



## Con imágenes satelitales, identifican las zonas del embalse San Roque con mejor y peor calidad de agua



Un estudio del Instituto Gulich (UNC/Conae) analizó los patrones de distribución de la clorofila en ese reservorio entre 2016 y 2019. Es una manera de medir la proliferación de algas microscópicas. ¿Por qué es importante monitorearlas? Porque su florecimiento está asociado a una mayor presencia de nutrientes, entre los que se cuentan las cenizas de los incendios y los residuos cloacales sin tratamiento adecuado. Los resultados indican que en algunas áreas la calidad del agua empeoró año a año en ese ecosistema. El agravante es que, por la dinámica propia del embalse, esos agentes degradantes terminan concentrándose en la garganta del dique, un sector próximo al punto de extracción del agua para su potabilización. Los aireadores, instalados para combatir la proliferación de algas, no estarían logrando el efecto buscado. [04.11.2021]

Por **Andrés Fernández**

Redacción **UNCiencia**

Prosecretaría de Comunicación Institucional – UNC

[andres.fernandez@unc.edu.ar](mailto:andres.fernandez@unc.edu.ar)

El arribo de la época estival reedita, cada año, la floración explosiva de algas microcelulares en el lago San Roque, el principal reservorio de las Sierras Chicas y fuente del agua que consume buena parte de la ciudad de Córdoba.

Se trata de microorganismos invisibles a simple vista, pero cuya concentración alcanza niveles tan extremos que, en determinados períodos, la clorofila presente en su interior logra imprimir una particular tonalidad verdosa o marrón al agua.

Un dato alcanza para dimensionar la escala del fenómeno. En ocasiones, la proliferación de algas es tan elevada que para determinadas mediciones con instrumentos satelitales, ciertas áreas del lago son equivalentes a una superficie de tierra cubierta de plantas.

Ese crecimiento exponencial obedece a dos motivos. Óptimas condiciones meteorológicas, sobre todo por el aumento de temperatura en primavera y verano. Y un incremento significativo de materia orgánica y nutrientes en el líquido: cenizas de los incendios forestales, junto a nitrógeno y fósforo, estos últimos asociados a efluentes cloacales sin el tratamiento adecuado.

Con el propósito de identificar las regiones del embalse donde la calidad del agua mejoró o se deterioró durante los últimos años, un estudio del Instituto Gulich (UNC/Conae) analizó los patrones de distribución de la concentración de clorofila en el agua.

El seguimiento de ese pigmento vegetal es una manera de detectar los sectores con mayor presencia de algas e indirectamente las zonas con mayor volumen de nutrientes.

