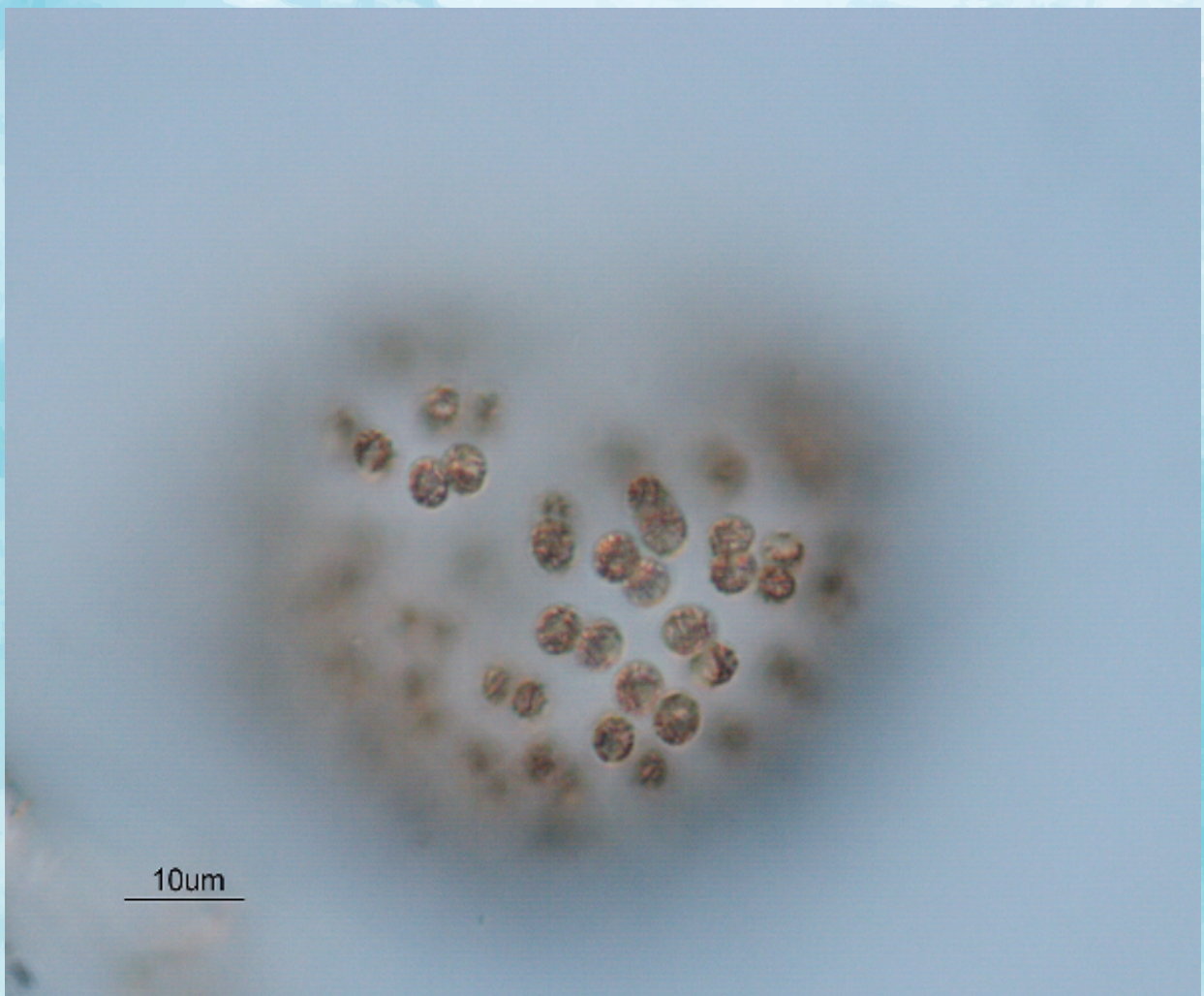


Bibliometric analysis of global trends in the study of the evolutionary history of chloroplasts in members of the Class Dinophyceae

Los problemas de igualdad o identidad en la nomenclatura ficológica.
Sinónimos vs. *sensu*



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 Ibarra

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. 7 Núm. 2, mayo – agosto 2021, 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, 14 de febrero de 2021.

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.

Bibliometric analysis of global trends in the study of the evolutionary history of chloroplasts in members of the Class Dinophyceae

Análisis bibliométrico de las tendencias globales en el estudio de la historia evolutiva de los cloroplastos en miembros de la clase Dinophyceae

Beatriz Lira^{1*}

^{1*}Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad Universitaria 04510, Ciudad de México. +52 55 5622 5430

Correspondencia: *bealirah@ciencias.unam.mx

Lira, B. 2021. Bibliometric analysis of global trends in the study of the evolutionary history of chloroplasts in members of the Class Dinophyceae. *Cymbella* 7(2): 51-64

ABSTRACT

The analysis of the evolutionary relationships between members of the Class Dinophyceae and their chloroplasts hosts represents one of the keys to solving the complicated evolutionary history of chloroplasts acquisition in this group, and although the amount of work on the matter seems very scarce, in recent years it has been a significant development that could solve in the future evolutionary discrepancies in other groups. It is essential to analyze the trends within the study of this topic to understand the evolution of scientific literature as an essential step for developing and strengthening the field. The assessment was achieved by carrying out quantitative and qualitative analyses of global research and emerging trends from 1996 through 2020, using the Web of Science Core Collection. These analyses showed an increasing work on the study of the evolution of chloroplasts in dinoflagellates, and the leading countries were those with the most significant economic and scientific development. Likewise, even though many publications were analyzed in this work, the number of publications on this sub-

ject is still scarce compared to more general topics, so research will remain active and growing during the next decade.

Keywords: Bibliometric analysis, Dinophyceae, endosymbiosis, evolution.

RESUMEN

El análisis de las relaciones evolutivas entre los miembros de la clase Dinophyceae y sus cloroplastos huéspedes representa una de las claves para resolver la complicada historia evolutiva de la adquisición de cloroplastos en este grupo, y a pesar de que la cantidad de información al respecto parece escasa, en los últimos años se ha realizado un avance importante que podría resolver en un futuro las discrepancias evolutivas en otros grupos. Para entender la evolución de la literatura científica como un paso fundamental para el desarrollo y fortalecimiento de este campo, es importante analizar las tendencias en el estudio del tema. Con este fin, se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos de las investigaciones internacionales, así como de las tendencias emergentes durante el período 1996

- 2020, utilizando para ello la Web of Science Core Collection. Estos análisis mostraron una tendencia en el incremento de trabajos sobre la evolución de cloroplastos en dinoflagelados, con una clara tendencia al liderazgo de los países de mayor desarrollo económico y científico. Asimismo, a pesar de que en este trabajo se analizaron diversas publicaciones es evidente que el número de ellas sobre el tema es escaso, en comparación con otras más generales, por lo que se proyecta a futuro que la investigación sobre los cloroplastos en el grupo estará activa y en crecimiento durante la próxima década.

Palabras clave: Análisis bibliométrico, Dinophyceae, endosimbiosis, evolución.

INTRODUCTION

Endosymbiosis has been the most important event in the history of the emergence and evolution of photosynthesis, without which life, as we know it today, would not exist. Over the eons, endosymbiosis of a cyanobacterium by a eukaryotic organism that resulted in the origin of the primary plastids and their subsequent lateral transfer to various eukaryotic lineages, giving rise to secondary plastids, has drawn the attention of many researchers (Bhattacharya & Medlin 1998; Cavalier-Smith 1999; Delwiche 1999; Gabrielsen *et al.* 2011).

However, complex plastids originated from endosymbiosis between eukaryotes that have incorporated secondary plastids and gave rise to tertiary plastids, which have not been well studied (Inagaki *et al.* 2000). These tertiary plastids are characterized by presenting three to four membranes and modifications of intracellular transport (Archivald 2009; Gray & Spencer 1996). In this context, dinophytes are a unique group that can present both secondary and tertiary chloroplasts that have been acquired by various algal lineages (Gabrielsen *et al.* 2011), incorporating organisms such as diatoms which already have chloroplasts of secondary origin (Calassan *et al.* 2018; Hehenberger *et al.* 2014; Keeling 2004, 2010). These dinophytes have been commonly called dinotoms (Imanian *et al.* 2010).

Based on the ultrastructural analysis of dinotoms, it has been observed that the endosymbiont retains its photosynthetic machinery, as well as a functional nucleus with protein-coding genes, a considerable amount of cytosol, and mitochondria (Imanian & Keeling 2007; Imanian *et al.* 2012; McEwan & Keeling 2004; Takano *et al.* 2008). Despite the degree of independence and minimal reduction, the endosymbiont diatom is present in all stages of

development of the host cell, indicating a synchronization between their life cycles (Calassan *et al.* 2018), unlike the ancestral peridinin chloroplasts of the dinophytes. These chloroplast remnants have been considered a unique endosymbiont stigma (Dodge 1983; Figueroa *et al.* 2009; Horiguchi *et al.* 1999; Moestrup & Daugbjerg 2007; Takano *et al.* 2008), surrounded by a triple membrane structure (Horiguchi & Pienaar 1994).

Molecular analysis of the transcriptome of the *Durinskia baltica* Carty & E.R. Cox 1986, and *Kryptoperidinium foliaceum* (F. Stein) Lindemann 1924 have revealed that almost no functional reduction has occurred in the nucleus of their diatoms. However, these studies have demonstrated the independence between the diatom and the host; the latter has managed to maintain the endosymbiont by controlling its karyokinesis (Hehenberger *et al.* 2016). Based on these studies, it has been suggested that diatoms of dinotoms constitute an intermediate phase of evolution between kleptoplasty and incorporated chloroplasts (Horiguchi 2006; Keeling 2010; Yamada *et al.* 2019).

Although analyses of the evolutionary relationships between dinotoms represent one of the keys to solving the tangled evolutionary history between hosts and endosymbionts in this group (Matsuo & Inagaki 2018), the number of studies on this subject seems scarce, so it is essential to analyze the tendency of these studies to understand the evolution of the scientific literature as an essential step for the development and strengthening of this study field.

A useful tool for this type of analysis is bibliometrics. This is a research method used within the study of information sciences which includes quantitative and statistical analyses (Sun *et al.* 2011). These analyses have become fundamental tools for studying current trends within the scientific literature and in specific areas (Oliveira *et al.* 2020).

A common approach to bibliometrics is the Science Citation Index (SCI), which tracks publications from the Institute for Scientific Information (ISI). The bibliometric analyzes carried out using the ISI have been widely used in topics related to photosynthesis (Yu *et al.* 2012), research on microalgae (Rumin *et al.* 2020), diatoms (Zhang *et al.* 2019), and dinoflagellates (Oliveira *et al.* 2020). And recently, the use of different data bases such as Coci, Scopus, Lens and Semantic scholar is also recommended. However, although these studies indirectly address the evolution of dinotoms, this area has not been emphasized. Due to this situation, the main objective of this work is to analyze global research and emerging trends quantitatively and qualitatively in

studies about the evolution of dinotoms to provide objective guidelines and trends for future research.

METHODS

Data were obtained from the Thomson Reuters Web of Science™ Core Collection database, including the Science Citation Index Expanded bases (SCIE): SSCI, A & HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH and ESCI.

A detailed search was carried out proving different sets of the keywords and the final set was decided upon the one that produced the most entries falling within the main subject related to the evolution of chloroplast in dinophytes. The final set was obtained using the following keywords and Boolean operators: "dinoflagellate OR dinophyte" AND "endosymbiont" AND "plastid" OR "chloroplast", the word "evolution" was not including in this set because it produced entries related to more general subjects. All documents from 1996-2020 were included. One hundred sixty-nine entries coincided with the established criteria, of which 25 were removed because they corresponded to groups other than dinoflagellates. The final database was of 144 records. Obtained information included data on authors, title, origin, abstract, year of publication, countries, type of document, keywords, citations, and subject category. Data was exported in simple text format of the ANSI type (FN ISI Export Format VR).

