

Eutrofización en el embalse San Roque y floraciones masivas de cianobacterias. Seguimiento por técnicas geoespaciales

Valeria Amé¹, Anabella Ferra² y Velia Solís³

¹Profesora adjunta del Depto. de Bioquímica Clínica, FCQ, UNC; ² Profesora titular de la Universidad Blas Pascal e integrante del Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich (UNC-CONAE).³ Profesora emérita, FCQ, UNC.

El embalse San Roque es la principal fuente de agua potable para la ciudad de Córdoba y alrededores. Es un área turística de importancia regional ya que miles de personas disfrutan del lago cada verano. Por otra parte, los residentes costeros usan el agua para propósitos domésticos, además de practicar pesca de subsistencia y comercial a pequeña escala. Los ríos y arroyos que desembocan en el embalse aportan una gran cantidad de nutrientes, que han desencadenado, en las últimas décadas, un proceso de eutrofización severo, llegando en ocasiones a la hipereutrofización. Este estado conlleva una alta proliferación de cianobacterias que deterioran la calidad de las aguas del lago, tanto por su sabor y olor, como por la presencia de cianotoxinas.

La eutrofización es un proceso evolutivo, natural o provocado. El primero se desarrolla en el curso del envejecimiento de los lagos, donde los sedimentos se enriquecen progresivamente en materia orgánica proveniente de la putrefacción de detritos animales y vegetales. La acumulación de sedimentos a lo largo de miles de años puede transformar el lago en un pantano y finalmente en una pradera.

El proceso provocado por las actividades humanas (antropogénico), por el contrario, se manifiesta en el curso de pocas décadas, en respuesta a un ingreso sostenido de nutrientes, en particular, las formas asimilables de fósforo y nitrógeno. El problema fue descrito por primera vez en la década de los cuarenta del siglo pasado. Las fuentes más importantes devienen del uso agrícola del suelo, de los líquidos cloacales o aguas residuales de las poblaciones vecinas. La erosión, producto de las malas prácticas de laboreo, de los incendios forestales y de la deforestación, aporta al lago aguas de escorrentía con cantidades crecientes de nitratos solubles y material en suspensión, que arrastra minerales poco solubles de fósforo.

La *eutrofización* puede interpretarse como un aumento de la productividad biológica de los cuerpos de agua, en respuesta a un mayor aporte de nutrientes. Este aumento desmedido de la capacidad trófica desencadena concentraciones de materia orgánica cuya descomposición supera la capacidad de autodepuración aeróbica del lago: se agota el oxígeno disuelto en las aguas y las masas algales se descomponen por putrefacción, con consecuencias deletéreas para el ecosistema lacustre y para el agua como recurso.

Un factor importante: la estratificación térmica

Según la región, la temperatura determina la estratificación térmica estacional: durante la primavera y el verano, se establecen capas de agua con perfiles térmicos distintos. La más fría, de mayor densidad, se ubica en el fondo (hipolimnio); la más cálida flota sobre la anterior (epolimnio) y es agitada por los vientos. Entre ambas capas se encuentra una tercera, la termoclina, con una rápida variación de la temperatura con la profundidad. Mientras dura la estratificación, las aguas de las distintas capas no se mezclan, limitando el intercambio de componentes químicos. Las aguas superficiales se enriquecen con el oxígeno del aire; las del fondo, con sales minerales disueltas desde los sedimentos.

Con la llegada del otoño las temperaturas de las capas se igualan y la estratificación se rompe. Las aguas del fondo ascienden y las superficiales descienden produciéndose un intercambio de compuestos químicos: el mezclado vertical. Las aguas del fondo reciben cantidades importantes de oxígeno disuelto y las aguas superficiales se enriquecen en sales minerales, hasta que, con la llegada de la primavera, se establece una nueva estratificación.

