

# Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014

Benítez Rodas, G.<sup>1</sup>; Villalba Duré, G.<sup>1</sup>; Ávalos de Enciso, C.<sup>2</sup>; Araujo Florentín, C.<sup>2</sup>; Acosta Brítez, R.<sup>1</sup>; Escobar, A.<sup>2</sup>; Astigarraga Escobar, O.<sup>2</sup>; Peralta López, I.<sup>3</sup>; Cardozo Román, C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Hidrobiología. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

<sup>2</sup>Laboratorio de Calidad de Aguas. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

<sup>3</sup>Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Nacional de Asunción. E mail del autor: antonioceemit@hotmail.com

---

**Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014.** El aumento de la población y de las actividades agrícolas, ganaderas e industriales en el Paraguay ha dado como resultado el incremento de la contaminación de los cuases hídricos y el Lago Ypacaraí no está ajeno a esta problemática. En ese contexto el objetivo fue evaluar el efecto de los factores fisicoquímicos sobre la población de cianobacterias desde octubre de 2012 hasta abril de 2014. Para lograr este objetivo se establecieron 6 puntos de muestreo en el Lago Ypacaraí y se realizaron 11 campañas. Los resultados mostraron una elevada concentración del NT ( $5,19 \text{ mgL}^{-1}$ ) y PT ( $0,51 \text{ mgL}^{-1}$ ). Se identificaron 13 géneros y 11 especies de cianobacterias, y las dominantes fueron *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Microcystis aeruginosa* en diferentes periodos. Los factores que tuvieron mayor efecto sobre la biodiversidad y abundancia de estas algas fueron la temperatura ( $p < 0,05$ ), el NT ( $p < 0,01$ ) y el PT ( $p < 0,01$ ).

**Palabras clave:** cianobacterias, eutrofización, Lago Ypacaraí, nutrientes

**Influence of environmental factors on biodiversity of cyanobacteria in Ypacaraí Lake during 2012-2014.** The increase in population and in agricultural, livestock and industrial activities in Paraguay has resulted in the increase of pollutants. Lake Ypacaraí, is not an exception to this problem. In this context, the aim was to evaluate the effect of environmental factors on the population of cyanobacteria from October 2012 to April 2014. To achieve this goal, 6 sampling sites were established on Lake Ypacaraí and 11 sampling campaigns were carried out. The results showed a high concentration of total nitrogen ( $5.19 \text{ mgL}^{-1}$ ) and total phosphorus ( $0.51 \text{ mgL}^{-1}$ ). The dominant species at the beginning of this research was *Cylindrospermopsis raciborskii*, followed throughout the monitoring by *Microcystis aeruginosa*. In total 13 genera and 11 species of cyanobacteria were identified, all potential toxin producers. The factors that had the greatest correlation with biodiversity and abundance of these algae were temperature ( $p < 0.05$ ), TN ( $p < 0.01$ ) and TP ( $p < 0.01$ ).

**Keywords:** cyanobacteria, eutrophication, Ypacaraí Lake, nutrients

---

## INTRODUCCIÓN

La eutrofización de origen antropogénica se puede definir como un desequilibrio dentro del ecosistema acuático y que es la consecuencia del

aporte de una gran cantidad de contaminantes, principalmente efluentes no tratados en forma adecuada de origen industrial o en el caso de zonas que presentan un crecimiento descontrolado de la población humana (Søndergaard *et al.*,

*Steviana*, Vol. 9(2), 2017 pp. 15–25.

Original recibido el 14 de agosto de 2017.

Aceptado el 12 de diciembre de 2017.

2007) y que no tienen un sistema de tratamiento para la eliminación de sus desechos.

Este desequilibrio es la causa principal del problema de gestión de aguas residuales en el mundo, sobre todo en las regiones densamente pobladas cercanas a cursos de aguas, lagos, arroyos y ríos, que luego ocasionan la aparición de floraciones o bloom de cianobacterias como consecuencia de la eutrofización (Fabre *et al.*, 2010; Chang, Eigemann y Hilt, 2012).

