



# CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -



ISSN 2618-2122

## Yacimientos de Litio

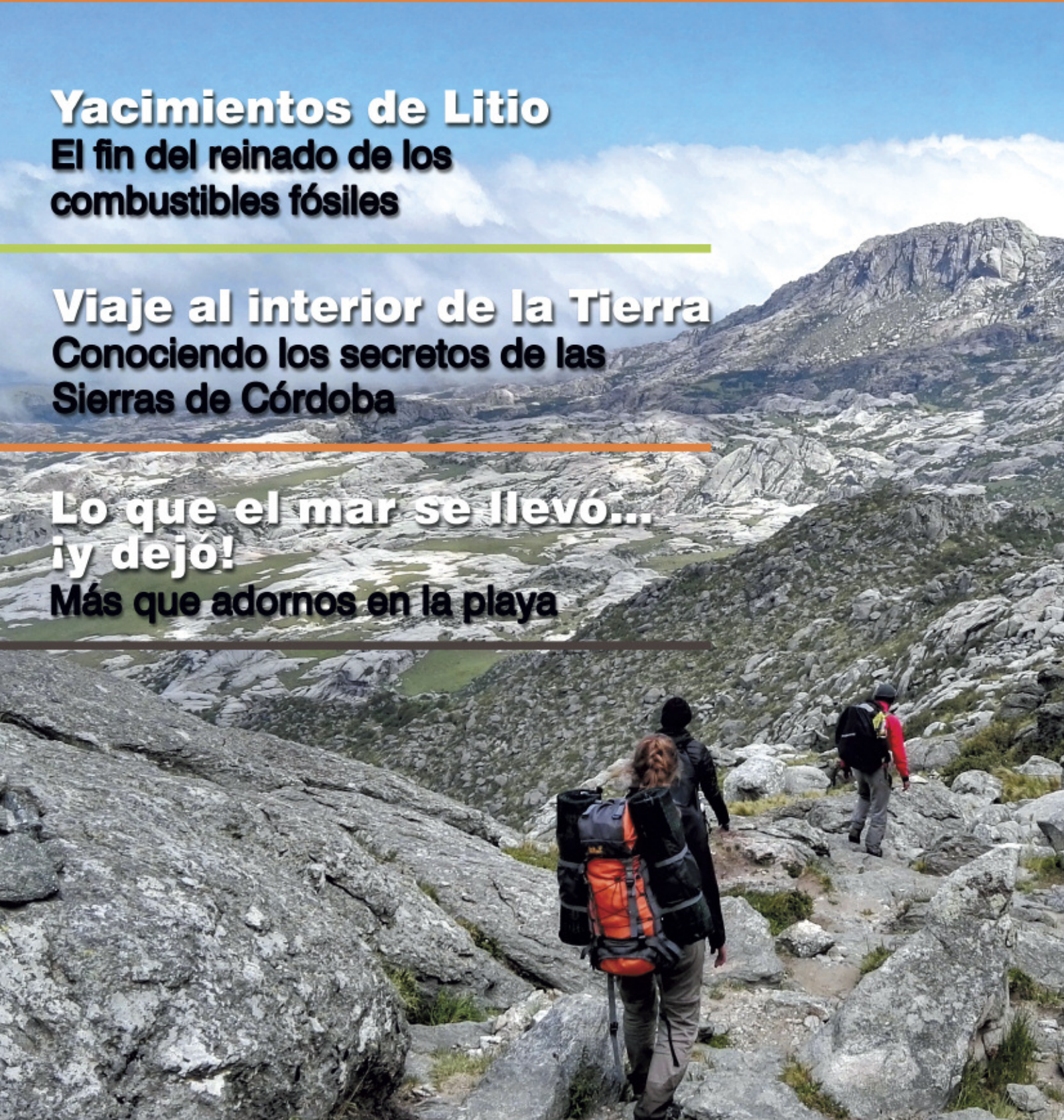
El fin del reinado de los  
combustibles fósiles

## Viaje al interior de la Tierra

Conociendo los secretos de las  
Sierras de Córdoba

Lo que el mar se llevó...  
¡y dejó!