Lagos oligotróficos

Para comprender mejor lo que ocurre en los lagos eutrofizados es útil analizar en primer término los mecanismos de autodepuración en los lagos limpios, oligotróficos. Éstos presentan contenidos de clorofila menores de $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$, lo que indica escasa presencia de algas. Las aguas son transparentes y poseen oxigenación completa todo el año, con desarrollo de peces y otros organismos. Los suelos de la cuenca están preservados por la vegetación, y la erosión es mínima.

La aparición de las algas depende de la disponibilidad de nutrientes, principalmente de fosfatos solubles. Dada la escasísima solubilidad de los minerales de fosfato, en los ambientes acuáticos no contaminados existe una deficiencia crónica de este nutriente, siendo el factor limitante de la producción primaria. Debido a su alto poder de fijación en los suelos, no es arrastrado por las aguas de escorrentía, de modo que las fuentes naturales de fosfato en un lago oligotrófico son los propios sedimentos y el reciclado producido por la descomposición bacteriana.

Las principales formas de nitrógeno asimilables, dada su alta solubilidad, pueden ingresar a los lagos en las aguas de escorrentía y en las lluvias.

Al llegar la primavera, el aumento de la temperatura y de la luz favorece, en las aguas superficiales, el desarrollo de algas unicelulares en función de la disponibilidad de nutrientes minerales, aportados desde el fondo durante el mezclado vertical.

Las algas, aunque limitadas en número, agotan los escasos fosfatos en unas pocas semanas. Luego mueren masivamente, sedimentan, y las aguas recuperan su cristalinidad. Como se mantienen las propiedades oxidantes incluso en las aguas profundas y en los sedimentos, la descomposición de la materia orgánica se desarrolla mediante bacterias aerobias, sin llegar al agotamiento del oxígeno disuelto. Los productos metabólicos de la descomposición aeróbica son sales minerales: sulfatos, nitratos y fosfatos, que se incorporan a las aguas profundas, a la espera de un nuevo mezclado vertical. Los sedimentos mantienen sus contenidos de óxidos insolubles de hierro y de manganeso, que adsorben fosfatos y otros compuestos.

Lagos eutróficos

En el contexto de las consideraciones anteriores, la eutrofización puede considerarse como un desbalance entre la producción primaria y el consumo, con agotamiento del oxígeno disuelto en el hipolimnion. El ingreso continuo de fosfatos solubles al lago desde fuentes exógenas, tales como líquidos cloacales, efluentes de la industria alimentaria, cenizas de incendios forestales, arrastre de sedimentos desde cultivos abonados, entre otros, determina que este nutriente deje de ser el factor limitante de la producción primaria. Las aguas superficiales ya no dependerán del mezclado vertical para acceder a los fosfatos, de modo que las algas proliferan casi sin límites. Los lagos eutróficos presentan una alta velocidad de fotosíntesis en primavera, con contenidos de clorofila entre $5 - 140 \mu\text{g L}^{-1}$ hasta $300 \mu\text{g L}^{-1}$.

La muerte masiva y posterior sedimentación de tantas algas produce una acumulación de materia orgánica cuya oxidación agota el oxígeno disuelto, y las bacterias aeróbicas desaparecen. A partir de entonces el agua del fondo y la ocluida en los sedimentos sirve de medio para múltiples procesos de reducción, catalizados por la nueva población de bacterias anaeróbicas que utilizan nitratos y óxidos

metálicos en lugar de oxígeno. La reducción de los óxidos de hierro y manganeso los transforma en compuestos solubles de Mn(II) y Fe(II), con liberación de los fosfatos adsorbidos. Esto favorece aún más la eutrofización. Gracias a este mecanismo, el problema subsiste durante mucho tiempo después de haberse suspendido la fuente exógena de fosfatos. Aparecen una serie de cambios biológicos y químicos derivados de las condiciones reductoras del fondo, aumento del pH con liberación de amoníaco gaseoso (tóxico para los peces), y en los casos más severos, sulfuro de hidrógeno, aminas y otros compuestos que determinan, junto a otros productos específicos de las algas, la pestilencia de los ambientes costeros.

