

## ¿Qué conocemos sobre la cianobacteria de la Laguna del Sauce?

Sylvia Bonilla<sup>1,2</sup>, Luis Aubriot<sup>1,2</sup> y Claudia Piccini<sup>1,3</sup>

1: Grupo de Ecología y Fisiología del Fitoplancton (CSIC)

2: Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

3: Departamento de Microbiología, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable

Montevideo, mayo 2015

Correos electrónicos: Sylvia Bonilla: sbon@fcien.edu.uy, Luis Aubriot: laubriot@fcien.edu.uy, Claudia Piccini: claudia.piccini@gmail.com

**Recientemente hemos conocido los efectos de las cianobacterias en el agua potable de Maldonado. Las poblaciones de cianobacterias de la Laguna del Sauce han estado dominadas por *Cylindrospermopsis raciborskii*, una cianobacteria tóxica de relevancia internacional, que ha sido largamente estudiada por nuestro grupo de investigación. En esta nota de divulgación buscamos resumir algunas características de las cianobacterias y de esta especie vinculadas a su impacto potencial en el uso del agua.**

## 1- ¿Qué son las cianobacterias?

Son microorganismos **procariotas** (es decir: no tienen membrana nuclear) que realizan fotosíntesis al igual que las algas y las plantas. Son organismos extremadamente antiguos en el planeta, se estima que se originaron en el precámbrico, hace 2500 millones de años aproximadamente. Habitan en **todo tipo de ambiente** iluminado como océanos, lagos, ríos, lagunas, suelos húmedos, cavernas y aguas termales. Son componentes naturales de los ecosistemas acuáticos, tanto marinos como continentales.

En los ecosistemas de **agua dulce** se puede encontrar un gran número de especies y pueden llegar a acumular grandes cantidades de células (o biomasa). En estos ecosistemas forman parte natural del llamado **fitoplancton**: comunidad de microalgas microscópicas y cianobacterias que viven suspendidas en el agua y realizan **fotosíntesis**.

## 2- ¿Qué son las floraciones de cianobacterias?

Algunas condiciones ambientales pueden favorecer el **crecimiento desmedido** de las cianobacterias. Por ejemplo, los compuestos solubles de nitrógeno y fósforo en el agua constituyen los nutrientes fundamentales para la supervivencia y multiplicación de las cianobacterias. Estos nutrientes han ido incrementando su concentración en el agua como consecuencia de las distintas actividades antrópicas (agricultura, aguas servidas, etc.) y proceso conocido como **eutrofización**. Esto trae como consecuencia el crecimiento abrupto de cianobacterias. El problema más preocupante radica en que las cianobacterias pueden producir diversas sustancias (metabolitos) que afectan la calidad del agua: sustancias que dan mal sabor y olor al agua (ejemplo: **geosmina, 2-metilisoborneol**) y también **toxinas**.

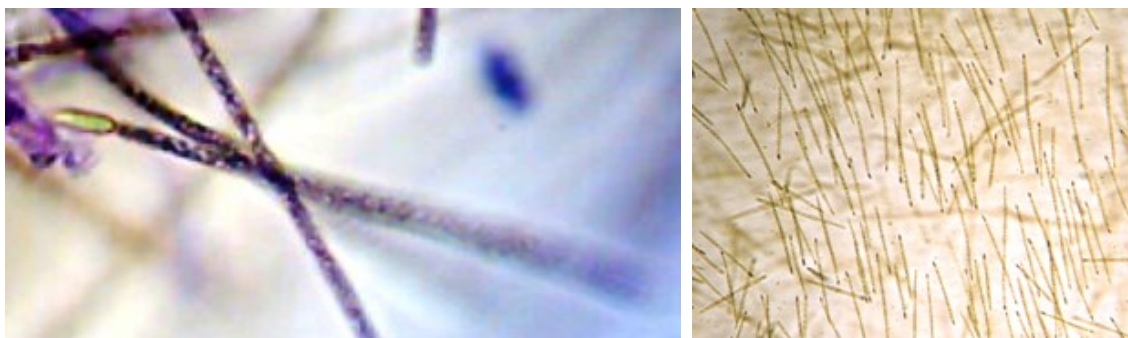


Fotografía del lago Javier (Canelones) con una floración de *Cylindrospermopsis raciborskii*.  
Fotografía: Andrea Somma, Sección Limnología.