Más que adornos en la playa





## COMITÉ EDITORIAL

### Editoras responsables

Dra. Beatriz G. Waisfeld  
Dra. Emilia Sferco  
Dra. Gisela Morán

### Comité editor

Gga. Cecilia Echevoyen  
Dra. Sandra Gordillo  
Ing. Nexxys C. Herrera Sánchez  
Dr. Fernando J. Lavié  
Dra. Cecilia E. Mlewski  
Dr. Diego F. Muñoz  
Dr. Iván Petrinovic  
Dra. Fernanda Serra  
Mgrtr. Eliana Soto Rueda

### Diagramación y diseño gráfico

Paula Benedetto

### Corrección de estilo

Dr. Alberto M. Díaz Añel

Foto de Tapa: bajando desde la cima del cerro Champaquí, hacia Villa Alpina, en la Sierra Grande de Córdoba (Autor: Matías M. Morales Cámara).

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del CICTERRA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Contacto: [cicterranea@gmail.com](mailto:cicterranea@gmail.com)  
[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/)

Seguinos en:  



C I C T E R R A



Director: Dr. Edgardo Baldo  
Vicedirector: Dr. N. Emilio Vaccari

Contacto:  
[secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar](mailto:secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar)  
Av. Vélez Sársfield 1611,  
X5016GCB Córdoba, Argentina  
Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200  
[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar)

El cuarto número de Cicterránea sale a la luz en un nuevo escenario para la comunidad científica. Luego de cuatro años de un grave y deliberado deterioro del sistema, el reciente cambio en la conducción del Estado ha comenzado a mostrar señales positivas.

En un contexto de crisis económica y de emergencia social, la recuperación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y algunas mejoras para el sector como la recomposición salarial en las becas o el aumento del número de cargos en CONICET, son acciones concretas que ponen de manifiesto la voluntad de reconstruir el sistema de Ciencia y Técnica. Pero, fundamentalmente, transmiten un mensaje, simbólico y potente, que la ciencia vuelve a ser una política de estado en Argentina.

Aún más, en línea con el nuevo clima de época, las políticas públicas comenzaron a incorporar la perspectiva de género a través del impulso de un Programa Nacional de Equidad de Género y Diversidades en el sistema científico y tecnológico para garantizar condiciones de igualdad de derechos, recursos y oportunidades. Al igual que en el resto de los ámbitos, el sistema científico no es la excepción en cuanto a desigualdades de género. Según datos oficiales el 59% del plantel científico son mujeres, sin embargo, los puestos jerárquicos tanto en ciencia como en otras dependencias del Estado siguen siendo en su gran mayoría para los varones. Si bien se espera que esta tendencia se revierta con el tiempo, esto no será posible sin las diferentes iniciativas que se están poniendo en marcha en el sector. Las mismas ponen en evidencia distintas formas de desigualdad y violencia cotidiana hacia las mujeres y disidencias, invitando a la reflexión e implementando medidas de prevención y protección.

Porque nos sentimos interpeladas por esta problemática y dado que marzo es un mes emblemático para la lucha de las mujeres trabajadoras y para el reclamo por igualdad de derechos en todas las esferas, los contenidos de este número de Cicterránea son, en su mayoría, producidos por investigadoras y becarias de nuestro Instituto. Como protagonistas y como un reflejo de nuestra labor científica, hacemos de esta edición un pequeño aporte en pos de visibilizar los desafíos de la mujer en nuestro ámbito, con la esperanza de que los caminos hacia la igualdad real de oportunidades al fin se abran.

Beatriz Waisfeld, Emilia Sferco y Gisela Morán

# EMBALSES Y AGUAS VERDES

## ¿Qué pasa en Córdoba?

Los embalses cordobeses están en su gran mayoría en estado eutrófico, es decir, tienen un alto contenido de nutrientes en sus aguas y sedimentos. Esta condición es propiciada principalmente por actividades humanas que generan desechos con nutrientes, como ser: efluentes domiciliarios, fertilizantes, heces de ganado y materia orgánica calcinada por incendios. El proceso de eutrofización puede ser controlado y revertido si se toman las medidas de control y restauración a tiempo, lo que implica un manejo integral de toda la cuenca en cuestión.



Toma aérea del embalse San Roque durante un evento de floración de cianobacterias. Autora: Nathalie Pussetto.