Floraciones de cianobacterias

No hay dudas de que las algas unicelulares y sus efectos son los protagonistas indeseados del proceso de eutrofización.

A lo largo del año, las comunidades de algas de un cuerpo de agua atraviesan una sucesión natural de dominancia. En general, las diatomeas (Bacilariofíceas) y las algas verdes (Clorofíceas) son predominantes en invierno y primavera. Luego las Clorofíceas extienden su dominio hasta el verano, mientras que al final de esta estación y durante el otoño, la predominancia es de las algas verde-azules (Cianofíceas o Cianobacterias). La eutrofización y, particularmente la hipereutrofización, extienden e intensifican el período de dominancia de Cianofíceas, favoreciendo su crecimiento desmedido, (floreamiento o "*bloom*"). Éstos pueden ser favorecidos por una columna de agua templada estable (estratificación térmica), y valores bajos de la relación N/P, la disponibilidad de CO₂ y las tasas de pastoreo por parte del zooplancton.

Las Cianobacterias son procariotas que tienen el mismo aparato fotosintético de las algas eucariotas y de las plantas superiores. Estos organismos poseen una extraordinaria capacidad de adaptación que les permite dominar en una amplia variedad de ecosistemas, desde océanos oligotróficos hasta lagos eutróficos, y desde los trópicos hasta las regiones polares. Algunas especies son consideradas beneficiosas por sus diversas aplicaciones biotecnológicas (como fuente de sustancias de uso industrial y farmacológico), mientras que otras son conocidas por sus aspectos perjudiciales. Éstos derivan de su capacidad para sintetizar y liberar toxinas (cianotoxinas), o por alterar las características organolépticas del agua al generar compuestos volátiles (geosmina, β metilisoborneol, y otros). Además, la alta biomasa genera problemas estéticos en lagos con fines recreativos. Los vientos suaves las desplazan hacia las costas y bahías, donde forman espumas y despiden olores repulsivos. Además, las espumas pueden albergar patógenos microbianos y disminuir el oxígeno del agua subyacente causando cambios químicos y biológicos significativos como la hipoxia (concentraciones de oxígeno disuelto menores a 4 mg L⁻¹, donde la mayor parte de la fauna acuática se ve afectada), anoxia (no se detecta oxígeno, fatal para peces y crustáceos), generación de sulfuro de hidrógeno tóxico y una liberación acelerada de los nutrientes desde los sedimentos, tal como se explicó anteriormente.

Cianobacterias en el embalse San Roque

Las floraciones de cianobacterias se han registrado en cuerpos de agua eutróficos en todo el mundo. En Argentina, un grupo de investigadores (Pizzolón *et al.*, 1997) identificó y describió los ambientes dulceacuícolas con riesgo de intoxicación con cianotoxinas. El informe menciona al embalse San Roque como uno de los ambientes de mayor riesgo, tanto por la densidad y duración de las floraciones como por el número de personas potencialmente afectadas. Así, el Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua, dependiente de la Subsecretaría de

Recursos Hídricos de la Nación, monitorea e informa mensualmente desde el año 1998 acerca de la situación ambiental observada a campo en el embalse San Roque. (<http://www.ina.gov.ar/cirsa/index.php?cirsa=25>).

Los informes de los últimos meses indican que el embalse presentó una calidad de agua de regular a crítica desde agosto de 2016 (Fig. 1) debido a la presencia de algas, principalmente pirrófitas, *Ceratium* sp., hasta febrero de 2017 y con predominio de cianobacterias, *Microcystis* sp., en marzo de 2017.

