena indicadora de los ambientes más terrestres. Pese a la cercanía física entre las turberas y sus ambientes periféricos, se observó un gran recambio de especies debido al filtrado ambiental causado por las notorias diferencias mencionadas en sus características físicas y químicas. Por el contrario, al calcular la diversidad beta entre ambas localidades se observó que pese a la distancia existente entre ellas y al estar en distintos valles de montaña, la composición de ambas localidades fue notablemente similar, compartiendo el 60 % del total de especies de diatomeas. Esto nos lleva a postular que no existe una limitación en la dispersión de la mayoría de las especies de diatomeas entre estos valles de montaña. Y en base a esto, se espera que otras turberas de la región con características

ambientales semejantes presenten comunidades similares, ya que estarían actuando los mismos agentes de selección.

Esta tesis busca destacar la importancia de realizar estudios taxonómico-ecológicos exhaustivos sobre la ficoflora autóctona de diatomeas de Argentina, ya que el conocimiento detallado de la ficoflora de cada región, sus preferencias ecológicas y su interacción con el ambiente es el punto de partida primordial para llevar adelante estudios más precisos en biogeografía, biomonitoreo y reconstrucciones paleoambientales, entre otros.

PALABRAS CLAVE: Diatomeas, Bacillariophyta, taxonomía, turberas, humedales, Tierra del Fuego, biodiversidad, limnología.

Texto completo disponible a solicitud al autor.

Juan Gabriel Sánchez Novoa

Bioprocesos de aguas contaminadas del Canal Bancalari, cuenca del Río Reconquista utilizando una cepa autóctona de *Chlorella vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D.

Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales.

Universidad del Salvador, Facultad de Historia, Geografía y Turismo, Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia: juangabrielsancheznovoa@gmail.com

La mayoría de los ríos y arroyos de las principales cuencas que drenan el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) se encuentran muy modificados, con canalizaciones, rectificaciones, desviaciones, y entubamientos parciales o totales (Ambrosino *et al.* 2004; Atlas Ambiental de Buenos Aires, 2010) y un alto grado de contaminación industrial, cloacal, doméstico y rural (Magdaleno *et al.* 2001; Castañé *et al.* 2006; Fernández Cirelli & Ojeda 2008). En respuesta a estas alteraciones, los cuerpos de agua presentan una reducción en los niveles de oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo y metales pesados (Dhote 2007; Dhote & Dixit 2007; Magdaleno *et al.* 2014; Agencia de Protección Ambiental, 2019). La descarga de aguas residuales domésticas e industriales no tratadas en cuerpos acuáticos representa una seria amenaza de eutrofización, lo que lleva a una lenta degradación de los recursos hídricos (Olguin 2003) por la pérdida de especies y servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se hace necesario reducir la carga de nutrientes de los efluentes antes que lleguen al cuerpo de agua receptor.

En los últimos años, se han desarrollado varios métodos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de aguas residuales; entre estos, la fitorremediación que puede ser definida como el uso de microalgas para la remoción o biotransformación de contaminantes, incluyendo nutrientes y xenobióticos de las aguas residuales y retención de CO₂ del aire (Olguin 2003). Las microalgas son de gran interés en el campo de la biotecnología,

a expensas de la energía solar, convierten el CO₂ en metabolitos valiosos. Entre estos productos y subproductos se puede obtener biocombustibles y sustancias nutritivas aptas para consumo como alimentos o suplementos dietarios, cosméticos y productos farmacéuticos. Además, dado que las microalgas son sensibles a diversos contaminantes, se han utilizado para diseñar biosensores para la evaluación de la calidad del medio ambiente acuático (Lode *et al.* 2015). El alga verde *Chlorella vulgaris* es una de las más usadas en el tratamiento de aguas contaminadas por su rápido crecimiento, tolerancia a xenobióticos y eficiente remoción de nutrientes (Salgueiro *et al.* 2016).