## Agua que has de tomar: la razón de los embalses

Los embalses en la provincia de Córdoba están principalmente ubicados en la región de las Sierras Pampeanas, donde las condiciones climáticas son de tipo semiárido, con precipitaciones medias alrededor de los 750 mm/año. Fueron construidos con la finalidad principal de abastecimiento para agua de consumo y el control de crecidas. También tienen otros usos como riego, generación de energía hidroeléctrica, así como múltiples actividades recreativas (deportes acuáticos, pesca, navegación, entre otros).

En particular, el abastecimiento hídrico de la ciudad de Córdoba y alrededores proviene de dos embalses: San Roque y Los Molinos, en los valles de Punilla y Calamuchita, los cuales abastecen un 70 y 30% del agua potable, respectivamente.

Otro embalse muy importante es el de Río Tercero, en el valle de Calamuchita, que suministra agua potable a tres ciudades costeras (Embalse, Villa del Dique y Villa Rumi-pal). Además, desde 1986 se utiliza para el enfriamiento del reactor nuclear ubicado en su costa.

## Eutrofización y malas prácticas: ¿cómo empezó a enrollarse todo?

La eutrofización es un proceso de enriquecimiento de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) en un sistema acuático, que produce un aumento de la biomasa de algas y plantas acuáticas, y un deterioro de la calidad del agua (por ejemplo, disminuye el oxígeno disuelto y aumenta la turbidez). En este proceso ocurre además acumulación de sedimentos, lo que provoca un aumento de la región litoral y de vegetación en aguas poco profundas. La eutrofización se produce de manera natural en un sistema acuático, en lapsos de tiempo largos (que pueden durar siglos).

Existe una aceleración de la eutrofización debido a actividades humanas vinculadas a la producción de desechos de materia orgánica e inorgánica que aportan nutrientes.

A su vez, la deforestación, promueve la remoción de suelos y el aporte de sedimentos por erosión. Este proceso se denomina eutrofización cultural.

Los nutrientes provienen principalmente de efluentes domiciliarios (detergentes, restos de comida y heces fecales); lavado de suelos (fertilizantes, excrementos de ganado, restos de materia orgánica calcinada por incendios); aguas subterráneas enriquecidas con nutrientes de diversas fuentes; y deposición atmosférica de partículas de nutrientes proveniente de suelos e incendios. Dichos aportes pueden llegar al sistema por descargas puntuales: ríos, arroyos, ca-




***Existe una aceleración de la eutrofización debido a actividades humanas vinculadas a la producción de desechos de materia orgánica e inorgánica que aportan nutrientes. A su vez, la deforestación, promueve la remoción de suelos y el aporte de sedimentos por erosión. Este proceso se denomina eutrofización cultural***

nales artificiales, aguas subterráneas, o por descargas difusas: lavado de suelo y escurrimiento por lluvias, y deposición atmosférica por vientos.

Un sistema acuático se caracteriza por su estado trófico, el cual está determinado por la concentración de nutrientes y la abundancia de algas y/o plantas acuáticas presentes en el mismo. Los índices de estado trófico miden determinados parámetros como el fósforo y la clorofila (indicador de algas o plantas acuáticas). A partir de estos índices los sistemas acuáticos se pueden clasificar en diferentes estados tróficos, resultando en una escala de menor a mayor en lagos ultraoligotróficos, oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos.

Los embalses de Córdoba se encuentran en su mayoría

### ¿Qué tan enfermos están nuestros embalses y cómo lo medimos?

Algunos embalses cordobeses eutrofizados	¿Cuál es su estado trófico actual?	¿A cuántos metros de profundidad logramos ver el Disco Secchi?*	¿Cuánto fósforo hay en comparación a sistemas acuáticos donde no hay floraciones algales?	¿Qué cantidad de algas hay en comparación a sistemas acuáticos donde no hay floraciones algales?
SAN ROQUE	●	 1 metro	11 veces más	30 veces más
LOS MOLINOS	●	 1 metro y medio	6 veces más	15 veces más
RÍO TERCERO	●	 2 metros y medio	4 veces más	10 veces más

Los valores son aproximados y calculados a partir de promedios anuales.

\*El Disco de Secchi es un instrumento que mide la penetración de la luz o transparencia en un cuerpo de agua. La medición de la transparencia se realiza en unidades de longitud (centímetros y/o metros) y corresponde a la profundidad a la que el disco se pierde de vista.

