

Cianobacterias y cianotoxinas

Por Sylvia Bonilla, Luis Aubriot y Claudia Piccini*

Conocidas también como “algas verde-azules”, las cianobacterias son uno de los organismos más antiguos del planeta y actualmente se encuentran en casi todos los cuerpos de agua existentes, donde proliferan exitosamente. Con células muy simples realizan fotosíntesis y cumplen papeles fundamentales para la biosfera: la producción de oxígeno, la captación de anhídrido carbónico y la introducción de nitrógeno atmosférico al agua. A veces desarrollan grandes cantidades de biomasa en los lagos y pueden producir toxinas muy nocivas para animales y para el ser humano. En la Facultad de Ciencias y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable se están investigando con el objetivo de mejorar el conocimiento de su genética, biología y ecología y así poder diseñar planes de manejo apropiados con el fin de prevenir y mitigar sus efectos negativos en los ecosistemas de aguas dulces.

Cuenta una vieja leyenda, popular en Europa Central, que al final de cada verano los lagos de esa región se tiñen de color rojo por la sangre de los fantasmas de soldados caídos en la batalla de Borgoña (siglo XV). Sin embargo, el color rojizo intenso del agua nada tiene que ver con fantasmas de 600 años sino con la aparición en la superficie de millares de cianobacterias, por un cambio de temperatura del agua que las sube de las capas profundas. El color rojo se debe a que tienen un pigmento especial (ficobilina) que les ayuda a realizar fotosíntesis con muy poca luz. Este pigmento le confiere a las cianobacterias colores rojizos, violetas o más comúnmente verde esmeralda o azulado, lo que les da el nombre popular de “algas verde-azules”.

La aparición y desarrollo de las cianobacterias, hace aproximadamente 2700 millones de años, en la llamada Era Precámbrica, fue el evento evolutivo que cambió la historia del planeta.

Antes de su aparición el mundo estaba habitado por bacterias heterótrofas (que se alimentan de sustancias orgánicas) y la atmósfera no tenía la cantidad de oxígeno que hoy tiene. Las cianobacterias son las responsables de haber generado la atmósfera con oxígeno como hoy la conocemos, cambiando las condiciones de vida del planeta y haciendo posible la aparición de formas de vida más complejas.

Estos antiguos organismos crecen actualmente en casi todos los tipos de hábitats del planeta como ningún otro es capaz de lograr. Son exitosas en el fitoplancton, es decir el conjunto de organismos, principalmente microscópicos, que se alimentan haciendo fotosíntesis, y que viven en las zonas iluminadas de aguas de lagos, ríos,

Algunas particularidades de las cianobacterias

- Son pequeñas (microscópicas), y difícilmente se pueden ver a simple vista, excepto cuando se reproducen en demasía y aparecen en la superficie.
- Son **procariontas**, esto quiere decir que son células que no poseen núcleo ni organelos internos.
- Son **productores primarios**, es decir sintetizan materia orgánica a partir de minerales mediante la fotosíntesis que usa la energía solar. Dicha fotosíntesis es **aeróbica**, es decir liberan oxígeno como consecuencia del proceso de captación de anhídrido carbónico (gas del efecto invernadero). Para ello utilizan la **clorofila a** y otros pigmentos accesorios, y básicamente realizan la misma fotosíntesis que cualquier alga, planta o árbol.
- Pueden captar **nitrógeno** atmosférico (mediante una enzima: nitrogenasa), siendo una de las principales vías de entrada de este elemento en los océanos y algunos lagos.
- Poseen vacuolas de gas dentro de las células, que actúan como miniflotadores que les permiten regular su posición en la columna de agua para acceder a la luz solar. Por esto muchas veces se ven **flotando en la superficie**.

arroyos, océanos y estuarios. También crecen en suelos húmedos, sobre monumentos, en cavernas pobremente iluminadas, desiertos, forman densas costras en aguas termales (hasta 70°C) o hasta en lagos polares. Cumplen un papel muy beneficioso para la biósfera a través de la fotosíntesis.



Acúmulos de cianobacterias en la orilla de la Playa Pocitos, Montevideo, verano 2006. Foto: Daniel Sienna Intendencia de Montevideo

Eutrofización

A diferencia de las plantas que toman los nutrientes de la tierra, el fitoplancton utiliza los nutrientes que están disueltos en el agua para crecer. El nitrógeno y el fósforo son dos elementos que necesitan y utilizan en gran cantidad.

