



Taxonomía y sistemática

Fitoplancton en el humedal tropical Chaschoc en la cuenca baja del río Usumacinta

Phytoplankton in the tropical wetland Chaschoc in the low watershed of the Usumacinta River

Karina Esqueda-Lara^{a,*}, Alberto de Jesús Sánchez^b, Gabriela Valdés-Lagunes^a,
Miguel Ángel Salcedo^b, Angel Emmanuel Franco-Torres^a y Rosa Florido^b

^a Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C. Calle Centenario del Instituto Juárez s/n, Col. Reforma, 86080 Villahermosa, Tabasco, México

^b Diagnóstico y Manejo de Humedales Tropicales, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 s/n, 86150 Villahermosa, Tabasco, México

Recibido el 27 de octubre de 2015; aceptado el 25 de julio de 2016

Disponible en Internet el 19 de noviembre de 2016

Resumen

En México existen 3,256 especies de fitoplancton reportadas. En la región sureste, particularmente en las cuencas de los ríos Tonalá y Grijalva-Usumacinta, el registro varía entre 155 y 300 especies. Este número de especies se considera bajo para una de las cuencas con mayor reserva de agua en el país. Por tal motivo, se planteó el objetivo de reportar las especies de fitoplancton presentes en el humedal tropical Chaschoc, ubicado en la cuenca del río Usumacinta. Para ello, el fitoplancton se recolectó durante el flujo bajo del ciclo de inundación en 2014 mediante arrastres oblicuos. Se registraron 129 morfoespecies de 6 grupos taxonómicos: Cyanophyta (Cyanoprocaryota), Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta (Euglenozoa) y Dinophyta (Dinoflagellata). Entre estos, las Chlorophyta fueron el grupo mejor representado, mientras que las Cryptophyta resultaron el grupo con menos especies. En la lista florística se reportan 40 nuevos registros para la cuenca baja del río Usumacinta, 13 especies potencialmente tóxicas y 42 indicadoras de contaminación por materia orgánica o eutrofización. Sin embargo, es esperable que el registro de especies aumente con muestreos en las diferentes temporadas del ciclo hidrológico y otros humedales asociados con el río Usumacinta y sus tributarios.

© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palabras clave: Microalgas tóxicas; Eutrofización; Limnético; Tabasco

Abstract

There are 3,256 species of phytoplankton reported in Mexico. In the southeast region, particularly in the basins of the Tonalá and Grijalva-Usumacinta rivers, between 155 and 300 species of phytoplankton have been reported. This number of species is considered low for a watershed with the largest water reservoir in Mexico; consequently, this study was focused to the phytoplankton species present in the tropical wetland Chaschoc, located in the basin of the Usumacinta River. Hence, phytoplankton was collected during the low flow of the flooding cycle in 2014 by oblique tows. A total of 129 morphospecies and 6 taxonomic groups were recorded: Cyanophyta (Cyanoprocaryota), Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta (Euglenozoa) and Dinophyta (Dinoflagellata). Regarding the number of species, Chlorophyta was the best represented, while the group Cryptophyta was the less represented. In addition, 40 new records are reported for the Grijalva and Usumacinta basins, of which 13 are considered potentially toxic and 42 indicators of pollution and eutrophication. However, it is expected that the registration of species increases with samples in different seasons of the hydrological cycle and other wetlands associated with the Usumacinta River and its tributaries.

© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords: Toxic microalgae; Eutrophication; Limnetic; Tabasco

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: karinaradha514@yahoo.com (K. Esqueda-Lara).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.015>

1870-3453/© 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El fitoplancton es un conjunto de microorganismos acuáticos, fotosintetizadores con ciclos de vida corta que viven suspendidos en la columna de agua en ambientes continentales, estuarinos y marinos. Está formado tanto por organismos procariontes como eucariontes. El fitoplancton aporta alrededor del 70% del oxígeno en el planeta (Harris, 1986; Moss, 2009) y es la base de las redes tróficas acuáticas. Además, algunas de sus morfoespecies son indicadoras de la calidad del agua y de los ecosistemas (Francis, 1878; González y García, 1984; Kolkwitz y Marsson, 1902, 1908; Palmer, 1977; Solis, Pawlik-Skowrońska y Kalinowska, 2016), mientras que otras producen toxinas (Bustillos-Guzmán, Vale y Band-Schmidt, 2012; Hallegraeff, 2003) que en condiciones de florecimientos algales pueden provocar intoxicaciones en aves y mamíferos, incluyendo al humano, el cual puede envenenarse principalmente por ingestión de agua o alimento contaminado, por bañarse en embalses con presencia de ficotoxinas o por inhalación durante actividades deportivas acuáticas.

En México se encuentran registradas 3,256 especies de fitoplancton limnético (Novelo y Tavera, 2011). En las cuencas localizadas en la planicie costera del sur del golfo de México los reportes de fitoplancton limnético aumentaron en la península de Yucatán (por ejemplo, López-Adrián y Barrientos-Medina, 2005; Novelo y Tavera, 2011; Sánchez, Alcocer, Escobar y Lugo, 2002; Schmitter-Soto et al., 2002). En contraste, en las cuencas de los ríos Tonalá, Grijalva y Usumacinta, la información se restringe a las lagunas costeras de Carmen-Pajonal-Machona y Mecoaacán (Campos, Custodio, Torres, Rivas y Cruz, 2012; De la Lanza-Espino y Gómez-Aguirre, 1994; Mier y Terán, Castro, Mayor y Brito, 2006; Santoyo y Signoret, 1981), además del río González (Moreno-Ruíz, 2005) y la laguna de las Ilusiones (Cruz-Rosado, 2006, 2012). Sin embargo, en las aproximaciones retrospectivas sobre la diversidad fitoplanctónica en las cuencas bajas de los ríos Tonalá, Grijalva y Usumacinta, se recopilaban 300 taxa de las bases NTFico y Taxfich (Novelo y Tavera, 2011). Posteriormente, Oliva-Martínez, Godínez-Ortega y Zúñiga-Ramos (2014) citaron solamente 155 especies de fitoplancton dulceacuícola, pero independientemente de esta amplia variación de registros, el número de especies de fitoplancton dulceacuícola para las 3 cuencas se considera subestimado en relación con las 3,256 especies reportadas para México por Novelo y Tavera (2011) o incluso las 1,025 por Oliva-Martínez et al. (2014), sobre todo por la abundancia de humedales fluviales, ya que en las 3 cuencas se han registrado más de 450 lagunas (Rodríguez y Benítez, 1994) en la red hídrica superficial que alberga el mayor volumen de recursos hídricos disponibles en México, con las mayores reservas potenciales de agua en el país (Conagua, 2011, 2013).