Las cianobacterias son organismos procariotas fotosintéticos que pueden formar parte del fitoplancton de lagos, ríos y embalses (Alonso *et al.*, 2008). Existen una gran variedad de especies que pueden producir toxinas muy nocivas para los organismos acuáticos y el ser humano (De Domitrovic, Forastier y Marina, 2005).

Las algas azules o cianobacterias contienen el mayor número de especies toxigénicas y pueden producir floraciones o “Bloom” cuando los factores fisicoquímicos o también llamados ambientales como, la temperatura y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) son favorables (Alonso *et al.*, 2008; Vidal y Kruk, 2008). En el caso del nitrógeno pueden usar varias fuentes como el amonio, nitrato y nitrógeno gas (Vintila y El-Shehawy, 2007). Mientras que en relación al fósforo, pueden utilizar en forma de ortofosfato como nutriente inorgánico soluble (Sigeo, 2005). Sin embargo, al momento de hacer estudios de evaluación ambiental, se sigue utilizando la concentración de nitrógeno total y fósforo total como referencia (Dolman *et al.*, 2012; Deng *et al.*, 2014).

Se considera que existe un florecimiento cuando las concentraciones celulares son del orden de  $20.000 \text{ cél}(\text{mL})^{-1}$

que corresponde a  $10 \text{ ugl}^{-1}$  de clorofila *a* (Alonso *et al.*, 2008). A nivel mundial se han mencionado numerosos casos de mortandad de ganados, aves y animales silvestres provocados por la ingesta directa de algas, así como también la muerte en la población humana, ocurrida en un centro de hemodiálisis, en Caruaru (Brazil) por la utilización de agua para la diálisis con elevada concentración de microcistina (Azevedo *et al.*, 2002). Existen dos tipos básicos de cianotoxinas: las hepatotoxinas y las neurotoxinas. Las especies productoras de toxinas hepatotóxicas se encuentran presentes en los géneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Coelosphaerium*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Tolypothrix* y *Anabaenopsis*. En cambio las neurotoxinas por cepas de los géneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Raphidiopsis*, *Cylindrospermopsis* y *Trichodesmium* (Sivonen y Jones, 1999; Carmichael, 2000; Haider *et al.*, 2003; Vidal y Kruk, 2008).

Al inicio de este trabajo de investigación fue registrado en el Lago Ypacaraí como dominante la especie *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya & SubbaRaju 1972, que luego dio lugar a *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846. En relación a *C. raciborskii* ya había sido reportada en el 2005 por un trabajo de investigación, en diferentes tramos del Río Paraná y Paraguay (De Domitrovic, Forastier y Marina, 2005). Por lo tanto, no es un reporte nuevo de esta especie para ecosistemas de nuestro país, al igual que *M. aeruginosa*.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de los

factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad y densidad de cianobacterias identificadas durante el período de octubre de 2012 hasta abril de 2014, en el Lago Ypacaraí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitio de estudio*

El Lago Ypacaraí se encuentra ubicado a 28 kilómetros de Asunción (Capital del Paraguay) y sobre el mismo tienen influencia 3 departamentos: Central, Paraguari y Cordillera (Torres y Romero, 1986).

### *Detalles del muestreo*

Para este trabajo de investigación se han seleccionado 6 puntos del lago (Imagen1) y se realizaron 11 muestreos desde el 05 de octubre del 2012 hasta el 29 de abril del 2014 (Tabla 1). Los puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta principalmente las zonas de recreación como San Bernardino (P1-Club Náutico) y Areguá (P4-Playa Areguá), los afluentes como el Yukyry (P3) y Pirayú (P6), el

punto de salida del Río Saldado (P2) que desemboca en el río Paraguay, y la parte central entre el cerro Areguá y el Hotel Condovac (P5) a fin de tener una visión completa del comportamiento físico-químico y biológico del lago (Tabla 2). Los muestreos fueron realizados en función a las floraciones observadas en diferentes estaciones del año.



