

CIANOBACTERIAS Y CIANOTOXINAS: UN ESTUDIO EN LA CIUDAD DE LA COSTA

Gonzalez, Natalia; Vega, Claudia; Sarthou, Florencia; Bou, Nadia.
Estudiantes de Facultad de Ciencias, Universidad de la Republica
Kruk, Carla; Bonilla, Sylvia; Docentes orientadoras. Sección Limnología
Montevideo, Uruguay (2009)

RESUMEN

Las cianobacterias, como parte del fitoplancton son importantes productores primarios del hábitat acuático. Sin embargo, su desarrollo excesivo puede ser el resultado de la eutrofización antrópica y tiene consecuencias negativas en la calidad del agua. Varias especies son potenciales productoras de cianotoxinas y pueden tener efectos nocivos sobre la salud humana y animal. El desarrollo urbano y/o agrícola están generalmente asociados a un incremento en el aporte de nutrientes al agua lo que lleva a la eutrofización y el desarrollo de floraciones de cianobacterias.

Existen registros en todo el mundo de casos donde las cianotoxinas han causado importantes perjuicios a la salud humana. A este respecto, en Uruguay existe una escasa información sobre el tema, a pesar de ser un potencial problema. Particularmente, el gran desarrollo poblacional de la Ciudad de la Costa (Canelones), permitiría suponer que sus lagos utilizados principalmente como aguas de recreación, presentan cianobacterias, ya que la creciente urbanización aceleraría el proceso de eutrofización. De ser así, la concentración de estos microorganismos en los lagos mencionados debiera ser mayor en aquellos más urbanizados. En base a esto, nuestro objetivo fue evaluar la presencia de cianobacterias en lagos de Ciudad de la Costa y determinar si éstas representan un riesgo por producción de la cianotoxina microcistina. Para cumplir este objetivo se realizaron dos muestreos en lagos seleccionados de la zona. En un primer muestreo (abril 2009) se estudiaron ocho lagos, de los cuales dos fueron descartados por presentar baja abundancia de cianobacterias. Se realizó un segundo muestreo de los sistemas seleccionados (mayo 2009) y se cuantificaron parámetros abióticos como temperatura, pH, turbidez, oxígeno; y se tomaron muestras concentradas y sin concentrar para posteriores análisis de laboratorio. Se realizó la identificación de géneros de cianobacterias, se cuantificó la abundancia mediante recuento y se estimó la biomasa total de la comunidad de fitoplancton como concentración de clorofila-a y biovolumen. Se hicieron análisis inmunológicos ELISA para evaluar la concentración de microcistina total en los lagos.

Los valores de pH del agua fueron de entre 7,1 y 8,6. Se midieron valores de oxígeno disuelto de entre 9,09 y 16 ppm. Las temperatura del agua registrada vario entre 18,1 y 19,3°C. Se registraron diez géneros, siendo los más abundantes *Pseudanabaena* spp. y *Microcystis* spp. . La concentración de la clorofila-a fue de entre 12,4 y 301 µg L⁻¹ La abundancia varió entre 610 y 54.646 ind mL⁻¹, siendo Javier el lago con mayor abundancia. Asimismo la riqueza de géneros de cianobacterias varió entre 3 y 8, siendo la mayor riqueza registrada en los lagos Marañon y Jover.

Con respecto a la toxicidad, al analizar las muestras de agua naturales, el valor de microcistina fue importante solo en el lago Marañon con $1,2 \mu\text{g L}^{-1}$. (El valor máximo recomendado por la OMS para aguas de consumo es de $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$).

A partir de este estudio pudo establecerse que efectivamente en estos lagos hay cianobacterias, muchas de las cuales son productoras de microcistinas. Se observó además, que se encontraban cianobacterias a principios de invierno las cuales podrían llegar a formar floraciones, lo cual es contrario con la teoría de que esto sucede únicamente en verano. Además podrían haber otras toxinas que no fueron detectadas en este estudio. Por esto, se requiere un estudio más enfocado en analizar el uso de los lagos por parte de la población, por industrias y otros factores que podrían influir en eventuales floraciones de cianobacterias, así como su producción de toxinas. También debería de realizarse un monitoreo anual de modo de poder observar si efectivamente se producen floraciones en invierno.

