

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay

Benítez Rodas, G.¹; Dos Santos, M.²; Núñez, A.²; Villalba Duré, G.¹; Ávalos de Enciso, C.³; Araujo Florentín, C.³; Acosta Brítez, R.¹; Escobar, A.³; Arenas, R.³; Astigarraga Escobar, O.³; Peralta López, I.⁴

¹Laboratorio de Hidrobiología. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

²Laboratorio de Hidrobiología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Asunción.

³Laboratorio de Calidad de Aguas. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

⁴Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Nacional de Asunción.
E mail del autor: iperalta@rec.una.py

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay. La invasión de especies alóctonas se podría considerar como el segundo problema más importante después de la contaminación en un ecosistema acuático. La frecuencia de las floraciones de dinoflagelados ha aumentado a nivel mundial; situación similar fue registrada en el Lago Ypacaraí, ubicado a 28 Km de Asunción - Paraguay, donde se identificó por primera vez la especie *Ceratium furcoides* en los 6 puntos de muestreo, reportada en el presente trabajo. Al momento del estudio, el Lago presentó características de un ecosistema eutrofizado, debido a las elevadas concentraciones de Nitrógeno Total Kjeldahl (9,66 mg.L⁻¹) y Fósforo Total (1,37 mg.L⁻¹); y que pudo deberse al aporte de contaminantes orgánicos provenientes principalmente del arroyo Pirayú, uno de sus principales tributarios. Se realizaron análisis de correlación de variables hallándose una mayor correlación con la floración de *C. furcoides*, de la conductividad (-0,94), el pH (0,94), la DBO-5 (0,93) para un valor de p<0,01; mientras que la temperatura del agua (0,83) y el Nitrógeno Amoniacal (-0,89) para un valor de p<0,05, por lo que el control de estas variables puede disminuir la densidad de este organismo.

Palabras clave: *Ceratium furcoides*, eutrofización, Lago Ypacaraí

First report of expansive *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans in Ypacaraí Lake, Central Department, Paraguay. Invasion of alien species could be considered as the second most important problem after pollution in an aquatic ecosystem. The blooming frequency of dinoflagellates has increased worldwide. A similar situation was observed in the Ypacaraí Lake, located 28 km away from Asunción, Paraguay. The species *Ceratium furcoides*, reported in the present study, was identified for the first time in all 6 sampling points. At the time of the study, the lake presented characteristics of a eutrophic ecosystem, due to the high concentrations of Total Kjeldahl Nitrogen (9.66 mg.L⁻¹) and Total Phosphorus (1.37 mg.L⁻¹). It could be due to the contribution of organic pollutants originating mainly of the stream Pirayú, one of its main tributaries. Variation correlation analyzes were performed, with a higher correlation with bloom of *C. furcoides*: conductivity (-0.94), pH (0.94), BOD-5 (0.93) for a value of p <0.01; while water temperature (0.83) and Ammonia Nitrogen (-0.89) for a value of p <0.05, so that the control of the level of these can decrease the density of the organism.

Keywords: *Ceratium furcoides*, eutrophication, Ypacaraí Lake

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 26– 35.

Original recibido el 28 de septiembre de 2017.

Aceptado el 12 de diciembre de 2017.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la invasión de ecosistemas acuáticos por especies alóctonas se puede considerar como el segundo problema más importante después de la contaminación. Esto es debido a que las especies invasoras pueden tener un efecto negativo sobre los ecosistemas, como favorecer la pérdida de la biodiversidad, extinción de especies nativas, cambios en la comunidad dominante y otros tipos de alteraciones con consecuencias muy graves para el ambiente y el ser humano (Catford *et al.*, 2012; Lebet, Kritzberg y Rengefors, 2013). Una de las desventajas al momento de realizar estudios de la diversidad de microorganismos es la falta de registro antes de la invasión, a diferencia de los estudios existentes para los organismos macroscópicos (Lebet, Kritzberg y Rengefors, 2013).

Existe una gran diversidad de especies de algas invasoras que se están expandiendo de manera rápida, aumentando su distribución geográfica y que pueden causar problemas de floraciones importantes en los ecosistemas acuáticos y que se ven intensificados con las actividades antrópicas (Sukenik *et al.*, 2012). En algunos casos pueden estar relacionadas con la producción de toxinas como en el grupo de los dinoflagelados. Además, se los pueden encontrar tanto en aguas dulces como salinas (Hallegraeff, Anderson y Cembella, 2004).