**Imagen 1.** Mapa con los puntos de muestreo en el lago.

**Tabla 1.** Fechas de muestreo.

Muestreo	Fechas
M01	05/10/12
M02	16/10/12
M03	25/10/12
M04	13/11/12
M05	16/01/13
M06	6/3/2013
M07	17/05/13
M08	28/08/13
M09	19/11/13
M10	25/03/14
M11	29/04/14

**Tabla 2.** 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 6 variables de los 40 parámetros fisicoquímicos y biológicos analizados. La primera correspondió a las cianobacterias, luego a las variables fisicoquímicas como la transparencia, la turbidez, la temperatura del agua, el pH, el nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT), que son los principales factores que pueden afectar directamente a las poblaciones de cianobacterias (Haider *et al.*, 2003; Henry, 1990; Lucena, 2008; Lu *et al.*, 2013).

### ***Cuantificación de las variables***

Para la identificación y clasificación de las cianobacterias se tuvieron en cuenta las características morfológicas y se utilizaron diversas claves taxonómicas (Bittencourt-Oliveira, 2002; Bourrelly, 1966; Da Silva, 2000; De Infante, 1988; El Moor-Loureiro, 1997; Komárek y Fott, 1983; Philipose, 1967; Sato, 1997; Streble y Krauter, 1987; West, West y Carter, 1971). Una vez identificadas se procedieron 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, análisis de la biodiversidad y densidad de las cianobacterias en relación a los datos de las variables fisicoquímicas consideradas importantes en el proceso de la floración de las algas verdes se utilizó el programa Sigma Plot 11.0.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Variación de los parámetros físico-químicos***

En algunos casos presentaron variaciones importantes (Tabla 3). La temperatura del agua que es considerado como uno de los factores que más influyen en el crecimiento de las algas tuvo un valor mínimo de 12,1°C en invierno y una máxima de 31,4°C en verano, con un promedio de 24,1°C. Otro factor que suele estar muy relacionado con la fotosíntesis realizada por el fitoplancton es la transparencia, que registró un valor mínimo de 0,10m y uno máximo de 0,60m, con un promedio de 0,29m. En el caso del nitrógeno total (NT) se registraron valores muy elevados con un mínimo de 0,16mgL<sup>-1</sup>, un máximo 5,19mgL<sup>-1</sup> y un promedio de 2,15mgL<sup>-1</sup>. También valores elevados fueron registrados para el caso del fósforo total (PT) con un mínimo de 0,03mgL<sup>-1</sup>, un máximo de 0,51mgL<sup>-1</sup> y un promedio de 0,19mgL<sup>-1</sup>, ambos superaron los valores máximos permitidos por la SEAM para aguas de recreación (Resolución-Nº-222/02) y que son característicos de ecosistemas eutrofizados (Silva, 1998). En cuanto a la relación N:P se observaron variaciones en todo el periodo de monitoreo. Todos los datos analizados demostraron que el Lago Ypacaraí reúne las condiciones favorables para el bloom por cianobacterias y que concuerda con las situaciones mencionadas en varias publicaciones científicas (Fabre *et al.*, 2010; Dolman *et al.*, 2012; Deng *et al.*, 2014; Tian *et al.*, 2012) y con lo observado *in situ*.