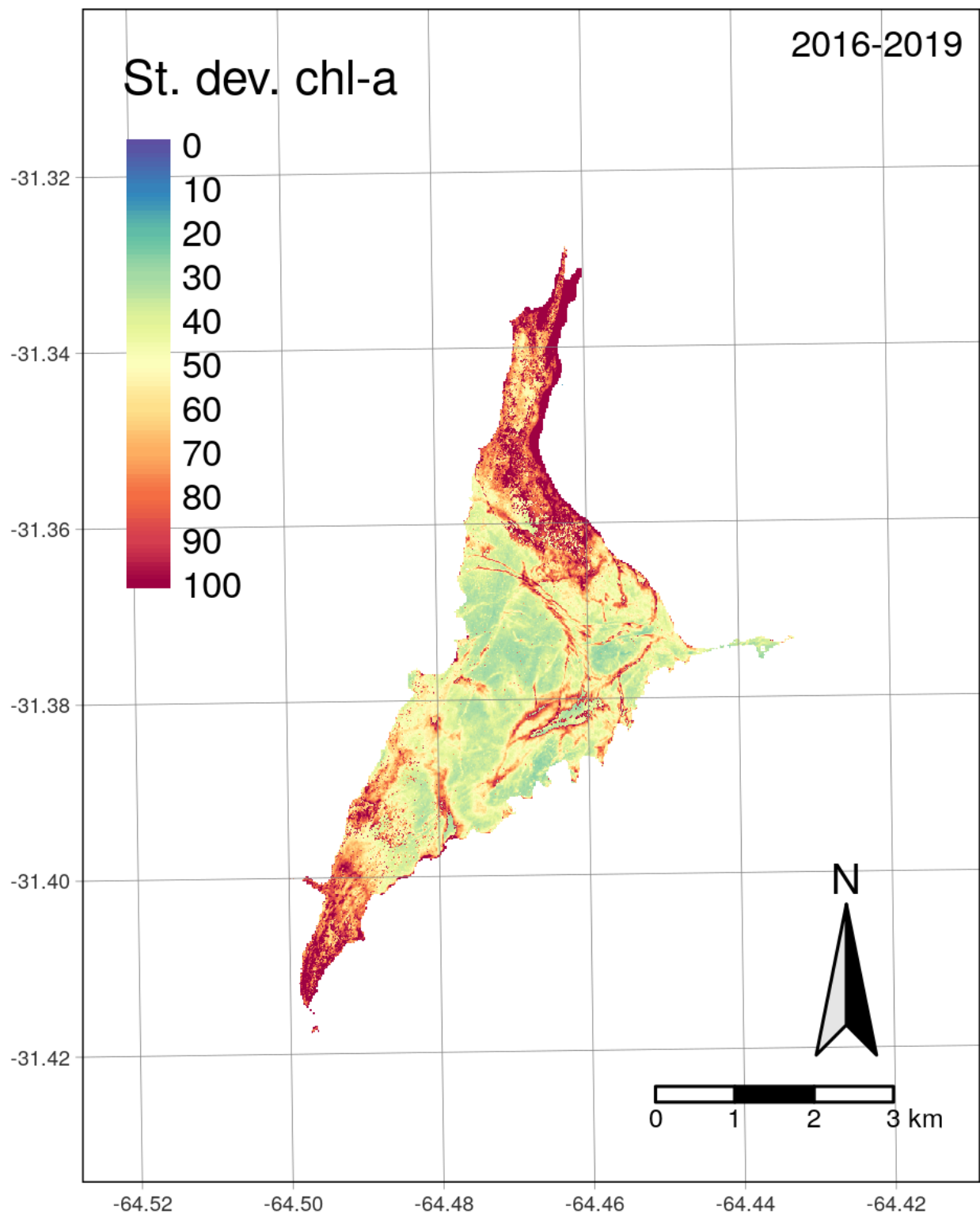
El problema aparejado a ese cuadro es la dificultad de extraer el olor y sabor del agua durante el proceso de potabilización, además del taponamiento de los filtros. Por otra parte, las cianobacterias (un tipo de alga) son potencialmente

tóxicas, por cuanto representan un riesgo para el desarrollo de actividades recreativas en el embalse.

La investigación utilizó imágenes provistas por los satélites de la misión Sentinel 2, de la Agencia Espacial Europea, así como datos de campo recolectados en el marco de un programa de monitoreo impulsado por el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de la provincia de Córdoba.

## **Una cartografía de la clorofila**

---



El mapa permite visualizar las zonas del lago San Roque donde la calidad del agua se encuentra más deteriorada. El gráfico relaciona, en una única imagen, los datos de concentración de clorofila de los cuatro años analizados (2016, 2017, 2018 y 2019). Los sectores donde hay mayor variación de los niveles respecto a la media –un comportamiento esperado durante la floración de algas– aparecen en naranja y rojo. Fuente: [Space-time monitoring of water quality in an eutrophic reservoir using SENTINEL-2 data – A case study of San Roque, Argentina.](#)

El trabajo determinó que la distribución de clorofila está sujeta a cambios estacionales, fuerzas eólicas, flujos hidrodinámicos, niveles de agua y fuentes de contaminación. Su concentración promedio, en el lapso analizado se ubicó entre los 50 y los 65 miligramos por metro cúbico de agua, valores que son “relativamente elevados y corresponden a condiciones eutróficas-hipereutróficas”, apunta el texto.