En cuanto al género *Ceratium* que pertenece al grupo de los dinoflagelados, se ha registrado con mayor frecuencia en el hemisferio norte. Sin embargo, en los últimos años se han realizado diferentes registros en Sudáfrica y en Sudamérica

(Margalef, 1983). Las especies de este género pueden desarrollar floraciones en lagos y embalses con características meso a hipertróficos de zonas tropicales (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016). Cuando se producen floraciones por este género, se caracteriza por no producir toxinas, pero pueden modificar el color y sabor del agua, obstruir los filtros de un sistema de potabilización y generar la muerte de peces por el agotamiento del oxígeno disuelto cuando la población va muriendo (Nicholls, Kennedy y Hammett, 1980).

En relación al Lago Ypacaraí, desde octubre del 2012 se han registrado varias floraciones causadas por dos especies de cianobacterias, siendo la primera especie dominante *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & SubbaRaju, seguida luego por otra que fue *Microcystisaeruginosa* (Kützing) Kützing y la que se presentó con mayor frecuencia. Por esta razón la Itaipú Binacional ha financiado proyectos de monitoreos continuos del Lago en colaboración con la Universidad Nacional de Asunción (UNA). En el muestreo realizado en el mes de junio de este año, se evidenció por primera vez como principal causante del florecimiento a una especie invasora, *Ceratium furcoides* en todos los puntos de muestreo del Lago (Benítez *et al.*, 2016).

En los últimos años se han reportado la presencia de *C. furcoides* como especie invasora en varios países de Sudamérica como Chile, Argentina y Brasil (Rodrigues, Torgan y Schwarzbald, 2007; Bustamante Gil *et al.*, 2012; Almanza *et al.*, 2016; Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Campanelli *et al.*, 2017) e inclusive ya existen reportes de su presencia en el

Río Paraná, Paraguay (Meichtry de Zaburlin et al., 2014).

Por lo tanto, en base a las características mencionadas de la especie *Ceratium furcoides* se ha decidido plantear como objetivo de este trabajo de investigación, analizar las características morfológicas y las condiciones fisicoquímicas que dieron lugar a esta floración y qué parámetros presentaron mayor grado de correlación con este proceso ocurrido en el Lago Ypacaraí – San Bernardino en junio de 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El Lago Ypacaraí se encuentra ubicado a 28 kilómetros de Asunción (Capital del Paraguay) con un área de 90 km² y una profundidad no superior a 3 m. Tiene dos afluentes que son el arroyo Pirayú y el Yukyry, y un efluente que es el Río Salado (Romero, 1986).

Detalles del muestreo

El CEMIT (Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas) dependiente de la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT) de la UNA, realiza estudios del Lago mediante muestreos trimestrales desde octubre de 2012 en 6 puntos del mismo. Estos puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta las zonas de recreación como San Bernardino (P1-Club Náutico) y la playa de Areguá (P4-Areguá), los afluentes como el arroyo Yukyry (P3) y el Pirayú (P6), y el efluente Río Salado (P2) que desemboca en el río Paraguay (Ritterbusch, 1988). Para tener una visión general y completa de la variación de los parámetros fisicoquímicos

y biológicos, se ubicó un punto de muestreo (P5) en la parte central del Lago, entre el cerro Areguá y el Hotel Condovac (P5) (Fig. 1 y Tabla 1).

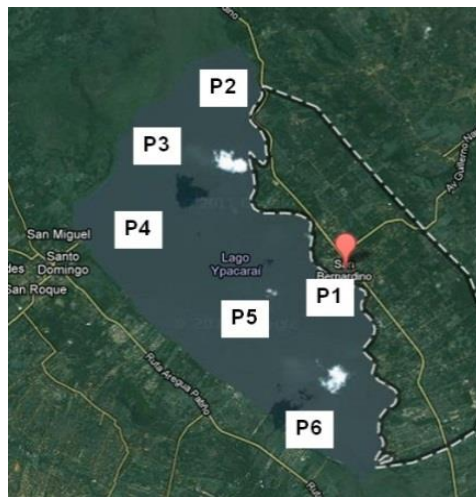


Fig. 1. Mapa con los puntos de muestreo en el lago. Fuente: Google Maps.