The publications obtained from the databases were organized and processed using the Bibliometrix 3.0 package (Aria & Cuccurullo 2017) from RStudio. Data processing, statistical analysis, and graphics generation were carried out with BiblioShiny application of the Bibliometrix 3.0 package. The bibliometric analysis was divided into three parts: an intellectual structure, a conceptual structure, and a social structure analysis of the information.

To understand the intellectual structure of the information, a co-citation analysis of the information was carried out, reviewing the scientific production over time, as well as the total number of citations per year. The relationship between the countries with the most significant scientific production was analyzed as well as the thematic evolution.

The conceptual structure was evaluated with a word grouping analysis in which the evolution of trending topics and keywords dynamics were reviewed. Bradford's model was used to estimate the exponential decrease in performance when expanding the search for references in scientific journals, as well as the dynamics of the references.

The evaluation of the social structure was performed with a co-authorship analysis, within which

the impact of the 50 most cited authors was determined based on the number of citations their articles received (h-index), the most relevant affiliations, and global distribution. According to their productivity, the Lotka model was determined as well as a co-authorship network.

RESULTS

The 144 publications resulting from the initial search in the Thomson Reuters Web of Science™ database comprised 122 articles (85 %), two book chapters (1 %), six proceedings articles (4 %), one editorial material (1 %), ten reviews (7 %), and three book article reviews (2 %). All 144 publications were in English (100 %).

Figure 1 shows the trend in the number of publications changes during 1996-2020. From 1996-1998, the production was poor, while for 1999 there was a considerable increase to six publications. Subsequently, a gradual increase in publications was observed with three in 2000, five in 2001 and seven in 2002, decreasing again to four in 2003.

In the following four years, we could see progress, with the largest number of publications: nine in 2004 and 2006, 10 in 2007, and eight in 2008, with 2005 being the best year for the evolution of dinotoms research, with 11 publications. From 2009 to 2014, there was a fluctuation, and 2011 was the year with most publications in the period.

From 2015 to 2017, production remained low, and in 2018 it increased to seven publications. However, during 2019 and 2020, production dropped. An exponential regression model was adjusted to the data of the analyzed period ($R^2 = 0.705$), showing that the trend in the number of publications will continue with an average of six publications for the next ten years.

Regarding the relationship in the number of citations per year (Fig. 2), a stable trend was noted between 1996-1998, with one citation in 1999 followed by an increase of six citations. In the following four years, a fluctuation between three and seven citations was observed.

From 2004-2007 a positive trend was observed with nine to 11 citations. The last value corresponded to 2005, the year with the highest number of citations in the interval. There was a fluctuation from 2008-2013, with ten citations in 2010-2012 and eight in 2011-2013. In 2014 and 2015, there was a decrease with six and two citations, respectively. From 2016 to 2020, there were no more records.

Figure 3 shows how the relationships between the thematic of chloroplasts evolution research in dinophytes have changed over time. In the first cut

that comprised the 1996-2008 period, it was observed that the topics related to maximum likelihood analysis for the study of chloroplast genomes had the least number of publications in that period, and in the second cut, corresponding to the period 2009-2020, there was no increase in publications or thematic relationships.

The next topic with the least number of publications is related to the study of ribosomal genes, which for the second section was related to topics of diversity and chloroplast genomes. The topic "chloroplast" was related to the topic "apicomplexan parasites" towards the second cut, as well as with dinoflagellates in general.

The evolution topic presented a relationship with a greater number of publications about chloroplast genomes. Finally, the topic with the highest number of publications was "dinoflagellates" and relating to this topic of the second cut with sequencing and diversity. Figure 4 shows the relationship of the largest scientific production by country during 1996-2020. It was observed that the largest production is led by the USA, United Kingdom, and Japan, followed by Canada, China, France, Germany, Norway, and Australia. In third place are Sweden, Poland, Belgium, Spain, and Saudi Arabia. In the last places are Egypt, Kenya, and Brazil.

About the conceptual structure, based on Bradford's law, the journals *Protist*, *Molecular Biology and Evolution*, *Journal of Phycology*, *PloS One* and *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* were identified as the core references (Fig. 5).

Figure 6 shows the dynamics of the 20 most cited references during 1996-2020. Most of them followed the same trend over time, oscillating between 0-1 publications. The sources that stand out with two publications are *Marine Biotechnology* in 2005, *Journal of Molecular Evolution* in 2006, *PloS One* in 2011, *Journal of Phycology* in 2012, *European Journal of Phycology* in 2013, and the *Journal of Eukaryotic Microbiology* in 2014. The journal *Molecular Biology and Evolution* issued two publications in 2007 and three in 2013; however, *Protist* leads the sources with two publications in 2004, 2007, 2011, and 2012.

Concerning keywords dynamics over 1996-2020, Fig. 7 shows that the words with the highest frequency were "evolution", with its maximum values in 2006-2010, and "dinoflagellates" in 2006, 2011, 2013, and 2018. The terms "chloroplast" and "phylogeny" presented the greatest fluctuations in frequency over time, the first with the highest frequency records in 2005, 2010, and 2012. For its part, the term "phylogeny" presented the highest

frequency values in 2004 and 2006. The word "origin" presented the highest frequency during 2007 and 2012.

Figure 8 shows four main clusters: the first one, in red, corresponded to "evolution" which was the central word closely related to "sequence", "chloroplast genomes", "ribosomal RNA" and "DNA". The words "RNA", "nucleus", "plastid genome", "expression", "organization", "*Amphidinium operculatum*", "dinoflagellate", "non-coding region", "RNA gene transfer" and "Minicircles" had a weaker relation with the central word "evolution".

The second cluster in purple, corresponded to the word "dinoflagellate" as the central word with a close relationship with "chloroplast", "phylogeny", "genome", and "origin". These words in turn are related in a lesser extent with "plastids", "apicomplexan", "genes", "diversity", "kleptoplasty", "molecular evidence", "acuminata", "*Myrionecta rubra*" and "retention".

The third cluster in blue, showed "common origin" as the central word closely related to "protein" and "gene transfer". The words "single origin", "maximum likelihood", "red algae", "dinoflagellate plastids", "endoplasmic reticulum" and "*Plasmodium falciparum*" were observed with a lesser relationship. The last cluster in green, presented weak relationships between the words "ultrastructure", "green dinoflagellate", "fine structure", "endosymbiont" and "marine dinoflagellate".

For the social structure, Fig. 9, shows the 50 most cited authors based on their h impact indexes, Howe presented an H index of 15 followed by Barbrook and Keeling, both with an index of 11. Nisbet and Takishima presented an index of eight, Hackett seven, Archibald, Dorrell, Bhattacharya, Delwiche, Green, Kim, Park, Yih with an index of six. For their part, Morse, Ogata, Cavalier-Smith, Maruyama, and Yoon presented an index of five. Kobiyama, Koike, Leblond, Obornik, Wang, Bachvaroff, Inagaki, Ishisa, Jakobsen, Koumandou, Maier, Shalchian-Tabrizi, Waller and Zauner had an index of four. With an index of three Dacks, Hiller, Kawachi, Lin, Minge, Minnhagen, Nakayama, Richardson, Stoecker, and Zhang. Finally, Fussy, Smith, Bodyl, Bonaldo, Bowler, Cahoon and Caron are grouped with an index of two.

Table 1 shows the most relevant institutions and their number of publications during 1999-2020. In this analysis, the University of Cambridge stands out with 22 publications followed by the Universities of Iowa with 17, Maryland and Tsukuba both with 12 publications respectively. The Universities of Chicago and Montreal presented nine publications, while the Universities of Oslo eight and Dalhousie seven.

Chonnam Natl, Kitasato, Kunsan Natl, and Middle Tennessee State Universities submitted six publications. Kanazawa University had five publications. The Parasitol Institute and the Universities of Marburg, Melbourne, South Bohemia presented four. With three publications, the Universities of Macquarie, Massey, Connecticut, Dusseldorf, Kalmar, Sidney, and Xiamen stood out, as well as the Marine Biotechnology Institutes, Natural Environmental Studies, and the Oceanographic Woods Hole.

A direct relationship was observed between the countries with the highest production and the most relevant institutions. From the 136 institutions analyzed (Table 1) only five presented more than ten publications during the analyzed period, grouping 27 % of the total production. The institution with the highest production is in England (Cambridge Univ.), followed by a Canadian institution (British Columbia Univ.). Although the number of publications from US institutions is lower, this country has a higher representation because it has more institutions within the list (Univ. Iowa and Univ. Maryland). Finally, the last place within the five most productive institutions is Japan (Univ. Tsukuba).

Based on the results of Lotka's Law during 1999-2020, Fig. 10 shows that in the distribution of authors according to their productivity, 74 % had 1 publication, 12 % had 2 publications, 3 % had 4, 2.4 % had 3, 2 % between 5-6 and only 1 % had between 7-12 publications.

In Fig. 11, ten collaboration clusters were observed, among which Howe's cluster (1) stands out with eight collaborations, the largest collaborations were between Howe - Nisbet, Howe - Barbrook, and Howe - Dorell. The weaker collaborations in this cluster were the ones with Howe - Koumandou, Richardson, Dacks, Bowler, and Hiller. The next major cluster was the Takishita (2), which features the largest collaboration with Kobiyama, Koike, Ogata, and Maruyama. On the other hand, the weaker collaborations were between Takishita and Kawachi, Inagaki and Nakayama. In Keeling cluster (3), a closer collaboration with Archibald and more distant with Waller, Obornil, and Fussy was observed.

Cluster 4 presented a close collaboration between Bhattacharya and Hackett and less with Yoon and Bonaído. In cluster 5, a network was observed between Park, Yih, and Kim. Jakobsen's cluster (6), showed a close collaboration between Shaichian-Tabrizi and Minge. In Green's cluster (7), a close collaboration with Cavalier-Smith and Zhang was observed. On the other hand, small collaboration networks between two authors were observed, as in the case of Wang-Morse and Bachvaroff-Delwi-

che. The analysis did not group the authors Lin, Leblond, Cahoon, Smith, Ishida, Stoecker, Minnhagen, Bodyl, and Caron.

Figure 12 shows the map of the collaborations network by country where the country that stood out with the strongest collaborations was the USA connected with Canada, China, United Kingdom, and Spain, with a weaker collaboration USA connected with Australia and Japan. On the other hand, it was observed that Canada presented collaborations with Norway, Germany, the Czech Republic, and Spain.

DISCUSSION

Within the intellectual structure (Figs. 1-3) during the period of lower production, most of the publications focused on the study of the diversity of chloroplasts in dinoflagellates, their possible origins, and different evolutionary lines related to organisms with similar characteristics for classification purposes (Baldauf 2003; Dewilche 1999; Saldarriaga *et al.* 2001; Zhang *et al.* 1999). This period was followed by the years of the highest publication between 2004-2007, during which new tools and techniques were developed, especially molecular ones that allowed a greater approach to phylogeny issues not only for classification purposes but also with a diversification towards physiological and evolutionary topics within which they begin to approach to endosymbionts as an important part of the origin of chloroplasts (Horiguchi 2006; Koike *et al.* 2005; Moestrup & Daugbjerg 2007; Okamoto & Inouye 2006; Pearce & Hallegraeff 2004). This development is observed in the thematic evolution of phylogenetic analyses with the incorporation of maximum likelihood analysis and work with ribosomal RNA (Fig. 3). In this context, the increase in production during 2010-2014 may be related to the development of molecular techniques that allowed progress towards the study of the origin of chloroplast diversity in dinoflagellates focused on endosymbionts (Imanian *et al.* 2010; Keeling 2010; Stoecker *et al.* 2009; Takano *et al.* 2014). For the last years of the 2010-2020 decade, the study of the relationships between the origin of chloroplasts and the evolutionary history of endosymbionts has been refined (Bengtson *et al.* 2017; Čalasan *et al.* 2017; Cavalcante *et al.* 2017; Gottsching *et al.* 2017; Hehenberger *et al.* 2016; Janouškovec *et al.* 2017; Yamada *et al.* 2017).