INTRODUCCIÓN

Las Cianobacterias son importantes contribuyentes a la biomasa fitoplanctónica total de los lagos suburbanos de la Ciudad de la Costa. Son organismos procariontes, muy similares a las bacterias Gram negativas, pero capaces de realizar fotosíntesis oxigénica (Quesada et al. 2006) Son también llamadas algas verde azuladas debido a que producen los pigmentos clorofila a y ficobilinas, las cuales no absorben las longitudes correspondientes al verde y al azul del espectro de la luz blanca. Generalmente son unicelulares, como *Chroococcus* sp., aunque pueden encontrarse formas coloniales cubiertas por una capa mucilaginoso, como *Microcystis* sp., o formando filamentos, como *Anabaena* sp. (Quesada et al, 2006; Canter-Lund & Lund, 1995).

Algunas especies de cianobacterias poseen la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico. Muchas oscillatoriales también producen organelos de flotabilidad llamados vesículas de gas, con las que regulan su flotabilidad, en busca de una profundidad óptima en función de la concentración de nutrientes y la luminosidad especialmente (Reynolds, 1997). Con respecto a la intensidad lumínica, existen especies adaptadas a la alta luminosidad, mediante pigmentos accesorios y sistemas de reparación contra el daño provocado por la fuerte incidencia de los rayos ultravioletas como ser organismos del género *Microcystis* sp.; o también adaptados a una muy baja luminosidad mediante el uso de pigmentos accesorios que les permiten aprovechar las longitudes de onda disponibles en estos ambientes, como ser *Planktothrix* sp. (Scheffer, 1998)

Muchas especies de cianobacterias son potenciales productoras de toxinas que disminuyen la calidad del agua, en el sentido de que pueden ser nocivas para los animales que habitan el mismo ambiente y para aquellos que beben de sus aguas (Quesada et al, 2006). Se trata de una gran variedad de géneros y especies, algunas que producen toxinas muy específicas y otras que producen un espectro relativamente amplio de tóxicos (Quesada et al, 2006). Esta producción se hace importante especialmente cuando hay una floración (una explosión demográfica) y esto ocurre principalmente como consecuencia de la progresiva eutrofización de los cuerpos de agua debido al aumento en los niveles de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes de aguas residuales domésticas o

industriales, vertidas directa o indirectamente en estos (Vidal & Kruk, 2008) junto con el aumento de temperatura a valores mayores a 20°C, intensidad luminosa, y vientos menores a 3 m s⁻¹ (De León, 2004; Conde *et al*, 2002) (Fig. 1). Los géneros más frecuentemente implicados en floraciones son *Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenom*, los cuales son potenciales productores de microcistina.

En Uruguay sólo se han estudiado algunos géneros, como *Microcystis* (De León & Yunes, 2001) y *Nodularia* (Pérez *et al*, 1999).

Las cianotoxinas poseen gran diversidad química. Generalmente se las clasifica según sus efectos en: Hepatotoxinas, Neurotoxinas, Citotoxinas, Dermotoxinas y Toxinas Irritantes. Muy importantes debido a su abundancia y elevada toxicidad, son las Hepatotoxinas. Dentro de estas, están las Microcistinas, de las que se conocen más de 65 especies químicas. Son hidrosolubles y muy comunes en agua dulce. Son también llamadas Endotoxinas.

