

# EL DESARROLLO AGROPECUARIO ARGENTINO EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Una mirada desde el PIUBACC



UNIVERSIDAD DE  
BUENOS AIRES



**PIUBACC**

PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO  
DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO





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 (PIUBACC)

El desarrollo agropecuario argentino en el contexto del cambio climático : una mirada desde el PIUBACC / Vicente Barros ... [et al.] ; compilado por Alejo Pérez Carrera ; Alejandra Vanina Volpedo. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Secretaría de Ciencia y Técnica, 2017.  
132 p. + Mapas ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-29-1618-7

1. Cambio Climático. 2. Desarrollo Agropecuario. I. Barros, Vicente II. Pérez Carrera, Alejo, comp. III. Volpedo, Alejandra Vanina, comp.

CDD 551.64



Eudeba  
Universidad de Buenos Aires

Primera edición: mayo 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 (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 impacto 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>	

# CAMBIO CLIMÁTICO: EFECTOS EN ORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS Y COMUNIDADES ACUÁTICAS

---

*Marcelo Hernando,<sup>1</sup> Andrea Galatro<sup>2 3</sup> y Gabriela Malanga<sup>4 5</sup>*

## RESUMEN

El cambio climático afecta a las zonas polares con incrementos de temperatura y disminución en la salinidad debido a un aumento del aporte de agua dulce como consecuencia del derretimiento de los glaciares. Estas condiciones ambientales pueden generar situaciones de estrés en los organismos acuáticos y afectar la composición de las comunidades, las cadenas tróficas y, por lo tanto, la producción. A partir de los resultados obtenidos en estudios con microcosmos, se puede sugerir que, dependiendo de la composición específica de las comunidades fitoplacntónicas, frente a una disminución de la salinidad del agua, las especies que sobrevivan a dicho estrés serán las que posean defensas antioxidantes adecuadas para evitar el daño oxidativo.

1. Comisión Nacional de Energía Atómica, Departamento de Radiobiología. Buenos Aires, Argentina.

2. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Buenos Aires, Argentina.

3. CONICET – Universidad Nacional de La Plata. Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE). Buenos Aires, Argentina.

4. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Buenos Aires, Argentina.

5. CONICET – Universidad de Buenos Aires. Instituto de Bioquímica y Medicina Molecular (IBIMOL), Buenos Aires. Argentina.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático afecta a las zonas polares del planeta con incrementos de temperatura y disminución en la salinidad del mar debido a un aumento del aporte de agua dulce. La temperatura y la salinidad son variables fundamentales que definen la densidad del agua de mar y, por lo tanto, afectan la ubicación en profundidad de masas de agua con diferente densidad, así como la estratificación de la columna de agua.

El fitoplancton (*ver glosario*) constituye una población heterogénea de organismos autótrofos responsables de aproximadamente el 50% de la producción primaria del planeta, lo que demuestra su gran importancia no solo en la cadena trófica del océano sino también como sumidero de carbono atmosférico de los ecosistemas marinos. El crecimiento de estos organismos depende de un balance de factores que determinen su permanencia en un ambiente lumínico adecuado y concentraciones óptimas de nutrientes para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Entre dichos factores encontramos aquellos que tienden a mantener la estratificación de la columna de agua en el mar, como la densidad, y otros que tienden a evitarla, principalmente el aumento en la velocidad del viento y las mareas. Así, la posibilidad de permanecer a profundidades tales que la intensidad lumínica sea adecuada es un factor esencial para desencadenar el crecimiento y la acumulación de biomasa fitoplanctónica. La profundidad a la cual las condiciones de irradiación son adecuadas para que el consumo de dióxido de carbono necesario para la producción de hidratos de carbono (fotosíntesis) se encuentre en equilibrio con la producción de dicho gas (respiración celular de la comunidad), así como el desplazamiento vertical de partículas (incluido el fitoplancton que mayoritariamente no posee los medios para su propio movimiento) en la columna de agua son entonces factores fundamentales que determinarán el aumento de biomasa y, en consecuencia, el crecimiento de estas comunidades. La relación entre estos factores determinará las condiciones físicas para el posible desarrollo del fitoplancton. Si las condiciones óptimas persisten un periodo suficiente de tiempo (días) y las concentraciones de nutrientes son adecuadas, el medio será propicio para que se produzca un crecimiento sostenido y la acumulación de biomasa (floración o *bloom*), dependiendo además del control que ejerzan los organismos de niveles tróficos superiores (zooplancton -*ver glosario*-, peces).