Even though in 2019 was an increase in production (Lira & Tavera 2019; Yamada *et al.* 2019) and the trend seemed to be positive, production fell sharply in 2020. This trend was repeated in the number of citations per year related to the number of publications per year (Fig. 2).

Although there is still no statistical information on the reason for this drop, it is likely due to the difficulties that the Covid-19 pandemic has imposed on scientific research worldwide. These difficulties range from the impossibility of entering work centers to field and laboratory work. The statistical relationship of annual publication production showed a positive trend with a spike in publications for the next ten years. However, this trend may be underestimating the effects, at different scales, derived from the pandemic on research on this topic due to the interruption of international collaboration research. The world distribution of scientific production was concentrated among the USA, England, and Japan (Fig. 4), focusing on particular working groups. This distribution can be related to social and environmental aspects, but above all, economic, and in this context, the USA has been for many years the most productive country with the most significant influence in different areas of research (Oliveira *et al.* 2020). Despite this, the dynamics of production distribution have been changing, incorporating communities from other countries in Europe, Asia, and Africa, mainly due to the development of collaboration networks among researchers from countries with the highest production and working groups in countries with lower production (Fig. 12). The conceptual structure of this analysis showed that most of the information analyzed is concentrated in 5 journals (Fig. 5). These journals do not coincide entirely with those leading the reference dynamics (Fig. 6). The reason for this difference is that there are journals within the core, such as *Protist* that cover a wide diversity of topics. For this reason, this journal presents few publications for more years, unlike journals such as *Molecular Biology and Evolution* that have more publications but only for a specific couple of years. In this context, it is interesting to note that the journal *PloS One*, although it is among the most cited, being open access and covering basic research topics in any matter related to science and medicine, only had 2 publications on this topic in a year (2011). The word dynamics match the thematic evolution of the terms “evolution” and “dinoflagellate”, which are central terms in all word analyses. These terms formed thematic networks that connect other words like “chloroplast” and “phylogeny”, being these terms the ones that had more significant fluctuations in frequency over time, increased during the years of greatest publication. Despite the words “chloroplast” and “phylogeny” continue to appear within a taxonomic and classification context as suggested by Oliveira *et al.* (2020),

they have been increasing their relevance within the networks formed by the central words, indicating that these concepts have acquired relevance in the subject of evolution.

The analyses of the social structure showed that the increases in the number of publications in European countries are mainly due to the network of collaborations with scientists from institutions and countries with the highest production; the most extensive collaborations have been carried out among scientists with a high level of production impact index (Figs. 9-11) although these have formed close regional associations (Fig. 12). Scientists in Asia have formed almost no international collaborations and concentrated in small local groups that have grown in recent years. This study does not reflect the dynamics of collaboration with countries that publish in regional or local journals, even though they work with scientists with a high level of impact. On the other hand, it will be important to analyze the changes in collaboration networks and their effects on international production in the context of the pandemic.

This bibliometric analysis showed a trend towards the increase in publications about the evolution of chloroplasts in dinoflagellates from 1996 to 2020. The countries with the highest production are countries with the greatest economic and scientific development, among which the United States of America and England are the most intertwined within the global research network together with Japan.

Even though many publications were analyzed in this work, the number of publications on this subject is scarce compared to more general areas, so research on this topic will remain active and growing in the future. A clear trend was observed towards research on the evolution of chloroplasts in dinoflagellates, based on the use of molecular tools increasingly accessible to most communities, together with the study of phylogenetic controversies related to gaps in taxonomic information and classification. The lack of information on the evolution of chloroplasts in Dinophyceae will be solved by fostering international cooperation among the most productive and resourceful countries and researchers with working groups in less developed countries.

REFERENCES

- Archivald, J.M. 2009. The Puzzle of Plastid Evolution. *Current Biology* 19: 81-88.
- Aria, M. & C. Cuccurullo. 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics* 11: 959-975.
- Baldauf, S. L. 2003. The deep roots of eukaryotes. *Science*

- 300: 1703-1706.
- Bengtson, S., T. Sallstedt, V. Belivanova & M. Whitehouse. 2017. Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6-billion-year-old crown-group red algae., *PLOS Biology* <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2000735>.
- Bhattacharya, D. & L. Medlin. 1998. Algal phylogeny and the origin of land plants. *Plant Physiology* 116: 9-15.
- Čalasan, A.Ž., J. Kretschmann & M. Gottschling. 2017. Absence of co-phylogeny indicates repeated diatom capture in dinophytes hosting a tertiary endosymbiont. *Organisms Diversity & Evolution* 18: 29-38.
- Cavalcante, K.P., S.C. Craveiro, A.J. Calado, T.A.V. Ludwig & L. de S. Cardoso. 2017. Diversity of freshwater dinoflagellates in the State of Paraná, southern Brazil, with taxonomic and distributional notes. *Fottea* 17: 240-263.
- Cavalier-Smith, T. 1999. Principles of protein and lipid targeting in secondary symbiogenesis: euglenoid, dinoflagellates, and sporozoan plastid origins and the eukaryotic family tree. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46: 347-366.
- Delwiche, C. F. 1999. Tracing the thread of plastid diversity through the tapestry of life. *The American Naturalist* 154: 164-177.
- Dodge, J. D. 1983. The functional and phylogenetic significance of dinoflagellate eyespots. *Biosystems* 16: 259-267.
- Figuroa, R. I., I. Bravo, S. Fraga, E. Garces & G. Llaveria, 2009. The life history and cell cycle of *Kryptoperidinium foliaceum*, a dinoflagellate with two eukaryotic nuclei. *Protist* 160: 285-300.
- Gabrielsen, T.M., M.A. Minge, M. Espelund, A. Tooming-Klunderud, V. Patil, A.J. Nederbragt, C. Otis, M. Turmel, K. Shalchian-Tabrizi, C. Lemieux, & K.S. Jakobsen. 2011. Genome Evolution of a Tertiary Dinoflagellate Plastid. *PLoS ONE* 6: e19132. doi:10.1371.
- Gottschling, M., A. Ž. Čalasan & J. Kretschmann. 2017. Two new generic names for dinophytes harbouring a diatom as an endosymbiont, *Blixaea* and *Unruhadinium* (Kryptoperidiniaceae, Peridinales). *Phytotaxa* 306: 296-300.
- Gray, M.W. & D.F. Spencer. 1996. Organellar evolution. In: D.M., Roberts, P. Sharp, G. Alderson, & M.A. Collins. Eds. *Evolution of Microbial Life*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hehenberger, E., B. Imanian, F. Burki & P. J. Keeling. 2014. Evidence for the retention of two evolutionarily distinct plastids in dinoflagellates with diatom endosymbionts. *Genome Biology and Evolution* 6: 2321-2334.
- Hehenberger, E., F. Burki, M. Kolisko & P. J. Keeling. 2016. Functional relationship between a dinoflagellate host and its diatom endosymbiont. *Molecular Biology and Evolution* 33: 2376-2390.
- Horiguchi, T. & R.N. Pienaar. 1994. Ultrastructure and ontogeny of a new type of eyespot in dinoflagellates. *Protoplasma* 179: 142-150.
- Horiguchi, T. 2006. Algae and their chloroplasts with particular reference to the dinoflagellates. *Paleontological Research* 10: 299-309.
- Horiguchi, T., H. Kawai, M. Kubota, T. Takahashi & M. Watanabe. 1999. Phototactic responses of four marine dinoflagellates with different types of eyespot and chloroplast. *Phycological Research* 47:101-107.
- Imanian, B. & P.J. Keeling. 2007. The dinoflagellates *Durinskia baltica* and *Kryptoperidinium foliaceum* retain functionally overlapping mitochondria from two evolutionarily distinct lineages. *BMC Evolutionary Biology* 7: 172.
- Imanian, B., J. F. Pombert & P. J. Keeling. 2010. The complete plastid genomes of the two 'dinotoms' *Durinskia baltica* and *Kryptoperidinium foliaceum*. *PLoS One* 5: e10711.
- Imanian, B., J. F. Pombert, R.G. Dorrell, F. Burki & P. J. Keeling. 2012. Tertiary endosymbiosis in two dinotoms has generated little change in the mitochondrial genomes of their dinoflagellate hosts and diatom endosymbionts. *PLoS One* 7: e43763.
- Inagaki, Y., J.B. Dacks, W.F. Doolittle, K.I. Watanabe & T. Ohama. 2000. Evolutionary relationship between dinoflagellates bearing obligate diatom endosymbionts: insight into tertiary endosymbiosis. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50: 2075-2081.
- Janouškovec, J., G.S. Gavelis, F. Burki, D. Dinh, T.R. Bachvaroff, S.G. Gornik, K.J. Bright, B. Imanian, S.L. Strom, F. Delwiche, R.F. Waller, R.A. Fensome, B.S. Leander, F.L. Rohwer & J.F. Saldarriaga. 2017. Major transitions in dinoflagellate evolution unveiled by phylotranscriptomics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 171-180.
- Keeling, P. J. 2004. Diversity and evolutionary history of plastids and their hosts. *American Journal of Botany* 91, 1481-1493.
- Keeling, P. J. 2010. The endosymbiotic origin, diversification, and fate of plastids. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365: 729-748.
- Koike, K., H. Sekiguchi, A. Kobiyama, K. Takishita, M. Kawachi, K. Koike & T. Ogata. 2005. A novel type of kleptoplastidy in *Dinophysis* (Dinophyceae): presence of haptophyte-type plastid in *Dinophysis mitra*. *Protist* 156: 225-237.
- Lira, B. & R. Tavera. 2019. Life history and cell cycle of *Durinskia baltica* (Dinophyceae: Peridinales) in culture. *Nova Hedwigia* 108: 37-50.
- Matsuo, E. & Y. Inagaki. 2018. Patterns in evolutionary origins of heme, chlorophyll a and isopentenyl diphosphate biosynthetic pathways suggest nonphotosynthetic periods prior to plastid replacements in dinoflagellates. *PeerJ* 6: e5345.

