

///...4 cont. Resolución N° 385/(DFFSyS)

Expediente N° 1885/330-C-2026.

ANEXO I

Informe Preliminar: Muestreo Ficológico – Embalse Escaba

Investigadoras: Dras.: María de los Ángeles Taboada, María Soledad Bustos Instituto de Ecosistemas de Aguas Continentales-Fundación Miguel Lillo

Fecha de muestreo: 01/09/26

Ubicación: Embalse Escaba, Provincia de Tucumán, Argentina

Metodología de Muestreo

Se realizó un relevamiento y toma de muestras ficológicas en 4 sitios del Embalse Escaba:

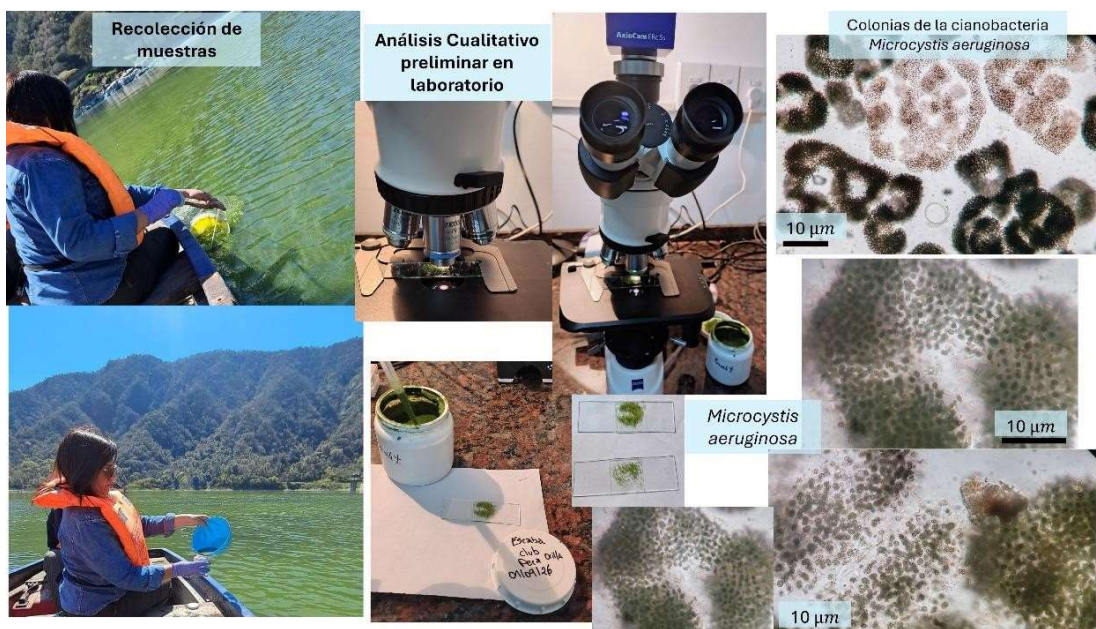
- a) Costa del Club Náutico
- b) Desembocadura del Río Singuil
- c) Desembocadura del Río Chavarría
- d) Zona Limnética (Murallón)

Se observó a simple vista una notoria floración algal (proliferación cianobacteriana / *bloom*). La coloración del agua presentó un verde intenso ("lodo verde") con formación de natas o espumas conspicuas acumuladas por acción del viento hacia las zonas someras de la orilla.

Se recolectaron muestras cuantitativas mediante colecta directa en frascos plásticos estériles a capa superficial (0-20 cm). Para el análisis cualitativo, se utilizaron redes de fitoplancton de 20 µm de poro mediante arrastres superficiales, ambos tipos de muestras fueron fijadas con formaldehído al 4.

Resultados Preliminares del Análisis Cualitativo

Se realizaron observaciones al microscopio óptico (40x y 100x) y se registraron microfotografías. Se determinó la presencia dominante de la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846 (Orden Chroococcales, Familia Microcystaceae).



**///...5 cont. Resolución N° 385/(DFFSyS)
Expediente N° 1885/330-C-2026.**

Caracterización Morfológica y Ecológica

Microcystis se caracteriza por formar colonias amorfas compuestas por numerosas células esféricas o subesféricas (3,5-6,5 µm de diámetro), embebidas en una matriz mucilaginosa incolora y difluente. Se observó en las células una elevada densidad de aerótopos (vesículas de gas), que les otorgan flotabilidad positiva. Esta propiedad eco-fisiológica les permite regular su posición vertical en la columna de agua, migrar hacia la superficie en condiciones de estancamiento y poder ubicarse en la zona fótica (más iluminada), superando competitivamente a las microalgas eucariotas (p. ej. diatomeas y clorófitas).

Posibles causas que producen la aparición de las floraciones

La formación y mantenimiento de la floración de *Microcystis aeruginosa* en el Embalse Escaba responde a la interacción sinérgica de múltiples variables fisicoquímicas, hidrológicas y antropogénicas, entre ellas se pueden mencionar:

Carga alóctona de Fósforo (P) y Nitrógeno (N): El aporte continuo desde la cuenca de drenaje, a través de las desembocaduras de los ríos Singuil y Chavarría, introduce nutrientes de origen difuso (escorrentía agrícola, fertilizantes).

