

POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO DE LAS AGUAS DEL  
"LAGO DEL PARQUE GENERAL BELGRANO" (Prov. Santa Fe)\*

Federico Emiliani\*\*

RESUMEN

Luego de explicar las principales causas que producen la eutrofización de los cuerpos de agua, el autor señala los problemas actuales y potenciales de los florecimientos algales en el Lago del Parque Belgrano. Finalmente, menciona y discute las medidas correctivas, de efecto transitorio y duradero, que se pueden aplicar para el mejoramiento de la calidad del agua del mencionado balneario.

SUMMARY

Possibility to improve water quality of the  
"Parque Belgrano" pond.

A research team (Instituto Nac. de Limnología, Sta. Fe, Argentina) investigated during the last two years the eutrophic pond from the "Parque Belgrano". They identified the causes which originate periodic algal blooms. They also reported the qualitative and quantitative composition of algal bloom and their possible present and future impacts in the recreational use of the pond.

The relevant aspects of the above mentioned investigations are present in this paper. Further, the possible corrective measures -with transitory and/or lasting effects- to improve the water quality of the pond are discussed.

\* Presentado en la Reunión de Comunicaciones y Trabajos Científicos del 14/XI/75.

\*\* Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, en el Instituto Nac. de Limnología (Santo Tomé, Sta. Fe)

## INTRODUCCION

El envejecimiento acelerado (o "eutrofización") de numerosos lagos y embalses, dispersos por todo el mundo, constituye un grave problema. Ese envejecimiento es consecuencia de la hiperfertilización ocasionada, a menudo, directa o indirectamente, por la actividad del hombre ... y a su inactividad para remediarla.

La eutrofización es, básicamente, un proceso químico al que se le asocia, de inmediato, una reacción biológica que da lugar a un incremento de la producción algal. Este desarrollo de productos primarios, puede verse afectado a su vez, por factores biológicos, como por ejemplo la predación por otros organismos; químicos, como ser la acidez del agua; físicos, como lo son la temperatura y la intensidad de la luz. Sin lugar a dudas, los problemas de eutrofización son de naturaleza compleja.

Como evidencia del estado eutrófico de un cuerpo de agua, comunmente se observan en él cantidades tan grandes de algas que el agua toma un visible color verde; tal situación se describe como un "florecimiento algal". Su aparición durante los meses cálidos del verano ha sido mencionada hace más de cien años en la literatura mundial; en nuestro país, los primeros registros datan de aproximadamente diez años. Por lo general, antiguamente no fue causa de preocupación alguna debido a que estos desarrollos extraordinarios de algas solamente eran aparentes durante breves períodos y no alcanzaban las proporciones de hoy en día. El incremento de la frecuencia de estos fenómenos en todo el mundo muestra una correlación con el aumento de la población, industrialización y urbanización.

La eutrofización es económicamente importante porque produce el deterioro de la calidad y del uso potencial del cuerpo de agua. Esto explica el interés internacional sobre el problema, lo que ha estimulado diversas e importantes investigaciones sobre la naturaleza y las causas de este proceso, incluyendo el desarrollo de variadas técnicas de prevención y control.

De los estudios realizados en estos dos últimos años en el Lago del Parque Belgrano y de la experiencia que se ha cosechado en el exterior, se pueden extraer principios básicos elementales, es decir que se dispone de un punto de partida para entrar en acción. Pero esta acción debe desarrollarse con cautela pues se debe tener presente que los lagos no son ecosistemas sencillos y la habilidad para predecir la respuesta de un sistema acuático a los variados tratamientos posibles, todavía es muy limitada, aún en los países más desarrollados. Con respecto al aprovechamiento de la experiencia lograda por otros países se debe recordar que cada lago tiene su propia "personalidad", lo que a veces puede frustrar cualquier intento de transferir los resultados obtenidos en un lago a otro que pareciera tener problemas similares.

