

EL DESARROLLO  
AGROPECUARIO  
ARGENTINO EN  
EL CONTEXTO DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO:  
UNA MIRADA DESDE  
EL PIUBACC

PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS  
AIRES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y GLOBAL (PIUBACC)

Apuntes para el desarrollo de Argentina : Programa Interdisciplinario de la UBA para el Desarrollo : PIUBAD / Julio Fabris ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Secretaría de Ciencia y Técnica, 2017.  
384 p. ; 23 x 16 cm.

ISBN 978-950-29-1604-0

1. Desarrollo Económico y Social. 2. Actividad Económica. 3. Desarrollo Industrial. I. Fabris, Julio

CDD 338.9



Eudeba  
Universidad de Buenos Aires

Primera edición: enero de 2017

© 2017

Editorial Universitaria de Buenos Aires

Sociedad de Economía Mixta

Av. Rivadavia 1571/73 (1033) Ciudad de Buenos Aires

Tel: 4383-8025 / Fax: 4383-2202

[www.eudeba.com.ar](http://www.eudeba.com.ar)

## AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Rector  
Alberto BARBIERI

Vicerrectora  
Nélida CERVONE

Secretario General  
Juan Pablo MAS VÉLEZ

Secretario de Ciencia y Técnica  
Aníbal COFONE

Secretaria de Asuntos Académicos  
María Catalina NOSIGLIA

Secretario de Posgrado  
Daniel SORDELLI

Secretario de Educación Media  
Oscar GARCÍA

Secretario de Extensión Universitaria  
Gustavo GALLI

Secretario de Relaciones Institucionales, Cultura y Comunicación  
Jorge BIGLIERI

Secretario de Hacienda y Administración  
Emiliano YACOBITTI

Secretario de Relaciones Internacionales  
Gabriel CAPITELLI

Secretario de Planificación de Infraestructura  
Eduardo CAJIDE

Secretario de Desarrollo y Bienestar de los Trabajadores Universitarios  
Jorge ANRÓ

Auditor General de la UBA  
Roberto VÁZQUEZ

## DECANOS

*Facultad de Agronomía*  
Rodolfo GOLLUSCIO

*Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo*  
Luis BRUNO

*Facultad de Ciencias Económicas*  
César Humberto ALBORNOZ

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*  
Juan Carlos REBORDA

*Facultad de Ciencias Sociales*  
Glenn POSTOLSKI

*Facultad de Ciencias Veterinarias*  
Marcelo Sergio MIGUEZ

*Facultad de Derecho*  
Mónica PINTO

*Facultad de Farmacia y Bioquímica*  
Cristina ARRANZ

*Facultad de Filosofía y Letras*  
Graciela Alejandra MORGADE

*Facultad de Ingeniería*  
Horacio SALGADO

*Facultad de Medicina*  
Sergio Luis PROVENZANO

*Facultad de Odontología*  
Héctor José ALVAREZ CANTONI

*Facultad de Psicología*  
Nélida CERVONE

*Ciclo Básico Común*  
Jorge FERRONATO

## SECRETARIOS DE INVESTIGACIÓN

*Facultad de Agronomía*  
*Secretaría de Investigación y Posgrado*  
Adriana KANTOLIC

*Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo*  
*Secretaría de Investigaciones en Ciencia y Técnica*  
Guillermo RODRÍGUEZ

*Facultad de Ciencias Económicas*  
*Secretaría de Investigación y Doctorado*  
Adrián RAMOS

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*  
*Secretaría de Investigación*  
Eduardo CÁNEPA

*Facultad de Ciencias Sociales*  
*Secretaría de Estudios Avanzados*  
Mercedes DI VIRGILIO

*Facultad de Ciencias Veterinarias*  
*Secretaría de Ciencia y Técnica*  
María Laura FISCHMAN

*Facultad de Derecho*  
*Secretaría de Investigación*  
Marcelo ALEGRE

*Facultad de Farmacia y Bioquímica*  
*Secretaría de Ciencia y Técnica*  
Ana María BALASZCZUK

*Facultad de Filosofía y Letras*  
*Secretaría de Investigación*  
Cecilia PÉREZ de MICOU