**Tabla 3.** Resumen de los parámetros fisicoquímicos más importantes (Octubre 2012– Abril 2014). F.Q.: Fisicoquímicos.

Parámetros F.Q.	Muestras	Promedio	Min	Median	Max	SD	C.V.
Secchi (m)	66	0,29	0,10	0,27	0,60	0,14	0,48
T° C	66	24,1	12,1	25,4	31,4	4,8	0,2
pH	66	8,2	6,7	7,9	10,4	0,9	0,1
Turbidez (NTU)	66	44,8	6,5	37,4	206,0	40,2	0,9
TN (mgL <sup>-1</sup> )	66	2,15	0,16	2,07	5,19	1,13	0,53
TP (mgL <sup>-1</sup> )	66	0,19	0,03	0,17	0,51	0,09	0,51
N:P	66	15,3	1,3	11,7	71,1	14,6	1,0

### **Biodiversidad de cianobacterias identificadas**

Un total de 13 géneros y 11 especies de cianobacterias fueron identificadas durante el periodo de monitoreo (Tabla 4). La mayor densidad de géneros de cianobacterias identificados estuvo dada por *Cylindrospermopsis* con un 52,3%, seguida de *Microcystis* con un 29,3%, luego de *Raphidiopsis* con un 4,9%, por último, los otros géneros con un valor inferior al 3% cada uno (Fig. 1). La mayor densidad de cianobacterias fue registrada en la estación P4 durante el muestreo M02 y fue para la especie *Cylindrospermopsis raciborskii* con 708.472cél(mL)<sup>-1</sup> en época de primavera; mientras que la menor densidad fue registrada para P5 del

muestreo M11 con 20 cél(mL)<sup>-1</sup> para *Raphidiopsis curvata* en otoño. Al igual que en las campañas M02 y M05, hubieron condiciones favorables para la floración por cianobacterias, por lo que se registraron valores similares en cuanto a la densidad de algas verdes-azuladas (Fig. 2). En el último muestreo (M11) se redujo la concentración de NT (Fig. 2) que se puede considerar como un factor limitante que ha favorecido la disminución de las cianobacterias, además de las lluvias que se han registrado en ese periodo generando turbulencias (datos no mostrados) y haciendo que las condiciones sean desfavorables para el desarrollo de las cianobacterias (Reynolds, 1988).

**Tabla 4.** Lista de géneros y especies identificadas en el Lago Ypacaraí (Octubre 2012- Abril 2014). n/i: no identificado.

Géneros	Especies
<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena affinis</i> ; <i>Anabaena spiroides</i>
<i>Aphanocapsa</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>
<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
<i>Gomphosphaeria</i>	n/i
<i>Lyngbya</i>	n/i
<i>Merismopedia</i>	<i>Merismopedia convoluta</i> ; <i>Merismopedia tenuissima</i>
<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i> ; <i>Microcystis flos-aquae</i>
<i>Oscillatoria</i>	n/i
<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>
<i>Pseudanabaena</i>	n/i
<i>Raphidiopsis</i>	<i>Raphidiopsis curvata</i>
<i>Synechococcus</i>	n/i

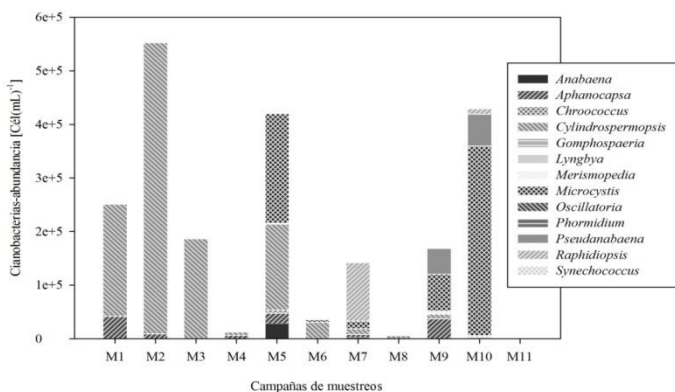


Fig. 1. Variación de la población de cianobacterias (octubre 2012 – abril 2014).