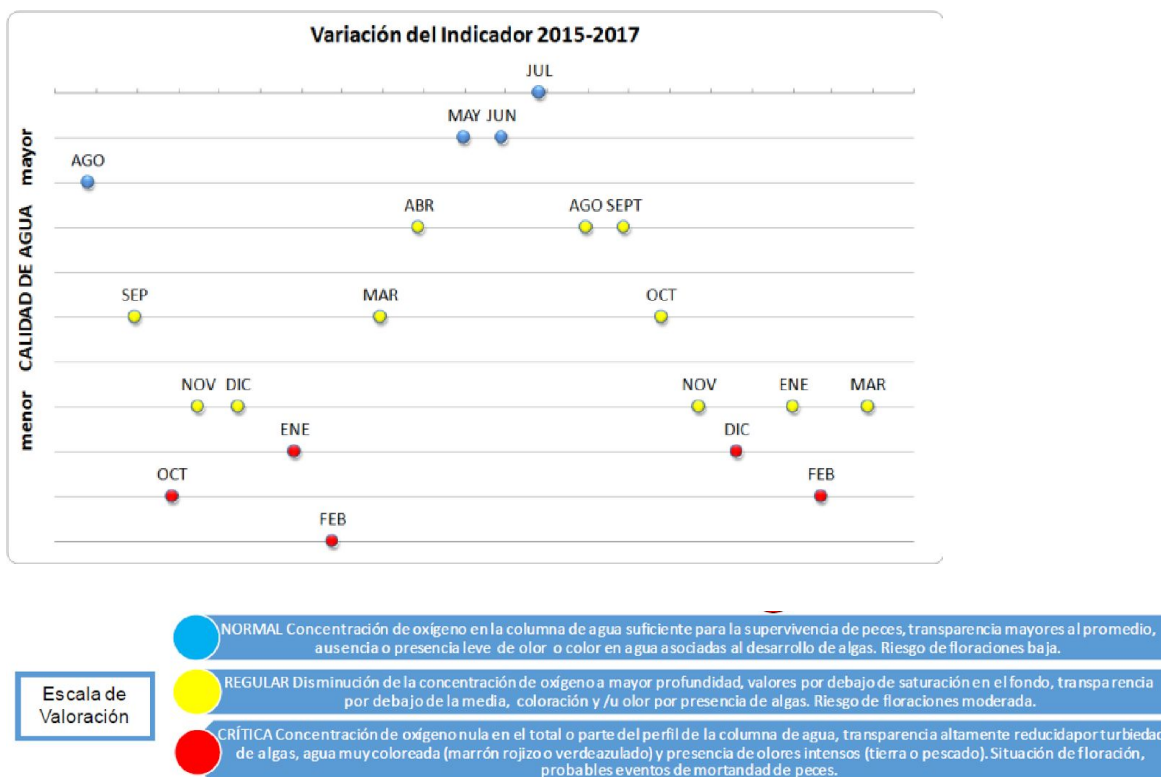


Figura 1: Valoración de la calidad de agua del embalse San Roque (2015-2017) informada por el CIRSA-INA (<http://www.ina.gov.ar/cirsa/index.php?cirsa=26>).

Cianotoxinas en el embalse San Roque

La capacidad de una cepa de cianobacteria para producir toxinas depende de la presencia de genes que codifiquen su síntesis y de ciertas condiciones ambientales que favorezcan su producción. Las cianobacterias pueden generar toxinas de diferentes estructuras químicas, con diversos efectos perjudiciales: daños hepáticos (hepatotoxinas), alteración en el sistema nervioso (neurotoxinas), toxinas irritantes (dermatotoxinas), entre otros. Estas toxinas permanecen en el interior de la cianobacteria mientras está viva, pero podrían liberarse durante su senescencia y muerte. Si bien la intoxicación aguda en humanos es un evento raro, existen evidencias de que exposiciones a bajos niveles de toxina durante largo tiempo (crónicas) podrían promover el desarrollo de cáncer. Las principales vías de exposición a las cianobacterias y a sus toxinas son por contacto directo (piel, mucosas, ojos, oídos), por ingesta de agua, peces de lagos, lagunas o ríos, suplementos dietarios a base de cianobacterias no tóxicas contaminados con cianotoxinas, y por vía inhalatoria durante los deportes náuticos en los que se genera gran cantidad de aerosoles. Según estudios realizados en el embalse San Roque, las floraciones de cianobacterias tienen la capacidad para producir las hepatotoxinas microcistinas y nodularinas, y la neurotoxina anatoxina-a. La época del año con mayor