*Facultad de Ingeniería*  
*Secretaría de Investigación*  
Luis FERNÁNDEZ LUCO

*Facultad de Medicina*  
*Secretaría de Ciencia y Técnica*  
Roberto DIEZ

*Facultad de Odontología*  
*Secretaría de Ciencia y Técnica y Transferencia Tecnológica*  
Juan Carlos ELVERDIN

*Facultad de Psicología*  
*Secretaría de Investigaciones*  
Martín ETCHEVERS

## **EL DESARROLLO AGROPECUARIO ARGENTINO EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: UNA MIRADA DESDE EL PIUBACC**

---

*Programa Interdisciplinario de la Universidad de Buenos Aires sobre Cambio  
Climático y Global (PIUBACC)*

El presente trabajo fue financiado por la Universidad de Buenos Aires, Proyectos de Fortalecimiento y Divulgación de los Programas Interdisciplinarios, PIUBACC-F1 “Definición de estrategias participativas en políticas de gestión de los efectos del cambio climático sobre el sector agroalimentario”.

La coordinación de actividades realizadas en el marco de los proyectos de Fortalecimiento y Divulgación de los Programas Interdisciplinarios de la UBA estuvo a cargo de Mg. Paula Senejko y Lic. Deborah Hedges, de la Dirección de Articulación Institucional e Interdisciplinaria, Secretaría de Ciencia y Técnica.

### **COMPILADORES**

Alejo L. PÉREZ CARRERA

Alejandra V. VOLPEDO

### **COMITÉ CIENTÍFICO**

Alejo L. PÉREZ CARRERA

Mariano ERIZ

Javier GARCÍA FRONTI

Andrea GALATRO

Gabriela MALANGA

Daniel OLIVERA

Haydée PIZARRO

Esteban Otto THOMASZ

Alejandra V. VOLPEDO

## INTEGRANTES DEL PROYECTO DE FORTALECIMIENTO PIUBACC 2016

María Teresa CASPARRI  
Alicia Fernández CIRELLI  
Miguel FUSCO  
Andrea GALATRO  
Javier GARCÍA FRONTI  
Gabriela MALANGA  
Ana MURGIDA  
Daniel E. OLIVERA  
Roque PEDACE  
Alejo Pérez CARRERA  
Haydee PIZARRO  
Deborah TASAT  
Esteban Otto THOMASZ  
Alejandra VOLPEDO

## ÍNDICE

---

Prólogo.....	11
Proyecciones climáticas para lo que resta del siglo XXI en el centro y este de la Argentina .....	15
<i>Vicente Barros / Inés Camilloni / Moira Doyle</i>	
La predicción estadística de la lluvia estacional como herramienta para la toma de decisiones en un contexto de cambio climático .....	21
<i>Marcela H. González / Eugenia M. Garbarini / Diana Domínguez / María L. Cariaga / Ezequiel Marcuzzi</i>	
El cambio climático en interacción con otros factores de cambio antropogénicos en el agua dulce.....	29
<i>Haydée Pizarro / Irina Izaguirre</i>	
Algunas consecuencias del cambio climático sobre los procesos productivos agropecuarios .....	37
<i>Liliana Spescha / María Elena Fernández Long / Adela Veliz A. / Guillermo M. Murphy</i>	
Influencia ambiental sobre los peces: una mirada integral en tiempo y espacio .....	47
<i>Alejandra Volpedo / Esteban Avigliano / Federico Scartascini / Gustavo Thompson</i>	
Cambio climático: efectos en organismos fotosintéticos y comunidades acuáticas .....	57
<i>Marcelo Hernando / Andrea Galatro / Gabriela Malanga</i>	
Modos adaptativos bajo condiciones hidroclimáticas extremas .....	65
<i>Ana María Murgida / Fernando Martín Laham / Carlos Juan Pedro Chiappe / Martín Ariel Kazimierski</i>	