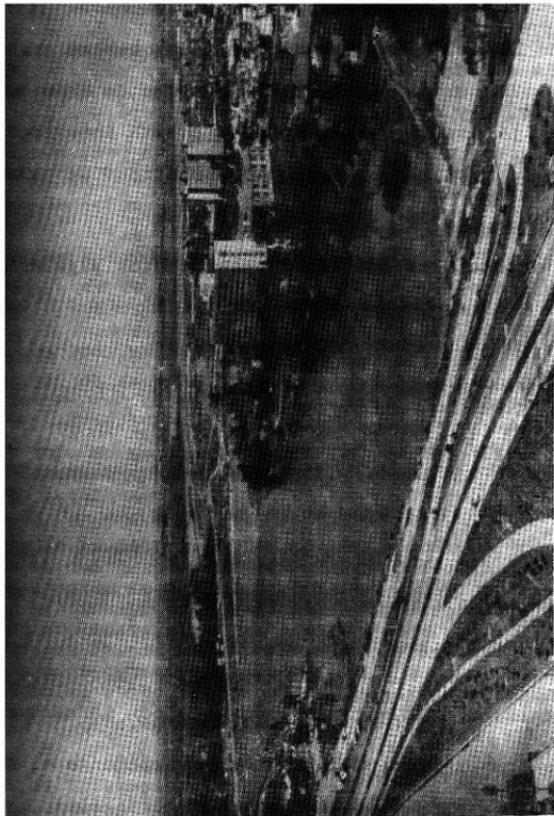


Figura n° 1. Vista panorámica del Lago del Parque General Belgrano;  
en la parte superior se puede distinguir el río Santa Fe  
(foto: Jorge Casabianca)

También existen problemas de tiempo en los programas de rehabilitación: la población quiere una ejecución rápida y resultados inmediatos. Esto raramente es factible pues es necesario acumular, previamente, una buena cantidad de información para formular luego un plan de trabajo bien fundamentado, cuyo cumplimiento recién entonces otorgará la experiencia necesaria para atacar eficazmente el problema.

La inquietud de la población crecerá a medida que los signos de deterioración de la calidad del agua sean cada vez más frecuentes y más manifiestos. Las orillas cubiertas de masas de algas malolientes en descomposición y de peces muertos, provocará una fuerte reacción en la opinión pública. Para responder a esta inquietud para prevenirla, los gobiernos deberán destinar a la preservación del medio natural fondos públicos y privados y cantidad de personal técnico y laboral cada vez más importante.

#### Problemas actuales y potenciales de los florecimientos algales en el Lago del Parque Belgrano

Pueden ser resumidos en seis puntos:

- 1.- Ciertas especies de algas son productoras de sustancias tóxicas bajo determinadas condiciones ambientales. A pesar de las investigaciones realizadas en diversos países, esos factores permanecen desconocidos.
- 2.- El florecimiento algal confiere al agua un gusto y un olor característico, sea por las algas en desarrollo o en descomposición, debido, principalmente, a la formación de *isopropyl mercaptano*.
- 3.- La descomposición de los florecimientos algales produce el agotamiento del oxígeno disuelto en el agua como resultado de una actividad bacteriana intensa. Durante el día, el oxígeno es producido fotosintéticamente por las algas, pero durante la noche, el consumo de este elemento puede ser tan elevado que puede observarse, a la madrugada, una mortandad de peces; especialmente después de días calmos y nublados. Sin embargo, en muchos casos no se ha podido asegurar si la muerte de peces es debido a las toxinas algales o a la asfixia producida por la carencia de oxígeno.
- 4.- Densos florecimientos algales pueden afectar seriamente el uso recreativo del cuerpo de agua. Estorban a cualquier tipo de deporte náutico y, en el caso de la natación por ejemplo, no solamente resulta desagradable sino que también no es saludable en esas condiciones, pues se pueden producir síntomas de dermatitis.

- 5.- También se han registrado, en otros países, casos de gastroenteritis como resultado de beber agua que contiene grandes cantidades de algas verde-azuladas.
- 6.- Las floraciones algales crean, desde el punto de vista turístico, problemas antiestéticos por el cambio que sufre la laguna; ésta se torna de color verde, maloliente, se reduce el espacio de playa utilizable y hace -en definitiva- desagradable la permanencia cerca del lugar.

### Posibilidades de mejoramiento

Los intentos para restaurar el Lago del Parque Belgrano pueden agruparse en soluciones de corto alcance (o transitorias), y soluciones duraderas.

Las soluciones transitorias son numerosas; citamos algunas como ejemplo:

- 1.- Uso de alguicidas, sea para matar las algas, para detener su desarrollo o causar un cambio de la comunidad fitoplanctónica favoreciendo a las más deseables (o, por lo menos, a las menos perjudiciales). Aconsejamos iniciar los ensayos con los compuestos de cobre debido a su especificidad contra las cianofitas. La efectividad de este compuesto ya ha sido demostrada en muchos países, pero en el caso particular del Lago del Parque Belgrano aún se deben realizar investigaciones sobre los efectos colaterales que pueden ocasionar sobre la vida acuática. Su aplicación deberá realizarse con cautela, teniendo en cuenta -además- las características físicas y químicas del agua y las especies y número de algas presentes.
- 2.- Los métodos de oxigenación o mezclado del agua necesitan una mayor investigación, pues los resultados obtenidos en diversas partes del mundo son aún contradictorios. Uno de los efectos de esta operación es la posibilidad de reducir la alcalinidad; ésto es interesante pues las cianofitas no son capaces de competir exitosamente con las algas verdes en aguas con un pH inferior a siete.
- 3.- En otros países, se está investigando la posibilidad del uso de agentes biológicos -virus cianófagos- que atacan esas algas.