En la cuenca baja del río Usumacinta existe información sobre la diversidad acuática de pteridofitas y angiospermas, crustáceos y peces (por ejemplo, Álvarez-Pliego et al., 2016; Ayala-Pérez, Pineda-Peralta, Álvarez-Guillén y Amador-del Ángel, 2014; Barba, Carmona-Osalde, Quiñones-Rodríguez y Rodríguez-Serna, 2015; Castillo-Domínguez, Barba-Macías, Navarrete, Rodiles-Hernández y Jiménez-Badillo, 2011;

Macossay-Cortéz, Sánchez, Huidobro, Florido y Montalvo, 2011; Montalvo, Sánchez, Florido y Macossay-Cortéz, 2010; Novelo, 2006; Sánchez, Florido, Álvarez-Pliego y Salcedo, 2015). Sin embargo, solo Álvarez-Pliego et al. (2016) y Sánchez et al. (2015) incluyeron registros de peces provenientes del humedal Chaschoc. En este sentido, la diversidad fitoplanctónica limnética representa un vacío de información en la cuenca de uno de los ríos vivos más caudalosos del golfo de México. Así, con el fin de generar la primera lista de especies de fitoplancton en la cuenca baja del río Usumacinta se realizó un estudio florístico de este grupo en un humedal fluvial limnético y con mínima presión urbana.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en Chaschoc, un humedal fluvial tropical, el cual es un humedal localizado en la cuenca baja del río Usumacinta que cuenta con una extensión de 482.3 ha, tiene una línea de costa de 26.8 km y presenta una mezcla completa (Rodríguez, 2002). La colecta del fitoplancton se realizó durante los meses de marzo y mayo (2014) correspondientes a la temporada de secas, cuando se presentan bajas precipitaciones, altas temperaturas y alta evaporación (flujo bajo del ciclo de inundación) en 3 rasgos hidrogeomórficos (río, canal y depresión o laguna) en 2 zonas del humedal: 1) laguna Chaschoc-canal Pochote y 2) laguna Gaytán-canal San Ignacio, ambas interconectadas con el río Usumacinta en diferentes secciones del mismo. El diseño de muestreo incluyó 2 sitios en cada canal, 2 en cada laguna y uno en cada sección del río Usumacinta, lo que sumó 10 sitios de muestreo (fig. 1). En cada sitio de muestreo se efectuaron 3 réplicas, de las cuales se generó una muestra compuesta. Los muestreos se realizaron de manera oblicua con una red de 54 μ m de luz de malla según la profundidad del sitio, que varió entre 60 y 90 cm en las lagunas, de 3 a 4.6 m en los canales y de 11.5 a 12 m en el río Usumacinta (tabla 1). Las muestras fueron fijadas con formol al 4% y se midieron parámetros físicoquímicos como temperatura, conductividad y oxígeno disuelto con una sonda multiparámetro YSI 650, y se registró la profundidad con una ecosonda Hondex PS-7 (tabla 1).

Las muestras fueron analizadas en diferentes microscopios ópticos en campo claro, campo oscuro y contraste de fases. Las morfoespecies fueron identificadas con el uso de literatura especializada, tanto clásica como actualizada (Belcher y Swale, 1976; Caljon, 1983; Felisberto y Souza, 2014; Hindák, 2006; Kim, 2013a, 2013b, 2015; Komárek, 2005; Komárek y Zapomělová, 2007; López-Mendoza, Tavera y Novelo, 2015;

Tabla 1

Variación espacial de la temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), profundidad (z) y oxígeno disuelto (OD) durante el flujo bajo en el humedal Chaschoc, río Usumacinta.

	T (°C)	CE (μ Scm ⁻¹)	z (m)	OD (mgL ⁻¹)
Río	27.8-27.9	551-582	11.5-12.0	11.9-12.0
Canales	27.5-28.3	552-637	3.0-4.6	10.7-11.8
Lagunas	28.8-32.2	481-519	0.5-1.0	12-24.8

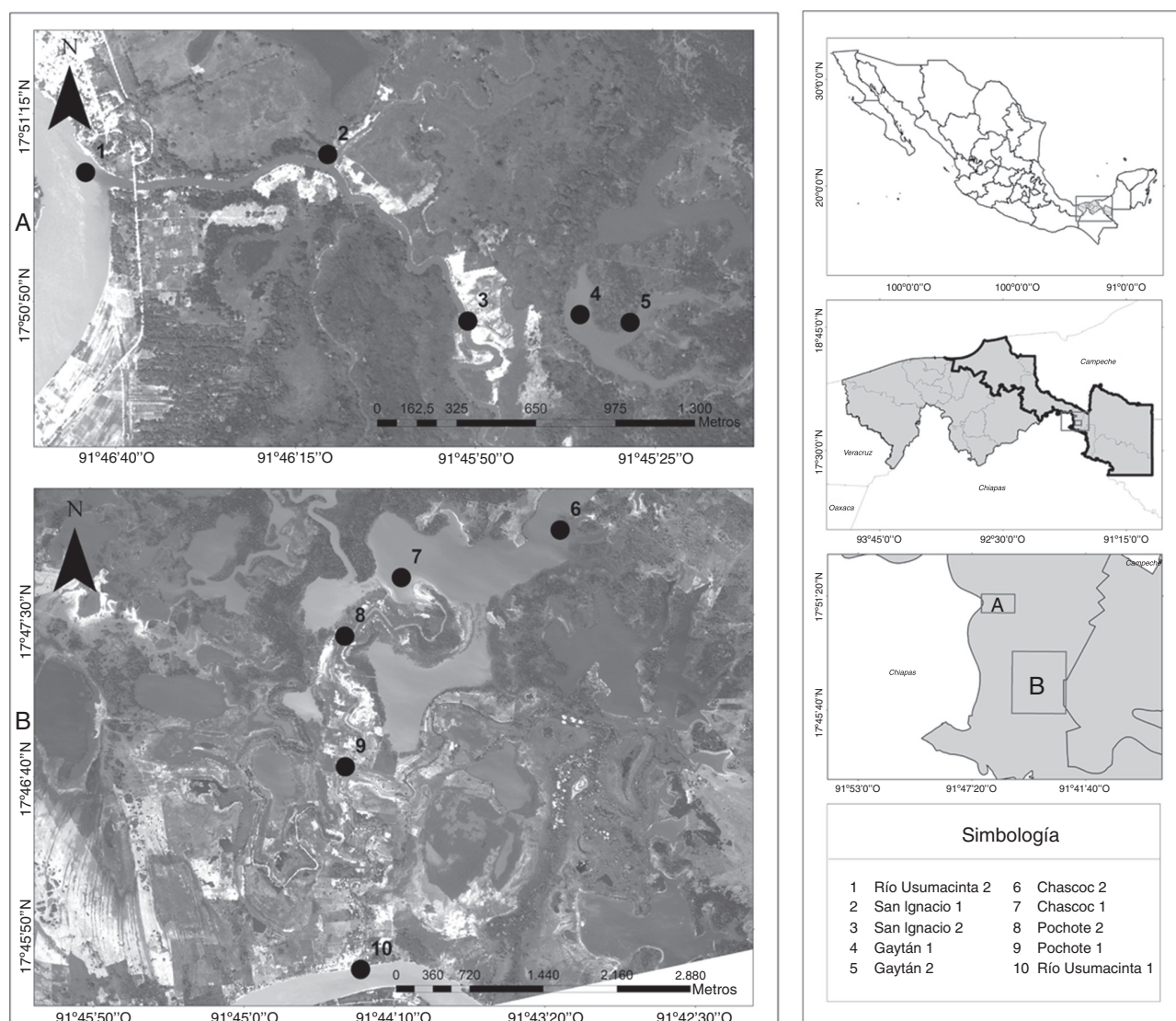


Figura 1. Área de estudio.

Ortega, 1984; Philipose, 1967; Rai y Misra, 2012; Rosini, Sant' Anna y Tucci, 2013; Sant' Anna et al., 2012; Wehr y Sheath, 2003). Los grupos taxonómicos se presentan de acuerdo con una de las clasificaciones sistemáticas más utilizadas (Van Den-Hoek, Mann y Jahns, 1995; Wehr y Sheath, 2003), al igual que la base de datos para la actualización nomenclatural (Guiry y Guiry, 2015).