Proyectos de interfaz ciencia-política y la reducción de incertidumbre en el desarrollo productivo en el Comahue.....	75
<i>Ana María Murgida / Martín Ariel Kazimierski</i>	
Cambio climático y cambio social en ambientes de riesgo: el aporte de los estudios de paleoambiente en la puna argentina.....	87
<i>Daniel Olivera / Lorena Grana / Nora Maidana / Hugo Yacobaccio / Marcelo Morales / Pablo Tchilinguirian</i>	
Medición de la vulnerabilidad social al cambio climático en poblaciones rurales.....	99
<i>Mariano Eriz / Esteban Otto Thomasz</i>	
Valuación económica del cambio climático: el caso del sector agrícola argentino.....	105
<i>Esteban Otto Thomasz / María Teresa Casparri / Ana Silvia Vilker</i>	
Incentivos estatales para el desarrollo agropecuario responsable en la Argentina en el contexto del cambio climático .....	111
<i>María Teresa Casparri / Javier García Fronti / Pablo Matías Herrera</i>	
Biocombustibles de microalgas y biogasificación: rol en el largo plazo para la adaptación y la mitigación del cambio climático de las dos tecnologías.....	119
<i>Javier G. Fernández-Velasco / Mishka Talent / Roque Pedace</i>	
El desarrollo agropecuario argentino en el contexto del cambio climático: una mirada desde el PIUBACC.....	127



# EL CAMBIO CLIMÁTICO EN INTERACCIÓN CON OTROS FACTORES DE CAMBIO ANTROPOGÉNICOS EN EL AGUA DULCE

---

Haydée Pizarro<sup>1</sup> e Irina Izaquirre<sup>2</sup>

## RESUMEN

Los ríos y lagunas reciben el impacto de todas las actividades humanas de su cuenca. Cuando estas acciones interactúan con un fenómeno global como el del cambio climático, las consecuencias pueden ser impredecibles, y pueden transformarse en verdaderas “sorpresas ecológicas”. En la provincia de Buenos Aires, el incremento de la frecuencia e intensidad de las *sudestadas* altera significativamente los efectos de la contaminación en ríos urbanos. Por otro lado, en escenarios de calentamiento global, el cambio de uso de la tierra y la agriculturización pueden magnificar sus efectos en la eutrofización de lagunas de la región pampeana, lo que promueve floraciones de algunas especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas que pueden extenderse en el tiempo.

## INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua dulce son eficientes sensores de cambios globales, ya que responden rápidamente a alteraciones ambientales, integrando además toda la información de su propia cuenca (Adrian *et al.*, 2009). Factores

1. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. CONICET - Universidad de Buenos Aires. Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEB). Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: hay@ege.fcen.uba.ar

2. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. CONICET - Universidad de Buenos Aires. Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEB). Buenos Aires, Argentina.

como la temperatura o la velocidad del viento contribuyen a modificar los ciclos de turbulencia y mezcla del agua que afectan la estructura y dinámica de todo el sistema, lo que se traduce en alteraciones en las funciones y en los servicios ecosistémicos que ellos proveen (O'Reilly *et al.*, 2003). Ríos, arroyos, lagos y lagunas son vulnerables al cambio climático porque tanto la temperatura del agua como su disponibilidad están directamente relacionadas con el clima, porque muchos de los organismos que viven en ellos tienen limitadas posibilidades de dispersarse ante los cambios ambientales y, además, están expuestos a otros factores de cambio ambiental de origen antropogénico (Woodward *et al.*, 2010). Cuando los agentes de cambio actúan simultáneamente sobre el ambiente, los efectos conjuntos pueden ser de tipo antagónico, aditivo, o potenciarse sinérgicamente y, en la gran mayoría de los casos, el impacto resultante puede constituirse en una verdadera "sorpresa ecológica" (Townsend *et al.*, 2008).

Para los sistemas de agua dulce, los factores de cambio que provocan mayor impacto en los últimos 50 años incluyen las modificaciones en los regímenes acuáticos por el cambio del uso de la tierra, el cambio climático y la contaminación (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). En la provincia de Buenos Aires, los ríos y lagunas se ven directamente afectados por estos factores de cambio que, al interactuar, aumentan las consecuencias negativas de cada uno en estos sistemas.