Tabla 1. Puntos de muestreo con sus coordenadas

Puntos	Coordenadas
P1	21J0470012 UTM7200130
P2	21J0466835 UTM7207525
P3	21J0463771 UTM7204710
P4	21J0462839 UTM7202416
P5	21J0465991 UTM7198136
P6	21J0468689 UTM7195665

VARIABLES DE ESTUDIO

Para este trabajo de investigación se tuvieron en cuenta 1 variable biológica (*C. furcoides*) y 15 variables fisicoquímicas que fueron Transparencia, Temperatura del agua, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Sólidos Suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno de

nitratos, Fósforo Total (PT), Hierro Ferroso y Hierro Férrico, principales factores fisicoquímicos que influyen sobre las poblaciones de algas (Henry, 1990; Haider *et al.*, 2003; Lucena, 2008; Lu *et al.*, 2013).

Cuantificación de las variables

Para la identificación y clasificación de *Ceratium furcoides* se tuvieron en cuenta las características morfológicas y se utilizaron diversas claves taxonómicas (Bourrelly, 1966; Komárek y Fott, 1983; Streble y Krauter, 1987; Almanza *et al.*, 2016). Una vez identificada la especie se procedió a su cuantificación mediante el método de Utermöhl (Edler y Elbrächter, 2010). En relación a la medición de los parámetros fisicoquímicos mencionados anteriormente se utilizaron los métodos normalizados para el análisis de agua (APHA, 2012).

Análisis de datos

Para el procesamiento de los datos, estadística descriptiva y estimación de la correlación de Pearson se utilizó el programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas

En el género *Ceratium*, se caracteriza por presentar una parte anterior denominada epiteca con una prolongación o cuerno y, una parte posterior que recibe el nombre de hipoteca que puede tener de dos a tres cuernos. Además, presenta movilidad gracias a un flagelo el cual, le otorga un movimiento rotatorio que le permite realizar migraciones a capas

profundas de aguas ricas en nutrientes (Almanza *et al.*, 2016). En relación a *C. furcoides* identificada en el laboratorio pertenece a la clase Dinophyceae, del orden Gonyaulacales y a la familia Ceratiaceae. Presentó tres placas en la epiteca que forman un cuerno largo y estrecho fue de aproximadamente 109 μm , mientras que su hipoteca tuvo una longitud promedio de 45 μm , con una longitud total (epiteca + hipoteca) promedio de 168 μm . En el caso de la hipoteca, ancha y corta presentó dos cuernos, el menor con una longitud promedio de 11 μm y el más largo en promedio 24 μm . Entre la epiteca y la hipoteca se pudo diferenciar de manera clara el cingulo (Fig. 2). Todas las características morfológicas como las medidas morfométricas de los individuos observados coinciden con las descripciones registradas para esta especie (Santos-Wisniewski *et al.*, 2007; Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Almanza *et al.*, 2016). Hasta el momento, esta especie había sido reportada en el Río Paraguay (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2014). Sin embargo, en el muestreo que se realizó en el mes de junio en el Lago Ypacaraí se pudo constatar de una floración por *C. furcoides* y cuya introducción al ecosistema acuático pudo deberse a las aves migratorias, insectos acuáticos o actividades antrópicas, que posibilitaron el transporte desde otro lugar de los quistes que se forman cuando las condiciones ambientales son desfavorables, depositándose en el sedimento y pudiendo permanecer por largos periodos de tiempo en el cuerpo de agua (Reynolds, 2006).