Resultados

Se registró un total de 129 taxones (incluyendo especies, variedades y formas) de 6 diferentes grupos taxonómicos (tabla 2): Cyanophyta (Cyanoprocaryota), Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta (Euglenozoa) y Dinophyta (Dinoflagellata) (fig. 2). De estos, el grupo más representado fue el de las Chlorophyta con 58 taxa, seguido por las Cyanophyta y las Euglenophyta con 26 y 25 taxa, respectivamente, mientras que las Bacillariophyta (15), los Dinoflagellata (3) y las

Cryptophyta (2) fueron los grupos menos representativos. Del total de las morfoespecies registradas, 28 se presentaron exclusivamente en marzo y 36 en mayo, mientras que 65 fueron registradas durante ambos meses. Las Cyanophyta tuvieron prácticamente el mismo número de morfoespecies en los 2 meses, al igual que las Euglenophyta y las Chlorophyta. En contraste, las Bacillariophyta presentaron mayor riqueza específica en mayo (fig. 3).

En cuanto a la presencia de las especies en los diferentes ambientes (río, lagunas y canales), solo *Monoactinus simplex* (Meyen) Corda y *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson se presentaron en todos ellos. En el río Usumacinta se obtuvo el menor número de especies en ambos meses, en la laguna Gaytán se encontró la mayor riqueza específica en mayo y en la laguna Chascoc en marzo (fig. 4). Las especies de fitoplancton se registraron a una temperatura que varió de 27.5 a 32.2 °C, conductividad de 481-637 μScm^{-1} y oxígeno disuelto de 10.7 a 24.8 mgL^{-1} (tabla 1).

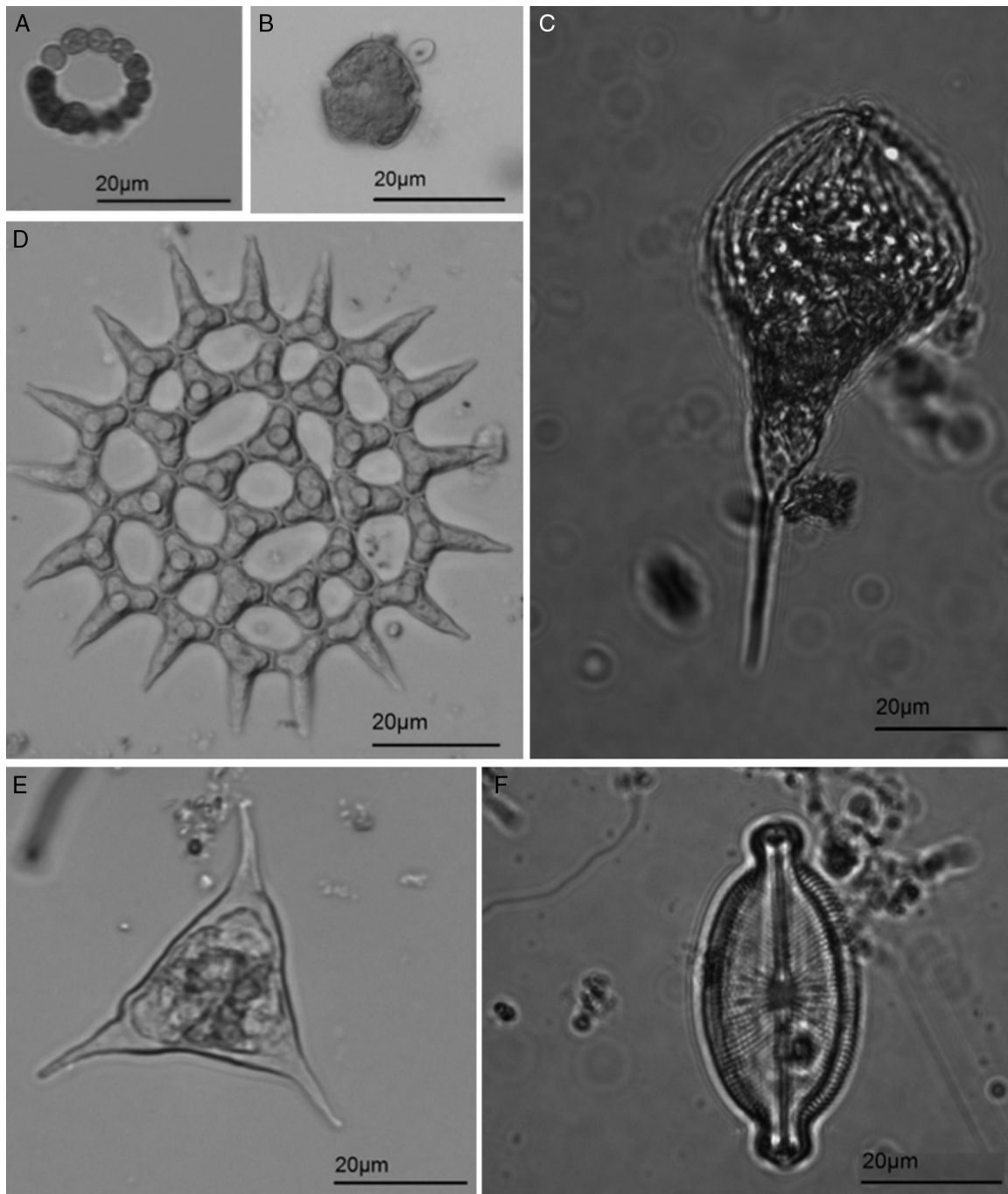


Figura 2. Organismos representativos de cada grupo taxonómico del fitoplancton encontrado en el sistema lagunar Chaschoc. A) Cyanophyta: *Dolichospermum spiroides* (Klebban) Wacklin, L. Hoffmann et Komárek; B) Dinophyta: *Peridinium* sp.; C) Euglenophyta: *Phacus tortus* (Lemmermann) Skvortzov; D) Chlorophyta: *Monoactinus simplex* (Meyen) Corda; E) Cryptophyta: *Tetraëdriella regularis* (Kützing) Fott; F) Bacillariophyta: *Placoneis gastrum* (Ehrenberg) Kützing.

Discusión

La presencia de 129 taxones dulceacuícolas en el humedal Chaschoc representa un número elevado si se considera que el muestreo se realizó solo en temporada de secas. Comparando esta riqueza específica con otros trabajos como el del río González y el del río Tehuantepec, donde se reportaron 283 (Moreno-Ruíz, 2005) y 273 especies (Moreno-Ruíz, Tapia-García, González-Macías y Figueroa-Torres, 2008), respectivamente, pareciera ser baja. Sin embargo, hay que

considerar que el muestreo realizado, solo pertenece a una temporada del ciclo anual (secas), mientras que los de río González y río Tehuantepec cubrieron todo un ciclo anual (secas, lluvias y nortes). Otros trabajos como el de la península de Yucatán (Schmitter-Soto et al., 2002), Oaxaca o el del lago Monte Alegre, Brasil (Silva, 1999), reportaron 150 especies y 119 taxones, el cual no es un número muy lejano al obtenido aquí.