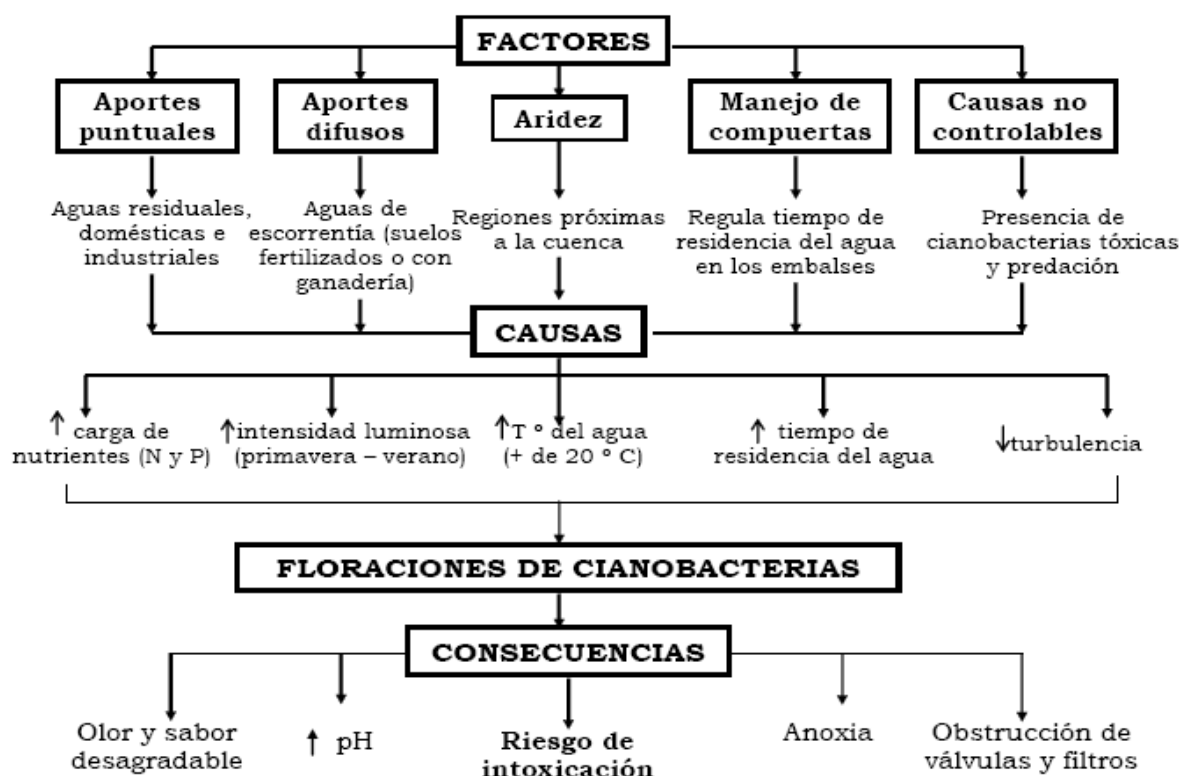


Figura 1- Esquema simple de los factores que influyen en las floraciones cianobacterianas y el efecto de estas en el medio. (Tomado de Pérez *et al*, 2008)

pues permanecen en el interior celular y solo se liberan masivamente al medio en el instante de la lisis celular (Chorus & Bartram 1999). Producen trastornos gastrointestinales y pueden estar relacionadas con el cáncer de hígado (Quesada *et al*, 2006). Hay registros de casos en diversos países en donde las cianotoxinas han causado importantes perjuicios a la salud tanto humana como animal en general (Tabla 1).

Existen variadas metodologías para estudiar las diferentes clases de cianotoxinas, aunque en nuestro país sólo contamos con dos: Bioensayos, los que detectan la presencia de toxinas mas no su identidad; y ELISA (Enzyme Linked Inmuno-Sorbent Assay), el cual esta calibrado para detectar únicamente diferentes tipos

de Microcistina (Chorus & Bartram, 1999), por lo cual la información proporcionada por ambos estudios difícilmente pueda ser correlacionada entre sí.

En Uruguay, existe escasa información acerca de en qué condiciones se producen toxinas en lagos que presentan crecimientos masivos de cianobacterias, a pesar de ser un potencial problema para el uso de los recursos acuáticos, particularmente en zonas de gran urbanización en torno a los cuerpos de agua, como ocurre en los lagos de arena ubicada en la Ciudad de la Costa, Canelones, donde el creciente desarrollo poblacional de los últimos años influiría en la calidad del agua, principalmente provocando un aumento en la eutrofización de la misma (Conde *et al.*, 2002)

Hipótesis general de trabajo

La elevada urbanización en la ciudad de la costa favorece el desarrollo de cianobacterias potenciales productoras de toxinas, por efecto de la eutrofización.

Tabla 1- Casos comprobados de intoxicación por cianotoxinas en poblaciones humanas. (Modificado de Quesada *et al.*, 2006)

Ruta de Exposición	Año	Localización	Casos	Toxina Presente	Síntomas
Agua de bebida	1982	Australia	25000 personas	Microcistina	Daño Hepático
	1988	Brasil	2000 personas incluyendo 88 muertos	No analizada	Gastroenteritis
Agua de recreación	1989	Escocia	10	Microcistinas	Gastroenteritis, Garganta irritada, Ampollas en la boca, Dolor abdominal, Fiebre, Vómitos, Consolidación pulmonar
	1995	Australia	777	Hepatotoxinas	Gastroenteritis, Síntomas similares a la gripe, Llagas en la boca, Fiebre, Irritación en ojos y orejas
Hemodiálisis	1974	EEUU	23	LPS	Fiebre, Mialgia, Resfriado, Vómitos
	1996	Brasil	117 (+50 muertos)	Microcistina	Problemas Visuales. Nauseas, Vómitos, Daño hepático