Al inicio de las primeras floraciones en el lago Ypacaraí, una de las especies más dominantes fue *Cylindrospermopsis raciborskii* que es una cianobacteria filamentosa y que se caracteriza por tener la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de unas células llamadas heterocistes, que sirven de protección para la enzima nitrogenasa frente al O<sub>2</sub> (Bonilla y Brena, 2009; Chapman, 2010). Durante los análisis microscópicos, se han observado la presencia de heterocistes en ésta especie, lo cual indicaría que las condiciones fisicoquímicas no fueron del todo favorables. Cuando ocurrieron las floraciones por esta alga, la distribución de la misma fue homogénea en el lago, esto es debido a que al ser filamentosa el viento no tiene un efecto notorio en su desplazamiento hacia un determinado lugar. Sin embargo, en el caso de *Microcystis aeruginosa* que posteriormente fue la especie dominante, ha demostrado un comportamiento diferente debido a que al ser colonial se vio afectado por el sentido del viento (Mur, Skulberg y Utkilen, 1999), permitiendo su desplazamiento y acumulación hacia un lado del lago, específicamente hacia la playa de Areguá (P4) y favoreciendo

mayor acumulación de éstas algas en esa zona.

### Correlación entre las especies de cianobacterias y los factores ambientales

Como ya se ha mencionado, existen diversos factores ambientales que pueden favorecer la floración por cianobacterias. Dos de los principales son el N y P que sirven como nutrientes para las algas, pero también existen otros factores que pueden acelerar y prologar dicho proceso como la temperatura, materia orgánica, la luz, la turbidez, etc.

En el caso del lago varios de los factores anteriormente mencionados presentaron una correlación positiva con las cianobacterias como NT, PT, pH, temperatura y la relación N:P (Tabla 5). Al realizar un análisis más detallado a nivel de género se pudo observar que algunos como *Anabaena* tuvieron una correlación positiva tanto para temperatura, pH, NT y PT; mientras que *Aphanocapsa* aparte de los mencionados anteriormente también lo fue para PT y N:P. Para *Chroococcus* la correlación fue positiva para temperatura, pH y PT. Sin embargo, para *Cylindrospermopsis* fue para la transparencia (Secchi), pH y NT. Por

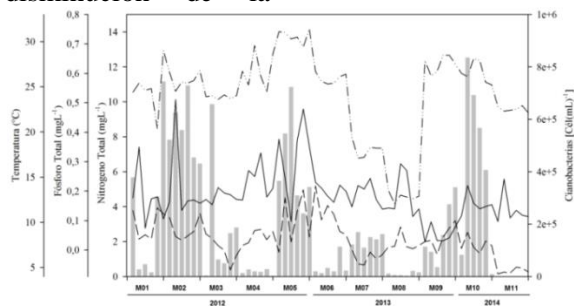
último, para el caso del género *Microcystis* la temperatura fue la que favoreció su proliferación.

### **Sucesión estacional de algas y relación con los factores fisicoquímicos**

En cuanto a la variación de la población de algas a lo largo del periodo de estudio se pudo observar de manera clara que estuvo relacionada con la concentración de los nutrientes como el nitrógeno, el fósforo, y la variación de la temperatura del agua (Fig. 2), lo cual concuerda con lo reportado por otros trabajos en diferentes tipos de ecosistemas acuáticos (O'Neil *et al.*, 2012; Dolman *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2013; Tian *et al.*, 2012). Al mismo tiempo haciendo un análisis de los grupos dominantes en función a las estaciones del año se observó que dicho comportamiento se reprodujo desde octubre del 2012 hasta abril del 2014. Por lo tanto, se pudo caracterizar qué grupos fueron abundantes en las diferentes estaciones del año (Fig. 3) y que coincide con lo investigado por Reynolds en 1988 (Reynolds, 1988; Chen *et al.*, 2003). La luz y la temperatura (22°C) en el otoño han favorecido la abundancia de los fitoflagelados como *Cryptomonas* sp., *Euglena* sp., *Trachelomonas* sp. *Chroomonas* sp. y *Rhodomonas* sp. En cambio, en el invierno además de la disminución de la