Para la mayoría de las aplicaciones en fitorremediación, las microalgas se cultivan en suspensión. Sin embargo, distintas formas de inmovilización han sido estudiadas en los últimos tiempos (Bashan *et al.* 2002; Bashan & Bashan 2008; Krujatz *et al.* 2015) el atrapamiento de células vivas en distintos tipos de soportes como el alginato, el agar, la celulosa entre otros. Por su parte, el alginato es una matriz de polisacáridos que ha sido de gran utilidad en el campo biotecnológico por su utilidad para la elaboración de cápsulas esféricas, comúnmente denominadas "perlas" que además de proporcionar protección a las células y mantener su capacidad de multiplicación, facilitan la manipulación y recuperación tras el período de biorremediación en el sitio contaminado. (Trentini *et al.* 2017). Sin embargo, las perlas de alginato con el alga pueden ser predadas por la fauna presente en estos

cuerpos de agua a remediar (aves, peces, larvas de insectos, entre otros). Debido a ello, se plantea otro problema a solucionar en el desarrollo del proceso de biorremediación en espacios abiertos. En el presente trabajo se probará un dispositivo 3D impreso en ácido poliláctico (PLA) que posee la capacidad de ser un material sólido y biodegradable siendo amigable con el medio ambiente que proteja a las algas de la posible predación y permita el contacto entre las células inmersas en alginato y agua contaminada para llevar a cabo el proceso de biorremediación en geoceldas, definidas como sistemas de estanque abierto naturales o artificiales para el cultivo de microalgas (The National Academy of Science 2012).

La presente investigación tuvo como objetivo profundizar el conocimiento de la eficiencia y dinámica de remoción de nutrientes por una cepa autóctona de *Chlorella vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D para determinar su efectividad y aplicabilidad en el manejo y rehabilitación de sistemas acuáticos contaminados. El área de estudio se ubicó en el Canal Bancalari (Cuenca del Río Reconquista) en la provincia de Buenos Aires - Argentina en la estación de bombeo N° 9 que posee la autoridad de la cuenca UNIREC (Unidad de Coordinación del Proyecto Río Reconquista). La investigación se realizó en 3 etapas, la primera etapa (Ensayo 1) consistió en el cultivo y aclimatación a las características fisicoquímicas del agua del canal, en condiciones controladas de laboratorio de *C. vulgaris* inmovilizada en "perlas" de alginato. La segunda etapa (Ensayo 2) se realizó el montaje "in-situ" en condiciones no controladas de geoceldas con *C. vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D. Se realizaron 3 tratamientos por triplicado: Tratamiento *Chlorella* (G-Chl): geoceldas conteniendo algas inmovilizadas en dispositivos 3D; Tratamiento alginato (G-Al): geoceldas conte-

niendo dispositivos 3D con solo alginato sin algas y Tratamiento control (G-Ctrl): geoceldas conteniendo solo agua del canal. La tercera etapa (Ensayo 3) se evaluó el efecto biorremediador de las microalgas inmovilizadas en alginato dentro de estructuras 3D en condiciones controladas de laboratorio en un biorreactor tipo tanque agitado (Minifors, Infors HT®, Switzerland), con algas inmovilizadas en estructuras 3D en condiciones controladas a $24 \pm 2^\circ\text{C}$: Tratamiento *Chlorella* (B-Chl) Biorreactor conteniendo algas inmovilizadas en dispositivos 3D y Tratamiento control (B-Ctrl) Biorreactor conteniendo solo agua del canal. A los cinco días de tratamiento, se estimó la velocidad de crecimiento (μ), el tiempo de duplicación (dt) por recuento en cámara de Neubauer y por densidad óptica ($\text{DO}_{600\text{nm}}$). En el agua se determinaron las siguientes variables: pH, concentración de nitratos, nitrógeno amoniacal, Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fósforo reactivo soluble (PRS) antes y después de cada tratamiento. Los resultados obtenidos mostraron que el tiempo estimado de duplicación de biomasa inmovilizada en estructuras 3D alcanzó un máximo a los 2.18 días. El amonio (Ensayo 3) fue el que alcanzó mayor porcentaje de remoción, superior a 98%. Los porcentajes de remoción para el tratamiento por geoceldas fueron de amonio (96.9%), fosforo reactivo soluble (98.2%), nitratos (41.3%), nitrógeno Inorgánico Disuelto-NID (46.4%). La biorremediación con *C. vulgaris* inmovilizada en alginato dentro de estructuras 3D, resultó ser una alternativa efectiva para remover los nutrientes del agua del Canal Bancalari.