- McEwan, M.L. & P.J. Keeling. 2004. HSP90, tubulin and actin are retained in the tertiary endosymbiont genome of *Kryptoperidinium foliaceum*. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 51: 651-659.
- Moestrup, Ø. & N. Daugbjerg. 2007. On dinoflagellate phylogeny and classification. In: J., Brodie & J. Lewis. Eds. *Unravelling the algae. The past, present and future of algal systematics*. CRC Press, Boca Raton.
- Okamoto, N. & I. Inouye. 2006. *Hatena arenicola* gen. et sp. nov., a katablepharid undergoing probable plastid acquisition. *Protist* 157: 401-419.
- Oliveira, C.Y.B., C.D.L. Oliveira, M.N. Müller, E.P. Santos, D.M.M. Dantas & A.O. Gálvez. 2020. A scientometric overview of global dinoflagellate research. *Publications* 8: 50.
- Pearce, I. & G.M. Hallegraeff. 2004. Genetic affinities, ecophysiology and toxicity of *Prorocentrum playfairii* and *P. foveolata* (Dinophyceae) from Tasmanian freshwaters. *Phycologia* 43: 271-281.
- Rumin, J., E. Nicolau, R. Gonçalves de Oliveira Junior, C. Fuentes-Grünewald, K.J. Flynn & L. Picot. 2020. A bibliometric analysis of microalgae research in the world, Europe, and the European Atlantic area. *Marine Drugs* 18: 79.
- Saldarriaga, J. F., F.J.R. Taylor, P.J. Keeling & T. Cavalier-Smith, 2001. Dinoflagellate nuclear SSU rRNA phylogeny suggests multiple plastid losses and replacements. *Journal of Molecular Evolution* 53: 204-213.
- Stoecker, D.K., M.D. Johnson, C. de Vargas & F. Not. 2009. Acquired phototrophy in aquatic protists. *Aquatic Microbial Ecology* 57: 279-310.
- Sun, J., J. Ni & Y.S. Ho. 2011. Scientometric analysis of coastal eutrophication research during the period of 1993 to 2008. *Environment Development and Sustainability*. 13: 353-366.
- Takano, Y., G. Hansen, D. Fujita & T. Horiguchi. 2008. Serial replacement of diatom endosymbionts in two freshwater dinoflagellates, *Peridiniopsis* spp. (Peridinales, Dinophyceae). *Phycologia* 47: 41-53.
- Takano, Y., H. Yamaguchi, I. Inouye, Ø. Moestrup & T. Horiguchi. 2014. Phylogeny of five species of *Nusuttodinium* gen. nov. (Dinophyceae), a genus of unarmoured kleptoplastidic dinoflagellates. *Protist* 165: 759-778.
- Yamada, N., J.J. Bolton, R. Trobajo, D.G. Mann, P. Dąbek, A. Witkowski, R. Onuma, T. Horiguchi & P.G. Kroth. 2019. Discovery of a kleptoplastic 'dinotom' dinoflagellate and the unique nuclear dynamics of converting kleptoplastids to permanent plastids. *Scientific Reports* 9:10474.
- Yamada, N., S.D. Sym & T. Horiguchi. 2017. Identification of highly divergent diatom-derived chloroplasts in dinoflagellates, including a description of *Durinskia kwazulunatalensis* sp. nov. (Peridinales, Dinophyceae). *Molecular Biology and Evolution* 34:1335-1351.
- Yu, J.J., M.H. Wang, M. Xu & Y.S. Ho. 2012. A bibliometric analysis of research papers published on photosynthesis: 1992–2009. *Photosynthetica* 50: 5-14.
- Zhang, Y., J. Tao, J. Wang, L. Ding, C. Ding, Y. Li, Q. Zhou, D. Li & H. Zhang. 2019. Trends in diatom research since 1991 based on topic modeling. *Microorganisms* 7: 213.
- Zhang, Z., B.R. Green & T. Cavalier-Smith. 1999. Single gene circle in dinoflagellate chloroplast genomes. *Nature* 400:155-159.

Sometido: 25 de octubre de 2021.

Revisado: 24 de noviembre de 2021 (Dos revisores anónimos).

Corregido: 3 de diciembre de 2021.

Aceptado: 6 de diciembre de 2021

Table 1 Institutions with the highest number of publications during 1996-2020

Affiliations	Articles
Univ Cambridge	22
Univ British Columbia	20
Univ Iowa	17
Univ Maryland	12
Univ Tsukuba	12
Univ Chicago	9
Univ Montreal	9
Univ Oslo	8
Dalhousie Univ	7
Chonnam Natl Univ	6
Kitasato Univ	6
Kunsan Natl Univ	6
Middle Tennessee State Univ	6
Kanazawa Univ	5
Inst Parasitol	4
Univ Marburg	4
Univ Melbourne	4
Univ South Bohemia	4
Macquarie Univ	3
Marine Biotechnol Inst	3
Massey Univ	3
Natl Inst Environm Studies	3
Univ Connecticut	3
Univ Dusseldorf	3
Univ Kalmar	3
Univ Sydney	3
Woods Hole Oceanog Inst	3
Xiamen Univ	3

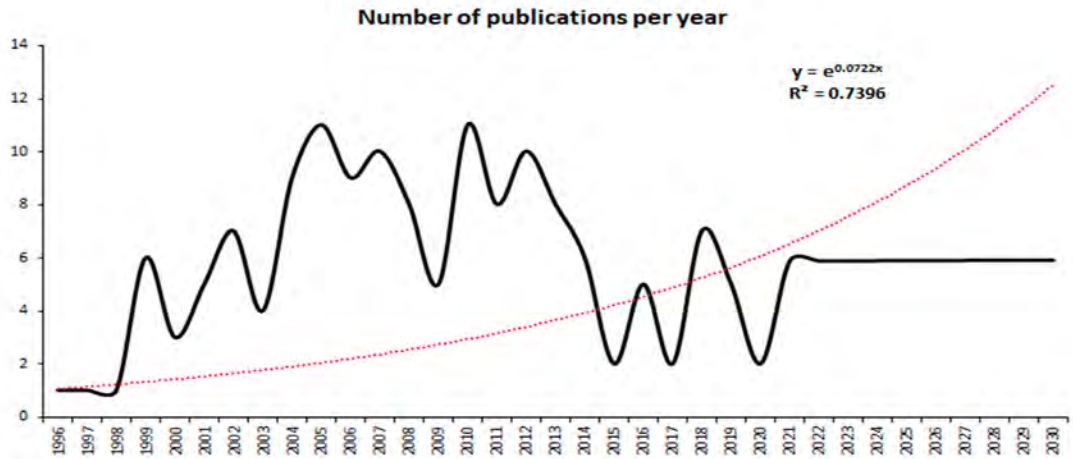


Figure 1. Trend in the number of publications during the period of 1996-2020

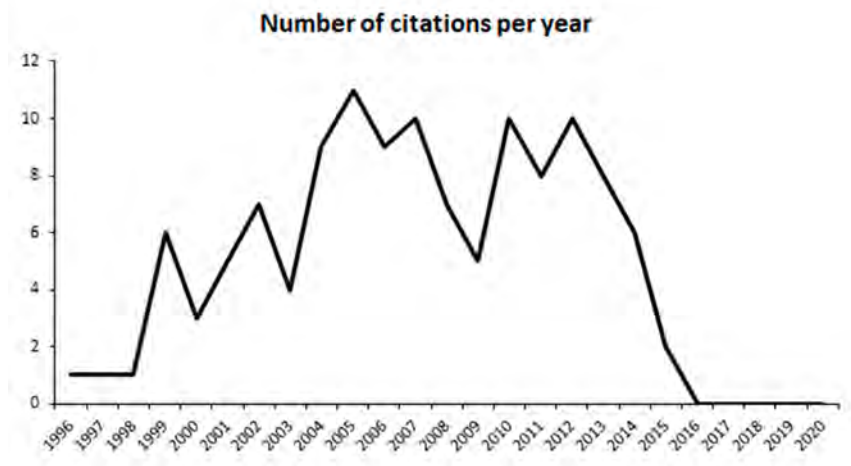


Figure 2. Number of citations per year during 1996-2020

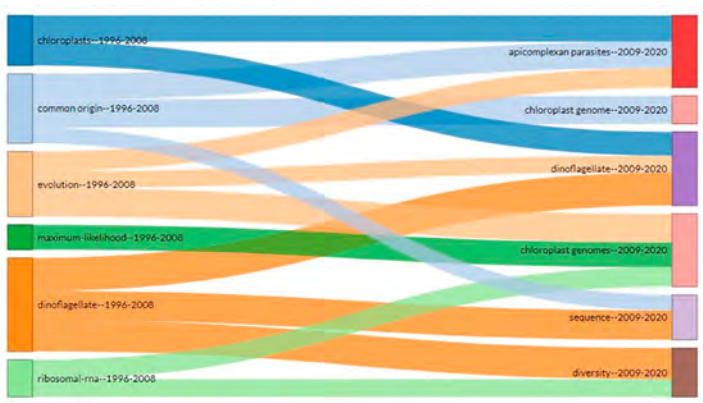


Figure 3. Topic dynamics of chloroplasts evolution in dinophytes research during 1996-2020

Country Scientific Production

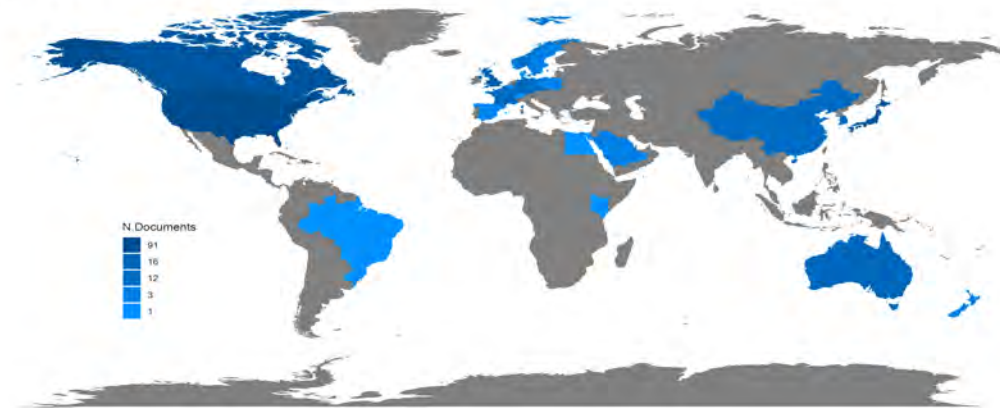


Figure 4. Scientific production by country during 1996-2020. The number of documents is displayed in different gradations of blue