### 3- ¿Qué características en particular tiene la cianobacteria *Cylindrospermopsis raciborskii*?

Esta especie es extensamente estudiada en el mundo entero porque se la ha considerado invasora. Se ha comenzado a reportar **más frecuentemente** en zonas subtropicales (como nuestro país) y templadas. Es una especie cuyas células forman filamentos (cadena de células) y además puede desarrollar células especializadas con diversas funciones en el filamento. Nuestro equipo de investigación ha abordado diversos estudios sobre la fisiología, ecología, producción de toxinas y genética de esta especie.

*C. raciborskii* ha sido detectada en **nuestro país** principalmente en los siguientes ecosistemas naturales: Lago Javier y Laguna Chica (Parque Miramar, Canelones); Laguna del Sauce y Laguna Blanca (Maldonado); tajamares de Rocha.



Microfotografías de *Cylindrospermopsis raciborskii* de ecosistemas de agua de nuestro país. A la izquierda foto a 1000 aumentos, a la derecha foto a 200 aumentos. Se observa el filamento con célula terminal diferenciada (heterocito). Fotos: Bruno Cremella, Sección Limnología.

Nuestros estudios sugieren que, al contrario de lo que se planteó previamente, esta especie ha estado en nuestro continente desde **mucho tiempo** atrás (en Uruguay se ha datado al menos desde el siglo XVIII) y no es producto de una invasión reciente. Las poblaciones que colonizaron tiempo atrás América del Sur adquirieron características que las distinguen de las del resto del mundo, tales como la síntesis de una neurotoxina denominada saxitoxina. Además, hemos demostrado que *C. raciborskii* tiene una gran capacidad para **responder rápidamente** a cambios ambientales, lo que le resulta muy ventajoso cuando viven en ambientes que sufren cambios abruptos.

A diferencia de otras cianobacterias, *C. raciborskii* es muy abundante en ambientes medianamente eutrofizados ya que es capaz de tolerar bajas concentraciones de nutrientes en el agua. Esto se debe a que es un organismo muy **“plástico”** o flexible, lo que le permite aclimatarse más que otras cianobacterias a cambios ambientales. Por un lado, puede prescindir del nitrógeno disuelto para crecer (ej. nitrato y amonio), por su capacidad de **fijar nitrógeno** atmosférico gracias a las células diferenciadas llamadas

heterocitos. Asimismo, no requiere de altas concentraciones de **fósforo** para establecerse y crecer, debido a que es capaz de ajustar su metabolismo cuando experimenta períodos de déficit del nutriente. También es capaz de alcanzar velocidades máximas de crecimiento a concentraciones de fósforo consideradas intermedias (fosfato: 30- 50  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Por ejemplo, estos niveles de fósforo corresponden aproximadamente a la mitad de lo que hoy tiene la Laguna del Sauce, por lo tanto, la presencia de esta cianobacteria impone una alta exigencia en la **mitigación** de los aportes de fósforo de la cuenca para lograr su control eficaz.

*C. raciborskii* también puede tolerar muy bien las bajas **temperaturas** invernales de nuestro país. Nuestros estudios han permitido demostrar que en general, y contrariamente a lo que se suponía, la especie puede crecer en un amplio rango de temperaturas. Por ejemplo, en el lago Javier (Parque Miramar, Canelones) la hemos encontrado durante todo el invierno, en altas concentraciones. Por lo tanto, esta especie podría permanecer durante el invierno en diversos ecosistemas acuáticos del país.