Sin embargo, los expertos en manejo de lagos están de acuerdo en señalar que solamente las técnicas empleadas para limitar los nutrientes pueden resolver la esencia del problema. En otras palabras, el método que brinda resultados duraderos para el control de las algas indeseables, consiste en prevenir o restringir el flujo de nutrientes vegetales a las aguas mediante el control o la eliminación de las fuentes de esos nutrientes. En contraste, las otras

técnicas empleadas para el manejo de las consecuencias del envejecimiento de los lagos, pueden considerarse como cosméticos en su naturaleza: deben aplicarse todos los días para disimular la juventud perdida.

Algunas de estas medidas radicales ya fueron dadas a conocer por nosotros en forma oficial a través de los medios de difusión locales. En aquel entonces se sugirió establecer una efectiva renovación del agua a fin de disminuir su tiempo de permanencia en el lugar y desviar las descargas pluviales que se vierten en el lago y, como medidas más bien estéticas, se aconsejó la remoción de las algas que se acumulaban sobre la orilla de las playas y de las algas neustónicas. Lamentablemente, por razones económicas, las personas autorizadas para el manejo del lago, no pudieron concretar ninguna de esas sugerencias (excepto la eliminación de las algas por métodos manuales).

"A posteriori" de esas publicaciones comprobamos, en sencillos ensayos de laboratorio, la eficacia del cobre quelatado para combatir los florecimientos de cianofitas en las aguas del Parque Belgrano. En este caso, el uso adecuado y parcializado de alguicidas proveerá un remedio transitorio para el período estival, útil si éste es el único objetivo económicamente posible y si se comprueba que no afecta a las especies no perjudiciales, las que constituyen la vida del lago.

Además de los desagües, los sedimentos actúan también como proveedores de nutrientes a las aguas que los cubren. Por eso, su remoción puede ser un medio para revertir o desacelerar su "status" trófico, si se descubre un estrato que contiene o que libera una cantidad apreciablemente menor de nutrientes. El lago Trummen (Suecia) constituye un ejemplo de los efectos benéficos del dragado, pues los resultados obtenidos hasta la fecha indican que el proyecto fue altamente satisfactorio. Aún si el dragado no causa en forma directa una reducción en la carga de nutrientes, por remoción de capas ricas en elementos nutritivos y la consiguiente exposición de un estrato más pobre, subsiste la interesante posibilidad de reducir los nutrientes por vía física. Si un lago no estratificado puede profundizarse lo suficiente como para permitir la formación de una termoclina estable, el reciclado de nutrientes a la zona fótica, puede disminuir sustancialmente. Sin embargo, a menos que se establezca una meromixis, los nutrientes "atrapados" en el hipolimnion, se vuelven aprovechables durante los períodos de mezcla completa. Los efectos del dragado pueden ser sin embargo, dañinos y a veces exceden a cualquier beneficio asociado a la reducción de nutrientes o a su reciclado. Esta operación crea una turbiedad anormal durante los trabajos; la agitación y la suspensión de los sedimentos puede incrementar, temporariamente, la velocidad de liberación de nutrientes y la velocidad de consumo de oxígeno. Otro caso perjudicial sería si se remueven sedimentos que posean una

granulometría formada por elementos finos, es decir con una capacidad de adsorción grande y se dejan expuestos sedimentos de granos gruesos. De esta manera se provoca una disminución de su capacidad amortiguante o "tampón" a cambios externos en la carga de nutrientes.

En el Parque Belgrano no conocemos las características físicas y químicas de los sedimentos por debajo de los 12-20 cm, por el tipo de muestreador que fue posible utilizar. Pero hasta la máxima profundidad señalada, puede ser aconsejable el dragado pues hay una decreciente concentración de nutrientes; las características granulométricas no parecen diferir grandemente, pero es necesario realizar el análisis físico correspondiente. De todas maneras, antes de adoptar una decisión sobre esa operación es necesario llegar a mayores profundidades y realizar un muestreo más extenso, abarcando un gran número de puntos en los diferentes niveles batimétricos.