Las temperaturas medias en el oeste de la península antártica se han incrementado significativamente (1–2 °C) en los últimos 50 años. El derretimiento de los glaciares, sumado al incremento del aporte de agua dulce desde las zonas costeras como resultado de las precipitaciones más intensas,

son responsables de los cambios sobre la salinidad del agua. En suma, estos hechos pueden modificar la irradiancia, así como la disponibilidad y concentración de nutrientes en la columna de agua costera, considerando en ambos casos el aporte de material particulado (tanto orgánico como inorgánico) que disminuirá la cantidad de luz que llega a las células, lo que afectará la producción primaria de las microalgas.

Los cambios de salinidad causan una variedad de respuestas fisiológicas y de estrés en los organismos acuáticos, que pueden llevar a cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica. El estrés inducido por cambios de la salinidad ha sido asociado con la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS, *ver glosario*). Estas especies son oxidantes, altamente reactivas, por lo cual su producción debe ser controlada para mantener concentraciones adecuadas y evitar el daño oxidativo. Los ROS pueden ser radicales libres (*ver glosario*) o especies no radicales pero altamente reactivas. En el caso de organismos fotosintéticos, un lugar importante de generación de estas especies es el transporte de electrones fotosintético en los cloroplastos. Sin embargo, existen mecanismos de protección, sistemas de defensa antioxidante, que involucran actividades enzimáticas (catalasa, CAT; superóxido dismutasa, SOD; glutatión peroxidasa, GPx; glutatión reductasa, GR; ascorbato peroxidasa, APx), como así también la acción antioxidante de compuestos no enzimáticos (como el glutatión, GSH; el ácido ascórbico, AH<sup>+</sup>; tocoferoles y carotenoides). Así, si la producción de ROS supera la acción antioxidante, se puede producir daño oxidativo (*ver glosario*) del ADN, proteínas y lípidos. El daño a lípidos resulta en diferentes alteraciones estructurales y funcionales de las membranas a nivel celular y subcelular que pueden limitar la supervivencia de los organismos. La condición oxidativa de una célula puede ser evaluada midiendo la relación daño/protección mediante el empleo de índices o indicadores de estrés oxidativo.

### **EFECTOS DE LA TEMPERATURA Y LA DISMINUCIÓN DE LA SALINIDAD SOBRE COMUNIDADES ANTÁRTICAS. CAMBIO DE COMUNIDADES**

Cambios en la salinidad del medio ambiente pueden alterar la osmorregulación de las células y convertirse en una fuente de estrés. Se realizaron estudios con muestras de poblaciones naturales de la zona costera antártica (Caleta Potter, Base Científica Carlini, ex Tte. Jubany [62 14'S-58 38'W] en la Isla 25 de Mayo en la Península Antártica) obtenidas durante la campaña antártica 2011-12. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la disminución de la salinidad sobre las comunidades planctónicas, con especial

interés en el fitoplancton. Para ello, las comunidades (obtenidas en una zona sin influencia de agua de deshielo) fueron expuestas a salinidad normal (valores correspondientes a los determinados en terreno) y salinidad disminuida (valores similares a los que se observan en las cercanías del glaciar costero en situaciones de fuerte derretimiento de este y de aporte de agua del deshielo por ríos cercanos a dicha zona) en recipientes cilíndricos sin tapa (capacidad de 100 litros) (microcosmos, *ver glosario*) durante ocho (8) días. La composición de la comunidad fitoplanctónica en los microcosmos estuvo compuesta por distintas clases de microalgas: diatomeas, cryptofitas, dinoflagelados, prasinofitas, silicoflagelados y otros pequeños fitoflagelados no identificados. Las diatomeas representaron el grupo más abundante, siendo las céntricas grandes dominantes al inicio, y luego reemplazadas por pennadas pequeñas al final del experimento en situación de salinidad disminuida, en comparación con el control a salinidad normal (Figura 1).