El río San Antonio continúa siendo el que aporta al lago la mayor cantidad de nutrientes en términos absolutos. Y el río Cosquín empeoró con el transcurso del tiempo. Ese resultado tiene un agravante. Por la dinámica hídrica de ese reservorio, el grueso de los nutrientes que inyecta ese tributario termina acumulándose en la zona de la garganta del dique, próxima al punto en donde se extrae el agua para su potabilización.

## Efluentes cloacales y medidas insuficientes

---

La investigación aportó otros dos hallazgos, inéditos hasta el presente. El punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Carlos Paz coincide con un foco de afloramiento de algas, principalmente durante primavera y verano.

Se trata de un indicio concreto de que el agua vertida tras el tratamiento de los efluentes todavía conserva una elevada carga de nutrientes, que no pudo ser retenido completamente durante su procesamiento.

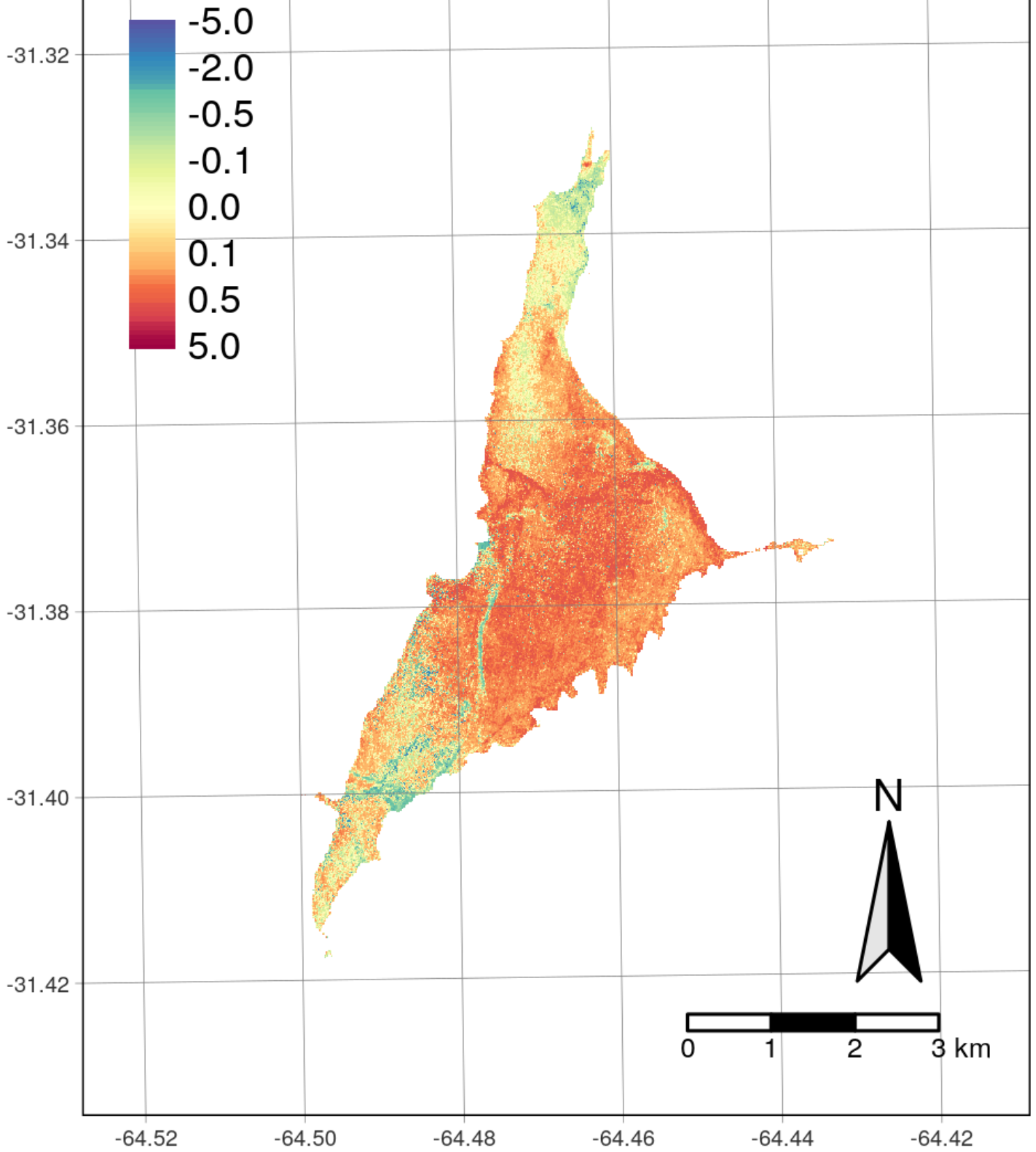
Los aireadores, en tanto, instalados en la zona próxima al río Cosquín para romper la estratificación térmica y mejorar la calidad del agua, no estarían cumpliendo su objetivo. De manera muy localizada e inclusive en la línea noreste, su efecto se ve muy disminuido.