● Hipereutrófico    ● Eutrófico

afectados por la eutrofización cultural, la cual se desarrolló de una manera más intensa y sostenida a partir de 1980. En particular, el embalse San Roque se encuentra en un estado hipereutrófico, es decir con una muy alta concentración de nutrientes, debido principalmente al crecimiento de la ciudad costera de Villa Carlos Paz, sumado a la expansión urbana en toda su cuenca (ver foto de portada). El crecimiento demográfico, sumado al cambio de uso del territorio y a un deficiente tratamiento de efluentes (en Villa Carlos Paz sólo aproximadamente el 30% de los efluentes cloacales son tratados), resultan en un aumento exponencial de la carga de fósforo. Estudios realizados por el Instituto Nacional del Agua (INA CIRSA), demostraron que la carga media anual de fósforo al embalse San Roque es de 145 toneladas.año<sup>-1</sup>, y que aproximadamente el 60% de esta carga es producto del aporte desde las regiones costeras. Estos aportes no sólo incluyen descargas difusas sino puntuales, como por ejemplo, canales que reciben efluentes domiciliarios clandestinos. Además, en las últimas décadas existen reportes de un aporte importante de nutrientes por parte de incendios en la cuenca del San Roque.

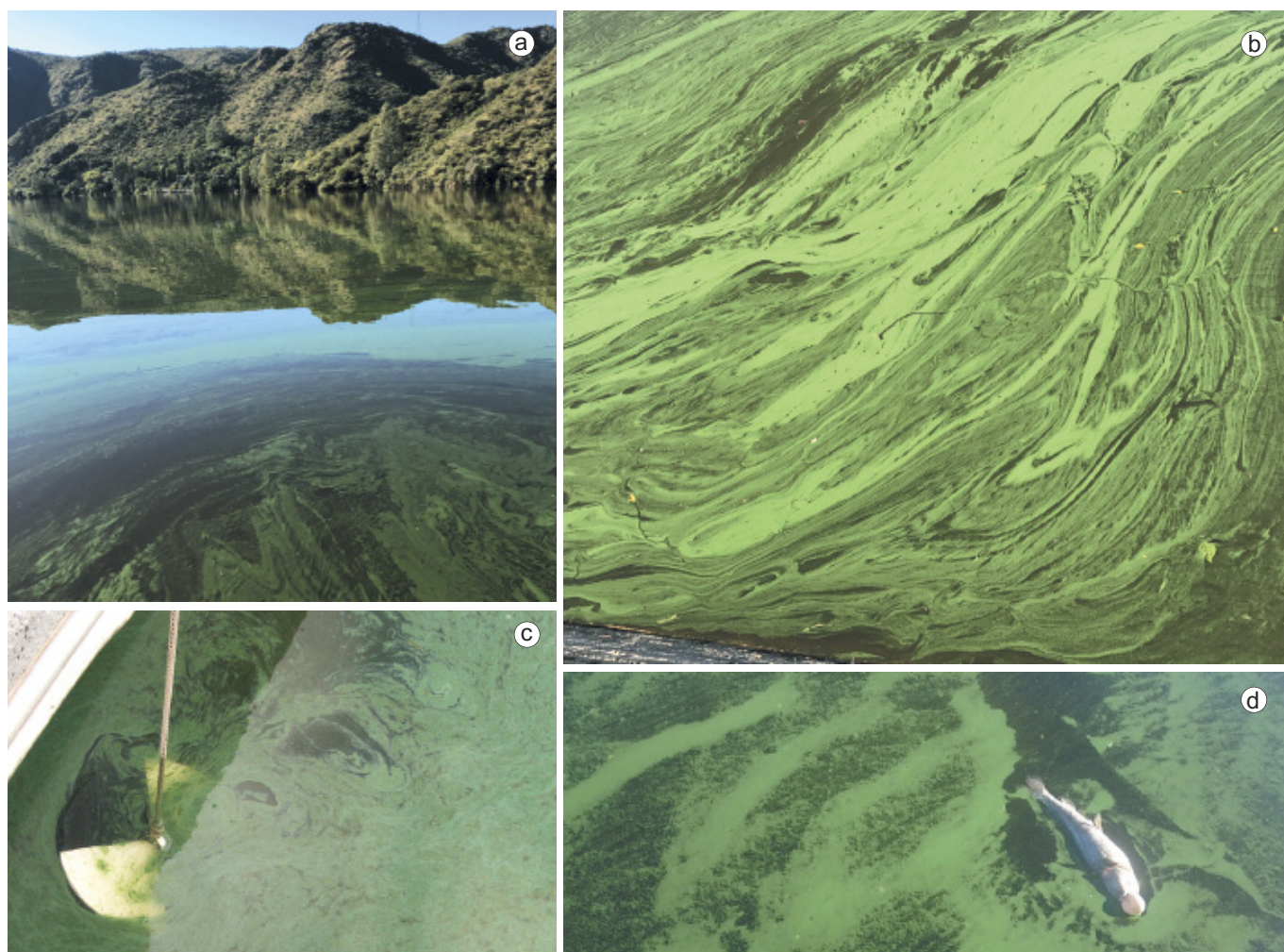


**Figura 1.** Desarrollando el meollo en el embalse San Roque: los sedimentos y la huella de la eutrofización. Muestreo de sedimentos del fondo del embalse San Roque utilizando un equipo especial para extraer núcleos o testigos sedimentarios. Autora: Nathalie Pussetto.



**La eutrofización en la cuenca del San Roque se intensificó en la década del '80 cuando los indicadores de nutrientes y abundancia de algas comienzan a aumentar de manera progresiva. A partir del siglo XXI este proceso se acelera, lo que se observa en un incremento exponencial de los indicadores estudiados**

Recientemente, el grupo de Geolimnología del Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA), ha iniciado estudios de la evolución de la eutrofización y variabilidad hidroclimática en el embalse San Roque, a través del estudio de los registros sedimentarios (Figura 1). Hasta el momento, el análisis de testigos obtenidos del fondo del embalse, permitió reconstruir la historia del proceso de eutrofización y la influencia de otros factores, como el cambio de nivel del embalse, a partir de 1920 hasta la actualidad. Estos estudios revelan que la eutrofización en la cuenca del San Roque se intensificó en la década del '80 cuando los indicadores de nutrientes y abundancia de algas comienzan a aumentar de manera progresiva. A partir del siglo XXI este proceso se acelera, lo que se observa en un incremento exponencial de los indicadores estudiados.



