



POSGRADOS
**CIENCIAS
AMBIENTALES**



“CIANOBACTERIAS Y CIANOTOXINAS EN UN MUNDO CAMBIANTE”

Curso de posgrado intensivo e interdisciplinario

Montevideo, diciembre 2025

PROGRAMA

Responsables y contactos:

Dra. Sylvia Bonilla (Facultad de Ciencias), sbon@fcien.edu.uy

Dra. Beatriz Brena (Facultad de Química), bbrena@fq.edu.uy

[@cianolab.uy](https://twitter.com/cianolab.uy)

[@bioquimica.fq](https://twitter.com/bioquimica.fq)

Días y horarios: 1 al 12 de diciembre, todo el día. Además: actividades asincrónicas obligatorias (3 horas) en la semana del 24 al 28/11.

Modalidad:

El curso será fundamentalmente presencial y se divide en dos módulos y un Taller final. Los estudiantes podrán optar por cursar un solo módulo o ambos.

PROGRAMA:

I. Módulo Cianobacterias del organismo al ecosistema límnic (1 al 6 de diciembre) (Responsable Dra. Sylvia Bonilla)

Teóricos

- Características particulares de las cianobacterias (biología). Origen y distribución en el ambiente, gradientes latitudinales. Origen y evolución de las toxinas.
- El ambiente límnic. Comunidad. Tipos de floraciones (acumulativas y dispersivas) y factores ambientales asociados. Eutrofización y Cambio Climático.
- Herramientas para el monitoreo de cianobacterias.

- Pigmentos. Características particulares de las cianobacterias. Fluorescencia de la clorofila a y las ficobilinas, bases y aplicaciones para el monitoreo.
- Aspectos fisiológicos: Nutrientes, Incorporación de nutrientes en cianobacterias. Los CCM, reservas, fijación de N. Fósforo: fosfatasas alcalinas, gránulos de polifosfato, Pho regulon-fosfato, modelos de cinética de incorporación de nutrientes. Competencia - facilitación.
- Mecanismos de adaptación y supervivencia de cianobacterias ante condiciones ambientales adversas: enfoques fisiológicos, morfológicos, bioquímicos y genéticos. Efectos de factores de estrés combinados y respuestas celulares.

Prácticos

- Salida de campo: muestreo en lagos eutróficos para obtener material a observar y analizar toxinas.
- Práctico: experimento con cepas productoras de microcistinas (diseño, ejecución, seguimiento y análisis de las muestras y resultados).
- Práctico: observación de cianobacterias al microscopio, identificación taxonómica de los principales grupos y especies formadoras de floraciones.
- Práctico: actividad fotosintética y pigmentos in vivo. Fluorometría. Análisis de datos.

II. Módulo Cianotoxinas: metodologías de monitoreo e impactos en la salud humana y animal (del 8 al 12 de diciembre) (Responsable Dra. Beatriz Brena)

Teóricos

- Floraciones de cianobacterias: conceptos básicos y efectos de en el ecosistema. Factores ambientales asociados al crecimiento y la producción de toxinas.
- Cianotoxinas. Clasificación. Estructura y propiedades físico-químicas de los diversos tipos de toxinas.
- Presencia de cianotoxinas a nivel global y local. Estabilidad en el ambiente.
- Métodos de eliminación de toxinas.
- Metodologías de monitoreo y análisis de cianotoxinas. Desarrollo y aplicación de métodos inmunoquímicos. Métodos cromatográficos (LC MS/MS), MALDI-TOF. Bioensayos.
- Mecanismos de acción de las principales toxinas.
- Efectos tóxicos en la salud humana y animal: síntomas, efectos agudos y crónicos y biomarcadores de exposición. Valores de guía del agua para diferentes usos.
- Destino ambiental de las toxinas: adsorción, biodegradación, bioacumulación. Experiencias de remediación.

Prácticos

- Preparación de muestras para análisis de toxinas en floraciones naturales y cepas en cultivo.

- Métodos de eliminación de toxinas. Adsorción de microcistinas en carbón activado.
- Detección y cuantificación de microcistinas por métodos inmunológicos: ELISA.
- Identificación y cuantificación de variantes químicas de microcistinas por MALDI-TOF y Nanobody-MALDI-TOF. Análisis de muestras ambientales y cultivos de *Microcystis*.
- Evaluación de la adsorción de variantes de microcistinas en carbón activado.
- Bioensayos de toxicidad en peces. Evaluación histopatológica e inmuno-histoquímica.
- Discusión general e interpretación de resultados.

Taller final de divulgación - Cianobacterias/Cianotoxinas en el contexto actual y futuro (12/12).

Se realizarán 4 exposiciones cortas de científicos invitados y de los grupos proponentes sobre casos de estudio, investigaciones en curso y aportes al manejo del problema. Se dará espacio para preguntas después de cada exposición, así como tiempo para discusión y reflexiones en formato de mesa redonda.