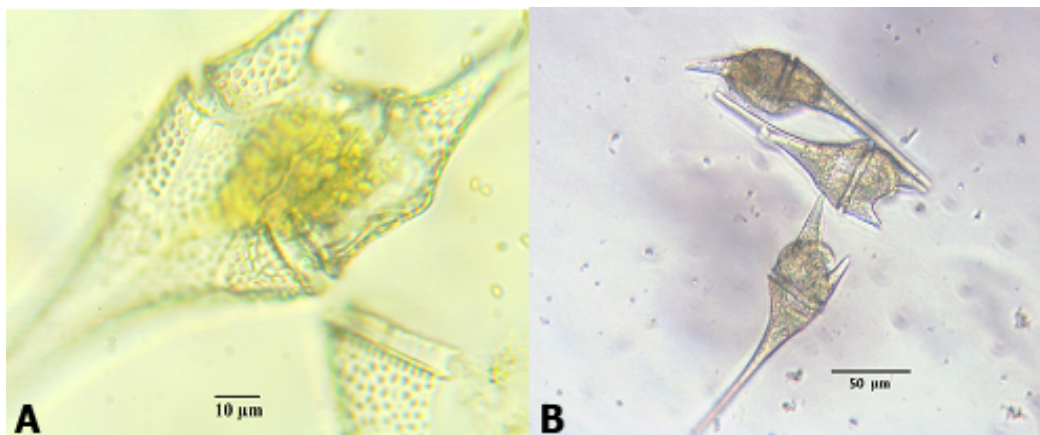


Fig. 2. Imágenes del Dinoflagelado *Ceratium furcoides* colectado en los puntos de muestreo del Lago Ypacaraí, (San Bernardino, Paraguay). **A-** Diferentes placas de la valva dorsal (1000x). **B-** Estructuras de la epitheca e hipoteca (400x).

Densidad de *Ceratium furcoides*

En los 6 puntos de muestreo se pudo observar la presencia de *C. furcoides*, siendo los puntos P1, P5 y P6 los lugares donde se registraron las concentraciones más elevadas, con densidades de 5585 Cél/mL (P1), 5200 Cél/mL (P5) y 6335 Cél/mL (P6).

Mientras que la densidad más baja de 108 Cél/mL fue registrado en el punto P3 (Fig. 3). Por lo tanto, se puede dividir el Lago Ypacaraí en dos partes, una que sería la zona de aporte del arroyo Pirayú y donde se ha registrado la mayor concentración de *C. furcoides* y la otra parte la zona de aporte del arroyo Yukyry con la menor concentración de esta especie.

Una de las consecuencias de la floración de *C. furcoides* es el agotamiento del oxígeno que se produce cuando la población va muriendo y puede traer consecuencias muy graves a nivel ambiental, ocasionando la muerte de otros organismos aerobios (como los bivalvos) o

su desaparición del ecosistema (Pitcher y Probyn, 2011). Además, las floraciones pueden saturar los filtros utilizados para potabilizar las aguas de consumo humano. Hasta el momento no se han reportado casos de producción de toxinas por esta especie (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Almanza *et al.*, 2016).

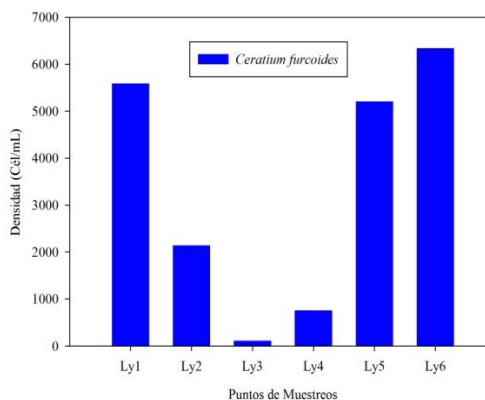


Fig. 3. Comparación de la densidad de *Ceratium furcoides* en los diferentes puntos de muestreo.

Tabla 2. Resumen de la variación de los parámetros fisicoquímicos registrados en los 6 puntos de muestreos.