**Figura 2.** Fotografías en embalse San Roque durante eventos de floración de cianobacterias: (a) Entre sierras: floración de cianobacterias en una bahía del embalse, (b) Pintando el agua: detalle de la nata verdosa formada por colonias de cianobacterias en la superficie del agua, (c) Transparencia cero: disco de Secchi sumergido en medio de colonias de cianobacterias, (d) Adiós a los peces: evento de mortandad de peces debido a la escasez de oxígeno en el agua. Autores: (a y b) Eduardo Piovano, (c) Silvana Halac, (d) María Inés Rodríguez.

## El meollo de la cuestión: floraciones que no dan flores

El enriquecimiento en nutrientes de los sistemas acuáticos tiene consecuencias muy importantes que afectan al funcionamiento del sistema y a la calidad del agua, lo que repercute en su utilización, valor estético, ecológico y económico. La principal consecuencia de la eutrofización es el aumento exponencial de poblaciones de algas o floraciones algales (Figura 2 a y b). Las cianobacterias son uno de los principales grupos de algas que producen floraciones en sistemas eutrofizados donde se combinan condiciones de aguas calmas y temperaturas superficiales elevadas. La producción de floraciones tiene como consecuencia una disminución de la transparencia del agua (Figura 2 c), y además algunas especies de cianobacterias pueden producir toxinas perjudiciales para la salud humana. Además, se produce un aumento de la materia orgánica en los sedimentos, lo que incrementa la descomposición producida por bacterias y favorece las condiciones de baja o nula concentración de oxígeno (hipoxia o anoxia) en la zona profunda del embalse (hipolimnion). Este fenómeno puede producir la muerte masiva de peces (Figura 2 d).

Además, los sedimentos constituyen un reservorio de nutrientes, ya que el nitrógeno y el fósforo pueden unirse con otros elementos (por ejemplo hierro) y permanecer en los sedimentos períodos largos. Ante condiciones determinadas (por ejemplo baja concentración de oxígeno), los elementos unidos en el sedimento son liberados a la columna de agua. Es decir, los sedimentos representan una fuente interna de nutrientes y esto agudiza el proceso de eutrofización de los sistemas acuáticos.