“La única medida de atenuación de la contaminación está siendo totalmente insuficiente por la cantidad de nutrientes que está ingresando. Ni siquiera localmente están cumpliendo su rol”, subraya Alba Germán, autora principal la investigación que fue realizada bajo la dirección de Anabella Ferral y Marcelo Scavuzzo.



Winter

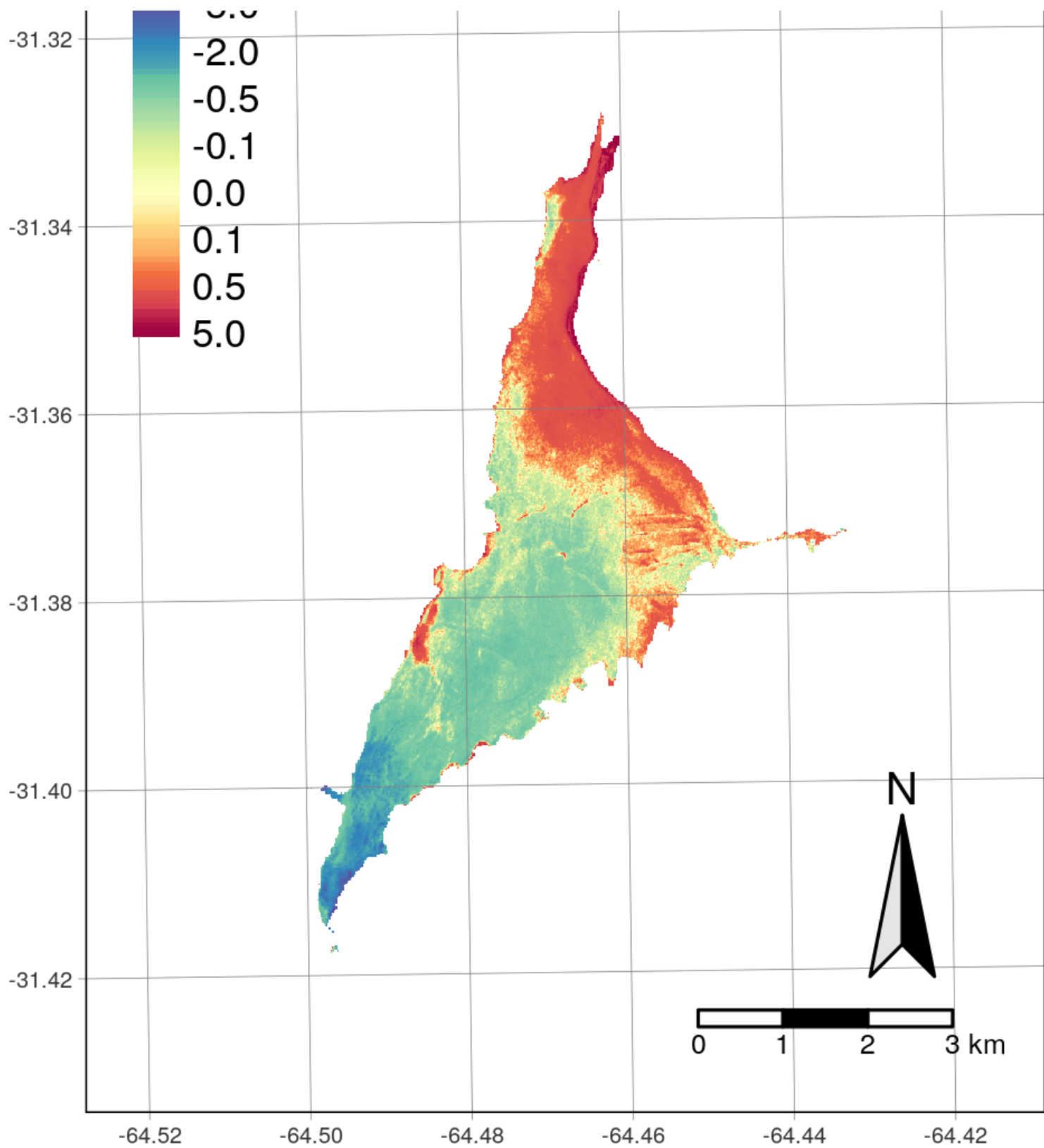
Slope chl-a



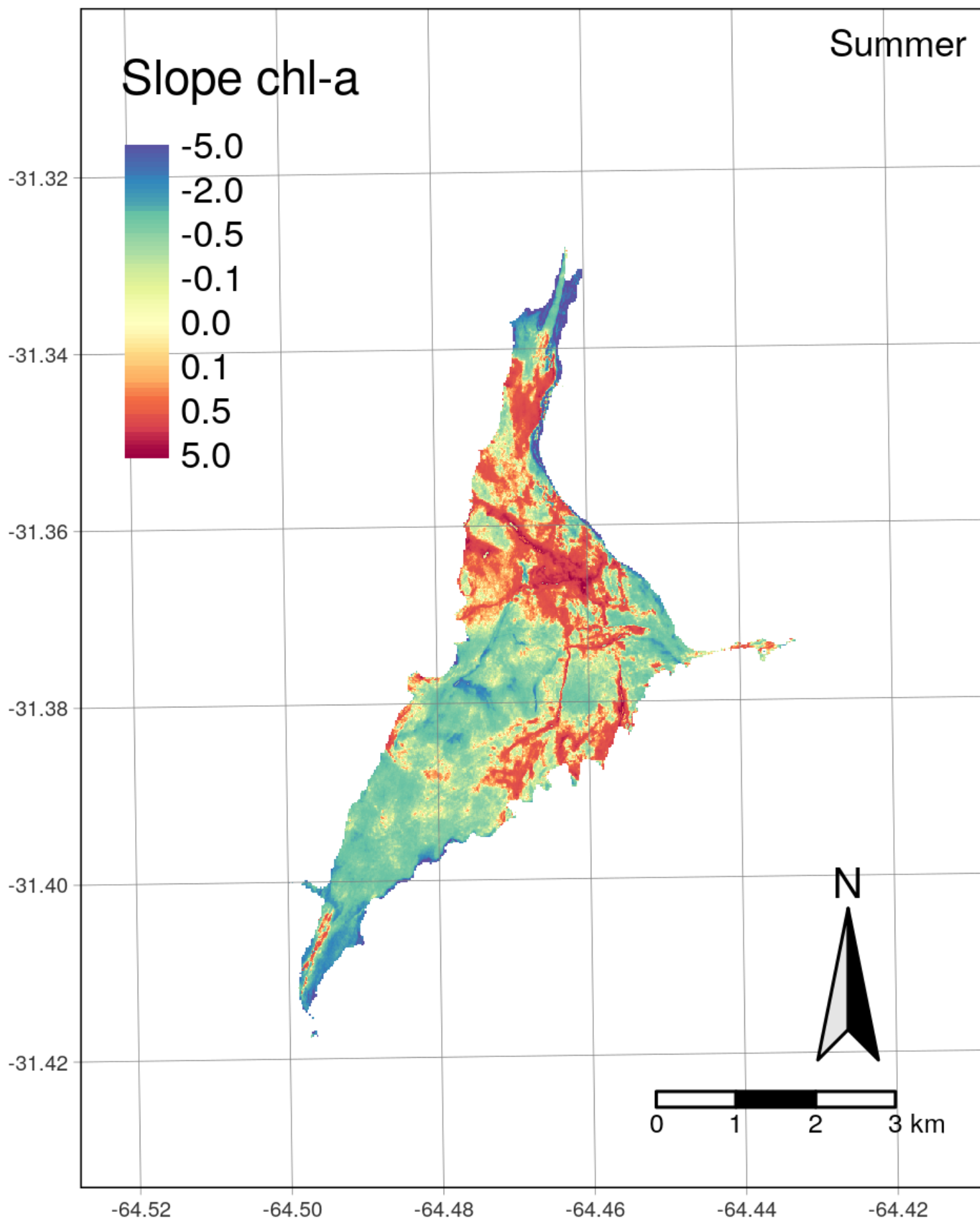
Spring

Slope chl-a

-5.0







Fuente: *Space-time monitoring of water quality in an eutrophic reservoir using SENTINEL-2 data – A case study of San Roque, Argentina.*

Los mapas permiten visualizar la tendencia de concentración de clorofila en el lago San Roque entre 2016-2019, pero segmentado por estación. En los sectores azules y verdes, la tendencia es negativa con el paso de los años; pero en los sectores naranjas y rojos, ocurrió todo lo contrario. En los amarillos, en tanto, los valores de clorofila se mantuvieron estables.