En los diferentes ambientes (río, laguna y canal) se encontraron solamente 2 morfoespecies compartidas pertenecientes al grupo de las Chlorophyta: *Monoactinus simplex* y

Tabla 2

Presencia y ausencia de morfoespecies de fitoplancton del sistema lagunar Chaschoc. 1) Río Usumacinta 2; 2) San Ignacio 1; 3) San Ignacio 2; 4) Gaytán 1; 5) Gaytán 2; 6) Chaschoc 2; 7) Chaschoc 1; 8) Pochote 2; 9) Pochote 1; 0) río Usumacinta 1. ● Nuevos registros para la cuenca baja del río Usumacinta, *especies potencialmente tóxicas, + especies indicadoras de eutrofización.

	Marzo 2014										Mayo 2015									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Cyanoprokaryota																				
*+ <i>Anabaenopsis elenkini</i> V. Miller	x	x					x							x	x					
+ <i>Anabaenopsis tanganyikae</i> (G. S. West) Woloszyńska et V. V. Miller in Miller										x										
● <i>Aphanocapsa annulata</i> G. B. McGregor														x	x				x	
● <i>Aphanocapsa koordersii</i> K. M. Strøm									x											
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun																			x	
<i>Chroococcus mipitanensis</i> (Woloszyńska) Geitler						x														
* <i>Cylindrospermopsis philippinensis</i> (W. R. Taylor) Komárek	x									x	x								x	
* <i>Dolichospermum flos-aquae</i> ([Lyngbye] Brébisson ex Bornet et Flahault) Wacklin, Hoffmann et Komárek	x	x							x											
* <i>Dolichospermum spiroides</i> (Kleban) Wacklin, L. Hoffmann et Komárek	x					x				x					x				x	
* <i>Gomphosphaeria</i> sp.	x																			
● <i>Komvophoron schmidlei</i> (Jaag) Anagnostidis et Komárek														x	x					
<i>Limnospira limneticus</i> (Lemmermann) Komáreková, Jezberová, O. Komárek et Zapomelová	x						x			x					x					
+ <i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing															x					
*+ <i>Merismopedia punctata</i> Meyen				x															x	
*+ <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	x						x								x	x				
<i>Merismopedia</i> sp.		x																		
* <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	x			x	x		x							x						
<i>Microcystis smithii</i> Komárek et Anagnostidis						x										x				
* <i>Microcystis viridis</i> (A. Braun) Lemmermann					x				x						x			x		
* <i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek ex Komárek																		x		
<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh ex Gomont														x				x		
<i>Planktolingbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek							x		x	x		x	x	x	x			x	x	
* <i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn														x						
<i>Radiocystis geminata</i> Skuja														x		x				
* <i>Raphidiopsis curvata</i> F.E. Fritsch et M.F. Rich	x	x							x	x		x	x		x				x	x
● <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek et Hindák									x	x										
Bacillariophyta																				
●+ <i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh																				x
+ <i>Cymbella mexicana</i> (Ehrenberg) Cleve											x									
<i>Ephitemia</i> sp.												x								
+ <i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		x						x				x					x	x		
●+ <i>Pinnularia macilenta</i> Ehrenberg				x														x		
●+ <i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg															x					x
<i>Placoneis gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing												x								
●+ <i>Surirella elegans</i> Ehrenberg							x					x								x
+ <i>Surirella linearis</i> W. Smith			x																	
<i>Surirella tenera</i> var. <i>nervosa</i> A. Schmidt								x	x										x	x
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen								x			x					x				x
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	x	x			x		x		x	x		x				x	x			
+ <i>Cyclotella</i> sp.								x												
●+ <i>Fragilaria constricta</i> Ehrenberg																			x	
● <i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing																				x
Chlorophyta																				
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) P. M. Tsarenko	x			x		x	x		x	x					x	x		x	x	
<i>Acutodesmus bernardii</i> (G.M. Smith) E. Hegewald, C. Bock et Krienitz				x	x		x		x	x		x		x		x		x	x	
<i>Acutodesmus dimorphus</i> (Turpin) P. M. Tsarenko				x					x	x										
+ <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs		x		x						x										
+ <i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov				x																
●+ <i>Ankistrodesmus longissimus</i> (Lemmermann) Wille				x																
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris						x								x	x				x	

[illegible]

Tabla 2 (continuación)

	Marzo 2014										Mayo 2015									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
●+ <i>Euglenaria anabaena</i> (Mainx) Karnkowska et E. W. Linton								x											x	
+ <i>Euglenaria caudata</i> (Hüder) A. Karnowska-Ishikawa, E. Linton et J. Kwiatowski															x			x		
● <i>Lepocinclis acus</i> (O.F.Müller) Marin et Melkonian						x	x								x			x		
<i>Lepocinclis acus</i> var. <i>longissima</i> (Deflandre) D. A. Kapustin							x							x	x			x		
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H. J. Carter) Lemmermann							x								x					
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann		x		x										x	x		x			
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) Marin et Melkonian		x				x	x	x												
<i>Lepocinclis teres</i> (F. Schmitz) Francé		x				x	x													
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehrenberg) Mereschowsky															x					
+ <i>Phacus acuminatus</i> Stokes							x							x			x	x		
●+ <i>Phacus acutus</i> Pochmann		x				x								x						
+ <i>Phacus asymmetricus</i> Sokoloff															x			x		
+ <i>Phacus caudatus</i> Hübner																	x		x	
+ <i>Phacus curvicauda</i> Svireenko		x			x	x	x							x				x	x	x
●+ <i>Phacus helikoides</i> Pochmann															x				x	
+ <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin		x	x			x								x			x	x		
+ <i>Phacus orbicularis</i> K. Hübner		x			x	x	x	x	x					x			x	x		
+ <i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortzov		x					x								x			x	x	
<i>Strombomonas costata</i> Deflandre							x								x				x	
● <i>Strombomonas deflandrei</i> (Y. V. Roll) Deflandre									x										x	
● <i>Strombomonas gibberosa</i> (Playfair) Deflandre		x					x		x		x	x		x	x			x	x	
● <i>Strombomonas scabra</i> var. <i>ovata</i> (Playfair) G. Tell et V. Conforti												x					x			
● <i>Strombomonas schauinslandii</i> (Lemmermann) Deflandre															x				x	
● <i>Strombomonas triquetra</i> (Playfair) Deflandre						x		x								x			x	
●+ <i>Trachelomonas amphoriformis</i> O. Tafall		x																		
Dinophyta (Dinoflagellata)												x								
● <i>Dinosphaera palustris</i> (Lemmermann) Kofoid et Michener																				
<i>Peridinium inconspicuum</i> Lemmermann					x															
<i>Peridinium</i> sp.		x						x					x							

Scenedesmus quadricauda, las cuales han sido ampliamente reportadas en otras cuencas (Day, Wickham, Entwisle y Tyler, 1995; Garduño-Solórzano et al., 2011; Hernández-Morales, Ortega-Murillo, Alvarado-Villanueva, Sánchez-Heredia y Medrano-Zarco, 2008; Hu y Wei, 2006; López-López y

Serna-Hernández, 1999). En cuanto a la riqueza específica de los diferentes ambientes, en la laguna Gaytán se registró el mayor número de especies, mientras que en el río Usumacinta se reportó la menor riqueza específica.