## Desenrollando el meollo: fósforo y nitrógeno en la mira

Dentro de las medidas de manejo y restauración de sistemas eutrofizados existen muchas opciones y experiencias a lo largo del mundo que han dado diferentes resultados.

En general, la reducción del ingreso de fósforo por un mejor tratamiento de efluentes y la disminución del uso de

detergentes con fosfatos ha sido una de las medidas más comunes en lagos y embalses eutrofizados. Sin embargo, estas experiencias han demostrado que es necesario un control conjunto de los aportes de fósforo y nitrógeno. Si sólo se reduce el fósforo, podría disminuir el crecimiento de algas en el embalse pero, como consecuencia, el aporte de nitrógeno aguas abajo del embalse podría incrementarse. Es decir, la reducción de sólo un nutriente, podría desplazar el problema de eutrofización hacia otras zonas de la cuenca.

***En general, la reducción del ingreso de fósforo por un mejor tratamiento de efluentes y la disminución del uso de detergentes con fosfatos ha sido una de las medidas más comunes en lagos y embalses eutrofizados. Sin embargo, estas experiencias han demostrado que es necesario un control conjunto de los aportes de fósforo y nitrógeno***

Otras técnicas de restauración de lagos y embalses consideran la disminución de la carga interna de nutrientes y la aceleración de la recuperación del sistema. Para que estas medidas tengan efectos positivos y a largo plazo, deben realizarse después de eliminar las descargas de efluentes cloacales sin tratar a la cuenca. Entre las técnicas más usadas se encuentran: (1) técnicas físicas, como el dragado de sedimentos ricos en nutrientes, que puede disminuir una gran proporción del fósforo y (2) técnicas químicas, que mejoran las condiciones para la unión del fósforo a otros elementos en los sedimentos. Por otro lado, existen técnicas que no se enfocan en la disminución de nutrientes, sino en el cambio de las condiciones que afectan de manera directa al crecimiento de las algas. La mezcla artificial o desestratificación de la columna de agua está enfocada específicamente

mente en las cianobacterias, que es el grupo de algas que resulta favorecido en aguas calmas. En general, la mezcla artificial causa un incremento del contenido de oxígeno en la columna de agua y una homogeneización de la temperatura. Se espera que las cianobacterias disminuyan su concentración, y sean reemplazadas por otros grupos de algas mejor adaptadas a la turbulencia y no perjudiciales para la salud humana.

evitar que otros embalses y ríos de nuestra provincia lleguen a condiciones de eutrofización como las descritas, desde donde la restauración es mucho más difícil. Es necesario que tanto los ciudadanos como los gobernantes hagamos plena conciencia de esta problemática, para proponer y concretar los cambios fundamentales en el manejo de nuestras cuencas.

## Otras formas: buenas prácticas en el uso de nuestro territorio

El ordenamiento territorial, el buen uso y tratamiento del agua y de los residuos, son pasos fundamentales para

### Silvana Halac

Dra. en Ciencias Biológicas,  
Investigadora Adjunta del CONICET,  
Docente de la Escuela de Biología,  
FCFyN, Universidad Nacional de Córdoba



## Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

Escobar, J., Restrepo, J. C., & Martínez, J. I. (2005). La paleolimnología como herramienta para el estudio y manejo de embalses. *Gestión y Ambiente*, 8(2), 51-59.

Mengo, L., Lami, A., Guerra, L., Masuzzi, S., Piovano, E. L., & Halac, S. R. (2019). Paleolimnología del embalse San Roque. Relación entre la eutrofización y la variabilidad hidroclimática. En *V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU)*

Muchiut, J., Ponce, G., Dagatti, M., Prystupczuk, F., Reyes, R. G., Rodríguez, A., ... & Ruiz, M. (2019). Monitoreo y modelado hidroambiental en embalses de la provincia de Córdoba: Caso San Roque. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 6(1), 39.

## Glosario

**Estado trófico:** Condición de un sistema acuático determinada por la concentración de nutrientes y abundancia de algas.

**Eutrofización:** Proceso de cambio de un estado trófico a otro de nivel superior por la adición de nutrientes al sistema.