El objetivo de este trabajo es presentar dos casos de efectos de interacción entre el cambio climático y otros factores antropogénicos sobre el agua dulce en la provincia de Buenos Aires, Argentina. En particular, se describirá cómo el fenómeno meteorológico regional denominado *sudestada*, cuya frecuencia e intensidad han aumentado debido al cambio climático condiciona el efecto de la contaminación en el río Luján. Por otro lado, la alteración en el régimen de lluvias en la región pampeana de la Argentina como consecuencia del cambio climático puede potenciar el impacto de las actividades humanas (agricultura, ganadería, urbanización, etc.) en lagunas de la provincia de Buenos Aires, por el aumento del ingreso de nutrientes que promueven la eutrofización, con la consecuente aparición de floraciones algales potencialmente tóxicas.

## **LAS SUDESTADAS Y LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO LUJÁN**

Las *sudestadas* son un fenómeno hidrometeorológico de corto plazo asociado con la ocurrencia de vientos del cuadrante sudeste, que producen el aumento del nivel del agua y un fuerte oleaje en el estuario del Río de la Plata, principalmente hacia la costa NE de la provincia de Buenos Aires. Esta

situación produce un “tapón hidráulico” que impide el normal drenaje de los ríos Paraná y Uruguay en el estuario (Barros *et al.* 2008). Esta situación genera fuertes inundaciones, que representan un gran riesgo “natural” que afecta a la región, ya que los vientos están muchas veces acompañados por exceso de lluvias intensas y prolongadas. Este fenómeno provoca un reflujos de agua en los ríos que conduce a una disminución de la descarga, al aumento en el nivel hidrométrico y a la modificación de muchas características del sistema.

El río Luján (59°37'W; 34°43'S) corre a través de una de las zonas más densamente pobladas del país. Tiene una cuenca de 3300 km<sup>2</sup> y su longitud total es de 130 km; nace de la unión de los arroyos El Durazno y Los Leones, en el partido bonaerense de Suipacha, recorren además los partidos de Mercedes, Luján, Pilar, Exaltación de la Cruz, Campana, Escobar, Tigre, San Fernando y San Isidro, desembocando sus aguas en el estuario del Río de la Plata. En los tramos medio e inferior, recibe el aporte de varios canales. El canal Arias le aporta el mayor caudal de agua, mientras que el aporte de los arroyos Escobar y Claro y el canal aliviador del río Reconquista es mucho menor. El canal Arias le aporta agua de muy buena calidad con baja concentración de nutrientes y alto contenido en oxígeno disuelto, proveniente del río Paraná de las Palmas. Por su parte, el arroyo Claro le incorpora agua con alto contenido de contaminantes de origen urbano e industrial, lo cual provoca el deterioro del río Luján aguas abajo de su ingreso. Asimismo, el canal aliviador del río Reconquista le agrega agua proveniente del río homónimo, uno de los más contaminados del país. En el tramo inferior del río Luján, las fuerzas que determinan su descarga son principalmente las fluctuaciones de caudal del río Paraná, el régimen de mareas del estuario del Río de la Plata y las *sudestadas* (Andrade, 1986).

Durante el lapso de dos años y medio, realizamos muestreos de variables físicas y químicas del agua en seis estaciones de muestreo de la zona inferior, entre 23,5 km y 12 km de la desembocadura del río Luján en el estuario del Río de la Plata. Se realizaron 30 muestreos mensuales, siete de los cuales correspondieron a eventos de *sudestadas* (Pizarro *et al.*, 2007).

El cambio en la calidad del agua del río Luján causado por el efecto de las *sudestadas* es evidente hasta los 18,5 km aguas arriba de su desembocadura. El efecto del tapón hidráulico se reflejó directamente en el estancamiento del agua (velocidad superficial nula) y en algunos casos se observó circulación reversa (dirección aguas arriba). Hasta esa distancia y por efecto de las *sudestadas*, se detectó el aumento significativo en la conductividad del agua y en las concentraciones de amonio, cloruros y sodio como resultado del reflujos

del agua proveniente del río Reconquista. Estas sustancias son producto de la probable degradación de materia orgánica aportada por industrias y aguas residuales. El incremento de estos valores es consecuencia de la entrada de sustancias debido a la escorrentía después de las lluvias que acompañan a los fuertes vientos de las sudestadas.