Parámetros	Puntos	Min	Max	Mean	SD	Error SD	CV
Transparencia (m)	6	0,1	0,3	0,217	0,0753	0,0307	0,079
Temperatura del agua (°C)	6	18,9	20,9	19,867	0,807	0,329	0,847
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ .L ⁻¹)	6	8,3	9,4	8,767	0,47	0,192	0,493
pH (Unidad de pH)	6	7,26	9,16	8,01	0,786	0,321	0,825
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	6	122	162	145,067	14,749	6,021	15,479
Turbidez (NTU)	6	22,5	139	58,683	45,058	18,395	47,285
Sólidos Suspendidos (mg.L ⁻¹)	6	8,8	45	19,033	13,71	5,597	14,388
DBO-5 (20°C) (mg.L ⁻¹)	6	2,47	8,26	6,048	2,786	1,138	2,924
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	6	25,7	133,5	62,467	43,272	17,666	45,411
Nitrógeno Total en agua (mg.L ⁻¹)	6	0,241	9,66	2,277	3,666	1,497	3,847
Fósforo Total en agua (mg.L ⁻¹)	6	0,111	1,367	0,361	0,497	0,203	0,521
Nitrógeno Amoniacal (mg.L ⁻¹)	6	0,02	0,0651	0,0472	0,0191	0,00779	0,02
Nitrógeno de Nitratos (mg.L ⁻¹)	6	0,146	0,784	0,265	0,254	0,104	0,267
Hierro Ferroso (mg.L ⁻¹)	6	0,104	0,515	0,186	0,162	0,066	0,17
Hierro Férrico (mg.L ⁻¹)	6	0,32	3,844	1,787	0,712	0,291	0,747

Características fisicoquímicas de lugar de muestreo

Teniendo en cuenta los valores de pH, el Lago presentó aguas neutras a alcalinas, con altos valores de NTK y PT característicos de ecosistemas acuáticos eutrofizados (O'Neil *et al.*, 2012). Los parámetros que presentaron mayor variación fueron la turbidez con un valor mínimo de 22,5 NTU (P5) y un máximo de 139 NTU (P1); la DQO con un mínimo de 25,7 mg O₂.L⁻¹ (P2) y un máximo de 133,5 mgO₂.L⁻¹ (P3); la conductividad con un mínimo de 122 uS.cm⁻¹ (P6) y un máximo de 162 uS.cm⁻¹ (P3), los sólidos suspendidos con un mínimo de 8,8 mg.L⁻¹ (P3) y un máximo de 45 mg.L⁻¹ (P6); el NTK con un mínimo de 0,241 mg.L⁻¹ y un máximo de 9,66 mg.L⁻¹ y la DBO-5 con un mínimo 2,47 mg.L⁻¹ (P4) y un máximo 8,26 mg.L⁻¹ (P1). Estos parámetros que presentaron mayor variación, pudieron

deberse a procesos relacionados con la descomposición de material orgánico, provenientes de desechos domésticos y otros tipos de contaminantes arrojados a cursos de agua en periodos de lluvia intensa y que terminan en las aguas del Lago Ypacaraí (Pescod, 1992).

Correlación de la densidad vs. variables fisicoquímicas - Test de Pearson

Al analizar los datos de la densidad de *C. furcoides* con las variables fisicoquímicas mediante el Test de Pearson, se pudo observar que 5 parámetros presentaron correlación con el Bloom registrado en el Lago. Al comparar los valores de densidad en los diferentes puntos de muestreos, se pudo comprender mejor qué factores fisicoquímicos pudieron estar asociados de manera significativa en la floración de *C. furcoides*. Como ya se ha mencionado anteriormente, en base a la

densidad se puede dividir en dos grupos los puntos de muestreos del lago, siendo el primero los puntos P1, P5 y P6 donde se observaron la mayor densidad de *C. furcoides*. En este grupo se pudo ver que el pH se mantuvo en un rango de 8,67 - 9,40; la temperatura del agua entre 20,1°C – 20,9°C; la DBO-5 con un rango de 8,11 mg.L⁻¹ – 8,6 mg.L⁻¹; y el Nitrógeno Amoniacal con valores de 0,0200 mg.L⁻¹ – 0,0430 mg.L⁻¹. En tanto que el otro grupo formado por los puntos P2, P3 y P4 los valores de pH se mantuvieron entre 7,26 – 7,42; la temperatura del agua en un rango de 18,9°C – 19,6°C; la DBO-5 con 2,47 mg.L⁻¹ – 6,69 mg.L⁻¹; y el Nitrógeno Amoniacal entre 0,0610 mg.L⁻¹ – 0,0651 mg.L⁻¹. El grado de correlación de los valores observados de los parámetros fisicoquímicos y los registrados con respecto a la densidad de *C. furcoides*, demuestran de manera clara que estos tienen un efecto directo sobre la población de la misma (Tabla 3). El motivo por el cual el Lago presentó dos regiones bien diferenciadas en cuanto a la densidad de *C. furcoides* y una fuerte correlación con la conductividad, el pH y el Nitrógeno Amoniacal, podría deberse al mayor aporte de contaminantes orgánicos del arroyo Pirayú. En el caso de las correlaciones positivas podrían deberse a los procesos de descomposición de los contaminantes orgánicos en nutrientes disponibles para *C. furcoides* que han favorecido en su densidad en los puntos P1, P5 y P6. Mientras que las correlaciones negativas como el nitrógeno amoniacal en dicho puntos pudo deberse al consumo del mismo como nutriente (N) en forma de amoniaco, por esta razón presentaron un menor rango de concentración (0,0200 – 0,0430 mg.L⁻¹) en comparación con los