El enriquecimiento de las aguas por aportes puntuales o difusos de nutrientes se asocia históricamente con las prácticas agrícolas. Estos aportes llegan, por ejemplo, por escorrentía de suelos con fertilizantes, o provienen de desechos orgánicos (basura) o aguas servidas. El desarrollo industrial generó otra fuente muy importante de contaminantes, incluyendo a los nutrientes. Algunas actividades, como la minería, remueven grandes áreas de suelo que contienen naturalmente nutrientes y por efecto de lluvias ese suelo removido se lava y es arrastrado hacia lagos y ríos. Este tipo de contaminación, derivada de las actividades humanas y que afecta principalmente las aguas dulces, se denomina eutrofización y ocurre en todo el mundo incluyendo el Uruguay.

Floraciones

La eutrofización trae como consecuencia un aumento de la cantidad de fitoplancton que crece en forma desmedida, fenómeno denominado floración. Como resultado el agua se vuelve turbia, lo que limita el ingreso de luz solar, y el ambiente se deteriora. Las cianobacterias se ven especialmente favorecidas ya que algunas pueden fijar nitrógeno atmosférico, y de esta forma, si el aporte externo es solo de fósforo, pueden complementar las necesidades de nitrógeno mediante la actividad de la nitrogenasa.

Un lugar, muy familiar para los montevideanos, donde hay floraciones de cianobacterias permanentes es el lago del Parque Rodó, cuyas floraciones de 120 mg/litro de agua, aproximadamente, tiñen el agua de un color "verde espinaca" intenso.

Las floraciones de cianobacterias afectan negativamente la calidad de agua ya que le dan color, mal olor y mal sabor, pero sobre todo porque pueden producir sustancias tóxicas para los animales y para el ser humano. Estas sustancias se denominan cianotoxinas y

de ellas se conocen más de 100 variedades, aunque se piensa que quedan más por descubrir. En la Facultad de Ciencias, en colaboración con la Facultad de Química (1) y el Instituto Clemente Estable, se están estudiando varias poblaciones de cianobacterias con el objetivo de determinar las condiciones ambientales que regulan la producción de cianotoxinas.

Las cianotoxinas pueden afectar tanto a animales acuáticos como a terrestres que beban de cuerpos de agua con floraciones y a las personas que se sumergen en dichas aguas. Las toxinas más frecuentes pueden clasificarse en dos grandes grupos, hepatotoxinas y neurotoxinas, que producen daños hepáticos y neuronales respectivamente. Muchas veces los síntomas se confunden con otras enfermedades ya que incluyen trastornos hepáticos o gastrointestinales como vómitos, diarreas y cefaleas. Varios estudios han demostrado efectos crónicos en animales cuando se ingieren bajas dosis por largo tiempo (ejemplo: tumores, disminución del crecimiento o de la descendencia). Las irritaciones en la piel, también muy comunes, pueden ser provocadas por otras sustancias poco conocidas de las cianobacterias.

Existen varios reportes en el mundo sobre mortandad de animales domésticos, en particular perros y ganado, que han bebido de cuerpos de agua con floraciones. Los reportes de intoxicación y muerte en humanos son mucho más escasos. El caso más impactante es el conocido como "la Tragedia de Caruaru" (Caruaru, Brasil, 1996), donde en un centro de diálisis pacientes fueron inyectados con agua contaminada con microcistinas, lo que provocó la muerte de más de 70 de ellos. (2)

Qué pasa en Uruguay

En Uruguay, como en todo el mundo, la problemática de las floraciones de cianobacterias tóxicas afecta diversos cuerpos de agua, particularmente en el verano. Se registran floraciones de especies que pueden producir cianotoxinas en ríos (ejemplo: Uruguay, Río Negro), embalses (son comunes en: Salto Grande y embalses del Río Negro), lagunas llanas (frecuentes en Laguna Blanca, esporádicos en Laguna de Castillos) y lagos de recreación o utilizados para potabilización. (3)



Dr. Luis Aubriot y estudiantes en el laboratorio

Organismos acuáticos microscópicos de importancia global

La concentración de cianotoxinas es variable, pero ha sobrepasado frecuentemente los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud para aguas de recreación (20 microgramos de microcistina/litro) (4), en playas de Montevideo (20 a 30.000 microgramos de microcistina/litro) y en las costas de Colonia (5). La peligrosidad es mayor en la orilla del agua donde se acumulan las colonias que se descomponen al sol. En esa zona existen varios millones de células por centímetro cuadrado, lo que hace que la concentración de toxinas sea mayor. Generalmente los niños son los más vulnerables ya que juegan con frecuencia en la orilla, tienen bajo peso corporal y tragan más agua que los adultos en los baños de inmersión. Se puede encontrar información sobre la situación de las playas de Montevideo con respecto a las floraciones en:

<http://www.montevideo.gub.uy/ciudadania/desarrollo-ambiental/documentos>.