### **EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL USO DE LA TIERRA: SU INCIDENCIA EN LA RECURRENCIA DE FLORACIONES ALGALES EN LAGUNAS BONAERENSES**

Las lagunas de la provincia de Buenos Aires se ven sometidas a enormes cambios producto de la actividad humana. Existen evidencias de que en un lapso de 20 años aumentó notablemente la proporción de lagunas turbias en la región (Quirós *et al.*, 2002; Kosten *et al.*, 2012; Diovisalvi *et al.*, 2015) lo que provoca una disminución de su biodiversidad. Esta transformación, que implicó la transición de las lagunas desde un estado claro con aguas transparentes y plantas acuáticas sumergidas a un estado turbio con gran desarrollo de algas fitoplanctónicas, fue adjudicada al cambio del uso de la tierra en la región. Estos sistemas, ubicados en el núcleo central de la actividad agrícola del país, reciben enormes cantidades de fertilizantes, lo que genera el enriquecimiento desmedido de las aguas, que implica, a su vez, una aceleración de los procesos de eutrofización. Además de fertilizantes, la formidable utilización de agroquímicos fosforados, como el glifosato, acentúa aún más esta problemática. Este herbicida elimina muchas especies fitoplanctónicas, mientras que para otras es una fuente de nutrientes. Pérez *et al.* (2009) demostraron el superlativo incremento de picocianobacterias (fracción autótrofa planctónica entre 0,2 y 2  $\mu\text{m}$  de tamaño) por efecto del glifosato, lo que generó el enturbiamiento del agua (Vera *et al.*, 2010). Efectos similares fueron reportados para otros sistemas acuáticos en el mundo. Por ejemplo, en el lago Erie (Canadá), se demostró que el glifosato incrementa la abundancia de cianobacterias que forman floraciones como *Planktothrix* spp. (Saxton *et al.*, 2011); Forlani *et al.* (2008) registraron que *Microcystis aeruginosa*, cianobacteria que forma floraciones potencialmente tóxicas, tiene la habilidad de degradar al glifosato para utilizar el fósforo como nutriente.

Si se considera que el agua está directamente influenciada por las condiciones climáticas, las lagunas resultan verdaderos sensores de dicho cambio, así como también son sumidero de las modificaciones de toda su cuenca (Adrian *et al.*, 2009). En la región pampeana, en las últimas décadas, se ha registrado un aumento de las precipitaciones promedio, lo cual ha tenido

como consecuencia el desplazamiento de la frontera agrícola (*i.e.*, la isohieta de 600 mm) alrededor de 200 km hacia el sudoeste, lo que permite incorporar un área mayor a la agricultura de zonas tradicionalmente dedicadas a la ganadería. Por otra parte, la duración del verano se ha extendido y el otoño se ha vuelto más cálido (Barros *et al.*, 2006).

Los cambios proyectados en el régimen de lluvias (Barros *et al.*, 2008) –que generan a menudo inundaciones de diferente magnitud– afectarán el flujo de los ríos y el lavado de los suelos con la consecuente movilidad y dilución de los contaminantes hacia las lagunas, y esto impactará directamente en sus características estructurales y funcionales. El problema es mayor cuando las cuencas de las lagunas están bajo actividad agrícola con gran uso de agroquímicos, lo que aumenta significativamente la entrada de nutrientes por lavado. El efecto combinado del cambio climático y la modificación en el uso del suelo tiene consecuencias indeseables sobre las lagunas de la región. En un escenario de otoños comparativamente más cálidos, el incremento sostenido en la incorporación de nutrientes a los cuerpos de agua (mayor eutrofización) probablemente llevará a una mayor persistencia de floraciones de especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas (*e.g.*, *Microcystis aeruginosa* y otras cianobacterias). En este sentido, estudios llevados a cabo por Izaguirre *et al.* (2015) en lagunas pampeanas mostraron elevadas biomásas de fitoplancton y el desarrollo de floraciones algales persistentes en el otoño en muchas de ellas. El efecto combinado del cambio climático con la eutrofización en los cuerpos de agua fue claramente expuesto en el trabajo de Havens & Pearl (2015), quienes plantearon que con aguas más cálidas, en el futuro, para lograr un bajo nivel de floraciones se requerirá de una reducción significativa en las entradas de nutrientes.