Para Germán, los resultados correspondientes al invierno constituyen otra prueba de que la calidad del agua del embalse está empeorando a nivel general.

Según explica, los valores registrados en esa época del año son una especie de media de lo que ocurre en todo el lago. Como en esos meses el caudal de los cursos de agua que desembocan en él es mucho menor, entonces el grueso de los nutrientes suelen concentrarse en el centro del espejo de agua. Y lo que el gráfico revela es una tendencia creciente de la concentración de clorofila desde 2016 a 2019.

Los mapas de primavera y verano, a su vez, sirven para medir el impacto de los dos principales ríos que desembocan en el lago.

Al respecto, Germán señala que si bien históricamente el río San Antonio ha sido considerado como el principal responsable de la contaminación del embalse, los resultados ahora apuntan al río Cosquín como el más perjudicial. Es justamente lo que revela con mayor claridad el mapa correspondiente a primavera.

“Más allá de las floraciones de algas ocasionadas por los nutrientes transportados por el río Cosquín, el problema mayor es que las corrientes naturales terminan acumulando esos agentes en la zona de la garganta, lo que constituye un problema mayor para la potabilización del agua”, plantea la investigadora.



# Diagnosticar la salud de los lagos desde el espacio

---

El uso de la teledetección para el monitoreo de grandes superficies de agua supone varias ventajas frente a la recolección de muestras en terreno para su análisis en laboratorio, si bien ambas son complementarias.

No solo reduce significativamente el tiempo en la adquisición de datos, sino que posibilita muestreos de gran escala. Por otra parte, el muestreo convencional resulta insuficiente para conocer dónde y cómo están distribuidas las algas en épocas de florecimiento, cuando la presencia y variación de biomasa de fitoplancton es elevada.