#### **4- ¿Puede *Cylindrospermopsis raciborskii* ser tóxica?**

Esta especie es potencialmente tóxica ya puede producir **dos tipos de toxina**. Como hemos mencionado anteriormente, las poblaciones de nuestro país producen una neurotoxina (saxitoxina y otras moléculas similares), en altas concentraciones. Las toxinas de las cianobacterias pueden afectar negativamente a los animales y el ser humano. El impacto de la toxina en la salud va a depender de su concentración y se distinguen efectos agudos (cuando la persona o animal está expuesto a altas concentraciones) y crónicos (cuando se está expuesto a bajas concentraciones). También dependerá de la duración de la exposición. Las principales vías de contacto con la toxina son por ingestión, inhalación y contacto directo con la piel y mucosas. Se conoce muy poco de los efectos crónicos de exposición a esta toxina. Actualmente existen reglamentaciones guía en algunos pocos países sobre la peligrosidad de exposición a saxitoxina, ya sea en agua de recreación o agua potable. En nuestro país no hay reglamentación al respecto.

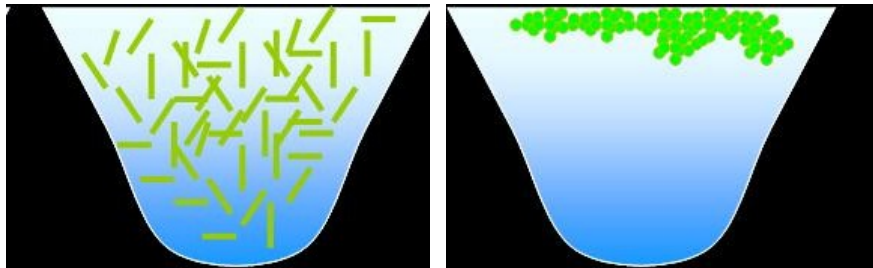
Además, casi todas las cianobacterias, incluyendo esta especie, pueden producir dermatotoxinas de baja peligrosidad pero que pueden provocar irritaciones en la piel y mucosas.

#### **5- ¿Por qué puede ser un problema para el uso del agua la presencia de altas biomásas de *Cylindrospermopsis raciborskii*?**

Esta especie forma **floraciones dispersivas**, es decir no se acumulan claramente en la superficie del agua como otras cianobacterias sino que se distribuyen en toda la profundidad del cuerpo de agua. Por lo tanto su presencia en alta biomasa puede ser poco percibida por los usuarios. La especie produce toxinas potentes que pueden

afectar a los usuarios. Las floraciones de cianobacterias en general son indicadoras de la eutrofización lo que responde a las actividades humanas.

Por lo tanto, para revertir este fenómeno es necesario disminuir las fuentes de contaminación y aporte de nutrientes a los cursos de agua. Todas las medidas de mitigación deben ser reiteradas y sostenidas en el tiempo y los efectos se ven muchas veces a mediano o largo plazo.



Dibujos que representan los dos tipos de floraciones de cianobacterias más frecuentes: dispersivas (izquierda) y acumulativas que se visualizan fácilmente (derecha). *Cylindrospermopsis raciborskii* forma floraciones dispersivas. Modificado de Bonilla 2009.

### Dónde leer más sobre el tema en general:

Aubriot L, Piccini C, Machín E. 2013. Calidad de agua del Arroyo Canelón Chico (2011-12) e identificación de problemas ambientales, 11 pp. En: <http://limno.fcien.edu.uy/>

Bonilla S, Aubriot L & Piccini C. 2013. Cianobacterias y Cianotoxinas. Revista: Uruguay Ciencia, 16:26-28. En: <http://limno.fcien.edu.uy/>

Bonilla S. (ed). 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. PHI-VII Documento técnico 16, UNESCO, Montevideo.  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216319s.pdf>

### Publicaciones científicas que se han realizado en el país sobre esta especie:

Beamud G, Vico P, Haakonsson S, Martínez de la Escalera G, Piccini C, Brena B M, Pirez M & Bonilla S. Influence of UV-B radiation on the fitness and toxin expression of the emerging cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. Hydrobiologia (accepted with minor revisions).

Martínez de la Escalera G, Antoniades D, Bonilla S & Piccini C. 2014. Application of ancient DNA to the reconstruction of past microbial assemblages and for the detection of toxic cyanobacteria in subtropical freshwater ecosystems. Molecular Ecology, 23: 5791–5802.