temperatura (13°) y el aumento de la turbulencia de las aguas por el viento (datos no mostrados) ha permitido la mayor densidad de las diatomeas, siendo la más destacada *Aulacoseira granulata*. Luego con el inicio de la primavera, el aumento de la temperatura (25°C) y la radiación solar comenzó un proceso de transición de las diatomeas a la abundancia de diferentes géneros de cianobacterias (Fig. 3). Por último, en la época de verano con el aumento de la temperatura (29°C), de la radiación solar, más la biodisponibilidad de nutrientes (Fig. 2) dio lugar a la dominancia de las cianobacterias, principalmente por *C. raciborskii* y luego *M. aeruginosa*. Durante estas floraciones se han registrado valores de Microcystina-LR que llegaron hasta 28,7 ug/L (DIGESA, 2014).

Con esta situación, diversas instituciones implementaron acciones tendientes a reducir la carga de contaminantes en efluentes. En el caso de la Itaipú Binacional financió un proyecto de investigación-acción de la UNA mediante la utilización de islas flotantes con *Typha domingensis*, a fin de evaluar el efecto del sistema para reducir la contaminación. Estas medidas más las lluvias registradas, podrían haber favorecido la mejoría del lago.

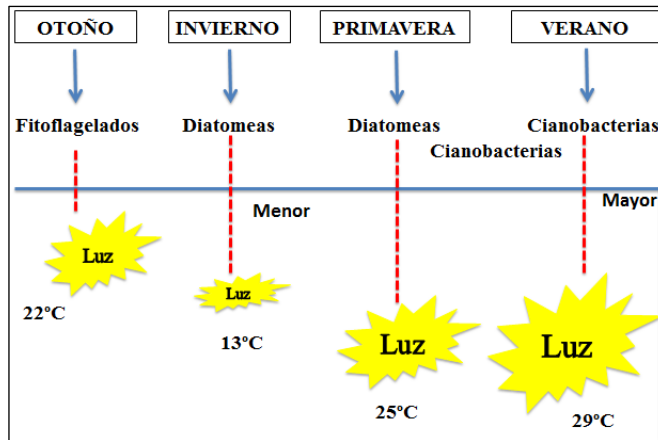


**Fig. 2.** Efectos de la temperatura (---), nitrógeno total (—) y fósforo total (—) sobre la población de Cianobacterias (■).

## Benítez Rodas, G. *et al.* Cianobacterias del Lago Ypacaraí

**Tabla 5.** Coeficiente de Correlación de Pearson entre parámetros físicoquímicos y géneros de algas. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ . ANA: *Anabaena*; APH: *Aphanocapsa*; CHR: *Chroococcus*; CYL: *Cylindrospermopsis*; GOM: *Gomphonema*; LYN: *Lyngbya*; MER: *Merismopedia*; MIC: *Microcystis*; OSC: *Oscillatoria*; PHO: *Phormidium*; PSE: *Pseudanabaena*; RHA: *Raphidiopsis* y SYN: *Synecococcus*; CYANO: Cianobacterias.

Algas	Secchi (m)	T° C	pH	Turbidez (NTU)	NT ( $\text{mgL}^{-1}$ )	PT ( $\text{mgL}^{-1}$ )	N:P
ANA	-0,06	0,28*	0,40**	-0,07	0,33**	0,26*	-0,03
APH	-0,25	0,27*	0,36**	-0,11	0,38**	-0,14	0,44**
CHR	-0,08	0,35**	0,42**	-0,08	0,1	0,36**	-0,1
CYL	-0,29*	0,23	0,35**	0,15	0,27*	0,15	0,03
GOM	0,11	-0,32*	-0,02	-0,06	-0,06	-0,1	-0,01
LYN	-0,03	0,10	-0,07	0,04	-0,05	-0,04	-0,04
MER	-0,04	0,24	0,04	-0,16	-0,03	-0,13	0,36**
MIC	-0,13	0,33**	0,11	0,16	0,05	-0,04	0,04
OSC	0,01	-0,15	0,02	-0,03	-0,13	-0,02	-0,08
PHO	0,16	0,14	-0,12	-0,14	0,06	0,06	-0,02
PSE	-0,16	0,14	-0,09	0,29*	0,07	-0,14	0,33**
RHA	0,15	-0,38**	-0,05	0,00	-0,30*	-0,01	-0,20
SYN	-0,03	0,10	-0,04	0,00	-0,09	-0,06	-0,05
CYANO	0,04	0,30*	0,40**	0,02	0,55**	0,31**	0,51**