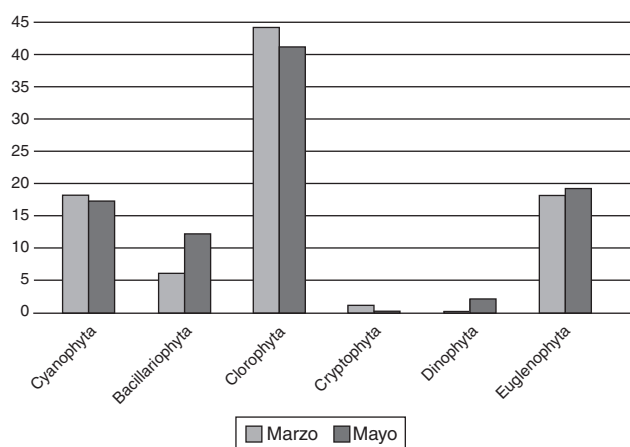


Figura 3. Riqueza específica de los grupos taxonómicos por mes de muestreo.

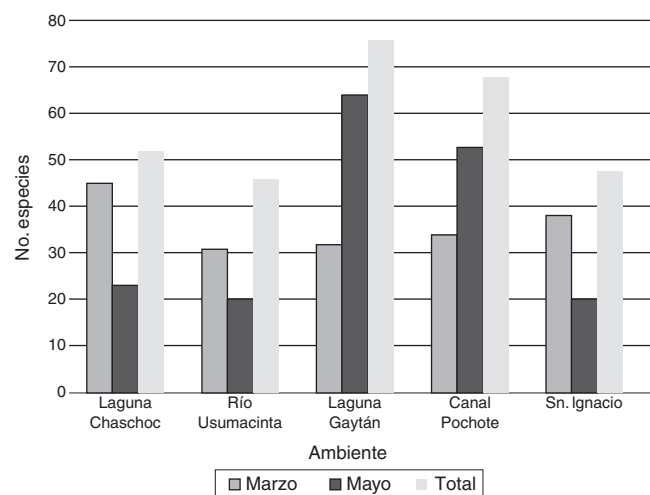


Figura 4. Riqueza específica de fitoplancton por ambiente en la cuenca baja del río Usumacinta.

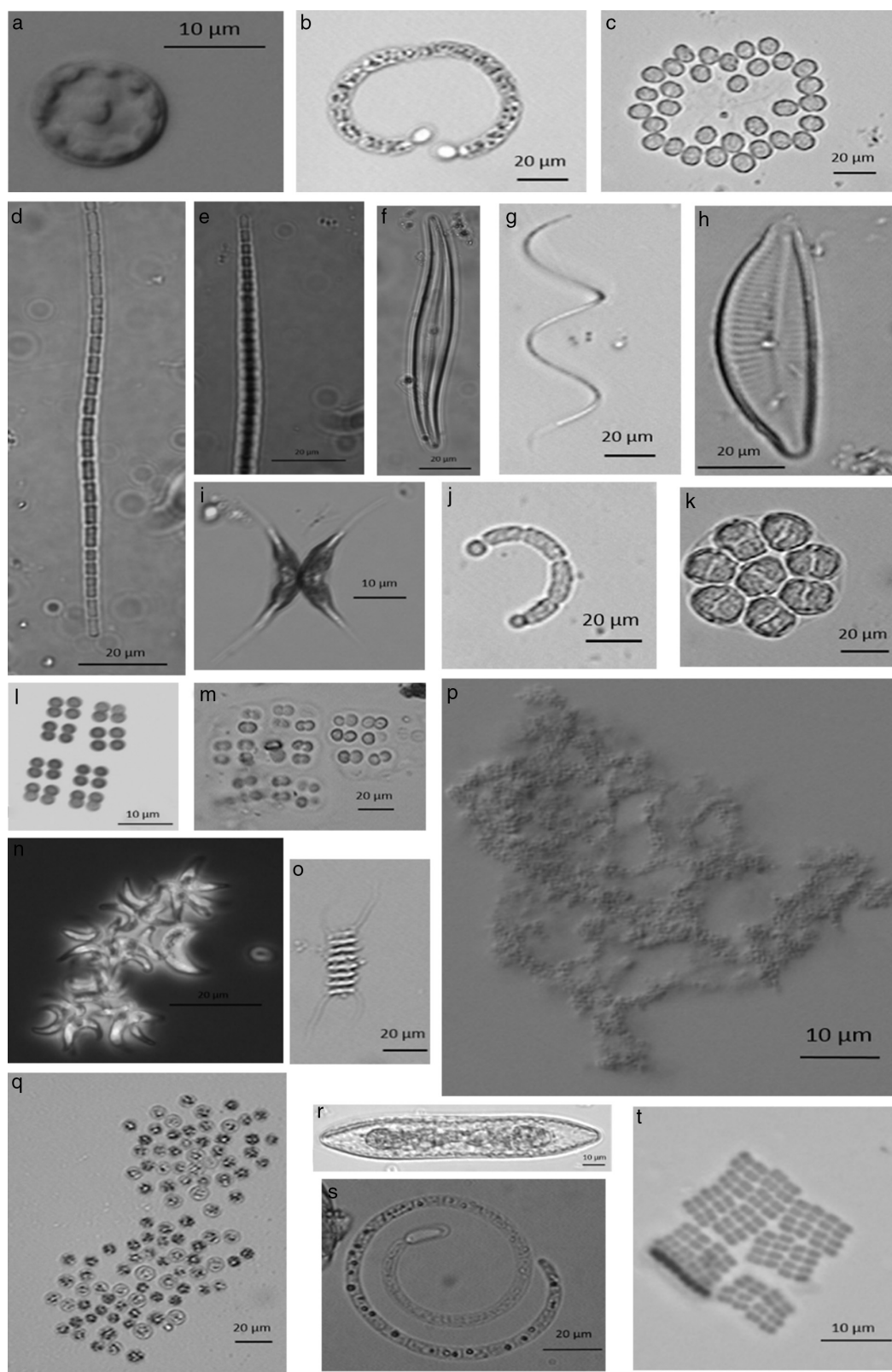


Figura 5. (*) Especies potencialmente tóxicas, (+) especies indicadoras de eutrofización: a) +*Cyclotella* sp.; b) *+*Anabaenopsis elenkinii* V. Miller; c) **Gomphosphaeria* sp.; d) y e) *Pseudoanabaena catenata* Lauterborn; f) +*Gyrosigma acuminatum* (Kützinger) Rabenhorst; g) **Raphidiopsis curvata* F. E. Fritsch et M. F. Rich; h) +*Cymbella mexicana* (Ehrenberg) Cleve; i) +*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs; j) *Anabaenopsis tanganyikae* (G. S. West) Miller Woloszyńska et V. V. Miller in Miller; k) **Pandorina morum* (O. F. Müller) Bory de Saint-Vincent; l) *+*Merismopedia tenuissima* Lemmermann; m) *+*Merismopedia punctata* Meyen; n) +*Ankistrodesmus gracilis* (Reinsch) Korshikov; o) +*Scenedesmus armatus* (R. Chodat) R. Chodat; p) **Microcystis aeruginosa* (Kützinger) Kützinger; q) **Microcystis viridis* (A. Braun) Lemmermann; r) +*Surirella linearis* W. Smith; s) *Cylindrospermopsis philippinensis* (W. R. Taylor) Komárek; t) +*Merismopedia elegans* A. Braun ex Kützinger.