riesgo de intoxicación corresponde a primavera-verano. Las concentraciones de microcistinas encontradas en agua del embalse superaron en algunos casos los valores aceptables sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la exposición recreativa ($20 \mu\text{g L}^{-1}$). Las concentraciones de microcistinas medidas en músculo de pejerreyes recolectados en el embalse excedieron, también en algunos casos, los valores recomendados los OMS. Por otra parte, la empresa Aguas Cordobesas, responsable de la potabilización del agua del embalse San Roque, incluye en su proceso una predesinfección por ozono para disminuir la cantidad de algas y una posterior desodorización por carbón activado para la eliminación de olores y sabores desagradables. Ambos procedimientos reducirían la concentración de cianotoxinas en caso de estar presentes. La Normas Provinciales de Calidad y Control de Aguas para Bebida establecidas en la resolución 174 del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba publicada el 10 de agosto de 2016, establece como Límite Tolerable Provisional $1 \mu\text{gL}^{-1}$ de microcistina-LR total (suma de microcistina libre e intracelular).

Acciones de mitigación

Enfrentar el problema de la eutofización o hipereutrofización del embalse San Roque es una tarea ardua y compleja, que requiere diferentes acciones: por un lado, continuar y profundizar los estudios geológicos, químicos y biológicos del embalse y su cuenca; por el otro, evaluar la capacidad de respuesta del sistema frente a diferentes acciones. Sobre la base de lo anterior, son necesarias acciones sostenidas en el tiempo, que ataquen las razones de fondo del problema. Una medida a todas luces necesaria es disminuir el ingreso de nutrientes al lago, para lo cual hay que instalar, en las poblaciones de la cuenca, plantas de tratamiento de líquidos cloacales que incluyan la eliminación de fosfatos (tratamientos terciarios).

Otras acciones son tendientes a aumentar la capacidad de digestión de la materia orgánica bajo condiciones de aerobiosis.

Análisis espacio-temporal del efecto del sistema de aireación artificial en el embalse San Roque. Integración de datos decampo y técnicas geoespaciales

Con el fin de favorecer la digestión de la materia orgánica, la provincia de Córdoba, con la ayuda de la Nación, instaló en octubre de 2008 un sistema de aireación artificial. Según los antecedentes, los aireadores favorecen el mezclado de las aguas y aumentan el nivel de oxígeno disuelto consistente en siete aireadores de 1 km de largo cada uno, ubicados a distintas profundidades. Uno en la garganta cerca del vertedero, y siete en las zonas aledañas. Son tubos cribados que liberan en profundidad aire presurizado.

Para controlar la eficacia la de la aireación artificial, tanto espacialmente como en el tiempo, la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba implementó un plan de monitoreo mensual. Su diseño se elaboró en los términos del convenio con la Secretaría de Ambiente de la Nación, y concuerda con el modelo de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense para el monitoreo de lagos con aireación artificial (Ferral, 2013). En el mismo sentido, la provincia firmó con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) un convenio de cooperación para utilizar imágenes satelitales como herramientas de monitoreo. Las técnicas de teledetección aplicadas al estudio de la calidad de las aguas poseen la gran ventaja de proveer una alta cobertura espacial y temporal que de otra manera sería inviable, dada la imposibilidad práctica de realizar un muestreo con alta densidad de puntos en una única jornada de trabajo. Esto es necesario por cuanto la fotosíntesis posee una dinámica circadiana muy sensible a factores ambientales como radiación solar y

temperatura y en consecuencia, los valores de clorofila y variables asociadas como el pH pueden cambiar drásticamente según la hora, la nubosidad, el viento (Estrada and Diaz, 2010; Nimick et al. 2011). Así, la comparación de los resultados obtenidos en un sitio las primeras horas de la mañana no es comparable con los resultados de otro sitio muestreado al medio día. Obtener información espectral simultánea de toda la superficie del lago reduce el margen de error para el estudio de patrones espaciales (Alcántara et al., 2011; Novo and Godoy, 1989), aspecto clave en la evaluación del grado de eutrofización del lago y de los efectos del sistema de aireación artificial.