puntos P2, P3 y P4 (0,0610 – 0,0651 mg.L⁻¹) en donde se registraron menor densidad de *C. furcoides* y donde la elevada conductividad (sales) pudo haber interferido con el crecimiento de esta especie. El factor físico que estaría asociado al consumo de nutrientes podría ser la temperatura del agua (Wang et al., 2010). A diferencia de Almanza (2016) que ha registrado un rango de temperaturas (12°C - 19°C) ideales para la floración de *C. furcoides*, lo observado en el Lago Ypacaraí fue para temperaturas que oscilaron entorno a los 20°C, que se correspondería más con lo registrado por Bustamente (2012), cuyo rango fue de 18°C – 24°C para lagos tropicales (Bustamante Gil et al., 2012; Almanza et al., 2016) favoreciendo la actividad de los microorganismos descomponedores de los contaminantes orgánicos y los procesos relacionados con la floración registrada en el Lago (Wang et al., 2010).

Tabla 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre los factores ambientales y *Ceratium furcoides*. *p<0,05; **p<0,01.

Parámetros Físicoquímicos	<i>C. furcoides</i>
Temperatura del agua (°C)	0,83*
pH (Unidad de pH)	0,94**
Conductividad (µS.cm ⁻¹)	-0,94**
DBO5 (20°C) (mg.L ⁻¹)	0,93**
Nitrógeno Amoniacal (mg.L ⁻¹)	-0,89*

CONCLUSIONES

El presente hallazgo es el primer reporte de floración de *C. furcoides* en el lago Ypacaraí, ocurrido en junio 2017; registrándose en los 6 puntos de muestreos establecidos para el estudio. La especie identificada en el laboratorio presentó tres

placas en la epiteca que forman un cuerno largo, mientras que en su hipoteca dos cuernos, con una longitud total de aproximadamente 168 μm . Las aguas presentaron un pH neutro a alcalino, con elevadas concentraciones de nutrientes (N y P), característicos de ecosistemas eutrofizados. Los parámetros fisicoquímicos que tuvieron mayor correlación con la floración fueron, la conductividad, el pH, la DBO-5, la temperatura del agua y el nitrógeno amoniacal. El hallazgo, es compatible con la tendencia en Latinoamérica, reportado por otros autores y reafirma la necesidad de un monitoreo continuo del Lago Ypacaraí y otros cursos de agua. Además, es importante la búsqueda de estrategias para disminuir la entrada de contaminantes al mismo y evitar el riesgo de floración en otros ecosistemas acuáticos asociados.

AGRADECIMIENTOS

A la Itaipú Binacional por el financiamiento para los trabajos de monitoreos trimestrales que actualmente se realizan en el Lago Ypacaraí en colaboración con la Universidad Nacional de Asunción.

REFERENCIAS

- Almanza, Viviana, Carlos E. de M. Bicudo, Oscar Parra, and Roberto Urrutia. 2016. Características morfológicas y limnológicas de las floraciones de *Ceratium furcoides* (Dinophyta) en un lago somero de Chile Central. *Limnetica* 35 (1): 253-268
- APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, DC: Amer. Publ. Health Assoc.
- Benítez, G.A.; Avalos, C.; Araujo, C.; Astigarraga, O.; Escobar, A.; Nuñez, I.; Arenas, R.; Morinigo, C. Enciso, A. y Peralta, I. 2016. Monitoreo de Calidad de Aguas por Campaña de Muestreo en el Lago Ypacaraí. CEMIT-DGICT-UNA.
- Bourrelly, P. 1966. Les Algues D'eau Douce. Vol. 1-3. Paris-Francia: Éditions N. Boubée & Cie.
- Bustamante Gil, C.; Ramírez Restrepo, J.J.; Boltovskoy, A. y Vallejo, A. 2012. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24 (02):207 - 219.
- Campanelli, L.C., Tundisi, J. G.; Abe, D. S.; Sidagis-Galli, C y. Matsumura-Tundisi, T. 2017. Record of the occurrence of dinoflagellate *Ceratium furcoides* in a fish farming lake located in the countryside of São Carlos (SP, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 77:426-427.
- Catford, J.A.; Vesik, P.A.; Richardson, D.M. y Pysek, P. 2012. Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems. *Global Change Biology* 18:44-62.
- Edler, L. y Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. En *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*, edited by

