

“CIANOBACTERIAS Y CIANOTOXINAS EN UN MUNDO CAMBIANTE”

Posgrados en Ciencias Ambientales – Facultad de Ciencias – UDELAR Docente a cargo: Sylvia Bonilla y Beatriz Brena

Carga horaria: 91

6 créditos

Unidad: Biofísica para estudiantes PECA y en el plan de optativas para MACA

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:

- 1) **Módulo Cianobacterias: del organismo al ecosistema límnic** (1 al 6 de diciembre) (Responsable Dra. Sylvia Bonilla)
- 2) **Módulo Cianotoxinas: metodologías de monitoreo e impactos en la salud animal** (del 8 al 12 de diciembre) (Responsable Dra. Beatriz Brena)
- 3) **Taller final: Cianobacterias/Cianotoxinas en el contexto actual y futuro.** (Responsables: S. Bonilla & B. Brena)

El primer módulo “Cianobacterias” se impartirá en la Facultad de Ciencias, y el segundo módulo “Cianotoxinas” se dictará en la Facultad de Química e Instituto de Higiene (UDELAR). El Taller Final se realizará en institución a convenir. El curso contempla 6 horas de trabajo virtual asincrónico.

Los teóricos serán abiertos a técnicos, profesionales e investigadores para facilitar la participación de los interesados en el tema. Se finalizará con un taller de divulgación e intercambio, abierto al público, con exposiciones de casos de estudio, investigaciones en curso y aportes a la gestión del problema. Para esta parte se invitará a participar y a exponer, a técnicos de los organismos responsables de la gestión de los recursos hídricos (OSE; DINACEA; DINARA etc.) y actores productivos.

Programa

INTRODUCCIÓN:

La grave crisis hídrica sufrida en el país en 2023 puso de manifiesto la importancia de los recursos hídricos y la necesidad de profundizar el conocimiento científico para mejorar la gestión y la divulgación hacia la ciudadanía. Si bien los recursos hídricos de Uruguay son abundantes, están muy comprometidos por graves problemas de contaminación por

actividades humanas, como la agricultura, que deriva frecuentemente en floraciones de cianobacterias tóxicas. Estos microorganismos son indicadores de problemas ambientales graves en el agua y se encuentran en las grandes cuencas del país. Las floraciones de cianobacterias producen potentes toxinas (cianotoxinas: hepatotoxinas, neurotoxinas, etc.) que comprometen la calidad de los sistemas acuáticos, ocasionando perjuicios económicos y severos efectos en la salud humana y animal.

En este curso se propone abordar el estudio de las cianobacterias y sus toxinas con una mirada interdisciplinaria, apuntando a la formación, la discusión entre científicos y gestores del agua y la divulgación a la ciudadanía. Se espera que el curso permita brindar herramientas para la reflexión, la formulación de nuevas investigaciones, la formación académica de estudiantes y la toma de medidas ambientales y sanitarias fundamentadas. El Curso-Taller Interdisciplinario y de posgrado CIANOBACTERIAS Y CIANOTOXINAS EN UN MUNDO CAMBIANTE que estamos proponiendo está co-organizado por docentes e investigadores de la Facultad de Ciencias (Limnología) y Facultad de Química (Depto. Biociencias Áreas Bioquímica e Inmunología). Se trata de una edición ampliada y actualizada que reúne, por primera vez, en un período de dos semanas intensivas, temáticas que se abordaron en cursos de posgrado anteriores de cianobacterias (2010, 2012, 2014 y 2016) y cianotoxinas (2005, 2008, 2013 y 2017), coordinados por la Dra. Sylvia Bonilla y la Dra. Beatriz Brena, respectivamente. Dichos cursos contaron con alta participación de estudiantes tanto uruguayos como extranjeros y tuvieron un impacto marcado en la formación de jóvenes investigadores del país y de Latinoamérica (Argentina, Brasil, Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador, México, Paraguay, Venezuela).