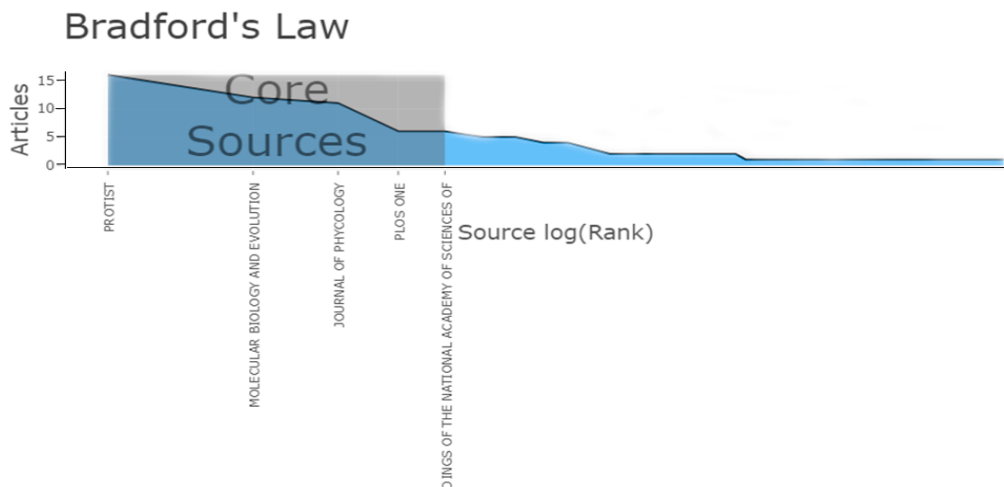


Figure 5. Core references graph according to Bradford's law

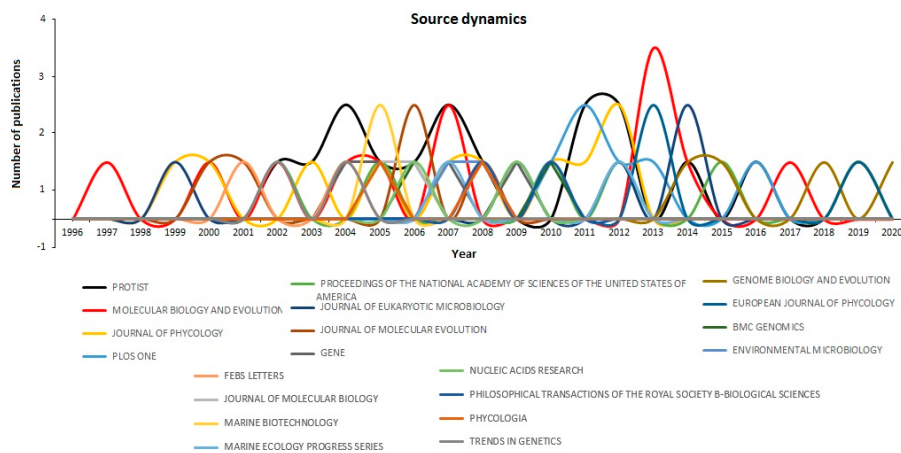


Figure 6. Dynamics of the 20 most citation references during 1996-2020

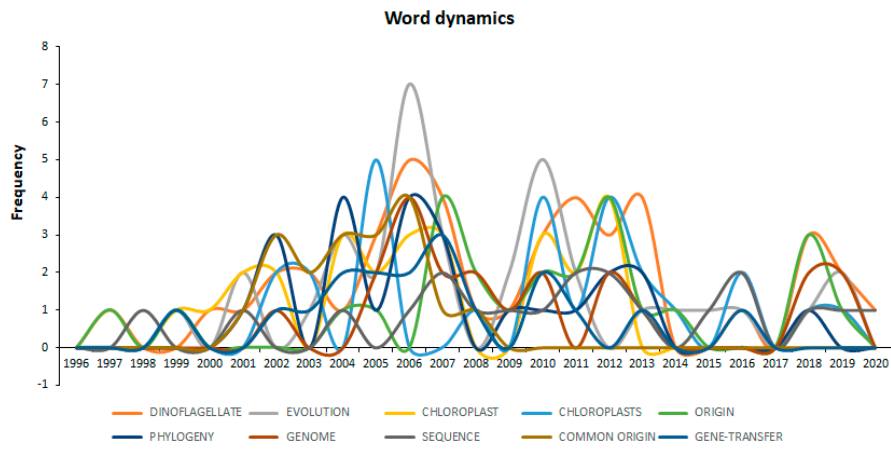


Figure 7. Keywords dynamics during 1996-2020

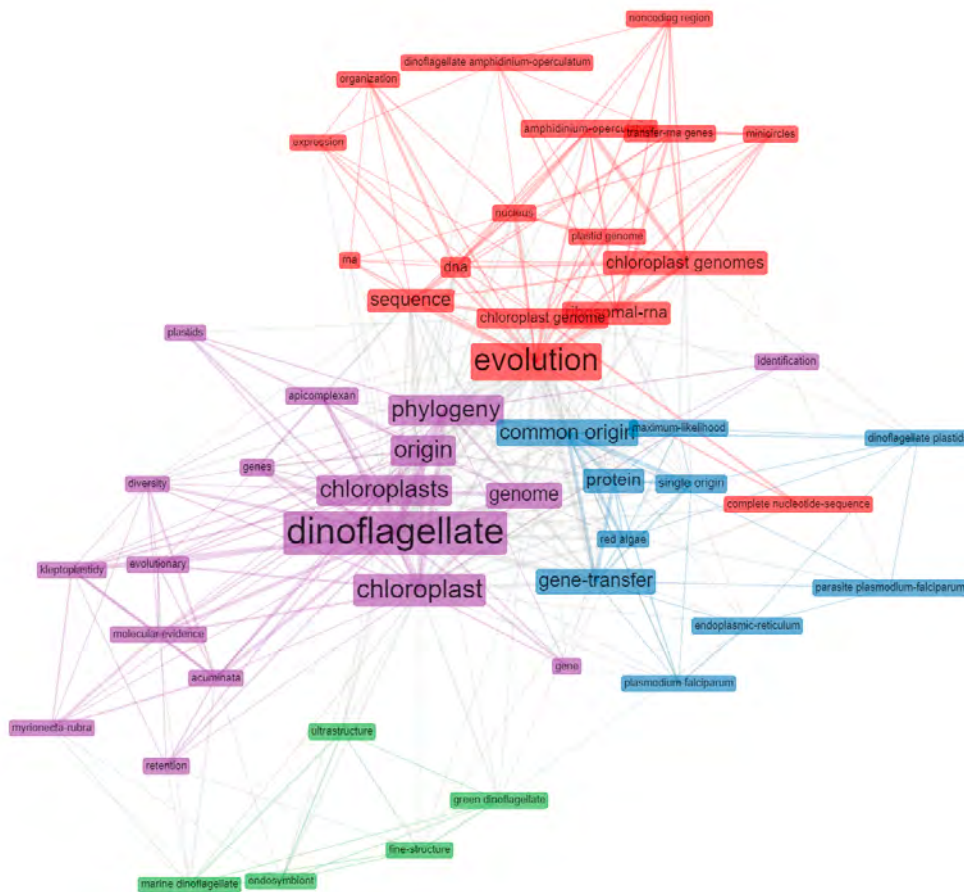


Figure 8. Relationship's network of the most relevant words analyzed during 1996-2020

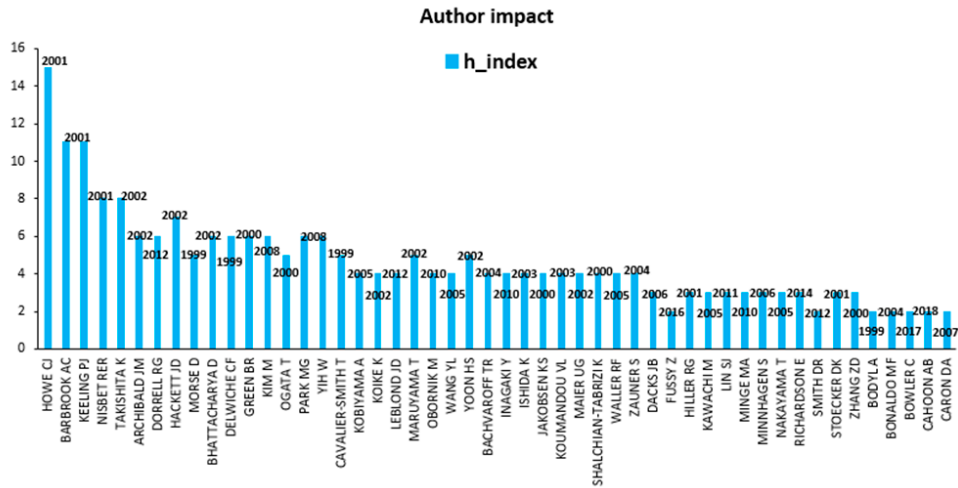


Figure 9. Authors with the highest H impact index during 1996-2020

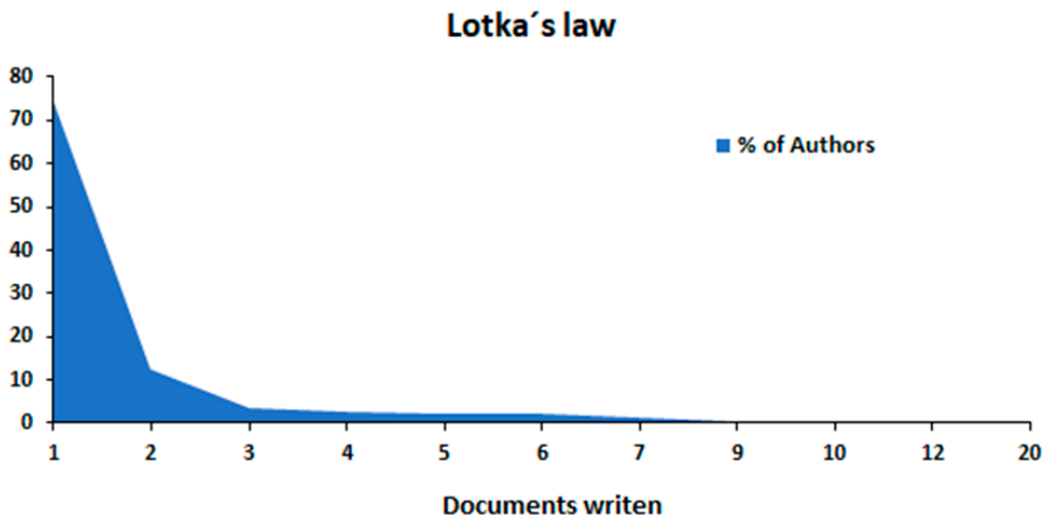


Figure 10. Lotka's Law productivity distribution of authors during 1996-2000



Figure 11. Collaboration networks between authors analysis during 1996-2020

Country Collaboration Map

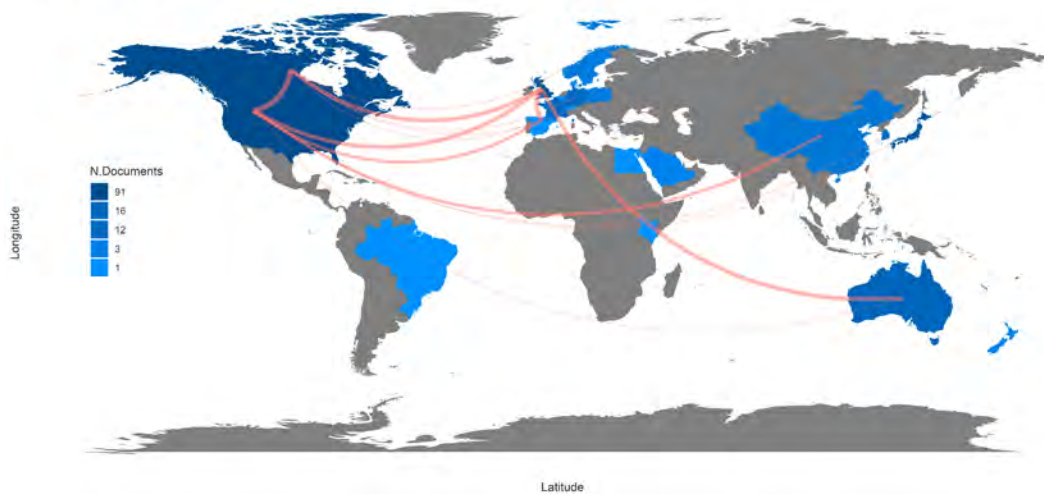


Figure 12. Collaboration network by country, the number of documents is shown in different gradations of blue. The thickness of the red line indicates the degree of collaboration

Los problemas de igualdad o identidad en la nomenclatura ficológica. Sinónimos vs. *sensu*

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

¹Comité Internacional de Nomenclatura – sección Algas.

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

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

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

Pedroche, F. & E. Novelo. 2021. Los problemas de igualdad o identidad en la nomenclatura ficológica. Sinónimos vs. *sensu*. *Cymbella* 7(2): 65-71

RESUMEN

El conocimiento y la mención, adecuada y correcta, de los nombres que se asignan a los taxones de un estudio florístico es posiblemente la tarea más importante al inicio de cualquier trabajo taxonómico o en el análisis de un grupo en específico. Primero, porque deja claro para los lectores, especializados o no, cuáles son las circunscripciones y las identidades de sus unidades de trabajo; con qué otros nombres han sido citados sus individuos y si existen identificaciones erróneas en trabajos anteriores que pudieran confundir la naturaleza del elenco florístico encontrado. Aquí exponemos la importancia de los sinónimos y la confusión común, de considerar a los nombres mal aplicados como sinónimos heterotípicos de un taxón. Enfatizamos la posibilidad, que los autores tienen, de cuestionar la racionalidad de los cambios sugeridos en nomenclatura y clasificación.