**Fig. 3.** Sucesión de algas durante las cuatro estaciones del año.

## CONCLUSIONES

El Lago Ypacaraí durante la ejecución de este trabajo de investigación presentó las características propias de un ecosistema eutrofizado, debido a la elevada concentración de nutrientes como N y P que superaron los límites establecidos por la SEAM para aguas de recreación. Además, las condiciones ambientales

como la temperatura y la luz han favorecido la floración de varias especies de cianobacterias. Se han identificado 13 géneros y 11 especies de cianobacterias, todas ellas con capacidad de producción de toxinas. Las especies más dominantes durante este periodo de monitoreo fueron *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Microcystis aeruginosa*. Las variables ambientales que mostraron una correlación



positiva con las diferentes especies de cianobacterias fueron la temperatura y los nutrientes (N y P). En el caso del nitrógeno su disminución sería un factor limitante para la abundancia de las cianobacterias.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha realizado gracias al financiamiento de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y la Itaipú Binacional.

## REFERENCIAS

- Alonso, C.; L. De la Fuente, D.; Del Pozo, L.; Bueno, A.; Garcia, M.; Ramos, M.; Althofer y García, J. 2008. Problemas de las cianobacterias en aguas de recreo y aguas de consumo. *Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX*. 1:63-69.
- APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, DC: Amer. Publ. Health Assoc.
- Azevedo, S.M.F.O.; Carmichael, W.W.; Joschimsen, E.M.; Rinehart, K. L.; Lau, S.; Shaw, G.R. y Eaglesham, G.K. 2002. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru - Brazil. *Toxicology. Elsevier* 181:441-446.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplanctónica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. *A bacia do rio Tibagi* 21:373-402.
- Bonilla, S. y Brena, B.M. 2009. Produccion de Toxinas y otros Metabolitos. En: Bonilla, S. *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestion*. Motevideo, Uruguay: UNESCO.
- Bourelly, P. 1966. *Les Algues D'eau Douce*. 1-3. Paris-Francia: Éditions N. Boubée & Cie.
- Carmichael, W.W. 2000. Health effects of toxin producing cyanobacteria: "The Cyanohabs". *Wright State University, Department of Biological Sciences, Dayton, Ohio, USA*.
- Xuexiu, C.; Eigemann, F. y Hilt, S. 2012. Do macrophytes support harmful cyanobacteria? Interactions with a green alga reverse the inhibiting effects of macrophyte allelochemicals on *Microcystis aeruginosa*. *Elsevier*, 19.
- Chapman, A.D. 2010. Cyanobacteria. En: *Algae: Source to Treatment*. USA: American Water Works Association.
- Chen, Y.; Qin, B.; Teubner, K. y Dokulil, M. 2003. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis*-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 25:445-453.
- Da Silva, S. 2000. Inventário Taxonômico das Desmídias (Zygnemaphyceae) dos Rios na Área de Abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, Botânica do Setor de Ciências Biológicas, Universidad Federal do Paraná, Curitiba-Brasil.
- De Domitrovic, Z.; Forastier, Y. y Marina, E. 2005. Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y