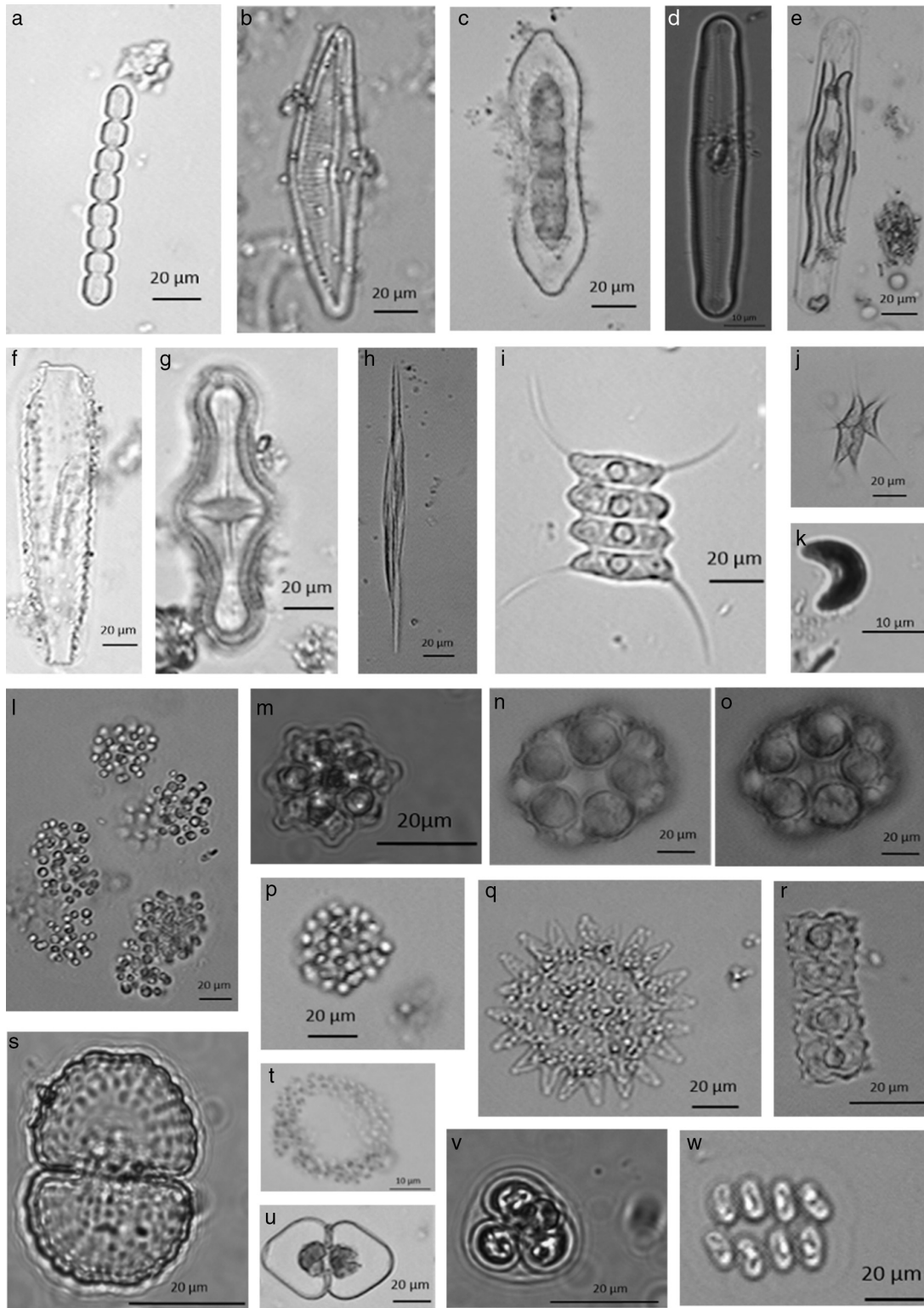


Figura 6. Nuevos registros para la cuenca baja del río Usumacinta. (+) Especies indicadoras de eutrofización. a) *Komvophoron schmidlei* (Jaag) Anagnostidis et Komárek; b) *+Cymbella cymbiformis* C. Agardh; c) *+Fragilaria constricta* Ehrenberg; d) *+Pinnularia macilenta* Ehrenberg; e) *+Pinnularia nobilis* (Ehrenberg) Ehrenberg; f) *+Surirella elegans* Ehrenberg; g) *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing; h) *+Ankistrodesmus longissimus* (Lemmermann) Wille; i) *Desmodesmus tropicus* (W. B. Crow) E. Hegewald; j) *+Diclostera acutatus* C.-C. Jao, Y. S. Wei et H. C. Hu; k) *Kirchneriella aperta* Teiling; l) *Aphanocapsa koordersii* K. M. Strøm; m) *Coelastrum verrucosum* (Reinsch) Reinsch; n) y o) *Hariotina reticulata* P. A. Dangeard; p) *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák; q) *Pediatrum duplex* var. *subgranulatum* Raciborski; r) *Euastrum biverrucosum* A. A. Gontcharov et M. M. Watanabe; s) *Cosmarium vexatum* West; t) *Aphanocapsa annulata* G. B. McGregor; u) *Cosmarium granatum* Brébisson ex Falfs; v) *Gloeocystis major* Gerneck ex Lemmermann; w) *Comasiella arcuata* (Lemmermann) E. Hegewald, M. Wolf, Al. Keller, Friedl et Krienitz.

Las morfoespecies potencialmente tóxicas registradas fueron 13 (fig. 5). Entre estas, 12 son Cyanophyta pertenecientes a 8 géneros (*Anabaenopsis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Gomphosphaeria*, *Merismopedia*, *Microcystis*, *Pseudoanabaena*, *Raphidiopsis*) y una morfoespecie de Chlorophyta del género *Pandorina* (Palmer, 1962). Entre las especies potencialmente tóxicas, *Raphidiopsis curvata* F. F. Fritsch et M. F. Rich, que produce la toxina cilindrospermopsina, la cual daña el hígado de los mamíferos, resultó la más conspicua al registrarse en el río Usumacinta (sitio de máxima energía) y en los canales Pochote y San Ignacio (ambientes de menor energía). En estudios previos (Moreno-Ruíz, 2005), *R. curvata* también fue registrada en el río González y humedales asociados (ambientes de baja y alta energía).

En el caso de *Anabaenopsis elenkinii*, productora de la microcistina que también daña el hígado de los mamíferos, fue registrada tanto en alta como baja energía en el presente trabajo y se reportó en el lago Catemaco (Komárková-Legnerová y Tavera, 1996, 2003), así como en la cuenca del río González y en la cuenca del río Grijalva (Muciño-Márquez, Figueroa-Torres y Aguirre-León, 2015; Osorio-Sánchez y López-Pérez, 2005). Otra de las especies potencialmente tóxica, por su capacidad de producir microcistina, es *Cylindrospermopsis philippinensis*. Dicha especie fue registrada principalmente en ambientes de alta energía y también se ha reportado en el lago de Catemaco, en la cuenca del río Papaloapan (Berry y Lind, 2010). *Dolichospermum flosaquae* produce también microcistina y anatoxina (una neurotoxina); esta fue registrada en 3 sitios de muestreo y existe el antecedente de ser la productora de un florecimiento en la laguna de Alvarado (Aké-Castillo y Campos-Bautista, 2014), mientras que *M. tenuissima* Lemmermann, también productora de microcistina, se registró en río y laguna (alta y baja energía) durante el mes de marzo y en laguna (baja energía) durante el mes de mayo (tabla 2), habiéndose incluso reportado en la península de Yucatán (Schmitter-Soto et al., 2002).