En enero de 2009 ocurrió en Canelones la muerte con evolución rápida (10 a 24 horas) de más de 30 vaquillonas que fue adjudicada a cianobacterias productoras de microcistinas, presentes en el abrevadero (6). Los animales presentaron necrosis focal difusa en el hígado, sumada a varios síntomas como fotosensibilización de párpados. Se desconoce si estos episodios son frecuentes en el país, ya que generalmente las muertes se adjudican a otras causas y los análisis del agua no se realizan a tiempo.

La toxicidad de las cianobacterias, cuando está presente, varía entre las distintas especies, cepas (variedad dentro de una especie) y entre sistemas acuáticos. Además, la cantidad de cianotoxinas cambia según la etapa del crecimiento, la presencia de depredadores y otras condiciones ambientales.

No están claros para la ciencia los factores bióticos o abióticos que estimulan la producción de cianotoxinas y es posible que sean distintos según la toxina. Algunas hipótesis plantean que son sustancias que actúan como defensa contra los depredadores, mientras que otras proponen que las cianotoxinas podrían actuar como moléculas de comunicación entre los organismos. Investigadores de la Facultad de Ciencias y del Instituto Clemente Estable han podido determinar que algunas especies pueden aumentar mucho la concentración de cianotoxina si las condiciones nutricionales son pobres (es decir si la cianobacteria "pasa hambre"). (7)

Estudios de la genética y la distribución geográfica de una cianobacteria invasora, han contribuido a entender que estos organismos son capaces de adaptarse a las condiciones locales de los lagos rápidamente, lo que los hace más resistentes (8). Experimentos con comunidades naturales y cultivos permitirán evaluar la causalidad de la producción de cianotoxinas frente a variaciones ambientales y generar información relevante para programas de monitoreo y para realizar un diagnóstico de zonas de riesgo.

Notas:

1. Colaboración con Beatriz M. Brena, cátedra de Bioquímica.
2. Azevedo, S. M. F. O., Carmichael, W. W., Jochimsen, E. M., Rinehart K. L., Lau, S., Shaw, G. R. & Eaglesham, G. K. (2002). Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology* 181-182:441-446.
3. Una recopilación de las especies de cianobacterias más comunes que forman floraciones en el país, su distribución, las cianotoxinas que pueden producir y medidas generales de gestión está disponible en *Manual de Cianobacterias Planctónicas del Uruguay* (2009) editado por Sylvia Bonilla.
<http://www.unesco.org.uy/phi/biblioteca/handle/123456789/473>
4. Datos registrados por Macarena Pirez y su grupo de trabajo serán publicados pronto en la revista *Journal of Environmental Management*
5. De León, L. & Yunes, J. (2001). First report of a *Microcystis aeruginosa* toxic bloom in La Plata River. *Environmental Toxicology and Water Quality* 16: 110-112.
6. Alonzo, P., Collazo, S., De León, L. & Paullier, C. (2009). Diagnóstico de intoxicación por algas verde-azuladas (Cianobacterias) en Uruguay. "Resúmenes de las XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría", pag 142-143.
7. Luis Aubriot y su equipo, trabajo en preparación.
8. Piccini, C., Aubriot, L., Fabre, A., Amaral, V., González-Piana, M., Gianni, A., Figueredo, C. C., 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

* **La Dra Sylvia Bonilla**, egresada de la Universidad de la República (UdelaR) con postdoctorado (Université Laval, Canadá), es profesora adjunta en dedicación total de la Sección Limnología, Facultad de Ciencias. **El Dr. Luis Aubriot**, egresado de la UdelaR, es asistente en dedicación total de la Sección Limnología. **La Dra. Claudia Piccini**, egresada de la UdelaR, es Investigadora del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Todos son investigadores del programa de posgrado PEDECIBA y del Sistema Nacional de Investigadores.

AMEREX

SISTEMAS ANTIRROBO

Washington 283 Montevideo

Cp11000 Uruguay

Telefax. 2915 8887 – 2916 9658

www.amerexseguridad.com

info@amerexseguridad.com

PRESENTISMO POR HUELLA DACTILAR

\$330 más iva por mes!!

ACCEDE DESDE INTERNET

CERCOS ELÉCTRICOS

Domésticos e industriales

Sin falsos disparos por lluvias o vegetación

MALETINES ANTIRROBO

De fabricación nacional, con alto voltaje, **NO LETAL** presentes en manijas y cuerpo, y con sirena