OBJETIVO

Evaluar la presencia de cianobacterias en lagos de Ciudad de la Costa y determinar si éstas representan un riesgo por producción de la cianotoxina microcistina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimación de la riqueza y abundancia de cianobacterias por lago
- Evaluación de la toxicidad
- Estimación del estado trófico de los lagos y el grado de urbanización de la zona adyacente a los mismos.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Área de estudio

Inicialmente se definió el número y ubicación de las unidades de muestreo mediante la utilización de mapas y fotos aéreas de la zona a investigar. Se decidió estudiar ocho lagos de esta zona. Luego de un muestreo preliminar se descartaron dos de ellos por su baja presencia de cianobacterias. Finalmente fueron muestreados los lagos Javier, Ton-Ton, Marañón, Botavara, Jardín y Jover (Fig 2).



Fig 2- Ubicación geográfica del área de estudio. A- Lago Jover, B- Lago Javier, C- Lago Marañón, D- Lago Ton-Tón, E- Lago Botavara, F- Lago Jardín, G- Aeropuerto de Carrasco.

Muestreo

-Mediciones *in situ*:

Se caracterizaron los lagos mediante la medición de sus parámetros abióticos, tales como temperatura, pH, transparencia con disco de Secchi (Zds), oxígeno disuelto (OD) y radiación fotosintéticamente activa (PAR). Con esta última se calculó la profundidad de la zona eufótica (Zeu) como la profundidad a la que llega el 1% de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) (Arocena & Conde, 1999).

-Toma de muestras:

Para el análisis cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica las muestras a razón de una por lago fueron colectadas con botella Ruttner de 2L en la zona subsuperficial desde la orilla, y fijadas con lugol.

Las muestras para el análisis cualitativo de esta comunidad fueron colectadas con red de 25 μ de poro y fijadas con formol.

Para análisis de toxinas y clorofila, fueron colectadas con botella Ruttner de 2L y puestas en frío y oscuridad, hasta su procesamiento en laboratorio. Las muestras para análisis de toxinas fueron congeladas.

Procesamiento de muestras

Se realizó la identificación de las cianobacterias presentes al microscopio buscando la mayor resolución taxonómica posible siguiendo a Canter-Lund & Lund, 1995.

El conteo fue efectuado con microscopio invertido con contraste de fase, en cámaras de Utermöhl de sedimentación utilizando el método de Utermöhl (Hasle, 1978). Se estimó la biomasa mediante el cálculo de biovolumen fitoplanctónico de los taxa hallados en cada lago mediante aproximaciones a figuras geométricas según Hillebrand et al, 1999 y se estimó la concentración de clorofila *a* por extracción mediante el método de etanol caliente según ISO 10260 (1992).

El estado trófico fue evaluado según la variable clorofila-*a* siguiendo el índice Carlson (1977)

La abundancia se midió en individuos por unidad de volumen (ind/ml) la cual fue usada para evaluar el riesgo para la salud humana tomando en cuenta los valores establecidos en Chorus & Bartram (1999).

Aquellas muestras en donde se observaron géneros de cianobacterias potenciales productoras de Mictocistinas, fueron enviadas a Facultad de Química para realización de ensayos ELISA.

Procesamiento de datos

Se analizaron los datos obtenidos del análisis cuantitativo de las submuestras de cianobacterias con el análisis de las condiciones del agua y a su vez con los aportes antrópicos observados durante la salida de reconocimiento. Para esto se calcularon índices de estado trófico (Carlson, 1977) y de urbanización (perímetro urbanizado (m) / perímetro del lago² (m²)), siendo este último desarrollado para este caso en particular.

RESULTADOS

Caracterización de los lagos

Tabla 2 – Parámetros abióticos de cada lago. Las medidas de Disco de Secchi no pudieron ser tomadas para los lagos Jardín, Marañon y Ton-Tón debido a una gran turbidez o a una muy baja profundidad del lago.

	Jardín	Javier	Botavara	Jover	Marañon	Tón-Tón
Temp (°C)	18,8	18,4	18,1	19,3	19	19,3
OD (ppm)	9,09	12,8	11,4	14,2	16	10
pH	7,6	8	8,4	8,1	8,6	7,1
Secchi (m)		0,45	1,15	0,17		
Zona eufótica (m)	2,68	2,22	3,03	0,37	0,44	1,44

Presencia y abundancia de cianobacterias

Se observó la dominancia de cianobacterias en 3 de los 6 lagos: Jover, Marañón y Javier (Fig. 3). Predominando en los mismos *Microcystis* sp., *Planktothrix* sp. y *Cylindrospermopsis* sp. respectivamente. A su vez, estos fueron los lagos que presentaron mayor diversidad de géneros de cianobacterias (8 géneros en Jover). En los 3 lagos restantes, el género encontrado más abundante con respecto a otras cianobacterias fue *Pseudanabaena* sp. (Fig. 4).