Carga autóctona (Ciclado interno de P): Durante eventos de anoxia o hipoxia en el sedimento del fondo, el fósforo retenido en los complejos de hierro y manganeso se solubiliza y vuelve a la columna de agua, favoreciendo la proliferación de las cianobacterias.

Estabilidad de la columna de agua y estratificación térmica: La presencia de períodos prolongados de calma (baja velocidad del viento) y alta radiación solar incrementa la temperatura de la capa superficial del agua, lo que favorece la tasa de división celular de *M. aeruginosa*.

Tiempo de residencia hidráulico elevado: La disminución del caudal de entrada y el estancamiento relativo del agua en el embalse otorgan la estabilidad física necesaria para que las colonias se mantengan en superficie gracias a sus vesículas de gas sin ser arrastradas por la corriente.

Riesgos Ecotoxicológicos y Sanitarios

La dominancia de *Microcystis aeruginosa* representa un riesgo limnológico y de salud pública debido a su capacidad intrínseca de sintetizar cianotoxinas, principalmente Microcistinas (MC-LR y congéneres).

- **Hepatotoxicidad:** algunas microcistinas son hepatotoxinas peptídicas cíclicas que inhiben selectivamente las proteíno-fosfatasas PP1 y PP2A en los hepatocitos, desencadenando estrés oxidativo, desagregación del citoesqueleto, hemorragia hepática interna y potencialmente choque hipovolémico en casos agudos.

///...6 cont. Resolución N° 385/(DFFSyS)

Expediente N° 1885/330-C-2026.

- **Potencial Carcinogénico:** Se las clasifica como promotoras de tumores hepáticos y gastrointestinales por exposición crónica a bajas dosis (vía ingestión de agua no tratada o inhalación de aerosoles).
- **Impacto Ecológico:** La senescencia (muerte) y colapso celular masivo del *bloom* desencadena procesos de desintegración bacteriana que consumen oxígeno disuelto, pudiendo generar eventos de anoxia profunda en el hipolimnion con el consiguiente riesgo de mortandad masiva de la ictiofauna local.

Con el fin de obtener un diagnóstico integral y preciso del estado trófico del Embalse Escaba, así como de evaluar la magnitud de la floración, se informa que se encuentran actualmente en ejecución las siguientes etapas analíticas:

- **Cuantificación Celular y Biovolumen (Técnica de Utermöhl):** Se está llevando a cabo el recuento de células y la determinación de la densidad poblacional (células/mL y biovolumen en mm³/L) utilizando cámaras de sedimentación de Utermöhl bajo microscopio óptico invertido. Esto permitirá establecer si las concentraciones superan los umbrales de alerta sanitaria definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas de recreación y consumo.
- **Integración de Variables Fisicoquímicas y Nutrientes:** La SEMA tomo datos fisicoquímicos y nutrientes los cuales serán procesados junto con la información biótica, dentro de lo que se tendrá en cuenta:
 - ✓ **Nutrientes mayores:** Determinación de formas disueltas e inorgánicas de nitrógeno (N-NH^+ , N-NO_3^- , N-NO_2^-), Nitrógeno Total (NT), Ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) y Fósforo Total (PT) para evaluar el grado de eutrofización y la relación estequiométrica de N:P.
 - ✓ **Parámetros limnológicos estándar:** Medición de transparencia (disco de Secchi), oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y turbidez.
 - ✓ **Pigmentos fotosintéticos:** Cuantificación de Clorofila-*a* y Ficocianina como estimadores indirectos de la biomasa fitoplanctónica.

Recomendaciones y Acciones Inmediatas

1. **Determinación de Cianotoxinas:** Realizar análisis inmunoensayo (ELISA) o Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC-MS) para confirmar la presencia y concentración de Microcistina-LR en fase disuelta y celular.

///...7 cont. Resolución N° 385/(DFFSyS)

Expediente N° 1885/330-C-2026.

2. **Restricción de Uso:** Informar a la autoridad de aplicación la necesidad de suspender preventivamente actividades recreativas con contacto directo (natación, deportes náuticos) en la zona del Club Náutico y áreas de acumulación de nata, así como restringir la extracción de agua para consumo sin el tren de tratamiento fisicoquímico adecuado (carbón activado o procesos de oxidación avanzada).

Perspectiva del Diagnóstico Final

La integración de los parámetros biológicos (abundancia de *Microcystis aeruginosa*) con la matriz fisicoquímica y las condiciones hidrodinámicas del embalse brindará un panorama ecológico completo y holístico de la dinámica y estructura del embalse Escaba. Dichos resultados formarán parte del Informe Técnico Final, permitiendo definir con precisión el nivel de riesgo ecotoxicológico y sugerir medidas de mitigación o manejo adaptativo a las autoridades de aplicación correspondientes.