Las ocho estaciones de muestreo del plan de monitoreo se ubicaron como sigue: tres sobre la zona de los difusores, una en el centro del lago y las otras cuatro sobre puntos periféricos pero alejados de las costas para utilizar en la calibración del análisis satelital.

Se realizó la integración de datos de campo y de técnicas geoespaciales. Para ello se trataron estadísticamente los valores de más de cien variables biogeoquímicas temporales y espaciales, algunas medidas in situ y otras en laboratorio, recolectadas durante tres años, y se asociaron a la información satelital.

Los datos satelitales fueron tomados por el sensor TM (Thematic Mapper) a bordo de la plataforma satelital LANDSAT 5 hasta enero de 1983 y luego se continuaron con el LANDSAT-8 (ambos de la NASA). El sensor detecta la radiancia de las zonas de cobertura satelital a diferentes intervalos de longitud de onda, tres en el visible (azul, verde y rojo) y los restantes en el IR. Las fechas de captación satelital y las de monitoreo de campo fueron coincidentes, para poder elaborar modelos semiempíricos de concentración de clorofila-a y temperatura a partir de datos de radiancia. Además, se analizaron imágenes de verano del período 2004 al 2011 para evaluar los efectos posibles del sistema de aireación.

Se validaron modelos numéricos semiempíricos para la obtención de mapas de clorofila-a y temperatura del embalse a partir de datos satelitales y mediciones de campo.

Según el análisis de estructura de las series temporales tanto de los valores de las variables biogeoquímicas de campo como de los datos satelitales, se distinguen tres zonas bien definidas en el embalse: centro-este (región de difusores), sur, y norte. La zona de los difusores presentó el menor valor promedio de concentración de clorofila-a, 62,7 µg/L, mientras que el mayor, 112,0 µg/L, fue registrado en la zona norte.

En verano se registró estratificación térmica en los ocho sitios, pero la frecuencia de estos episodios fue marcadamente menor bajo la influencia de la aireación artificial. Se modelaron las variables temperatura y logaritmo natural de la concentración de clorofila-a del embalse a partir de datos satelitales, obteniéndose correlaciones muy satisfactorias. Fue posible elaborar mapas de nivel de eutrofización y pudo observarse por primera vez desde el espacio el efecto de la aireación artificial en colores reales.

En la Fig.2 se muestran imágenes satelitales en color real del embalse San Roque correspondientes a enero de 2004 y al 22 de febrero de 2017, donde pueden observarse claramente las masas algales.