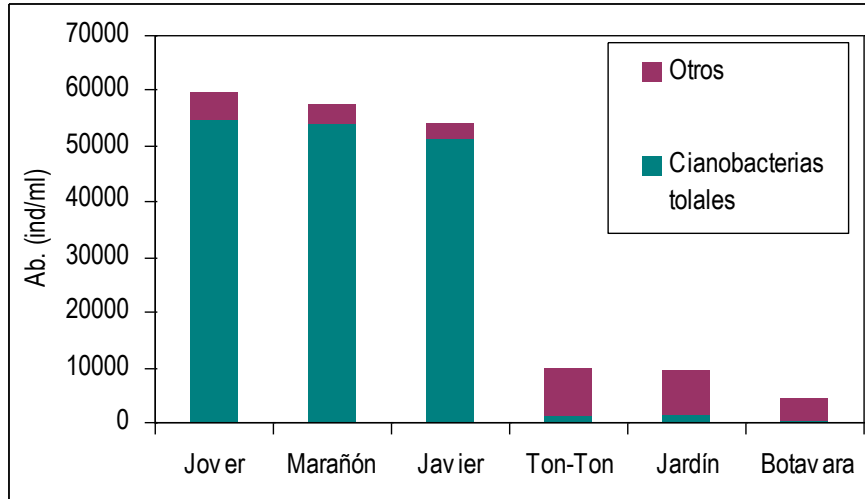


Figura 3 – Abundancia de cianobacterias y otros individuos fotosintéticos por lago (en ind./ml).

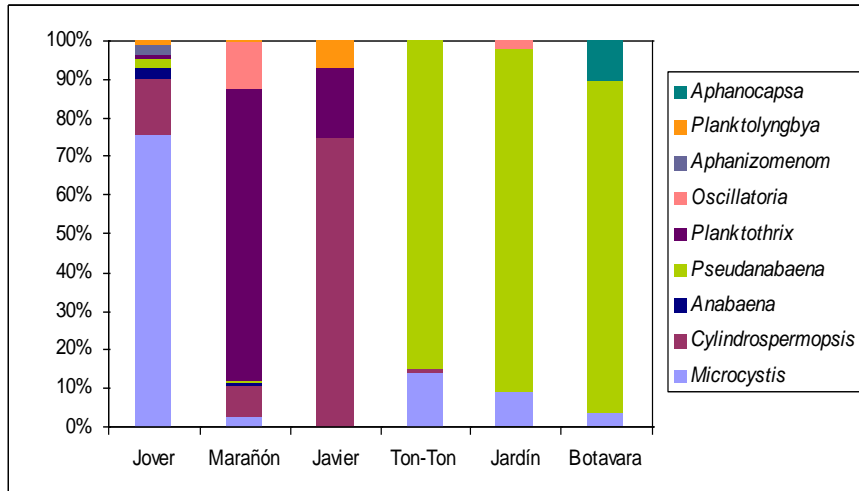


Figura 4 – Porcentaje de los géneros de cianobacterias presentes sobre el total para cada lago.