- Cusack, C. y Bresnan, E. Intergovernmental Oceanographic Commission. 114. España: UNESCO - Intergovernmental Oceanographic Commission.
- Haider, S., Naithani, V.; Viswanathan, P.N. y Kakkar, P. 2003. Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Pergamon* 52:1-21.
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. y Cembella, A.D. 2004. *Manual on harmful marine microalgae*. Francia: UNESCO Publishing.
- Henry, R. 1990. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). *Rev. Brasil. Biol.* 50 (4):883-892.
- Komárek, J. y Fott, B. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers*. Alemania: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Lebret, K.; Kritzberg, E.S. y Rengefors, K. 2013. Population Genetic Structure of a Microalgal Species under Expansion. *PLOS ONE* 8 (12):82510.
- Lu, X.; Tian, C.; Pei, H.; Hu, W. y Xie, J. 2013. Environmental factors influencing cyanobacteria community structure in Dongping Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* no. 11:2196-2206.
- Lucena, E. 2008. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental* 8:291-302.
- Margalef, R. 1983. *Limnología* Barcelona - España.: Omega.
- Meichtry de Zaburlin, N.; Boltovskoy, A.; Costigliolo Rojas, C. y Rodriguez, R.M. 2014. Primer registro del dinoflagelado invasor *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). *Limnetica* 33 (1):153-160
- Meichtry de Zaburlin, N.; Vogler, R.; Molina, M.J. y Llano, V. 2016. Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyta) in South America. *Phycological Society of America*. 52:200-208.
- Nicholls, K.H., Kennedy, W. y Hammett, C. 1980. A fish-kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). *Freshwater Biology* 10:553-561.
- O'Neil, J. M., Davis, T.W.; Burford, M.A. y Gobler, C.J. 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14:313-334.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater Characteristics and Effluent Quality Parameters. En *Wastewater Treatment and Use in Agriculture-FAO Irrigation and Drainage Paper*, edited by Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.
- Pitcher, G.C. y Probyn, T.A. 2011. Anoxia in southern Benguela during the autumn of 2009 and its linkage to a bloom of the dinoflagellate

- Ceratium balechii. *Harmful Algae* 11 (Supplement C):23-32.
- Reynolds, C.S. 2006. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge. England: Cambridge University Press.
- Ritterbusch, Bárbara. 1988. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 19 (1):11-26.
- Rodrigues, S.C.; Torgan, L. y Schwarzbold, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplancton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta bot. bras.* 21 (3):707-721.
- Romero, N.G. 1986. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. Instituto Ciencias Básicas. *Universidad Nacional de Asunción*:188p.
- Santos-Wisniewski, M. J., Silva, L.C.; Leone, I.C.; Laudares-Silva, R. y Rocha, O. 2007. First record of the occurrence of Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.* 67 (4):791-793.
- Streble, H. y Krauter, D. 1987. *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Barcelona-España: Ediciones Omega S.A.
- Sukenik, A.; Hadas, O.; Kaplan, A. y Quesada, A. 2012. Invasion of Nostocales (cyanobacteria) to Subtropical and Temperate Freshwater Lakes – Physiological, Regional, and Global Driving Forces. *Frontiers in Microbiology* 3:86.
- Wang, X.; Qin, B.; Gao, G.; Wang, Y.; Tang, X. y Otten, T. 2010. Phytoplankton community from Lake Taihu, China, has dissimilar responses to inorganic and organic nutrients. *Journal of Environmental Sciences* 22 (10):1491-1499.