¿Cómo distinguen la clorofila los satélites de observación terrestre? En líneas generales, su instrumental está preparado para captar distintos segmentos del espectro electromagnético, tanto en las longitudes de onda visibles para las personas (la luz), como para aquellas que escapan a su visión (como el infrarrojo y el ultravioleta).

Esa información registrada por los satélites permite generar “firmas espectrales”. Son representaciones gráficas de la manera en que los objetos interactúan con la luz. Como cada elemento reacciona distinto, cada uno posee una firma espectral única. De allí que pueda ser posible identificar satelitalmente lagos, cultivos, nieve, etcétera.

La clorofila –y por ende, toda la vegetación– tiene una fuerte absorción del rojo, pero refleja parte del verde y prácticamente todo el infrarrojo cercano (NIR). La razón es simple, el NIR tiene una fuerte carga energética y genera calor en las superficies que lo absorben. De no ser rechazado podría literalmente “quemar” las hojas.

Pues bien, el modelo empírico utilizado en la investigación del Instituto Gulich aprovecha la información que los satélites Sentinel 2 registran en el infrarrojo y el rojo. Primero maximiza la diferencia entre ambos registros, dividiendo el valor de uno por el otro, y luego relaciona directamente ese resultado con una escala de concentración de clorofila.

## Los datos analizados

La fuente principal de información que aprovechó el estudio fueron las imágenes captadas por los satélites de la misión Sentinel 2, entre 2015 y 2019. Se utilizaron 132 escenas, cuyo porcentaje de nubosidad fue menor al 30%, y que fueron sometidos a un proceso de corrección atmosférica.

Las imágenes de Sentinel 2, una misión de la Agencia Espacial Europea, son de uso libre. Tienen mejor resolución espectral (captan más bandas del espectro electromagnético) respecto a otros satélites de observación terrestre, y poseen la definición óptima para lagos interiores, costas y cuerpos de agua relativamente pequeños. Otra de sus ventajas es que pasan por la zona del lago cada cinco días.

Los datos de campo, en tanto, fueron recolectados y generados entre 2016 y 2019, en el marco de un programa impulsado por el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de la provincia de Córdoba.

Se eligieron ocho estaciones de monitoreo, para evaluar el efecto de los sistemas de aireación y a ellas se sumaron otras tres administradas por el Instituto Nacional del Agua (ubicadas en el centro y en la entrada del río San Antonio).

## La publicación científica

**Space-time monitoring of water quality in an eutrophic reservoir using SENTINEL-2 data – A case study of San Roque, Argentina**, publicado en *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, agosto 2021.

Equipo de investigación | Alba Germán<sup>[abc]</sup>, Michal Shimoni<sup>[d]</sup>, Giuliana Beltramone<sup>[a]</sup>, María Inés Rodríguez<sup>[g]</sup>, Jonathan Muchiut<sup>[bf]</sup>, Matías Bonansea<sup>[e]</sup>, Marcelo Scavuzzo<sup>[a]</sup>, Anabella Ferral<sup>[ab]</sup>.

[a] Instituto Mario Gulich (UNC/Conae).

[b] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), Argentina.

[c] Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Humanidades (UNC).

[d] Signal and Image Center, Belgian Royal Military Academy (SIC-RMA), Bélgica.

[e] Instituto de Ciencias de la Tierra, Biodiversidad y Ambiente (ICBIA, Conicet/UNRC).

[f] Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC).

[g] Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA).

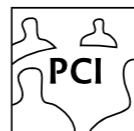


**UNCiencia** es la agencia de comunicación pública de la ciencia, el arte y la tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba. Es una iniciativa de la Prosecretaría de Comunicación Institucional.

✉ [unciencia@pci.unc.edu.ar](mailto:unciencia@pci.unc.edu.ar) | ☎ (0351) 5353730.



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Prosecretaría  
de Comunicación  
Institucional