ABSTRACT

The knowledge and proper and correct mention of the names assigned to taxa in a floristic study is perhaps the most critical task at the beginning of any taxonomic work or in analyzing a specific group. First, because it clarifies to readers, specialized or not, which circumscriptions they are using and the identities of their work units; with what other

names their individuals have been cited and if there are misidentifications in previous works that could confuse them the nature of the floristic cast found. Here we expose the importance of synonyms and common confusion, considering misapplied names as heterotypic synonyms for a specific taxon. We emphasize the authors' possibility of questioning the rationality of the suggested changes in nomenclature and classification.

INTRODUCCIÓN

En el estudio, análisis e interpretación de la biodiversidad es fundamental que exista claridad de las unidades biológicas reconocidas o recuperadas (hablando en términos filogenéticos), de tal manera que la publicación de resultados se convierta en un ejercicio de exégesis para el lector. La ambigüedad, introducida por los autores, debe ser minimizada en el trabajo taxonómico y convertirse en un objetivo de todo ficólogo. Estas unidades, representadas por sus nombres, deben de contar con un respaldo depositado en alguna colección o herbario, a las que cualquiera pueda acudir para examinar, opinar o corroborar datos. Esto es crucial cuando además se tratan registros nuevos para una región o país (Novelo & Tavera 2013). Toda la información que podamos reunir entorno a estas unidades con-

forma datos robustos que dan claridad y justifican nuestra decisión de asignar correspondencia con un taxón ya conocido o la publicación de algo como nuevo. Esta aproximación es la utopía de la Taxonomía integrativa (Dayrat 2005; Padial *et al.* 2010) e incluye forzosamente la asignación de nombres. Por lo tanto, también es necesario eliminar la ambigüedad en ellos, pues esta vaguedad se transmite a otras publicaciones, base de datos y demás instrumentos de toma de decisiones (Pedroche & Novelo 2020b), con sus consecuencias en la sobrevaloración o subestimación de la diversidad y las diversas aplicaciones que de ella derivan.

En una contribución anterior tratamos de motivar el consenso en el uso de algunos nombres en determinados entornos nomenclaturales (Pedroche & Novelo 2021). En la presente y en la misma dirección, tocaremos el error de confundir los nombres mal aplicados (identificaciones erróneas) con los sinónimos.

¿POR QUÉ SURGEN LOS SINÓNIMOS?

Aunque explícitamente en el Código (Turland *et al.* 2018) no hay una definición oficial de sinónimo, sí existe su entrada en el glosario, que textualmente lo define como: “Uno de dos o más nombres que se aplican al mismo taxón” ¿por qué existe confusión al nombrar a un taxón (diversidad de nombres) si claramente el Código menciona que solo puede haber un nombre para cada uno de ellos? (Principio IV, Art. 11.1). Los sinónimos nacen por dos acciones: una taxonómica y la otra nomenclatural. La primera está relacionada con la circunscripción de un taxón (Turland 2019) y la segunda como resultado de la aplicación del principio de prioridad (Principio III) (Turland *et al.* 2018). Qué elementos están incluidos en la definición de un taxón hacen su circunscripción (Pedroche 2019) y ésta puede permanecer inalterable a través del tiempo o puede sufrir modificaciones, acción que en nomenclatura se denomina enmendar. Así, la circunscripción puede estrecharse o puede ampliarse causando la partición del concepto original o la inclusión de otros conceptos sumándose al originalmente planteado. El efecto de la primera es producir novedades taxonómicas y en el segundo novedades nomenclaturales. Aquí queremos aclarar que en el Código solo se menciona a las segundas (Art. 6.10, Nota 4): “La frase “novedad nomenclatural”, tal como se usa en este Código, se refiere a cualquiera de las siguientes categorías: nombre de taxón nuevo, combinación nueva, nombre en rango nuevo y nombre de reemplazo, o a todas ellas”; sin embargo, en la literatura y en nuestra perspectiva,

se pueden diferenciar precisamente por el origen o causa que les da origen. La propuesta de un taxón o categoría nuevos es un acto previo a su denominación, un acto taxonómico.

Cuando se recurre a la enmendación, ésta debe ser claramente indicada en la publicación (Recomendación 47A.1), pues cambia la percepción y los límites del taxón involucrado (Pedroche 2019).

TIPOS DE SINÓNIMOS

Los sinónimos pueden ser de dos tipos: **sinónimos homotípicos**, que como su denominación lo indica son nombres que poseen el mismo tipo y los **sinónimos heterotípicos** que involucran nombres diferentes con tipos diferentes (Art. 14.4). A los primeros se les conoce también como sinónimos nomenclaturales; es decir, varios nombres para el mismo tipo, pero como solo puede haber un nombre correcto para un taxón, se aplica el principio de prioridad. El basónimo, es un sinónimo homotípico al cual está ligado directamente el tipo nomenclatural. En zoología a estos sinónimos se les conoce como objetivos, obligados o absolutos, pues al estar fincados en el mismo tipo no hay materia de disputa entre ellos (Winston 1999). Los segundos, los **sinónimos heterotípicos** o taxonómicos, son nombres basados en diferentes tipos que se consideran pertenece al mismo taxón. A esta categoría pertenecen los homónimos (sinónimos que tienen el mismo epíteto), en donde el más reciente (homónimo posterior o tardío) se considera un nombre ilegítimo (Art. 53.3) (Pedroche & Novelo 2021). Por esta, en zoología se les conoce, a los sinónimos heterotípicos, también como subjetivos, no objetivos, pues están basados en la opinión del investigador (CINZ 2000) y por lo tanto pueden ser cuestionados y ser materia de disputa. Como bien apunta Turland (2019) los **sinónimos homotípicos** son sinónimos *de facto*, mientras que los sinónimos heterotípicos son sinónimos cuestión de opinión taxonómica. Una nueva combinación y su basónimo son siempre sinónimos homotípicos; del mismo modo un nombre de reemplazo y su sinónimo reemplazado. Los sinónimos a menudo se denotan por el signo de igualdad (=), pero es posible ser más preciso empleando el signo de identidad (\equiv) para sinónimos homotípicos y el de igualdad (=) para sinónimos heterotípicos. Algunos ejemplos, tomados directamente y sin cambio de las obras citadas, se pueden ver en las figuras 1 (marinas) y 2 (dulceacuícolas).

NOMBRES MAL APLICADOS

Otro tipo de nominación es el **nombre mal aplicado**, es decir, cuando un autor utiliza un nombre existen-

te en un sentido diferente a su uso original o, más precisamente, en un sentido que no incluye su tipo. También es común que estos sean el resultado de identificaciones erróneas y que se citan como fuente de información al realizarse un listado, catálogo o revisión para incluir a todo el material que ha sido citado o revisado para el análisis del grupo en cuestión. Es importante mencionar que a menos que el autor excluya explícitamente el tipo, en cuyo caso se publica un homónimo posterior (Art. 48.1), el nombre mal aplicado no tiene un estado nomenclatural independiente del nombre tal como se aplicó correctamente. Puede ser simplemente ignorado, aunque dependiendo de la intención de la publicación, es útil citarlo. Cuando éste es el caso, los autores utilizan la forma **sensu** que significa: en el sentido u opinión de y va seguida por el nombre del autor que realizó la asignación (identificación). Entonces, un nombre mal aplicado, de acuerdo con la recomendación 50D del Código, no debe de incluirse en la sinonimia sino añadirse después de ella: "Un nombre mal aplicado debería indicarse mediante las palabras *"auct. non"*, seguidas por el nombre del autor o de los autores originales y la referencia bibliográfica de la identificación errónea" (Turland *et al.* 2018). Desafortunadamente, la literatura ficológica en México es rica en nombres mal aplicados, y a menudo se citan como si estuvieran válidamente publicados por derecho propio y, por lo tanto, se confunden fácilmente con homónimos posteriores o tardíos o bien se consideran inadecuadamente como sinónimos del taxón tratado.

Como muestra, algunos casos: *Nemacystus brandegeei* (Setchell et N. L. Gardner) Kylin una Phaeophyceae registrada para el Golfo de California y confundida previamente con *Haplogloia andersonii* por Norris (1973) y Pacheco Ruíz *et al.* (2008). La forma sugerida de citar es: *Nemacystus brandegeei* (Setchell et N. L. Gardner) Kylin. *Haplogloia andersonii sensu* Norris 1973; Pacheco Ruíz *et al.* 2008 [*auct. non Haplogloia andersonii* (Farlow) Levring] (Norris 2010). Otra alternativa es hacer explícito que se trata de un nombre mal aplicado, como en el ejemplo citado por Pedroche *et al.* (2005): *Valoniopsis pachynema* (G. Martens) Børgesen (\equiv *Bryopsis pachynema* G. Marten). Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1959, p. 12): *Cladophoropsis robusta*.

En el caso de las algas de agua dulce no es fácil encontrar ejemplos como los anteriores por dos razones principales, la primera es la falta de colecciones científicas de referencia y la segunda es la ausencia de descripciones e ilustraciones para comparar con ejemplares o descripciones originales. Un caso relevante es el de *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson 1835 *non S. quadricauda* Chodat 1926, un

nombre controvertido y con muchos problemas nomenclaturales y taxonómicos. Una breve historia de este caso aparece en Comas (2020). A partir de ese nombre, y a raíz de la transferencia de *Scenedesmus* con espinas al género *Desmodesmus* por Hegewald (2000), en algunas publicaciones apareció *Desmodesmus quadricaudatus* (Turpin) Hegewald que es un nombre inválido, pues no ha sido publicado.

Menos frecuente, pero que se puede encontrar en la literatura, es **fide**, "por la fe, por la certeza (de), es decir, según" (Turland 2019) aunque ésta se emplea más, desde nuestra experiencia, en relación con la literatura para precisar la opinión de algún autor con respecto a un tipo, lectotipo, localidad, etc. Por ejemplo, *Cladophora graminea* Collins 1909, p. 19, lám. 78: fig. 6 (loc. lectotipo: Monterey, Calif., USA *fide* Smith, 1944, p. 59) (Pedroche *et al.* 2005); *Dictyota friabilis* Setchell 1926, pp. 91-92, lám. 13: figs. 4-7; lám. 20: fig. 1 (loc. tipo: Tafaa Point, Tahiti *fide* espécimen en UC [261252]) (Pedroche *et al.* 2008). *Callithamnion rupicola* ["*rupicolum*"] Anderson 1894, p. 360, figs. A-B (loc. tipo: B. Monterey, Calif. *fide* Smith 1944, p. 319, Sta. Barbara, Calif., USA).

IMPORTANCIA DE LOS SINÓNIMOS Y DE LOS NOMBRES MAL APLICADOS

El conocimiento y la mención adecuada y correcta de los nombres es posiblemente la tarea más importante al inicio de cualquier trabajo taxonómico o análisis de un grupo en específico (Mayr & Ashlock 1991). Por una parte, nos brinda la historia de la nomenclatura del taxón, ¿bajo cuáles otros nombres ha sido registrado el taxón en años previos? Esto, evita la duplicación de taxones y la sobrevaloración de la diversidad. Por otra parte, nos permite vislumbrar y evaluar la concepción de la entidad biológica en diferentes tiempos por diferentes autores, cómo se han ponderado los caracteres, qué variabilidad ha sido observada y registrada, qué opiniones taxonómicas han prevalecido y cuál ha sido la tendencia en la caracterización del taxón y finalmente, cuál es la conclusión y decisión del autor para elegir el nombre correcto del taxón o taxones citados. Los nombres mal aplicados pueden indicar un desconocimiento del grupo estudiado, la ausencia de información biológica suficiente para una identificación acertada, la deficiencia de los instrumentos para la correcta determinación o bien el trabajo con poco cuidado y sin tomarse el suficiente tiempo, desconociendo el impacto y las consecuencias de la elección de un nombre incorrecto.