APROBACIÓN DEL CURSO

Los estudiantes serán evaluados mediante el uso de Rúbricas, haciendo un seguimiento de su desempeño individual y trabajo en grupos. Se contempla la evaluación de los Seminarios grupales y de cuestionarios individuales. Para aprobar el curso los estudiantes deberán tener una nota final equivalente al 50% (Aceptable). Como requisito, además, es la asistencia al 75% de las clases, siendo todas obligatorias, y completar correctamente la tarea virtual asincrónica.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL:

Adrián A. Davín et al. 2025. A geological timescale for bacterial evolution and oxygen adaptation. *Science* 388, eadp1853. DOI:10.1126/science.adp1853

Aguilera, A., V. Almanza, S. Haakonsson, H. Palacio, G. A. Benitez Rodas, M. U. G. Barros, J. Capelo-Neto, R. Urrutia, L. Aubriot, and S. Bonilla. 2023. Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. *Harmful Algae* 125 <http://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429>.

Aguilera, A., A. Distéfano, C. Jauzein, N. Correa-Aragunde, D. Martinez, M. V. Martin, and D. J. Sueldo. 2022. Do photosynthetic cells communicate with each other during cell death? From cyanobacteria to vascular plants. *Journal of Experimental Botany* 73:7219–7242.

Bhattacharjee, S., A. Parida, A. Aguilera, and M. V. Martin. 2024. The hidden world of cyanobacterial cell death: classification, regulatory mechanisms, and ecological significance. Pages 313–340 *Cyanobacteria*. Elsevier.

Bonilla, S. 2009. *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay*. Manual para la identificación y medidas de gestión. Page (B. S., Ed.). PHI-VII/(D. UNESCO, Montevideo).

Bonilla, S., A. Aguilera, L. Aubriot, V. Huszar, V. Almanza, S. Haakonsson, I. Izaguirre, I. O'Farrell, A. Salazar, V. Becker, and Et.al. 2023. Nutrients and not temperature are the key drivers for cyanobacterial biomass in the Americas. *Harmful Algae* 121:102367.

- Bonilla, S., and I. O'Farrell. 2023. La importancia del uso del biovolumen en estudios de fitoplancton y monitoreo ambiental de cianobacterias. *Ecología Austral* en prensa.
- Brena, B. M., E. Font, M. Pérez Schirmer, N. Badagian, E. Cardozo, A. Pérez-Parada, and S. Bonilla. 2021. Microcystin ELISA in water and animal serum for an integrated environmental monitoring strategy. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* <http://doi.org/10.1080/03067319.2021.1881073>.
- Chorus, I., 2012. Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries. Federal Environment Agency, Dessau-Roßlau.
- Chorus, I., Fastner, J., Welker, M., 2021. Cyanobacteria and cyanotoxins in a changing environment: Concepts, controversies, challenges. *Water (Switzerland)* 13, 1–41. <https://doi.org/10.3390/w13182463>
- Chorus, I., Welker, M., 2021. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management, 1st ed. CRC Press, on behalf of the World Health Organization, Geneva, CH, Boca Ratón (FL).
- Demoulin, C.F., Lara, Y.J., Lambion, A. et al. Oldest thylakoids in fossil cells directly evidence oxygenic photosynthesis. *Nature* 625, 529–534 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06896-7>
- Graham, J. E., J. M. Graham, L. W. Wilcox, and M. E. Cook. 2022. *Algae*. 4th edition. LJLM Press. ISBN 978-0-9863935-4-9.
- Huisman, J., G. A. Codd, H. W. Paerl, B. W. Ibelings, J. M. H. Verspagen, and P. M. Visser. 2018. Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology* 16:471–483 <http://doi.org/10.1038/s41579-018-0040-1>.
- de Magalhães, L., L. M. Rangel, de Melo Rocha, C. A., S. J., and L. H. da Silva. 2021. Responses of morphology-based phytoplankton functional groups to spatial variation in two tropical reservoirs with long water-residence time. *Inland Waters* 11:1.
- Oliveira Júnior, A. de, T. de B. Magalhães, R. N. da Mata, F. S. G. Dos Santos, D. C. de Oliveira, J. L. B. de Carvalho, and W. N. de Araújo. 2019. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. *Epidemiologia e serviços de saúde* 28:e2018117 <http://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100024>.
- Roegner, A., L. Truong, C. Weirich, M. Pérez-Schirmer, B. Brena, T. R. Miller, and R. Tanguay. 2019. Combined Danio rerio embryo morbidity, mortality and photomotor response assay: A tool for developmental risk assessment from chronic cyanoHAB exposure. *Science of the Total Environment* 697:134210 <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134210>.
- Schuermans, J. M., B. W. Brinkmann, A. K. Makower, E. Dittmann, J. Huisman, and H. C. P. Matthijs. 2018. Microcystin interferes with defense against high oxidative stress in harmful cyanobacteria. *Harmful Algae* 78:47–55 <http://doi.org/10.1016/j.hal.2018.07.008>.
- Whitton, B. A. 2012. *Ecology of cyanobacteria II: their diversity in space and time*. Springer Science & Business Media., Dordrecht.
- Yibo Zhang et al. 2025. Climate warming and heatwaves accelerate global lake deoxygenation. *Sci. Adv.* DOI:10.1126/sciadv.adt5369