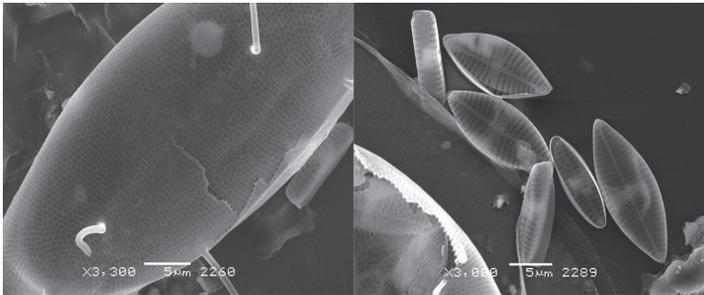


Figura 1. Microscopia electrónica de las principales diatomeas identificadas. A: Diatomeas céntricas grandes *Odontella weissflogii*, *Chaetoceros tortissimus/sociales*, *Thalassiosira antártica*, *Porosira* sp. B: Diatomeas pennadas pequeñas *Navicula glaciei*, *Navicula perminuta*, *Nitzschia* sp. Tomada de Hernando et al. (2013).

Los experimentos mostraron claramente que la salinidad afecta la composición taxonómica de comunidades fitoplanctónicas costeras en la Antártida (Figura 2). Este hecho es de suma importancia para la red trófica antártica, ya que un cambio en la dominancia de especies se trasladará al resto de la trama trófica, como los herbívoros, y a su vez a los consumidores secundarios.

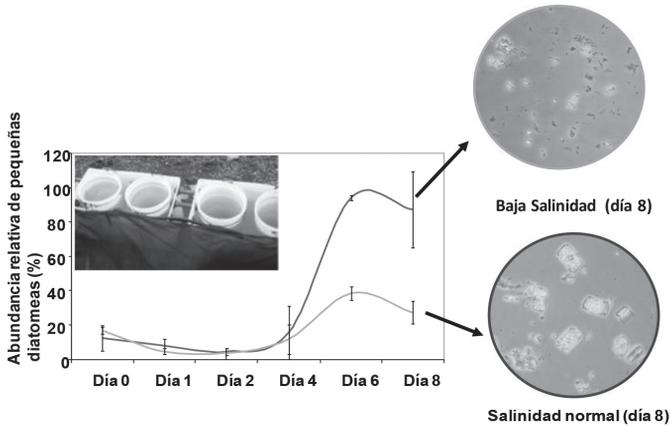


Figura 2. Variación de la abundancia de células fitoplanctónicas en condiciones de salinidad normal y disminuida luego de ocho días de exposición. Las imágenes muestran el estado de la comunidad planctónica (microscopía invertida). *Inserto*: Foto de los microcosmos donde se realizaron los experimentos.

En comparación con el tratamiento control, el fitoplancton expuesto a condiciones de baja salinidad mostró una disminución en la biomasa y la fotosíntesis, y un aumento de la respiración celular, durante las primeras 24 horas. Tanto los marcadores de estrés como los de daño oxidativo evaluados mostraron valores significativamente más bajos en los microcosmos controles en comparación con los valores observados en microcosmos expuestos a baja salinidad. El contenido celular de las sustancias antioxidantes no enzimáticas como el  $\alpha$ -tocoferol y el  $\beta$ -caroteno fue mayor durante los primeros días de exposición en el tratamiento de baja salinidad, sugiriendo la respuesta de mecanismos tendientes a contrarrestar la situación de estrés oxidativo observada.

Todos estos cambios observados en los microcosmos expuestos a baja salinidad podrían producir efectos ecológicos en ecosistemas naturales: (1) las microalgas pueden servir de fuente de alimento a los organismos que habitan en el fondo del mar (organismos bentónicos); (2) cuando el fitoplancton presente en la columna de agua en el océano sedimenta hacia grandes profundidades es inmovilizado durante largos períodos (cientos de años). Este proceso forma parte de la denominada bomba biológica de carbono, que contribuye a secuestrar carbono bajo la forma de  $\text{CO}_2$  desde la atmósfera y a fijarlo en el océano profundo.