CONSIDERACIONES FINALES

Es muy importante enfatizar que los autores de un

estudio tienen la facultad de cuestionar la racionalidad de los cambios sugeridos por otras autoridades en materia de nomenclatura y clasificación. A esto le hemos llamado “opinión taxonómica” (Pedroche & Novelo 2021) y creemos que cuando un cambio de nomenclatura parece dudoso para un usuario, está justificado no aceptarlo; aun cuando ya esté aprobado por taxónomos competentes y represente una novedad nomenclatural (Mina *et al.* 2006). Es necesario entender que las decisiones taxonómicas o nomenclaturales sugeridas para ciertos grupos son en ocasiones exclusivas para esos grupos y taxones, y no deben ser extrapoladas hasta no seguir los protocolos reconocidos en taxonomía y nomenclatura (Pedroche & Novelo 2020a) ¡Todas estas propuestas se convierten en hipótesis a corroborar o falsear! Finalmente, con frecuencia nos preguntan si se deben de mencionar todos los sinónimos de un taxón en un trabajo de índole florística o cuáles de ellos es necesario incluir. La respuesta está en cuál es la pregunta que se quiere enfrentar o responder. Para trabajos locales, lo necesario es conocer los sinónimos bajo los cuales se han registrado taxones en esa área geográfica y que cuya inclusión pudiera dar una idea errónea de la riqueza florística local. Sin embargo, en trabajos de tipo monográfico o de revisión sí es conveniente conocer y citar los sinónimos a nivel mundial o regional reconocidos, para ofrecer una opinión calificada de su existencia y naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios de dos revisores anónimos que mejoraron la claridad de la contribución.

REFERENCIAS

- Anderson, C.L. 1894. Some new and some old algae but recently recognized on the California coast. *Zoe* 4: 358-362.
- Brébisson, L.A. de & L.L. Godey. 1835. Algues des environs de Falaise, décrites et dessinées par MM. de Brébisson et Godey. *Mémoires de la Société Académique des Sciences, Artes et Belles-Lettres de Falaise*: 1-62, 256-269 (corrections), pls I-VIII.
- Calderon, M.S., K.A. Miller, T.H. Seo & S.M. Boo. 2016. Transfer of selected Ahnfeltiopsis (Phylloporaceae, Rhodophyta) species to the genus Besa and description of Schottera koreana sp. nov. *European Journal of Phycology* 51: 431-443.
- Chodat, R. 1926. Scenedesmus. Etude de génétique, de Systématique expérimental et d'hydrobiologie. *Zeitschrift für Hydrologie* 3: 71-258.
- CINZ. (Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica.). 2000. *Código Internacional de Nomenclatura Zoológica*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Collins, F.S. 1909. New species of Cladophora. *Rhodora* 11: 17-20.
- Comas González, A.A. 2020. Las interpretaciones de los taxones, uno de los problemas de la taxonomía tradicional. Caso: *Scendesmus sensu lato* (Sphaeropleales, Chlorophyceae). *Cymbella* 6: 139-150.
- Dawson, E.Y. 1959. Marine algae from the 1958 cruise of the Stella Polaris in the Gulf of California. *Los Angeles County Museum Contributions in Science* 27: 39 p.
- Dayrat, B. 2005. Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society* 85: 407-415.
- Enciso-Padilla, I., E. Rios-Jara & M.C. Esqueda-González. 2019. Inventory and taxonomic diversity of macroalgae from the coast of Jalisco, México. *Revista Biociencias* 6: 1-32.
- García-Soto, G., & J. M. Lopez-Bautista. 2018. Taxonomic notes on the genus Alsidium C. Agardh, including the merging of Bryothamnion Kützinger (Rhodomelaceae). *Algae* 33: 215-229.
- Garduño Solórzano, G., D.L. Guillén-Ruiz, M. Martínez-García, R.E. Quintanar-Zúñiga, J.E. Campos & A. Comas González, A. 2016. *Pediastrum sensu lato* (Chlorophyceae) of central Mexico. *Cryptogamie, Algologie* 37: 273-295.
- Hegewald, E. 2000. New combinations in the genus Desmodesmus (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algological Studies* 96: 1-18.
- Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, J.N. Norris & D.Y. García-López. 2018. A taxonomic account of species in the tribe Spongocloniae (Ceramiaceae, Ceramiales, Rhodophyta) reported from Atlantic and Pacific Mexico. *Phytotaxa* 340: 229-245.
- Mayr, E., & P.D. Ashlock. 1991. Principles of Systematic Zoology. 2nd. Ed. McGraw Hill International, Singapore.
- Mina, M.V., Y.S. Reshetnikov & Y.Y. Dgebuadze. 2006. Taxonomic novelties and problems for users. *Journal of Ichthyology* 46: 476-480.
- Norris, J.N. 1973. Marine algae from the 1969 cruise of “Makrele” to the northern part of the Gulf of California. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 32: 1-30.
- Norris, J.N. 2010. Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae. *Smithsonian Contributions to Botany* 94: 289 p.
- Novelo, E. 2012. *Bacillariophyta Hustedt*. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. R. Medina Lemos Ed. Fascículo. 102. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Novelo, E., & R. Tavera. 2013. Sobre los primeros registros de algas continentales en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Ficología* 1: 14-15.
- Oliva Martínez, M.G., J.G. Ramírez Martínez, G. Garduño Solórzano, J. Cañetas Ortega & M.M. Ortega. 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua

- de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. *Hidrobiológica* (Iztapalapa), 15: 1-26.
- Ortega, M. M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pacheco-Ruíz, I., J.A. Zertuche-Gonzalez, J. Espinoza-Avalos, R. Riosmena-Rodriguez, L.A. Galindo-Bect & A. Galvez-Telles. 2008. Macroalgas. In: Danemann, G.D. y E. Ezcurra (eds.), *Bahía de los Angeles Recursos naturales y comunidad, línea base 2017*. SEMARNAT, Pronatura Noroeste, San Diego Natural History Museum, INE. Mexico, D.F., pp 181-213.
- Padial, J.M., A. Miralles, I. De la Riva & M. Vences. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7: 16.
- Pedroche, F.F. 2019. Circunscripción, rango y posición en la nomenclatura biológica. *Cymbella* 5:124-127.
- Pedroche, F.F. & Novelo, E. 2020a. Nombres huérfanos en taxonomía y sus consecuencias en la estimación de la biodiversidad algal. *Cymbella* 6:151-156.
- Pedroche, F.F. & E. Novelo. 2020b. Pertinencia de la nomenclatura abierta en ficología. *Cymbella* 6: 99-105.
- Pedroche, F.F. & E. Novelo. 2021. Nombres válidos, legítimos y correctos en ficología ¿Cuándo se deben usar? *Cymbella* 7: 36-42.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K. Dreckmann & R. Aguilar-Rosas. 2005. *Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México. I. Chlorophyta*. UAM, UABC, UC Berkeley, Ensenada.
- Pedroche, F.F., P.C. Silva, L.E. Aguilar-Rosas, K. Dreckmann & R. Aguilar-Rosas. 2008. *Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México. II. Phaeophycota*. UAM, UABC, UC Berkeley, Ensenada.
- Setchell, W.A. 1926. Tahitian algae collected by W.A. Setchell, C.B. Setchell, and H.E. Parks. *University of California Publications in Botany* 12: 61-142.
- Smith, G.M. 1944. *Marine algae of the Monterey Peninsula, California*. Stanford University Press, Stanford, CA.
- Turland, N.J. 2019. *The Code Decoded. A user's guide to the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*. 2a. ed. Pensoft Publishers, Sofia,.
- Turland, N. J., J.H. Wiersema, F.R. Barrie, W. Greuter, D.L. Hawksworth, P.S. Herendeen, S. Knapp, W.-H. Kusber, D.-Z. Li, K. Marhold, T.W. May, J. McNeill, A.M. Monro, J. Prado, M.J. Price & G.F. Smith (eds.) 2018: Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Shenzhen Code). Versión al español de W. Greuter y R. Rankin Rodríguez. *Occasional papers from the Herbarium Greuter*. 4. Stiftung Herbarium Greuter. Berlin. Accesible en: https://jolube.files.wordpress.com/2018/08/codigo_nomenclatura_botanica_shenzhen2018.pdf
- Valadez Cruz, F., G. Rosiles-González & J. Carmona Jimenez. 2010. Euglenophytes from Lake Chignahuapan, Mexico. *Cryptogamie, Algologie* 31: 305-319.
- Winston, J.E. 1999. *Describing species. Practical taxonomic procedure for biologists*. Columbia University Press, New York.

Sometido: 29 de noviembre de 2021.

Revisado: 15 de diciembre de 2021 (Dos revisores anónimos).

Corregido: 27 de diciembre de 2021.

Aceptado: 28 de diciembre de 2021.

1 ***Besa paradoxa* (Suringar) M.S. Calderon & S.M. Boo, comb. nov. (Figs 38–46)**

BASIONYM: *Gymnogongrus paradoxus* Suringar 1874: 13, pl. 21, 22. Illustrationes des algues du Japon. Musée Botanique de Leide, 1: 91–95, pl. 34.

HOMOTYPIC SYNONYMS: *Ahnfeltiopsis paradoxa* (Suringar) Masuda 1993: 2. *Ahnfeltia paradoxa* (Suringar) Okamura 1934: 13.

HETEROTYPIC SYNONYM: *Gymnogongrus furcellatus* var. *japonicus* Holmes 1896: 256, fide Masuda et al. (1994: 172).

2 ORDEN CORALLINALES

Familia Corallinaceae

Amphiroa beauvoisii J.V.Lamouroux 1816

=*Amphiroa drouetii* E.Y.Dawson 1953

=*Amphiroa mexicana* W.R. Taylor 1945

3 *Alsidium seaforthii* (Turner) Garcia-Soto & Lopez-Bautista.

Basionym: *Fucus seaforthii* Turner.

Taxonomic synonym: *Bryothamnion seaforthii* (Turner) Kützinger.

Alsidium triquetrum (S. G. Gmelin) Garcia-Soto & Lopez-Bautista.

Basionym: *Fucus triqueter* S. G. Gmelin.

Taxonomic synonym: *Bryothamnion triquetrum* (S. G. Gmelin) M. Howe 1915.

4 ***Pleonosporium squarulosum* (Harvey) I.A. Abbott, 1972: 262**

For illustrations see: Dawson, 1962a, as *P. dasyoides*: 40, pl. 13: figs.1–2; Abbott and Hollenberg, 1976: 618, fig. 561.

Basionym: *Callithamnion squarulosum* Harvey, 1853: 232.

Heterotypic synonyms: *Pleonosporium dasyoides* (J. Agardh) De Toni, 1903: 1310; *Callithamnion dasyoides* β *californicum* J. Agardh, 1876: 31.

Figura 1. Algunos ejemplos de citas que incorporan sinónimos en algas marinas. Tomados de 1: Calderon et al. (2016), 2: Enciso-Padilla et al. (2019), 3: García-Soto & Lopez-Bautista (2018), 4: Mateo-Cid et al. (2018).

- 1 ***Stauridium tetras*** (Ehrenberg) E. Hegewald in Buchheim *et al.*, 2005
 Synonyms: *Micrasterias tetras* Ehrenberg 1838, *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs 1845, *Helierella renicarpa* Turpin 1828, *Stauridium bicuspidatum* Corda 1835, *Euastrum hexagonum* Corda 1835, *Euastrum ehrenbergii* A.K.J. Corda 1839, *Stauridium obtusangulum* Corda 1839.