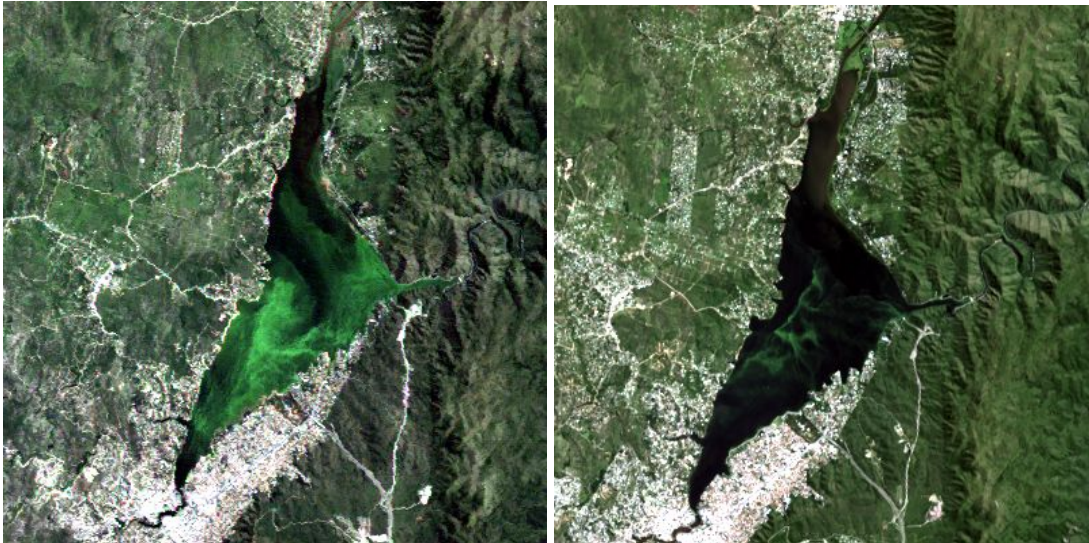


Figura 2: Imágenes satelitales del embalse San Roque adquiridas en: izquierda) enero de 2004 por el sensor “Thematic Mapper” del satélite LANDSAT-5 (combinación 321) y derecha) el 22 de febrero de 2017 por el Sensor “Operational Land Imager” (OLI) a bordo del satélite LANDSAT-8 de la NASA. Composición de bandas rojo, verde y azul (color real). Se observa un fenómeno de explosión algal. El crédito de las imágenes LANDSAT es de “NASA Goddard Space Flight Center and Geological Survey” de los Estados Unidos. El crédito del procesamiento de estas imágenes es del Instituto Gulich, UNC-CONAE.

En la figura 3 se muestra Mapa de nivel de eutrofización del embalse San Roque elaborado a partir de una imagen LANDSAT-5TM de fecha 03-02-2010. Los datos de campo de clorofila-a en $\mu\text{g/L}$ de los distintos sitios de monitoreo para esa fecha son: estación zona sur: 542; la siguiente estación hacia el centro del lago 230; en el centro 61; las dos estaciones sobre los difusores, 30 y 54; y en la zona al norte de los difusores, 58y 49. De acuerdo con el código de colores empleado, el estado del lago es eutrófico e hipereutrófico según las zonas. Las aguas más afectadas son las que corresponden a la desembocadura del río San Antonio.

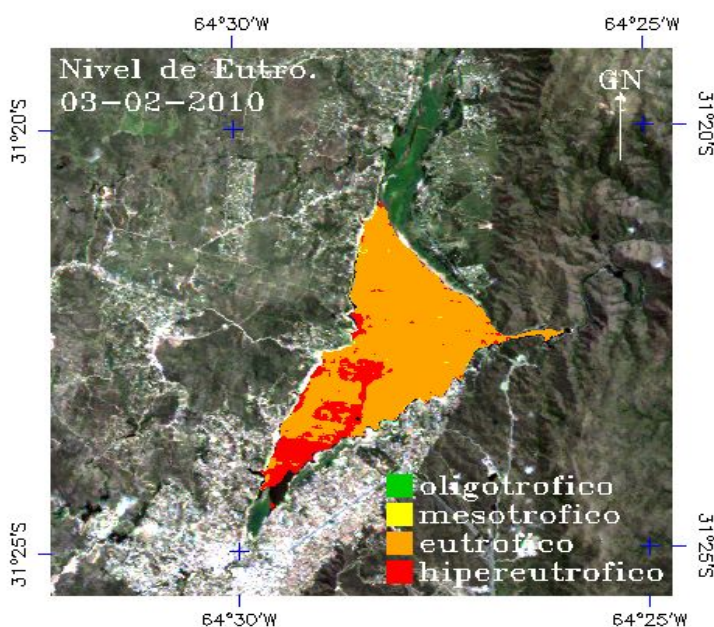


Figura 3: Mapa de nivel de eutrofización del embalse San Roque elaborado a partir de una imagen LANDSAT-5TM de fecha 03-02-2010. Cortesía del Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich (UNC-CONAE).