Amaral V, Bonilla S & Aubriot L. 2014. Growth optimisation of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in response to phosphate fluctuations. European Journal of Phycology 49:134-141.

Piccini, C, Aubriot L, Alessandro B, Martigani F & Bonilla S. 2013. Revealing toxin signatures in cyanobacteria: report of genes involved in cylindrospermopsin synthesis from saxitoxin-producing *Cylindrospermopsis raciborskii*. Advances in Microbiology, 3: 289 – 296.

Bonilla S, Aubriot L, Soares MCS, González-Piana M, Fabre A, Huszar VLM, Lürling M, Antoniades D, Padiśák J & Kruk C. 2012. What drives the distribution of the bloom forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? FEMS Microbiol Ecol 79: 594-607.

Piccini C, Aubriot L, Fabre A, Amaral V, Gonzalez-Piana M, Figueredo C C, Gianni A, Vidal L, Kruk C & Bonilla S. 2011. Genetic and eco-physiological differences of South American *Cylindrospermopsis raciborskii* isolates support the hypothesis of multiple ecotypes. Harmful Algae 10: 644-653.

### Tesis de grado finalizadas sobre esta especie:

2015. Rafael Santana. Importância da interface coluna d'água/sedimento na manutenção de uma floração de *Cylindrospermopsis raciborskii* em um reservatório (Lagoa dos Pedalinhos) localizado no Córrego Nossa Senhora (Ipatinga – MG). Universidad de la República, Licenciatura en Ciencias Biológicas. (Orientador C. Figueredo). S. Bonilla co-orientadora.

2014. Bruno Cremella. Factores involucrados en la expansión de la cianobacteria *Cylindrospermopsis raciborskii* en el continente americano. Universidad de la República, Licenciatura en Bioquímica. Orientadora: S. Bonilla, co-orientadora: C. Piccini.

2014. Andrea Somma. El papel de la luz y la temperatura en la dinámica de cianobacterias en un lago de uso recreativo. Universidad de la República, Licenciatura en Ciencias Biológicas Orientadora: S. Bonilla, co-orientador: L. Aubriot.

2012. Fátima Martigani. Influencia de la deficiencia por nutrientes en el crecimiento y la producción de toxinas de una cianobacteria invasora. Universidad de la República, Licenciatura en Ciencias Biológicas. Orientador: L. Aubriot, S. Bonilla Co-orientadora.

2011. Amelia Fabre. Flexibilidad fenotípica de la cianobacteria invasora *Cylindrospermopsis raciborskii* en un gradiente lumínico. Universidad de la República, Licenciatura en Ciencias Biológicas. S. Bonilla, orientadora.

2011. Valentina Amaral. Flexibilidad fenotípica de la cianobacteria invasora *Cylindrospermopsis raciborskii* a fluctuaciones en la disponibilidad de fosfato. Universidad de la República, Licenciatura en Ciencias Biológicas. Orientador: L. Aubriot, S. Bonilla co-orientadora.

Tesis de posgrado sobre esta especie:

Mauricio González, *Efecto de la luz y la temperatura en la morfología y el crecimiento de dos cianobacterias filamentosas formadoras de floraciones*. PEDECIBA Biología, subárea Ecología, defensa: 2012. S. Bonilla orientadora. Aprobado con mención.

2012-presente. Amelia Fabre. Programa: PEDECIBA Biología, opción Ecología. Proyecto de tesis: *Neurotoxinas de una cianobacteria invasora: detección y factores ambientales estimulantes*. Orientadora: S. Bonilla, co-orientadora: G. Lacerot.

2013-presente, Fátima Martigani, Programa: PEDECIBA Biología, opción Ecología. Proyecto de tesis: *Fluctuaciones de nutrientes como promotor de floraciones de cianobacterias tóxicas*. Orientador: L. Aubriot, co-orientadora: S. Bonilla. En curso.

2013-presente. Paula Vico. Programa: PEDECIBA Biología, opción Microbiología. Tema: genética de cianobacterias tóxicas. Orientadora: C. Piccini, co-orientadora: S. Bonilla. En curso.