**Floración algal:** crecimiento exponencial de algas, generalmente de una sola especie, que encuentra ventajas competitivas sobre otras, y se desarrolla hasta alcanzar densidades muy altas. Una floración puede o no ser visible a simple vista.

**Hipolimnion:** capa de agua profunda de lago o embalse que se encuentra separada de la capa de agua más superficial (epilimnion) por un cambio brusco de la temperatura. En general de menor temperatura y más calma que el epilimnion.

**Índices tróficos:** ecuaciones que se aplican a diversas variables tróficas (por ej., fósforo, clorofila) a partir de las cuales se pueden estimar el estado trófico de un sistema lacustre.

## Enlaces relacionados

<https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/como-estan-hoy-los-principales-embalses-de-cordoba>

¿Qué encontramos en el fondo de un embalse? Programa Átomos, Canal U, UNC,

[https://www.youtube.com/watch?v=-iPzmpjC0\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=-iPzmpjC0_Q)

Aguas Adentro: agua y contaminación. Canal Encuentro. <https://www.youtube.com/watch?v=Uao5hyi8gRO&t=1026s>



# CICTERRA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## ¿Qué es el CICTERRA?

Es un centro de investigación en Ciencias de la Tierra dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), vinculado con la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Fue creado por resolución del CONICET el 31 de Mayo de 2007.

## ¿Qué hacemos?

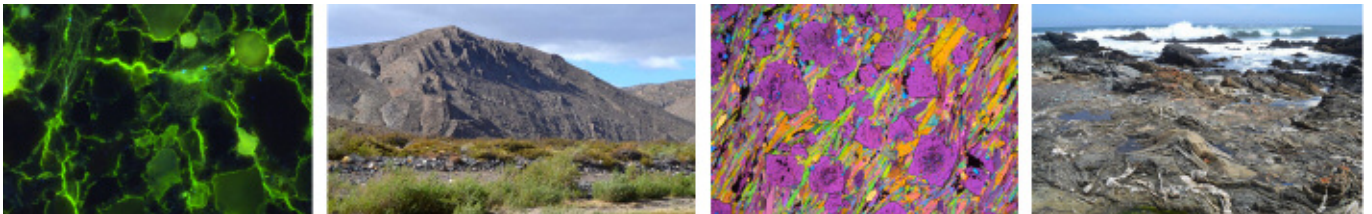
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de la ciencia y transferencia de conocimiento. Efectuamos asesorías técnicas a entidades públicas y empresas privadas.

## ¿Quiénes somos?

Somos miembros de la Carrera del Investigador Científico y del Personal de Apoyo de CONICET, Profesores e Investigadores de la UNC, Becarios Doctorales y Posdoctorales del CONICET o FONCYT y Personal Administrativo. En la actualidad el CICTERRA cuenta con una planta de más de 100 integrantes. El Centro incluye geólogos, biólogos, químicos, geofísicos y egresados de carreras afines.

## Líneas de Investigación

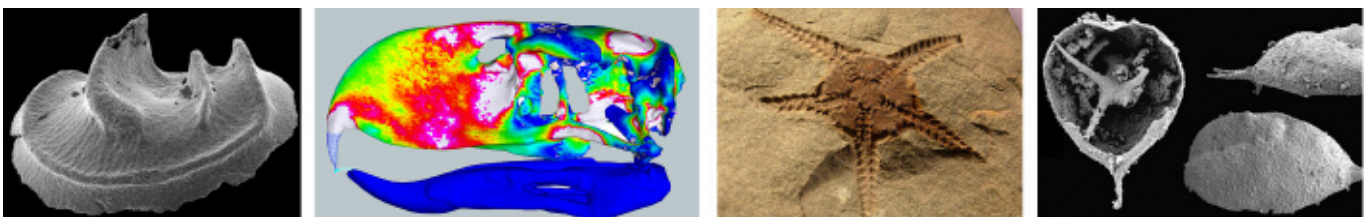
### Dinámica de la litósfera – astenósfera



### Variabilidad hidroclimática y procesos geo-ambientales



### Evolución de la diversidad biológica



Nuestro desafío consiste en comprender una amplia gama de procesos naturales que tienen lugar desde las capas más profundas del planeta hasta su superficie y desde su formación hasta el presente. Aspiramos a que nuestra experiencia y conocimiento sea un aporte al bienestar de la sociedad.