Las imágenes satelitales evidenciaron efectos benéficos localizados en la zona de los aireadores, que implican el mezclado del agua y una menor prevalencia de biomasa algal, en coincidencia con el análisis de datos de campo. Esto es muy importante ya que habilita a realizar un seguimiento satelital de los cambios térmicos y químicos causados por los aireadores. Sin embargo, estudios de evolución temporal a partir del uso de imágenes TERRA-MODIS, (German et al, 2016) muestran que en promedio la calidad del agua del embalse se está deteriorando con el paso del tiempo. Es decir, que los aireadores por sí solos no alcanzan para frenar el avance de eutrofización.

La disponibilidad de mapas de nivel de eutrofización periódicos puede convertirse en una herramienta de gestión del recurso hídrico importante. Estos permitirán diseñar estrategias de respuesta y alerta temprana a emergencias o evaluar proyectos en marcha, como es el caso del sistema de aireación artificial.

Referencias

- Alcantara, E. et al., 2011. Environmental factors associated with long-term changes in chlorophyll-a concentration in the Amazon floodplain, *Biogeosciences Discussions*, vol. 8, pp. 3739-3770.
- Amé, M.V.; Díaz, M.P.; Wunderlin, D.A. 2003. Occurrence of toxic cyanobacterial blooms in San Roque reservoir (Córdoba – Argentina): a field and chemometric study. *Environmental Toxicology* 18: 192-201.
- Cazenave, J.; Wunderlin, D.A.; Bistoni, M.A.; Amé, M.V.; Krause, E.; Pflugmacher, S.; Wiegand, C. 2005. Uptake, Tissue Distribution and Accumulation of Microcystin-RR in *Corydoras paleatus*, *Jenynsia multidentata* and *Odontesthes bonariensis*. A Field and Laboratory Study. *Aquatic Toxicology* (2005) 75: 178-190.
- Estrada, V and Diaz, M. S. 2010. Global sensitivity analysis in the development of first principle-based eutrophication models, *Environmental Modelling and Software*, vol. 25, pp. 1539-1551.
- Ferral, A. 2013. Análisis espacio-temporal del efecto del sistema de aireación artificial en el Embalse San Roque. Integración de datos de campo y técnicas geoespaciales, Tesis de Maestría. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, UNC.
- Galanti, L.N.; Amé, M.V.; Wunderlin, D.A. 2013. Accumulation and detoxification dynamic of cyanotoxins in the freshwater shrimp *Palaemonetes argentinus*. *Harmful Algae* (2013) 27: 88-97.
- Gianuzzi L. 2011. Cianobacterias como Determinantes Ambientales en la Salud, 1a ed., Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación, 160 pp.
- Germán, A., Tauro, C., Andreo, V., Bernasconi, I., & Ferral, A. (2016, June). Análisis de una serie temporal de clorofila-a a partir de imágenes MODIS de un embalse eutrófico. In *Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, 2016 IEEE (pp. 1-6). IEEE.
- INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida. Informe mensual de monitoreo embalse San Roque. <http://www.ina.gov.ar/cirsa/index.php?cirsa=26>
- Nimick, D. A., Gammons C. H, and Parker, S. R. 2011. Diel biogeochemical processes and their effect on the aqueous chemistry of streams: A review, *Chemical Geology*, vol. 283, pp. 3-17.
- Novo, E. M. and Godoy M.Jr., 1989. Eutrophication assessment through remote sensing techniques, Technical report, INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), Sao Paulo, Brasil, pp. 2825-2828,
- Ruiz, M.; Galanti, L.N.; Ruibal, A.L.; Rodriguez, M.I.; Wunderlin, D.A.; Amé, M.V. 2013. First report of microcystins and anatoxin-a co-occurrence in San Roque reservoir (Córdoba-Argentina). *Water, Air and Soil Pollution* 24 (6), Art. N° 1593.