Por otro lado, dentro de las consecuencias del cambio del régimen de lluvias provocadas por el cambio climático, también se extremarán en algunos sitios los episodios de sequías, las que afectan también a los sistemas de agua dulce. Los ríos reducen su caudal y aumenta el tiempo de residencia del agua en las lagunas asociadas, lo que también hace propicio el desarrollo de floraciones algales que conducen a la reducción de los niveles de oxígeno en profundidad. En aguas más quietas, con mayor temperatura que profundiza la estratificación de la columna de agua y una mayor disponibilidad de nutrientes que se incorporan desde la cuenca, algunas especies de cianobacterias encuentran condiciones ideales para su desarrollo explosivo.

La interacción entre la contaminación producto de la actividad agrícola y el cambio climático está generando enormes transformaciones en el recurso de agua dulce de la región pampeana, con el deterioro en los servicios ecosistémicos que provee. La aparición y persistencia de floraciones de especies potencialmente tóxicas trae serias consecuencias ecológicas con implicancias

también en la salud pública, ya que afectan tanto a los organismos acuáticos como a las personas.

## CONSIDERACIONES FINALES

Como consecuencia del calentamiento global, hay un aumento importante en la frecuencia de las precipitaciones extremas, como así lo evidencian los cambios en la circulación atmosférica zonal en el extremo sur de Sudamérica. Como resultado de este fenómeno global, se prevé el aumento en frecuencia e intensidad de las sudestadas con el incremento en riesgo para la población del área más poblada de Argentina (Barros *et al.*, 2008). El panorama se agrava también en relación con los cuerpos de agua dulce como el río Luján, donde las sudestadas aumentan los efectos contaminantes de la actividad humana. En igual sentido, el cambio climático, que modifica el régimen de lluvias en la región pampeana, profundiza aún más los efectos contaminantes de los agroquímicos utilizados en la actividad agrícola tan desarrollada en la región. Estos ejemplos regionales demuestran que, cuando los factores de cambio antropogénico interactúan, las consecuencias ambientales por ejemplo sobre el deterioro de la calidad del agua dulce serán mayores.

## REFERENCIAS

- Adrian, R., C. M. O. Reilly, H. Zagarese, S. B. Baines, D. O. Hessen, W. Keller, D. M. Livingstone, R. Sommaruga, D. Straile y E. Van Donk (2009): "Lakes as sentinels of climate change". *Limnology and Oceanography*, 54, 2283–2297.
- Andrade, M. I. (1986): "Factores de deterioro en la cuenca del río Luján". Contribución del Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Barros, V., R. Clarke y P. Silva Díaz (eds.) (2006): *Climate change in the La Plata Basin*. Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- Barros V., A. Menéndez, C. Natenzon, R. Kokot, J. Codignotto, M. Re, P. Bronstein, I. Camillioni, S. Ludueña, D. Riós y S. González (2008): "Storm surges, rising seas and flood risks in metropolitan Buenos Aires". En N. Leary *et al.* (eds.), *Climate Change and Vulnerability*. Earthscan, Londres, Earthscan pp. 117-133.
- Diovisalvi, N., V. Y. Bohn, M. C. Piccolo, G. M. E. Perillo, C. Baigún y H. Zagarese (2015): "Shallow lakes from the Central Plains of Argentina: an