Pero el mayor obstáculo serán los costos. En Estados Unidos, por ejemplo, éstos varían entre 0,06 a 1,93 dólar por cada metro cúbico removido. Si en Santa Fe los costos fueran similares, para remover los sedimentos del Lago del Parque Belgrano hasta una profundidad de medio metro, por ejemplo, el costo aproximado sería de 50.000 dólares.

## CONCLUSIONES

Con los medios humanos y materiales disponibles hasta la fecha, se han podido realizar los estudios básicos para identificar la causa, los efectos actuales y potenciales de los florecimientos algales y su naturaleza. Estos datos son imprescindibles para tratar de atenuar el creciente grado de eutrofia de las aguas del Lago del Parque Belgrano.

De esos estudios ha surgido la posibilidad de adoptar diversas medidas, transitorias o duraderas, para mejorar las aguas de esta laguna. Nosotros hemos sugerido que primero hay que eliminar la fuente original de eutrofización; de lo contrario, las técnicas de destratificación, control biológico, dragado, cosecha, recubrimiento plástico de los sedimentos, aplicación de alguicidas o floculantes, no mejorarán en forma definitiva la calidad del agua. Una vez que la fuente de enriquecimiento de nutrientes en el lago ha sido eliminada, entonces sí se podrá considerar la elección y la experimentación de esas técnicas.

Pero, para todo esto, es necesario un apoyo económico de tal magnitud que permita la contratación de personal técnico especializado, de asesores científicos y la adquisición de los materiales para la experimentación. Sin esta provisión de recursos económicos, obviamente no se podrá concretar la puesta en marcha de ningún proyecto que trate seriamente de solucionar los problemas expuestos.

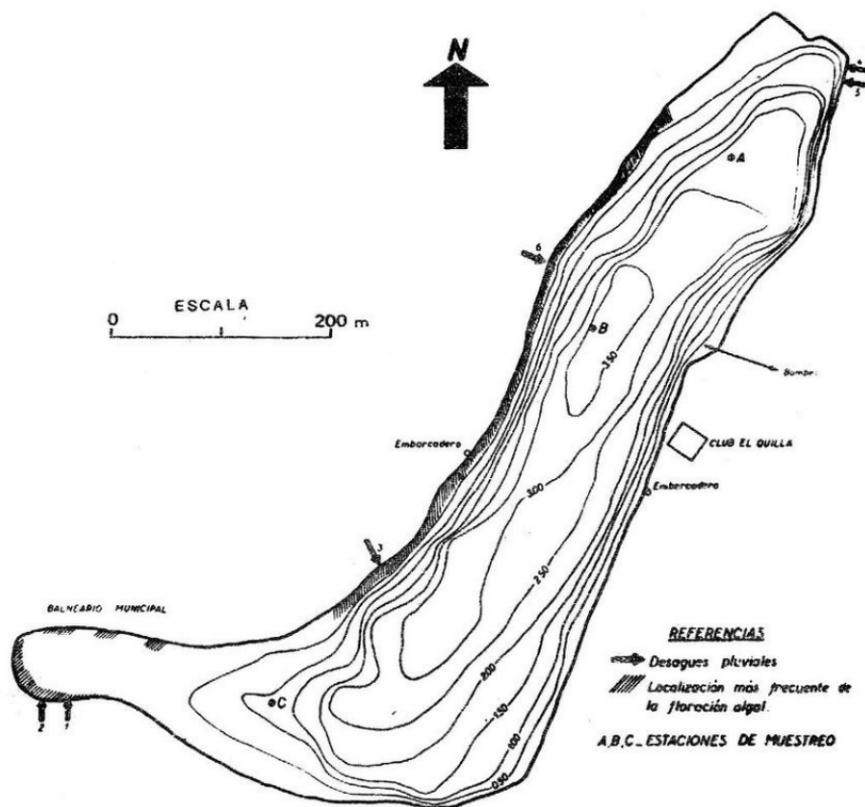


Figura n° 2. Mapa batimétrico del Lago del Parque Gral. Belgrano. La equidistancia de las isobatas es de 0,5 m; la capacidad máxima del Lago es, aproximadamente, 240.000 m<sup>3</sup> y la superficie correspondiente supera los 140.000 m<sup>2</sup> (Mapa relevado por Pedro J. Depetris y Martín H. Iriondo).

## GLOSARIO\*

**ALGICIDA:** Compuesto químico, orgánico o inorgánico (o mezcla de ambos) que, a determinada concentración produce la muerte de las algas. Su susceptibilidad es muy variable y -además- depende de diversos factores ambientales.