Con respecto a las morfoespecies consideradas indicadoras de aguas contaminadas y eutrofizadas, estas pertenecen a los grupos de Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta y Euglenophyta (fig. 6). Destacan entre ellas las especies *Melosira varians* C. Agardh con 9 registros, *Monactinus simplex* (Meyen) Corda (15), *M. simplex* var. *echinulatum* (Wittrock) Pérez, Maidana y Comas (14), *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson (13), *Phacus curvicauda* Svirensko (8) y *P. orbicularis* K. Hübner (9), por haberse presentado en un mayor número de localidades muestreadas, en su mayoría en ambientes de laguna y canal (ambientes de baja energía). *M. varians* es indicadora de sistemas eutrofizados y contaminados por materia orgánica (Palmer, 1977). *M. simplex* y *Scenedesmus* spp. están asociadas con ecosistemas eutróficos y con ambientes con descargas de aguas residuales (Singh, Ahluwalia, Sharma, Jindal y Thakur, 2013). Por otra parte, las especies de *Phacus* son abundantes en sistemas eutróficos (Palmer, 1977; Singh et al., 2013) altamente contaminados por heces fecales y orina (Pereira y Azeiteiro, 2003).

Las 129 morfoespecies y sus 40 nuevos registros representan la primera lista florística de fitoplancton para la cuenca baja del río Usumacinta, que es la cuenca con mayores

reservas potenciales de agua en el país (Conagua, 2011). Además, contiene los 3 grupos más representativos por su número de especies, incluyendo especies potencialmente tóxicas, indicadoras de contaminación por carga orgánica y fecal, así como condiciones eutrofizadas. En este ámbito, esta lista florística permite abrir hipótesis para comprobar sobre la condición ecológica del humedal, el cual ya registra presencia de abundantes poblaciones de pez no nativo invasor *Pterygoplichthys* spp. (Sánchez et al., 2015).

Agradecimientos

El presente estudio contó con el financiamiento del proyecto FOMIX (tab-2012-c28-194316) y proyecto Conacyt (Clave: C-662/2014). Agradecemos al Dr. Antonio Almazán Becerril y al Dr. David U. Hernández Becerril por permitir el uso de sus laboratorios y microscopios. A Diana de la O Hidalgo, Sergio Escobar Morales, por su apoyo técnico y Candelario Peralta Carreta (Laboratorio, CCGSS) por la realización del mapa.

Referencias

- Aké-Castillo, J. A. y Campos-Bautista, G. (2014). Bloom of *Dolichospermum flos-aquae* in a coastal lagoon in the Southern Gulf of Mexico. *Harmful Algae News*, 49, 12.
- Álvarez-Pliego, N., Sánchez, A. J., Florido, R., Salcedo, M. A., Macossay-Cortez, A., Brito, R., et al. (2016). New records and extension of geographical distribution of *Heterophallus echeagarayi* (Poeciliidae) in the Usumacinta Province, Mexico. *Cymbium*, 40, 178–180.
- Ayala-Pérez, L. A., Pineda-Peralta, A. D., Álvarez-Guillén, H. y Amador-del Ángel, L. E. (2014). El pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en las cabeceras estuarinas de la laguna de Términos, Campeche. En A. M. Low-Pfeng, P. A. Quijón, y E. M. Peters-Recagno (Eds.), *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México* (pp. 313–336). Ciudad de México, México: Semarnat, INECC, UPEL.
- Barba, E., Carmona-Osalde, C., Quiñones-Rodríguez, L. y Rodríguez-Serna, M. (2015). Registros nuevos de cambáridos (Crustacea: Cambaridae: *Procambarus*) en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, Tabasco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 620–628.
- Belcher, H. y Swale, E. (1976). *A beginner's guide to freshwater algae*. Londres: Institute of Terrestrial Ecology, Her Majesty's Stationery Office.
- Berry, J. P. y Lind, O. (2010). First evidence of "paralytic shellfish toxins" and cylindrospermopsin in a Mexican freshwater system, Lago Catemaco and apparent bioaccumulation of the toxins in "tegogolo" snails (*Pomacea patula catemacensis*). *Toxicon*, 55, 930–938.
- Bustillos-Guzmán, J., Vale, P. y Band-Schmidt, C. (2012). Presence of benzoate type toxins in *Gymnodinium catenatum* Graham isolated from the Mexican Pacific. *Toxicon*, 27, 922–926.
- Caljon, A. (1983). *Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland*. La Haya: Dr. W. Junk Publishers.
- Campos, B., Custodio, T. N., Torres, C., Rivas, M. G. y Cruz, L. (2012). Registro preliminar de la composición fitoplanctónica de la laguna de Mecoaacán, Paraíso, Tabasco, México. *Kuxulkab'*, 18, 65–72.
- Castillo-Domínguez, A., Barba-Macías, E., Navarrete, A. J., Rodiles-Hernández, R. y Jiménez-Badillo, M. L. (2011). Ictiofauna de los humedales del río San Pedro, Balancán, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 59, 693–708.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2011). *Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México*. Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2013). *Estadísticas del agua en México*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [consultado 5 Jun 2016]. Disponible en: <http://www.gob.mx/conagua>