Biomasa

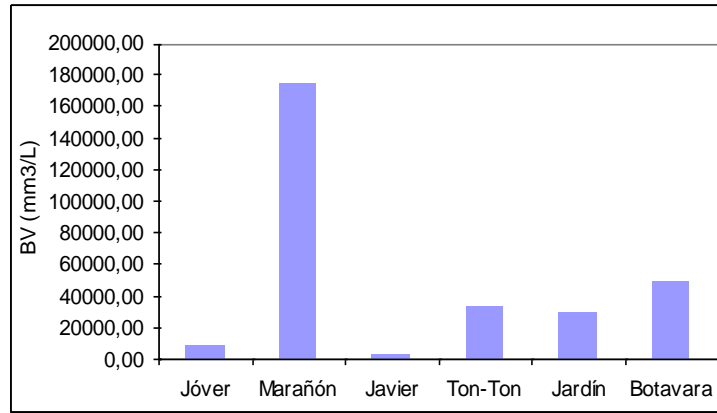


Figura 5- Biovolumen de cianobacterias en mm³/L para cada lago

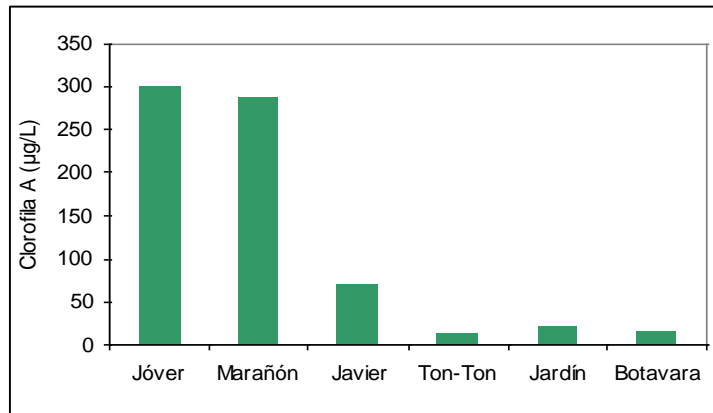


Figura 6- Concentración de Clorofila-A en µg/L para cada lago

El lago que presentó el mayor biovolumen (Fig. 5) de cianobacterias fue el Marañón y el de menor biovolumen fue el Javier. En cambio, el lago que presentó la mayor concentración de clorofila-A (Fig. 6) fue el lago Jover y el de menor concentración fue el lago Tón-Tón.

Urbanización y estado trófico

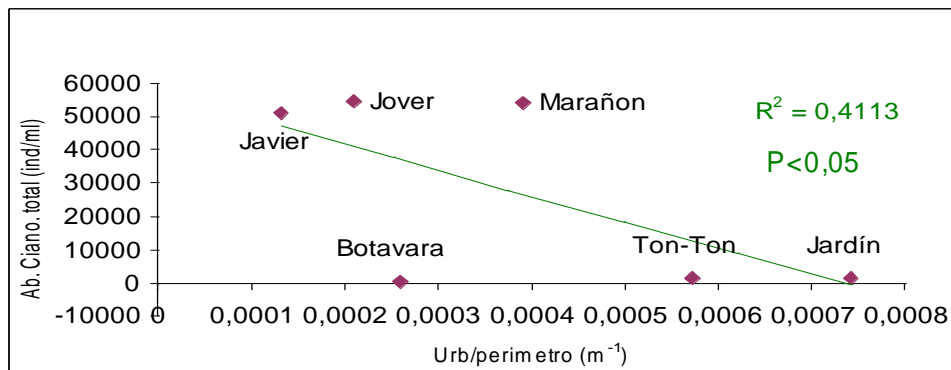


Figura 7 - Abundancia en función de la urbanización.

Tabla 3 – Estado trófico de cada lago según el Índice de Carlson.

Lago	Jover	Marañón	Javier	Ton-Ton	Jardín	Botavara
Índice de Carlson	86,89	86,34	70,96	52,04	56,55	54,58
Estado trófico	eutrófico	eutrófico	eutrófico	mesotrófico	mesotrófico	mesotrófico

Los lagos con mayor índice de urbanización fueron Jardín, Ton-Ton y Marañón. Sin embargo, no se halló una relación directa entre este índice y la abundancia de cianobacterias (Fig. 7), encontrándose en cambio dos grupos definidos de lagos con respecto al índice de estado trófico. Los lagos Javier, Jover y Marañón resultaron ser eutróficos, mientras que los lagos Botavara, Ton-Ton y Jardín resultaron mesoeutróficos (Tabla 3).

Toxicidad

En general, las concentraciones de toxina no superan los límites establecidos por la OMS para aguas de consumo (1,0 mg/l), excepto en el lago Marañón (1,2 mg/L). Aún así, este no supera los límites establecidos para aguas de recreación (10 mg/L). (Chorus & Bartram, 1999) (Tabla 4)

Tabla 4- Toxicidad de los lagos medida como concentración de microcistina y presencia de los géneros productores de la misma

Lago	[Microcistina](µg/L)	Géneros productores de microcistina presentes
Jover	<0,2	<i>Microcystis, Oscillatoria, Planktothrix, Anabaena</i>
Marañón	1,2	<i>Microcystis, Oscillatoria, Planktothrix, Anabaena</i>
Javier	<0,2	<i>Microcystis, Oscillatoria, Planktothrix</i>
Ton-Tón	<0,2	<i>Microcystis</i>
Jardín	<0,2	<i>Microcystis, Oscillatoria</i>
Botavara	<0,2	<i>Microcystis</i>

DISCUSIÓN

En el presente estudio se comparan las condiciones físicas, la composición de cianobacterias y la concentración de microcistinas de los lagos Marañón, Botavara, Javier, Jover, Ton-Tón y Jardín ubicados en la Ciudad de la Costa muy cercanos entre si. En este estudio se obtuvo como principal resultado que la urbanización entorno a los lagos anteriormente mencionados, no se relaciona directamente con el estado eutrófico en que se encuentren y por ende tampoco con la presencia de cianobacterias.