- 2 ***Surirella angusta*** Kützing, Bacillarien 61, pl. 30, fig. 52. 1844. *Surirella ovalis* Meneghini var. *angusta* (Kützing) van Heurck, Treat. Diat. 373. 1896. *Suriraya ovalis* (Brebisson) Pfitzer var. *angusta* (Kützing) Gutwinski, Wiss. Mitt. Bosnien u. Hercegovina 6. 695. 1899. *Surirella ovata* Ehrenberg var. *angusta* (Kützing) Cleve-Euler, K. Svenska Vet. Akad. Handl., ser. 4 3(3): 123, figs. 1566k-l. 1952. TIPO: ALEMANIA. "leben in Wassergräben bei Nordhausen"

- 3 ***Aulacoseira granulata*** (Ehrenberg) Simonsen (Figs. 5-9)
Sinonimia: *Gaillonella granulata* Ehrenberg, *Melosira granulata* (Ehrenberg) Kützing, *Melosira granulata* var. *granulata* (Ehrenberg) Ralfs.

- 4 ***Scenedesmus bijugatus*** Kützing, Linnaea 8:607. 1834. (*Achnanthes bijuga* Turpin, Mém. Mus. Hist. Nat. (Paris) 16:310, lám. 13, fig. 4. 1828. *Scenedesmus bijuga* (Turpin) Lagerheim, Nova Notarisia 4:158. 1893. *Scenedesmus ovalternus* Chodat, Zeitschr. Hydrol. 3:164, fig. 51. 1926. = *Scenedesmus alternans* Reinsch, Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 6:135, lám. 20:D, fig. V. 1866. *Scenedesmus bijuga* (Turpin) Lagerheim var. *alternans* (Reinsch) Borge, Ark. Bot. 6(1):57. 1906).

- 5 ***Monomorphina pyrum*** (Ehrenberg) Mereschkowsky *emend.* Kosmala et Zakryš
 Syn.: *Euglena pyrum* Ehrenberg, *Phacus pyrum* (Ehrenberg) Stein

Figura 2. Algunos ejemplos de citas que incorporan sinónimos en algas dulceacuícolas. Tomados de **1:** Garduño Solórzano *et al.* (2016), **2:** Novelo (2012), **3:** Oliva Martínez *et al.* (2005), **4:** Ortega (1984), **5:** Valadez Cruz *et al.* (2010).

Lucía Mendoza Morales

Efecto de la harina de *Sargassum filipendula* (Phaeophyceae) y *Ulva lactuca* (Ulvophyceae) como bioestimulantes en el crecimiento de *Zea mays* ssp. *mays* y mejorador de suelo

Maestría en Biociencias

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Unidad Santo Tomás, Instituto Politécnico Nacional, México

Correspondencia: luc_y_adn@hotmail.com

Uno de los cereales más importantes a nivel mundial por su consumo es el maíz (*Zea mays*). Es de alto rendimiento, fácil de procesar, de digerir y más barato que otros cultivos. Cada parte de la planta del maíz tiene un valor económico: el grano, las hojas y el tallo se emplean para producir una gran variedad de productos alimenticios, medicinales y artesanales. El maíz tiene una gran demanda de nutrientes, lo que conlleva a la degradación del suelo, esto exige el empleo de fertilizantes químicos. Por lo anterior, se han buscado alternativas para el cultivo, entre ellas, las que impulsen el manejo de bioestimulantes de plantas. Las algas marinas se utilizan ampliamente en diversas industrias por su composición química y sus extractos que contienen sustancias promotoras del crecimiento de plantas como auxinas, citoquininas, betainas, giberelinas y aminoácidos. Para realizar el bioensayo se eligió el maíz de la raza Tuxpeño variedad Norteño de Querétaro, y *Sargassum filipendula* (Phaeophyceae) y *Ulva lactuca* (Ulvophyceae), estas últimas obtenidas de Barra de Cazonas, Veracruz, las que se lavaron, secaron y trituraron colocándose 6 botes por prueba y 6 testigos en botes de 20 L de capacidad con 18 kg de suelo; en proporción de 3, 6 o 9g/kg de suelo. El maíz y el suelo se obtuvieron del poblado de Lira, municipio de Pedro Escobedo, Querétaro; el suelo se caracterizó en el laboratorio de Microbiología del Suelo de la ENCB. Se determinó el potencial de germinación en el lote de frutos, se colocaron a germinar 100 frutos en 10 cajas Petri con

papel filtro #4; el papel se humedeció con 3 mL de agua destilada y se dejaron por 8 días, obteniéndose 100 % de germinación, por lo que se consideró este lote viable para llevar a cabo el bioensayo. Se realizó la siembra de maíz el 1 de abril, al germinar, se eligieron las plantas más vigorosas a las que se evaluaron 7 variables: 4 vegetales que se midieron semanalmente y 3 de rendimiento obtenidas al final del bioensayo. Se realizó un análisis de ANOVA de una vía, una de Tukey o Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Adicional a las 7 variables se usaron los parámetros fisicoquímicos del suelo para un Análisis de Componentes Principales, el cual no mostró diferencias estadísticamente significativas, por lo que se hizo una regresión lineal simple. Tanto *S. filipendula* como *U. lactuca* estimularon el crecimiento, la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo lo que se atribuye a las proteínas, energía metabolizable, fibra y cenizas que contienen las harinas. El análisis estadístico mostró que el contenido de materia orgánica en los tratamientos tiene una relación directamente proporcional con la altura de las plantas de maíz, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) con el número de nodos. Las variables con mayor participación en la definición de los componentes (PC1, PC2) son conductividad eléctrica, humedad relativa y la biomasa. La producción de biomasa y frutos fue mayor en los tratamientos con *U. lactuca* por lo que se considera mejor bioestimulante que *S. filipendula*. Las características fisicoquímicas del suelo se modi-

ficaron con las harinas de las algas. La capacidad de retención de agua, el pH y CIC del suelo mejoraron con la harina de *U. lactuca*. La materia orgánica y la conductividad eléctrica del suelo mejoraron con la harina de *S. filipendula*.

Palabras clave: bioestimulantes, estimulante de crecimiento, mejorador de suelo, *Sargassum*, *Ulva*.

Texto completo en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28286>

María Ángeles Cárdenas Alvarado

Caracterización molecular de las poblaciones de zooxantelas de los corales arrecifales de las costas de Guerrero.

Maestría en Ciencias en Ecología Integrativa

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Correspondencia: mcardenas@umich.mx; maancaal91@gmail.com

Las zooxantelas son algas dinoflageladas pertenecientes al género *Symbiodinium* que mantienen una simbiosis obligatoria con los corales escleractinios. Estas algas son de suma importancia debido a que proveen de diferentes nutrientes a los corales y les permiten desarrollar una mayor tasa de calcificación en un menor tiempo. Existen nueve clados de zooxantelas con diferentes atributos fisiológicos y ecológicos, entre los que están incluidos el conferir a los corales una mayor resistencia a características ambientales adversas. Para evaluar la composición y la diversidad genética de las poblaciones de zooxantelas presentes en cuatro arrecifes coralinos del Pacífico mexicano después del evento "El Niño" 2015-2016, se obtuvo ADN de zooxantelas de 102 fragmentos del coral *Pocillopora verrucosa* de cuatro arrecifes coralinos de Zihuatanejo, Guerrero. Este material se amplificó y secuenció para los marcadores moleculares 28S e ITS2. Los árboles filogenéticos resultantes de ambos marcadores mostraron que el 100 % de las secuencias de *Symbiodinium* se agruparon con el clado D, siendo más cercanos con los subclados

D1.1 y D1.2. A este clado se le ha atribuido resistencia a temperaturas altas. El análisis de redes de haplotipos y de diversidad genética mostraron una mayor diversidad con el marcador ITS2 que con el 28S, revelando 28 haplotipos vs. 5 haplotipos, respectivamente. Entre las zooxantelas de los cuatro arrecifes se encontró un haplotipo ancestral, del que la población de Islote Zacatoso se alejó con más pasos mutacionales, mostrando además la mayor diversidad genética. Los corales con esa población de zooxantelas fueron los que sufrieron menos blanqueamiento durante el evento "El Niño" 2015-16. De esta manera, se discute la posible relación de la composición actual de zooxantelas con un solo clado de zooxantelas es una respuesta al estrés térmico provocado por este evento, pudiendo haber existido anteriormente varios clados de zooxantelas.

Palabras clave: *Symbiodinium*, corales, filogenia molecular, zooxantelas, Guerrero

Texto completo a solicitud de la autora.

David Alejandro González Rivas

Estimación de aportes de nitrógeno provenientes del Distrito de riego del Río Mayo: potenciales efectos sobre ecosistemas costeros y marinos del golfo de California.

Doctorado en Ciencias. Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación en Ecología)

Programa de Posgrado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Correspondencia: dagriva@gmail.com; dgoznalez@pg.cibnor.mx

Las afectaciones en las actividades agrícolas sobre la zona costera, consecuencia de la escorrentía de nutrientes, forman parte de los principales desafíos ecológicos en todo el mundo. Hoy en día, el nitrógeno es uno de los fertilizantes más utilizados a nivel mundial, el uso excesivo de este elemento y su escurrimiento de los sistemas agrícolas ha provocado múltiples consecuencias en los ecosistemas continentales y marinos, tales como: floraciones de algas nocivas, zonas de hipoxia o anoxia y pérdida de biodiversidad. Por ello, cuantificar el total de nitrógeno que llega a la zona costera proveniente de la acuicultura y de la agricultura, resulta fundamental tanto para la parte ecológica como para el sector socioeconómico. Sin embargo, en la práctica no se tiene un método rápido y efectivo para hacer esta estimación. Dentro de este contexto, las zonas costeras de México no son la excepción, especialmente el golfo de California, en el que convergen las principales pesquerías rivereñas, granjas acuícolas y distritos de riego. En este trabajo, se utilizaron imágenes de percepción remota y sistemas de información geográfica, para determinar el área cultivada, así como los grupos de granjas camaronícolas, realizando una clasificación de imágenes Landsat 8 durante el periodo 2015-2016. En tanto, los puntos de entrada de nutrientes y subcuencas se obtuvieron a partir de

un modelo de elevación digital, combinado con la digitalización de mapas de canales de drenaje dentro del distrito de riego del Río Mayo. A partir de esta información se estimó el nitrógeno que llega a la zona costera utilizando el área de cultivo y el porcentaje de escorrentía de nitrógeno obtenido de la literatura especializada. Como resultado, se identificaron cuatro grupos de granjas camaronícolas, así como ocho subcuencas, dos de las cuales destacan por la cantidad de nitrógeno que drenan directamente tanto a una laguna costera como al mar. Además, se confirmó la influencia de estas zonas mediante un análisis de varianza utilizando los datos del sensor MODIS (Clorofila-a y el Coeficiente de atenuación difusa a 490 nm $K_d(490)$) Se concluyó que hay un alto aporte de nitrógeno, así como de otros contaminantes tanto en las lagunas costeras como en la zona marina, provenientes de las zonas agrícolas y acuícolas del distrito de riego del Río Mayo. Finalmente, se confirmó que el método aplicado para estimar el volumen de la escorrentía de nitrógeno es útil, rápido y puede mejorarse con datos *in situ*.

Palabras clave: agricultura, escorrentías, nitrógeno, zona costera.

Texto completo en: <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2026>

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

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

Woronichinia naegeliana (Unger) Elenkin 1933
Valle de Bravo, Estado de México. Material vivo.
Fotos: E. Novelo.