**BATIMÉTRICOS (niveles):** Curvas que unen los puntos que se encuentran a la misma profundidad (isobatas).

**CIANOFITAS:** Algas de color azul oscuro. También se las conocen bajo el nombre de "algas verde-azules". Corresponden a una clase de algas de la división de los esquizófitos. Los bacteriólogos prefieren agruparlas dentro de las "cianobacterias"

**COBRE-QUELATADO:** Algicida a base de cobre y un compuesto orgánico de naturaleza variable. Mantiene al cobre en suspensión aún en aguas "duras".

**DERMATITIS:** Inflamación de la piel.

**FITOPLANKTON:** Conjunto de algas acuáticas que se encuentran en suspensión durante una parte o toda su vida.

**FÓTICA (zona):** Capa de agua, de variado espesor, hasta donde penetra la luz necesaria y suficiente para la fotosíntesis algal.

**GRANULOMETRÍA:** Es la agrupación, por tamaños, de partículas minerales. A veces, se incluyen los fragmentos gruesos, pero en rigor sólo se deben tomar en cuenta como "fracciones" las partículas menores de 2 mm de diámetro.

**HIPOLÍMNION:** Capa de agua profunda que se mantiene estancada; está comprendida entre la termoclina y el fondo del lago (sedimento).

**MEROMIXIS:** Propiedad de los lagos meromícticos. Sus aguas sólo se mezclan parcialmente durante la época de circulación. Las capas de agua, en lagos que no presentan meromixis, se mezclan continuamente o por lo menos durante las estaciones frías del año.

**NEUSTONICAS (algas):** Conjunto de algas que flotan en la película superficial del agua.

\* Un glosario más amplio puede consultarse en las siguientes publicaciones: RINGUELET, R.A.-1962. Ecología acuática continental. Eudeba, Bs.As. (140 p); SELVA-ANDRADE, C.-1976. Vocabulario de ecología. Albatros, Bs.As. (en prensa) y ANÓNIMO.-1972. "Glossary of Environmental Terms. Coop. Ext. Service, Washington (12 p).

**RECICLADO (de nutrientes):** Reorganización de los elementos. A través de los diferentes ciclos biológicos, los elementos químicos van formando parte de diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos, dentro o fuera de los organismos. La velocidad con que esos elementos renuevan su ubicación se le llama tasa de renovación o "turn-over".

**TERMOCLINA:** Máximo descenso de temperatura en la masa de agua de un lago y que determina la capa de salto térmico. En ésta, la temperatura desciende 1°C por cada metro de profundidad. Las termoclinas tienen gran importancia en ecología acuática. Por razones muy diversas sirven de referencia al movimiento y a la acumulación de muchos organismos. Una termoclina no sólo tiene importancia por ser el lugar de un fuerte gradiente, sino que también es un lugar de difusividad vertical disminuida y difusividad horizontal aumentada.

**TROFICO ("status"):** Capacidad para producir nutrientes aprovechables por los organismos acuáticos.

#### Lista de trabajos realizados sobre el "lago del Parque General Belgrano"

- APESTEGUIA, C.-1976. Estimación de la producción primaria mediante variaciones diarias de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el Lago del Parque Gral. Belgrano (inédito).
- APESTEGUIA, C.; J.M. MARTA y M.O. GARCIA de EMILIANI.-1974. Floración acuática de algas verde-azules en el Lago del Parque Belgrano (Sta.Fe). *Temas de Salud*, 1 (2): 1-20.
- APESTEGUIA, C. y J.M. MARTA.-1976. Características físico-químicas de un pequeño cuerpo de agua eutrófico (inédito).
- EMILIANI, F.-1976. Reciclado de nutrientes en los sedimentos de un cuerpo de agua eutrófico (inédito).
- EMILIANI, F. y R.C. RODRIGUEZ.-1974. Control de las floraciones algales (1ra. nota). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Lit.* (5): 99-126.
- EMILIANI, F. et al.-1976. Control de las floraciones algales (2da. nota). Inédito.
- GARCIA de EMILIANI, M.O.-1976. Sistemática y variaciones diurnas cuali y cuantitativas del fitoplancton en el Lago del Parque Gral. Belgrano (Sta.Fe), *Physis*, 53 (90): en prensa.
- GARCIA de EMILIANI, M.O.-1976. Ciclo anual del fitoplancton del Lago del Parque Gral. Belgrano (Sta.Fe). Inédito.
- JOSE de PAGGI, S.-1976. Distribución temporal y espacial del zooplancton en un cuerpo de agua eutrófico (inédito).