Los lagos Marañón, Jover y Javier presentaron los mayores valores de OD, y los dos primeros presentaron los valores más bajos de Zeu, lo que coincide con las máximas biomásas fitoplanctónicas totales estimadas según clorofila a para estos dos sistemas y el estado trófico estimado según Carlson (1977). El lago Marañón presentó altos valores para biovolumen de cianobacterias y clorofila a lo cual no sucede en Jover y Javier, donde se presentan altos valores de clorofila-a pero bajos biovolumenes, revelando así una diferente estructura comunitaria. Con respecto al lago Javier tanto *Cylindrospermopsis* sp. como *Planktothrix* sp. son de muy pequeño tamaño siendo esta última de diferente especie a la hallada en el lago Marañón. Los tres lagos restantes presentan bajos valores en ambos parámetros, lo cual podría explicarse por la dominancia de *Pseudanabaena* sp., la cual presentaba pocas células de reducido tamaño, y por la baja abundancia de la misma.

Si bien se esperaba que a mayor grado de urbanización, se encontrara una mayor abundancia de cianobacterias debido a la eutrofización, no se observó una relación directa entre estas variables. Esto podría deberse a que el índice calculado no captura completamente los factores antrópicos incidentes sobre el estado de eutrofización de cada lago, tales como pueden ser vertidos municipales e industriales orgánicos (en el caso de los lagos Jover, Javier y Botavara), la forestación, desechos arrojados por parte de la población local y no local, entre otros.

El lago Marañón presenta el mayor valor de toxicidad, lo cual podría explicarse por diversos factores tanto bióticos como abióticos. Dentro de los bióticos, la interacción con otros componentes del fitoplancton puede llevar a la liberación de toxinas como sustancias alelopáticas para la competencia con estos. (Vela et al.2007). Como factor abiótico, el pH del agua podría ser una explicación, ya que

si bien las cianobacterias crecen óptimamente a pH 9, la producción de microcistina aumenta a pH aproximados a este, sean mayores o menores (Vela et al. 2007), siendo el pH de este lago igual a 8,6. Otra explicación posible es que hay cepas dentro de la misma especie que producen toxinas y otras no, y se seleccionaron en cada lago indiferentemente al azar, sin rasgo adaptativo que les confiera ventaja alguna (Píriz Com. Pers.). También es sugerida la defensa contra la herbivoría, entre otros (Vela et al. 2007). Esto no se ajusta al restante de los lagos, ya que los valores de concentración de microcistina son menores a 0,2 µg/L. En el lago Javier, esto podría explicarse por la dominancia del género *Cylindrospermopsis*, el cual no es productor de la toxina estudiada. No es sorprendente que en los lagos Ton-Tón, Jardín y Botavara se encuentren concentraciones bajas de esta toxina, dada la baja abundancia de cianobacterias encontrada y a que el género que se encuentra en mayor abundancia en los tres es *Pseudanabaena*, el cual tampoco es productor de microcistina. (Quesada et al, 2006). Con respecto al lago Jover, podría haber otros factores que escapan a este estudio, como que las colonias de *Microcystis* sp. no se encuentren en la etapa del ciclo en la que producen toxina o no la necesiten para defensa. También el hecho de que se realizó un solo muestreo podría constituir otro factor. Dichos factores explicarían que a pesar de que hay una gran abundancia y dominancia del género *Microcystis*, el cual es uno de los principales productores de microcistina, haya una baja concentración de esta toxina. Para poder obtener información definitiva se deberían realizar experimentos, en donde bajo condiciones controladas se variarían los diferentes parámetros.

Si bien es interesante el hecho de que las temperaturas no eran elevadas, se halló una alta abundancia de cianobacterias, aunque no llegaban a constituir floraciones. No se pueden sacar conclusiones debido a que no existen muchas investigaciones respecto al tema en las cianobacterias en general, excepto en *Cylindrospermopsis* sp. en la cual una posible explicación es que estos microorganismos estén ampliando el rango de temperaturas en la que pueden vivir (Fabre et al., 2010).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En los seis lagos se observaron abundantes cianobacterias potenciales productoras de microcistina, sin embargo no existió relación entre la concentración de esta toxina y la abundancia de los géneros productores de la misma.