Palabras Clave: algas unicelulares, nutrientes, fitorremediación, inmovilización.

Texto completo disponible a solicitud al autor

Carlos Emiliano Bolaños Aguilar

Diatomeas epilíticas como indicadores biológicos para la evaluación de la calidad ambiental del río Querétaro, Qro.

Tesis de Licenciatura

Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Campus Juriquilla.

Correspondencia: carlosemiliano23@ciencias.unam.mx

El río Querétaro, perteneciente a la subcuenca del río Querétaro, forma parte de la cuenca Lerma-Santiago, una de las más importantes de México por su superficie y, también, por ser una de las más pobladas y contaminadas. Debido a la importancia de este río, se evaluó la calidad ambiental del mismo, utilizando diatomeas epilíticas como indicadores biológicos en el 2017, durante dos épocas contrastantes: lluvias y post-lluvias, en cuatro sitios distintos a lo largo del cauce de la subcuenca. En la caracterización físico-química, de manera general se observó un aumento significativo en la temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y nutrientes, así como una disminución en el oxígeno disuelto, entre el sitio 1, encontrado en la parte alta de la subcuenca, y el resto de los sitios (3), encontrados a lo largo de la Zona Metropolitana de Querétaro.

Se identificaron 59 taxa infragenéricos de diatomeas, pertenecientes a 26 géneros, los mejor representados fueron *Nitzschia* (8), *Gomphonema* (8) y *Navicula* (6). Las especies más abundantes para ambas temporadas fueron: *Cocconeis placentula*, *Gomphonema pumilum*, *Melosira varians*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia umbonata*, *Gomphonema parvulum* y *Sellaphora pupula*. El sitio 1 (Santa María de los Baños) tuvo la mayor riqueza y equidad en ambas temporadas, por el contrario, el sitio 2 (El Marqués) tuvo los menores valores en diversidad y equidad.

Las curvas de rango abundancia mostraron que los sitios 2, 3 y 4 tienen las pendientes más pronunciadas entre los sitios, lo cual indica alta dominancia de especies y esto está asociado a alta contaminación y a afectación por aguas residuales. El análisis de correspondencia canónica mostró que los sitios 2, 3 y 4 estuvieron relacionados con variables de mala calidad y que especies como *Nitzschia palea*, *Nitzschia umbonata* y *Fistulifera saprophila* estuvieron relacionadas positivamente con la conductividad y con los nutrientes.

El sitio con mejor calidad ambiental, de acuerdo al ensamblaje de diatomeas y a la físico-química del agua, fue el sitio 1, por el contrario, los sitios 2, 3 y 4 tuvieron una mala calidad ambiental, lo que indica que el río Querétaro está sometido a procesos de urbanización y una falta en el seguimiento normativo de aguas residuales en la ciudad que están afectando fuertemente las características físico-químicas y biológicas del río.

Palabras Clave: Diatomeas epilíticas, subcuenca, curvas de rango abundancia, especie, diversidad, equidad, análisis de correspondencia canónica.

Texto completo en TesiUNAM
[http://132.248.9.195/ptd2019/junio/0789947/](http://132.248.9.195/ptd2019/junio/0789947/Index.html)
Index.html
o solicitar directamente al autor.

DIRECTORIO

COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Sociedad Mexicana de Ficología
Mesa Directiva 2020-2022

Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza

Presidente
Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación
Facultad de Ciencias (UMDI-FC-J-UNAM)
Juriquilla, Querétaro
somfico2022@gmail.com

Dra. Ileana Ortegón Aznar

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

Dr. José Zertuche González

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

Dra. Miriam G. Bojorge García

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

Dr. José Antolín Aké Castillo

Secretario de Difusión y Extensión
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías
Universidad Veracruzana
aake@uv.mx

CRÉDITO DE FOTO DE LA PORTADA

Ambiente intermareal con un ensamble de macroalgas bentónicas en
Playa Paraíso, La Mancha, Veracruz, México. Foto de A. Senties ©.