Por lo tanto, si las comunidades fitoplanctónicas cambian su composición frente a una disminución de la salinidad y tienden a disminuir su tamaño con

una mayor abundancia de especies más pequeñas, podría modificarse tanto la fuente de alimento como el aporte de nutrientes acumulado en el fondo de las aguas costeras. Un cambio en la composición de especies fitoplanctónicas, así como una disminución de la tasa fotosintética, podrían alterar la bomba biológica, disminuir la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico y/o alterar el aporte de nutrientes a la columna de agua en situaciones de surgencias. A partir de estos resultados se concluye que, dependiendo de la composición específica de las comunidades fitoplanctónicas frente a un impacto de agua de deshielo y una consecuente disminución de la salinidad, luego de varios días de exposición, las especies que sobrevivan a dicho estrés serán las que posean sistema de defensas antioxidantes adecuadas para evitar el daño oxidativo. En nuestro experimento puntual se observó un reemplazo de diatomeas céntricas grandes por diatomeas pennadas pequeñas con una capacidad antioxidante superior, lo cual parece haberles permitido evitar y/o superar el daño oxidativo producido al comienzo de la exposición, con valores de fotosíntesis, respiración y daño a lípidos sin diferencias significativas respecto de la condición control al final del tratamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a nuestros principales colaboradores internacionales, los investigadores del Alfred-Wegener Institut. También a las autoridades de la Dirección Nacional del Antártico y del Instituto Antártico Argentino, así como a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICTO 2005-35562 y PICT 2011-1320, directora Dra. I. Schloss) y la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020100100555) / CONICET (PIP 11220110100697, directora Dra. S. Puntarulo). Estos estudios forman parte del proyecto IMCONet (Interdisciplinary Modelling of Climate Change in Coastal Western Antarctica) con apoyo financiero de European Science Foundation Polar CLIMATE.

## REFERENCIAS

García, M. D., M. S. Hoffmeyer, M. C. López Abbate, M. S. Barría de Cao, R. E. Pettigrosso, G. O. Almandoz, M. Hernando e I. R. Schloss (2016): "Micro- and mesozooplankton responses during contrasting summer conditions in a shallow coastal Antarctic environment". *Polar Biology*, 39 (1), 123-137.

- Hernando, M., I. R. Schloss, G. Malanga, G. O. Almandoz, G. A. Ferreyra, M. B. Aguiar y S. Puntarulo (2015): "Effects of salinity changes on coastal antarctic phytoplankton physiology and assemblage composition". *Journal Experimental Marine Biology Ecology (JEMBE)*, 466, 110-119.
- Hernando, M., C. Houghton, L. Giannuzzi, B. Krock, D. Andrinolo y G. Malanga (2016): "Oxidative stress in *Microcystis aeruginosa* as a consequence of global change". *BioCell*, 40, 23-25.
- Schloss, I. R., M. Hernando, D. Dumont y G. A. Ferreyra (2016): *El cambio climático y sus efectos sobre el fitoplancton antártico. La ciencia de la ecología. Un curso avanzado*. Buenos Aires, Universidad Nacional de General Sarmiento (en prensa).

## GLOSARIO

**Antioxidante:** sustancia capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.

**Diatomeas:** algas unicelulares microscópicas o coloniales que abundan en prácticamente todos los hábitats donde se encuentre presente el agua, como los océanos, los lagos, la tierra; sobre plantas como los musgos e incluso en la corteza de los árboles. Poseen múltiples formas y características físicas, aunque una particularidad que suelen presentar es que se hallan rodeadas por una pared celular de sílice llamada frústulo, formado por dos valvas de tamaño desigual, de modo que la valva más pequeña encaja en la mayor.

**Estrés oxidativo:** desequilibrio entre la producción de especies reactivas del oxígeno y la capacidad de un sistema biológico de eliminarlas rápidamente o de reparar el daño resultante.

**Especies reactivas del oxígeno:** se trata de especies químicas derivadas del oxígeno, altamente reactivas, que incluyen radicales libres (como el radical hidroxilo) y especies no radicales (como el peróxido de hidrógeno), capaces de producir daño a las células.

**Fitoplancton:** conjunto de organismos exclusivamente vegetales que forman parte del plancton.

**Microcosmos:** ecosistemas artificiales, simplificados, que se utilizan para simular y predecir el comportamiento de los ecosistemas naturales en condiciones controladas.

Nivel trófico: en ecología, se denomina así a cada uno de los conjuntos de especies o de organismos de un ecosistema que coinciden, por el lugar que ocupan, en el flujo de energía y nutrientes (cadena alimenticia).

Plancton: conjunto de organismos que se encuentran en suspensión en ambientes acuáticos.

Radicales libres: especies químicas de existencia independiente, altamente reactivas por poseer al menos un electrón desapareado.

Zooplancton: conjunto de organismos animales que forman parte del plancton.