El curso/taller propuesto ofrece una visión sinóptica y actualizada sobre la biología de las cianobacterias y las cianotoxinas en los ecosistemas acuáticos continentales, abordando tanto aspectos poco estudiados aún de su biología como los efectos negativos y las acciones necesarias para enfrentar esta problemática. Los investigadores proponentes cuentan con sólida trayectoria académica y una destacada producción científica en esta temática, por lo que los resultados de sus investigaciones y su experiencia permiten augurar el éxito de la actividad.

Se propone además contar con una instancia de divulgación que permitirá fomentar nuevos vínculos de colaboración.

OBJETIVOS:

- 1) Contribuir a la formación de estudiantes de posgrado en temas actuales de la biología y ecología de cianobacterias y cianotoxinas con un enfoque interdisciplinario.
- 2) Fomentar la discusión, reflexión e investigación en estas áreas.

3) Divulgar el conocimiento y facilitar el intercambio entre académicos, estudiantes, técnicos y gestores responsables del manejo del agua, poniendo en relevancia y contexto la importancia de las floraciones de cianobacterias y los impactos de las cianotoxinas. La actividad se propone en principio como aporte a la formación de posgrados académicos en Química, Biología y Biotecnología y estará abierto a posgrados en temas ambientales y productivos.

EQUIPO DOCENTE

Módulo Cianobacterias

- Dra. Sylvia Bonilla, Sección Limnología, IECA, Facultad de Ciencias, Udelar (Responsable del módulo)
- Dr. Luis Aubriot, Sección Limnología, IECA, Facultad de Ciencias, Udelar
- Dra. Signe Haakonsson, Sección Limnología, IECA, Facultad de Ciencias, Udelar
- Mag. Graciela Ferrari, Depto. de Medio Ambiente, LATU
- Dra. María Victoria Martin (Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología. INBIOTEC-CONICET, Argentina)

Módulo Cianotoxinas

- Dra. Beatriz M. Brena, Área Bioquímica, Depto. Biociencias, Facultad de Química, Udelar. (Responsable del Módulo)
- Dr. Gualberto González, Área Inmunología, Depto. Biociencias, Facultad de Química, Udelar.
- Dra. Macarena Pérez, Área Inmunología, Depto Biociencias, Facultad de Química, Udelar.
- Qca. Natalia Badagian, Área Bioquímica, Departamento de Biociencias, Facultad de Química, Udelar.
- Dr. Andrés Pérez Parada, Depto. Desarrollo Tecnológico, CURE, Rocha, Udelar.
- Dres. Maite Letamendia y Alejandro Peretta, Acuicultura y Patología de Organismos Acuáticos, Facultad de Veterinaria, Udelar.
- Dra. Valéria Freitas de Magalhães, Ecofisiología y Toxicología de Cianobacterias, (IBCCF), Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil.

CONTENIDO:

I. Módulo Cianobacterias

Teórico

- 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.

Práctico

- 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. Fluorimetría. Análisis de datos.

II. Módulo Cianotoxinas

Teórico

- 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.

Práctico

- 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.*

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.

Así como en ediciones anteriores, se invitará a participar y a exponer, a técnicos e investigadores de los organismos responsables de la gestión de los recursos hídricos (OSE; DINACEA, ex DINAMA; DINARA etc) y actores productivos.

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:

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>.
- Graham, J. E., L. W. Wilcox, and L. E. Graham. 2008. *Algae*. 2nd edition. Benjamin Cummings, San Francisco.
- 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 servicios de saude* 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



FACULTAD DE
CIENCIAS

UDELAR | fcien.edu.uy

Programa de Posgrado en Ciencias Ambientales

Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias

Iguá 4225 (Piso 11) Montevideo, 11.400 (URUGUAY).

Fax: (598) 2525.8616, Tel.: (598) 2525.8618 Int.162.

Email: maca@fcien.edu.uy, Página web: <http://ambiente.fcien.edu.uy/>



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

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.