- overview and worldwide comparative analysis of their basic limnological features". *Hydrobiologia*, 752, 5-20.
- Forlani, G, M. Pavan, M. Gramek, P. Kafarski y J. Lipok (2008): "Biochemical bases for a widespread tolerance of cyanobacteria to the phosphonate herbicide glyphosate". *Plant & Cell Physiology*, 49, 443-456.
- Havens, K. E. y H. W. Pearl (2015): "Climate change at a crossroad for control of harmful algal blooms". *Environmental Science and Technology*. DOI: 10.1021/acs.est.5b03990
- Izaguirre I., M. L. Sánchez, M. R. Schiaffino, I. O'Farrell, P. Huber, N. Ferrer, J. Zunino, L. Lagomarsino, y M. Mancini (2015): "Which environmental factors trigger the dominance of phytoplankton species across a moisture gradient of shallow lakes?" *Hydrobiologia*, 752, 47-64.
- Kosten, S., M. Vernooij, E. H. van Nes, M. D. L. A. Gonzales Sagrario; J. G. P. W. Clevers y M. Scheffer (2012): "Bimodal transparency as an indicator for alternative states in South American lakes". *Freshwater Biology*, 57, 1191-1201.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Washington, World Resources Institute.
- O'Reilly, C. M., S. R. Alin, P-D. Plisner, A. S. Cohen y B. A. McKee (2003): "Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa". *Nature*, 424, 766-768.
- Pizarro, H, P. Rodríguez, S. M. Bonaventura, I. O'Farrell e I. Izaguirre (2007): "The 'sudestadas': a hydro-meteorological phenomenon that affect river pollution (Río de la Plata Estuary, South America). *Hydrological Science Journal*, 52 (4), 702-712.
- Quirós, R., J. J. Rosso, A. Rennella, A. Sosnovsky y M. Boveri (2002): "Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina)". *Interciencia*, 27, 58-591.
- Saxton, M. A., E. A. Morrow, R. A. Bourbonniere, S. W. Wilhelm (2011): "Glyphosate influence on phytoplankton community structure in Lake Erie". *Journal of Great Lakes Research*, 37, 4, 683-90.
- Townsend C, Uhlmann S, Matthaei C (2008): Individual and combined responses of stream ecosystems to multiple stressors. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1810-1819.
- Vera, M., L. Lagomarsino, M. Silvestre, G. Pérez, P. Rodríguez, H. Mugni, R. Sinistro, M. Ferraro, C. Bonetto, H. Zagarese y H. Pizarro (2010): "New evidences of Roundup® (glyphosate formulation) impact on the periphyton and the water quality of freshwater ecosystems". *Ecotoxicology*, 19, 710-721.
- Woodward, G.; D. M. Perkins y L. E. Brown (2010): "Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization". *Philosophical Transactions of The Royal Society B.*, 365, 2093-2106.

Zang, M., B. Qin, Y. Yu, Z. Yang, X. Shi y F. Kong (2016): "Effects of temperature fluctuation on development of cyanobacterial dominance in spring: implication of future climate change". *Hydrobiologia*, 763 (1), 135-146.

## GLOSARIO

Antropogénico: efecto, proceso o material que surge como resultado de actividades humanas. En el mismo sentido se utiliza el término "antrópico".

Cianobacterias: organismos fotosintéticos procariotas (con células sin núcleo organizado ni membranas internas). Se encuentran dentro de los más abundantes seres que habitan la tierra, y están presentes en casi todos los ambientes. Contienen clorofila a y pigmentos como ficocianinas, que les dan un color típico, responsable del nombre clásico que presentan: algas azul verdosas.

Eutrofización: término utilizado para describir los efectos biológicos del aumento de la concentración de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) en ecosistemas acuáticos.

Fitoplancton: conjunto de organismos fotosintéticos adaptados a vivir toda o parte de sus vidas en aguas abiertas de cuerpos de agua. De tener movimiento propio, no pueden vencer la fuerza de las corrientes.

Floraciones algales: fenómeno ocasionado por el crecimiento masivo de organismos fitoplanctónicos microscópicos que, en condiciones ambientales favorables para su desarrollo, se multiplican explosivamente. Cuando la especie generadora de una floración es productora de toxinas, las consecuencias para el ambiente y la salud pública son muy negativas.

Glifosato (N-fosfonometilglicina, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P): herbicida no selectivo, de amplio espectro, que elimina plantas indeseadas. Interfiere en la ruta del ácido shikímico de síntesis de aminoácidos aromáticos esenciales (fenilalanina, tirosina y triptófano).

Sinérgico: el efecto sinérgico implica una forma de interacción que da como resultado efectos combinados entre dos o más factores que resultan ser mayores que aquellos que podrían haberse alcanzado por la suma de los efectos de cada factor por separado.