Tampoco se encontró una relación directa entre el grado de urbanización y la abundancia de cianobacterias, aunque se logró distinguir dos grupos de lagos: eutróficos y mesotróficos.

A pesar de que los muestreos fueron realizados durante el invierno, la abundancia de cianobacterias fue alta y se detectó la presencia de toxina, aunque no se hayan desarrollado floraciones.

Este primer estudio puede utilizarse como una base para la gestión de estos lagos y así prevenir posibles perjuicios a la población local. Sin embargo deberían realizarse estudios para comprender en qué condiciones ambientales crecen estos organismos productores de toxinas y en qué condiciones específicas maximizan su producción. Los mismos deberían incluir tanto investigación de campo, como información experimental.

AGRADECIMIENTOS

Queríamos brindar nuestro agradecimiento a:

CSIC por la financiación del presente trabajo,

A los integrantes de la sección limnología de la Facultad de Ciencias por darnos su apoyo durante el transcurso del proyecto y

A la Facultad de Química–Instituto de Higiene en particular a la Dra. Beatriz Brena y a Macarena Pirez por la colaboración en la realización de los análisis ELISA.

REFERENCIAS

Arocena, R., Conde, D. (1999) Métodos en Ecología de Aguas Continentales. Instituto de Biología. Sección Limnología. Edición D.I.R.A.C. Facultad de Ciencias. Montevideo. Cap. 4.

Carlson R. E. 1977 Trophic state index for lakes. Limnology and oceanography. Vol 22 (2). P 361-369

Chorus, I; Bartram, J. (1999) Toxic Cyanobacteria in Water. WHO. E&FN Spon. London and New York, 416p

De Leon, L & Yunes, J (2001). First Report of a Microcystin-Containing Bloom of the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in the La Plata River, South America. Environmental Toxicology 16 (1), p110-112.

De Leon, L. (2004). Floraciones algales de agua dulce: Cianobacterias, Cianotoxinas. Su relación con la salud. [en línea]. Disponible desde: <<http://limno.fcien.edu.uy/pdf/Floraciones-de-CIANOBACTERIAS.pdf>> [Acceso 16/09/08]

Fabre, A.; Carballo, C.; Hernández, E.; Piriz, P.; Bergamino, L. Mello, L., González, S.; Pérez, G.; León, J.G.; Aubriot, L.; Bonilla, S.; Kruk, C. (2010) La concentración de nitrógeno y la relación zona eufótica/zona de mezcla explican la presencia de cianobacterias en pequeños lagos subtropicales, artificiales de Uruguay. (Aceptado en Pan-American Journal of Aquatic Sciences).

Hasle, G., 1978. The Inverted Microscope Method. En Sournia A. (Ed.) Phytoplankton Manual. UNESCO. París. PP 88-96.

Hillebrand, H. , Dürselen, C.D., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T. (1999) Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. J. Phycol. 35, 403–424

Pérez, C; Bonilla, S; De Leon, L; Smarda, J & Komárek, J (1999). A Bloom of *Nodularia baltica-spumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. Algological Studies 93 (1), p91-101.

Perez, D; Soraci, A; Tapia, M. (2008) Cianobacterias y Cianotoxinas: Rol de la Microcistina en la Salud Humana y Animal y su Detección en Muestras de Agua. Analecta Veterinara 28 (1): 48-56.

Quesada, A (2006). Cianobacterias en Aguas de Consumo y Recreo: un Problema de Todos. En: Ponencia realizada por el Centro de Estudio y Experimentación de obras públicas. CEDEX, Madrid.

Reynolds C.S., 1997. Vegetation Process In The Pelagic: A Model For Ecosystem Theory. O. Kinne (Ed). Excellence In Ecology. 9. Ecology Institute, Germany. 371 pp.

Scheffer, M., 1998. Ecology of Shallow Lakes. 1: Chapman & Hall eds. London.

Vela, L.; Sevilla, E.; Martín, B.; Pellicer, S.; Bes, M. T.; Fillat, M. S.; Peleato, M. L. (2007). Las microcistinas. Revista real Academica de Ciencias. Zaragoza. Vol. 62, p. 135-146.

Vidal, L.; Kruk, C. (2008) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. Vol. 3, 2, p. 142-151.