- diversidad. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Corrientes, Argentina.
- De Infante, A.G. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Caracas-Venezuela: The General of th Organization of American States.
- Deng, J.; Qin, B.; Paerl, H.W.; Zhang, Y.P.; Wu, J.Ma y Chen, Y. 2014. Effects of Nutrients, Temperature and Their Interactions on Spring Phytoplankton Community Succession in Lake Taihu, China. *PLoS One* 9(12):1-19.
- DIGESA. 2014. Dirección General de Saneamiento Ambiental. edited by DIGESA. Asunción, Paraguay: Ministerio de Salud Pública.
- Dolman, A.M.; Rucker, J.; Pick, F.R.; Fastner, J.; Rohrlack, T.; Mischke, U. y Wiedner, C. 2012. Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus. *PLoS One* 7(6):1-14.
- Edler, L. y Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. En: Cusack, C. y Bresnan, E. *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*, Intergovernmental Oceanographic Bengt Karlson, 114. España: UNESCO - Intergovernmental Oceanographic Commission.
- El Moor-Loureiro, L. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Brasilia-Brasil: Editora Universa - UCB.
- Fabre, A.; Carballo, C.; Hernández, E.; Piriz, P.; Bergamino, L.; Mello, L.; González, S.; Pérez, G.; León, J.; Aubriot, L.; Bonilla, S. y Kruk, C. 2010. El nitrógeno y la relación zona eufótica/zona de mezcla explican la presencia de cianobacterias en pequeños lagos subtropicales, artificiales de Uruguay. *Panamjas* 5(1):112-125.
- Haider, S.; Naithani, V.; Viswanathan, P.N. y Kakkar, P. 2003. Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Pergamon* 52:1-21.
- 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.
- 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 Sciencies* 11:2196-2206.
- Lucena, E. 2008. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental* 8:291-302.
- Mur, L.R.; Skulberg, O.M. y Utkilen, H.. 1999. Cyanobacteria in the Environment. Chapter 2. En: Chorus, I. y Bartram, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management* WHO. London - Great Britain: E & FN Spon.
- 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.
- Philipose, M.T. 1967. *Chlorococcales*. New Delhi-India: Indian Council of Agricultural Research.
- Resolución-Nº-222/02. Por La Cual Se Establece El Padrón De Calidad De Las Aguas En El Territorio Nacional. *Secretaría del Ambiente*.
- Reynolds, C. 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. En *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*, edited by editors. Craig SD, 388–433. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sato, A. 1997. *Atlas Didático de Identificação do Zooplâncton de Sete Reservatórios Paranaenses*. Curitiba-Brasil: Instituto Ambiental do Paraná.
- Sigeo, D.C. 2005. *Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Silva, L.H.S. 1998. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.* 59(2):281-303.
- Sivonen, K. y Jones, G. 1999. Chapter 3. Cyanobacterial Toxins. En *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management* WHO, edited by Chorus, I. y Bartram, J. London - Great Britain: E y FN Spon.
- Søndergaard, M.; Jeppesen, E.; Lauridsen, T.L.; Skov, C.; Van Nes, E.H.; Roijackers, R.; Lammens, E. y Portielje, R. 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology* 44:1095–1105.
- Streble, H. y Krauter, D. 1987. *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Barcelona-España: Ediciones Omega S.A.
- Tian, C.; Pei, H.; Hu, W. y Xie, J. 2012. Variation of cyanobacteria with different environmental conditions in Nansi Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* 24 (8):1394-1402.
- Torres, D.G. y Romero, N.G.. 1986. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. Instituto Ciencias Básicas. *Universidad Nacional de Asunción*:188.
- Vidal, L. y Kruk, C. 2008. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes. *Panamjas* 3 (2):142-151.
- Vintila, S. y El-Shehawy, R. 2007. Ammonium ions inhibit nitrogen fixation but do not affect heterocyst frequency in the bloom-forming cyanobacterium *Nodularia spumigena* strain AV1. *Microbiology* 153:3704-3712.
- West, W.; West, G.S. y Carter, N. 1971. A Monograph of the British Desmidiaceae. London-England: Johnson Reprint Corporation.