- Cruz-Rosado, L. (2006). *Distribución espacial y abundancia del fitoplancton en temporada de estiaje, en el vaso Cencali, laguna de las Ilusiones, Villahermosa Tabasco, México*. Tesina. División académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México.
- Cruz-Rosado, L. (2012). *Variación espacial y temporal del fitoplancton en la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco*. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Day, S. A., Wickham, R. P., Entwistle, T. J. y Tyler, P. A. (1995). pp. 1–276. *Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. Flora of Australia Supplementary Series* (4) Canberra: Australian Biological Resources Study.
- De la Lanza-Espino, G. y Gómez-Aguirre, S. (1994). Fitoplancton y nutrientes en la laguna de Mecocacán, Tabasco en el periodo enero-mayo 93. *Resúmenes del VII Congreso de la Sociedad Mexicana de Planctología*, A.C. 27-29 abril, La Paz, Baja California Sur.
- Felisberto, A. S. y Souza, D. B. (2014). Characteristics and diversity of cyanobacteria in periphyton from lentic tropical ecosystem, Brazil. *Advances in Microbiology*, 4, 1076–1087.
- Francis, G. (1878). Poisonous Australian lake. *Nature*, 18, 11–12.
- Garduño-Solórzano, G., Rodríguez-Palacio, M. C., Martínez-García, M., Quintanar-Zúñiga, R. E., Lozano-Ramírez, R. E., Campos-Contreras, J. E., et al. (2011). Cultivos de microalgas del Lago de Catemaco, Veracruz. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 2, 67–80.
- González, T. M. y García, J. D. (1984). Desarrollo de un índice biológico para estimar la calidad de las aguas de la cuenca del Duero. *Limnética*, 1, 263–272.
- Guiry, M. D. y Guiry G. M. (2015). AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway [consultado 3 Sep 2015]. Disponible en: <http://www.algaebase.org>
- Hallegraeff, G. M. (2003). Harmful algal blooms: a global overview. En G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, y A. D. Cembella (Eds.), *Manual on harmful marine microalgae* (pp. 25–49). Paris: UNESCO.
- Harris, G. P. (1986). *Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuation*. Londres: Chapman and Hall.
- Hernández-Morales, R., Ortega-Murillo, M. R., Alvarado-Villanueva, R., Sánchez-Heredia, J. D. y Medrano-Zarco, F. (2008). Variación anual del fitoplancton en el lago Cráter, La Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. *Biológicas*, 10, 5–7.
- Hindák, F. (2006). Three planktonic cyanophytes producing water blooms in western Slovakia. *Czech Phycology, Olomouc*, 6, 59–67.
- Hu, H. y Wei, Y. (2006). *The freshwater algae of China. Systematics, taxonomy and ecology*. pp. 1–1023. China: Science Press., i-xv.
- Kim, Y. J. (2013). Taxonomic and ecological study of the families Hydrodictyaceae and Coelastraceae, order Chlorococcales, and Class Chlorophyceae in Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 36, 421–437.
- Kim, H. S. (2013). New records of fresh-water green algae (Chlorophytes) from Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 36, 303–314.
- Kim, Y. J. (2015). New records of genus *Scenedesmus* (Chlorophyceae) found in Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 38, 213–227.
- Kolkwitz, R. y Marsson, M. (1902). Grundsätze für die biologische Benrteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitt. A. d. Kgl. Prüfungsanst. F. Wasserversorg. U Abwasserbeseitigung zu Berlin*, 1, 33–72.
- Kolkwitz, R. y Marsson, M. (1908). Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 26, 505–519.
- Komárek, J. (2005). Phenotype diversity of the heterocytous cyanoprokaryotic genus *Anabaenopsis*. *Czech Phycology, Olomouc*, 5, 1–35.
- Komárek, J. y Zapomělová, E. (2007). Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena*=subg. *Dolichospermum* – 1. Part: Coiled types. *Fottea, Olomouc*, 7, 1–31.
- Komárková-Legnerová, J. y Tavera, R. (1996). Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) in the phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, México). *Algological Studies*, 83, 403–422.
- Komárková-Legnerová, J. y Tavera, R. (2003). Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical Lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia*, 502, 187–196.
- López-Adrián, S. J. y Barrientos-Medina, R. C. (2005). Diversidad y distribución del fitoplancton de agua dulce en la península de Yucatán, México. *Ibugana*, 13, 3–12.
- López-López, E. y Serna-Hernández, J. A. (1999). Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. *Revista de Biología Tropical*, 47, 643–657.
- López-Mendoza, Z., Tavera, R. y Novelo, E. (2015). El fitoplancton de un canal de Xochimilco y la importancia de estudiar ecosistemas acuáticos urbanos. *Tip. Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18, 13–28.
- Macossay-Cortéz, A., Sánchez, A. J., Huidobro, L., Florido, R. y Montalvo, H. (2011). Historical and environmental distribution of Ichthyofauna in the tropical wetland of Pantanos de Centla, southern Gulf of Mexico. *Acta Ichthyofauna et Piscotora*, 41, 229–245.
- Mier y Terán, J., Castro, V., Mayor, H. F. y Brito, J. A. (2006). Florecimientos algales en Tabasco. *Salud en Tabasco*, 12, 414–422.
- Montalvo, H., Sánchez, A. J., Florido, R. y Macossay-Cortéz, A. (2010). Lista de crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(Suplem.), S121–S131.
- Moreno-Ruiz, J. L. (2005). Fitoplancton. En J. Bueno, F. Álvarez, y S. Santiago (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco* (pp. 32–63). Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Moreno-Ruiz, J. L., Tapia-García, M., González-Macías, M. C. y Figueroa-Torres, M. G. (2008). Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Revista de Biología Tropical*, 56, 27–54.
- Moss, B. R. (2009). *Ecology of fresh waters: man and medium, past to future*. Oxford: Blackwell Science.
- Muciño-Márquez, R. E., Figueroa-Torres, M. G. y Aguirre-León, A. (2015). Cianofitas de los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta y Palizada del este, adyacente a la laguna de Términos, Campeche, México. *Polibotánica*, 39, 49–78.
- Novelo, A. (2006). *Plantas acuáticas de la reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*. México D.F: ENDESU.
- Novelo, E. y Tavera, R. (2011). Un panorama gráfico de las algas dulce de México. *Hidrobiológica*, 21, 333–341.
- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L. y Zúñiga-Ramos, C. A. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Suplem.), S54–S61.
- Ortega, M. (1984). *Catálogo de algas continentales recientes de México*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osorio-Sánchez, J.J. y López-Pérez, R. (2005). *Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna El Balsón, Tabasco, México*. Tesis. Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Palmer, C.M. (1977). *Algae and water pollution, an illustrated manual on the identification, significance, and control of algae in water supplies and in polluted water*. U.S. Environmental protection agency, Cincinnati, Ohio. EPA-600/9-77-036.
- Pereira, M. J. y Azeiteiro, U. M. M. (2003). Ecological notes on the species of *Phacus* Dujardin (Euglenophyta) from the central región of Portugal. *Acta Oecologica*, 24(Supl. 1), S33–S48.
- Philipose, M. T. (1967). *Chlorococcales*. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.
- Rai, S. K. y Misra, P. K. (2012). Taxonomy and diversity of genus *Pediastrum* Meyen (Chlorophyceae, Algae) in east Nepal. *Our Nature*, 10, 167–175.
- Rodríguez, E. (2002). *Las lagunas continentales de Tabasco*. Ciudad de México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rodríguez, E. y Benítez, M. A. (1994). Análisis multivariado sobre datos morfométricos de 40 lagunas cálidas en el estado de Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 11, 43–51.
- Rosini, E. F., Sant'Anna, C. L. y Tucci, A. (2013). Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia*, 64, 399–417.
- Sánchez, M., Alcocer, J., Escobar, E. y Lugo, A. (2002). Phytoplankton of cenotes and anchialine caves along a distance gradient from the northeastern coast of Quintana Roo, Yucatan Peninsula. *Hydrobiologia*, 467, 79–82.
- Sánchez, A. J., Florido, R., Álvarez-Pliego, N. y Salcedo, M. A. (2015). Distribución de *Pterygoplichthys* spp. (Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 1099–1102.

- Sant'Anna, C.L., Tucci, A., Azevedo, M.T. P., Melcher, S.S., Werner, V.R., Malone, C.F. et al. (2012). *Atlas de cianobacterias e microalgas de águas continentais brasileiras*. Publicação electrónica, Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia [consultado 5 Jun 2016]. Disponible en: www.ibot.sp.gov.br
- Santoyo, H. y Signoret, M. (1981). Producción primaria planctónica de tres lagunas costeras de México. *VII Congreso Nacional de Oceanografía*, 27-31 julio. Ensenada, Baja California.
- Schmitter-Soto, J. J., Comín, F. A., Escobar-Briones, E., Herrera-Silveira, J., Alcocer, J., Suárez-Morales, E., et al. (2002). Hidrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatán Peninsula (SE Mexico). *Hydrobiologia*, 467, 215–228.
- Silva, L. H. S. (1999). Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), ribeirão preto, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira Biologia*, 59, 281–303.
- Singh, U. B., Ahluwalia, A. S., Sharma, C., Jindal, R. y Thakur, R. K. (2013). Planktonic indicators: A promising tool for monitoring water quality (early-warning signals). *Ecology, Environmental and Conservation*, 19, 793–800.
- Solis, M., Pawlik-Skowrońska, B. y Kalinowska, R. (2016). Seasonal changes of phytoplankton and cyanobacteria/cyanotoxin risk in two shallow morphologically altered lakes effects of water level manipulation (Wieprz-Krzna Canal System, Eastern Poland). *Ecological Indicators*, 66, 103–112.
- Van Den-Hoek, C., Mann, D. G. y Jahns, H. M. (1995). *Algae an introduction to phycology*. Cambridge: Cambridge University press.
- Wehr, J. D. y Sheath, R. G. (2003). *Freshwater algae of North America, ecology and classification*. Londres: Academic Press.