

**ESTADO TROFICO DE LA LAGUNA DE SAN MIGUEL DEL MONTE (PDO.  
SAN MIGUEL DEL MONTE, BUENOS AIRES)**

N. GABELLONE, N. SOLARI, M.C. CLAPS, M. MAC DONAGH<sup>2</sup>, M.  
ARDOHAIN, H. BENITEZ y G. RUIZ

Instituto de Limnología "Dr. R. Ringuelet"  
Av. Calchaquí km 23,5, 1888 Florencio Varela, Buenos Aires

**ABSTRACT**

The purpose of this paper was to determine the trophy status of San Miguel del Monte pond because eutrophication produces increase of turbidity, depletion of dissolved oxygen and alteration of aquatic communities) and the consequent decrease of water quality. The samples were taken monthly (9/97-8/98) analysing physical and chemical characteristics of water and plankton community. The trophic status was determined by means index, planktonic structure and the presence of biological indicators. Maximum TSI values (9/97) of total phosphorus and transparency were 95 and 83, respectively. At the next month, an aquatic macrophyte occupied the entire basin and competed with planktonic algae for the phosphorus consumption. In consequence, the TSI of total phosphorus and transparency decreased to minimum values of 73 and 70, respectively (6/98), representing a mesotrophic condition. Nevertheless, trophic evaluation by means planktonic structure (Shannon & Weaver index) differed with TSI determinations because in these occasions similar diversity values were obtained. The plankton community was complex (100 species) unexpected in eutrophic conditions. Regional indicators and regional index must be applied for future trophic evaluations of pampean ponds instead the use of trophic index with boreal hemispheric origin.

**Key Words:** pond eutrophication, plankton, biological indicators

**INTRODUCCION**

La eutrofización es una de las principales causas que determinan el deterioro de lagos y embalses (Margalef 1983). En el Hemisferio Norte se han desarrollado índices y modelos para determinar el estado trófico de estos ambientes como medida de control y en el caso que estuvieran eutrofizados promover su recuperación (Nygaard 1949, Vollenweider 1976, Carlson 1977, OECD 1982, Rast y Lee 1983, Edmondson 1991). Hasta el momento, no se ha efectuado una evaluación crítica de la efectividad de esta metodología cuando es aplicada en ambientes someros como las lagunas pampásicas.

Las lagunas de la provincia de Buenos Aires han sido consideradas eutróficas en base a la concentración de fósforo total o la transparencia, dejándose de lado ciertas características propias (variaciones estacionales y complejidad estructural del plancton, colonización por macrófitas) que deberían tenerse en cuenta para definir en forma precisa su estado trófico (Izaguirre y Vinocur 1994). Las características físicas e hidrológicas de muchas lagunas (forma de sus cubetas, la relación con ríos y aguas subterráneas, la tasa de renovación del agua) también imprimen condiciones locales y regionales a tenerse en cuenta para el diagnóstico.

Ya que la eutrofización es un estado de tensión al cual es sometido un cuerpo de agua y que provoca una alteración temporal en sus características (Margalef 1983), el objetivo de este trabajo es evaluar la eficacia de algunos de los índices más utilizados a nivel mundial para determinar el estado trófico de la laguna San Miguel del Monte así como también analizar las respuestas de algunas de sus características bióticas (plancton) a este disturbio.

**Area de Estudio**

La laguna de San Miguel del Monte tiene una superficie de 655 ha, un volumen de 8.52 hm<sup>3</sup> para una profundidad media de 1,3 m y un perímetro de 12,8 km (Dangavs 1973). Presenta dos afluentes permanentes siendo el más importante el arroyo Totoral. La

laguna presenta una compuerta para impedir su conexión con la laguna Las Perdices. Para más detalles del área de estudio ver Arдохain *et al.* (2000).

## MATERIAL Y METODOS

Durante el período setiembre 1997 agosto 1998 se extrajeron en forma mensual muestras superficiales de agua para el análisis del fósforo total (PT) y clorofila activa (Cl. "a") en la zona más profunda de la laguna. Se determinó la transparencia (DS) del agua mediante un disco de Secchi y la temperatura del agua por medio de un sensor múltiple. En forma simultánea se obtuvieron muestras de plancton para su análisis cuali-cuantitativo (Mac Donagh *et al.* 2000, Benítez y Claps, Ms). Para la determinación de la concentración del fósforo total se utilizó el método del persulfato de potasio y ácido sulfúrico (APHA 1995). La concentración de clorofila "a" fue determinada espectrofotométricamente luego de una filtración a través de filtros de fibra de vidrio y posterior extracción en acetona al 90 % (APHA 1995). Para la determinación del estado trófico de la laguna se aplicaron: 1) índice de estado trófico propuesto por Carlson (1977) que tiene en consideración las concentraciones de fósforo total (TSI (PT)), de clorofila "a" (TSI (Cl "a")) y la transparencia del agua (TSI (DS)). Varía entre 0 y 100 (oligotrófico: 0-40, mesotrófico: 40-65 y eutrófico: 65-100). Otros índices utilizan relaciones entre algunos componentes del plancton para caracterizar el estado trófico: 2) Nygaard (1949) utiliza la razón entre la suma de especies de Cianofitas, Clorofitas cocales, Diatomeas centrales y Euglenofitas con Clorofitas desmidiaceas. Este índice considera que los valores <1 corresponden a un estado oligotrófico, de 1-2,5 mesotrófico, de 3-5 moderadamente eutrófico, 5-20 eutrófico y de 20-43 hipereutrófico; 3) Sladeczek (Rocha, 1998): cociente entre el número de especies de *Brachionus* respecto a las de *Trichocerca*, (<1 oligotrófico, 1-2 mesotrófico, >2 eutrófico). Otros toman en consideración la abundancia de ciertos grupos zooplanctónicos (rotíferos): 4) Karabin (Ravera 1996), valores menores de 400 ind.l<sup>-1</sup>, mesotróficos; entre 400-2000, eutrófico y valores superiores de 2000 ind.l<sup>-1</sup>, hipereutrófico. Para determinar la complejidad de la comunidad planctónica se efectuó el cálculo de la diversidad específica del fito y zooplancton utilizando el índice de Shannon & Weaver (Ludwig y Reynolds 1988). Los valores mayores de 2,5 indican comunidades planctónicas con una importante complejidad estructural.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los diferentes índices utilizados no resultaron coincidentes para poder determinar sobre la base de los mismos en forma clara el estado trófico de la laguna. Los valores de TSI (PT) indicaron claramente un estado eutrófico con un valor promedio de 80, un mínimo de 75 y un máximo de 95. Los correspondientes al disco de Secchi variaron entre 65 y 83 con un promedio de 73. En los meses de marzo y julio, según este índice, la laguna presentó condiciones mesotróficas. Los TSI calculados con los valores de clorofila "a" mostraron que excepto los meses de diciembre, junio y julio, con condiciones mesotróficas, la laguna fue eutrófica (Fig.1). Considerando los organismos planctónicos se obtuvieron valores discordantes. Según el índice de Nygaard, la laguna en el ciclo anual fue eutrófica con un promedio de 11,5. La relación *Brachionus-Trichocerca* indicó condiciones mesotróficas desde febrero hasta junio y

eutrófica en el resto del año con un promedio de 2,2 (mínimo de 1,3 y máximo de 3). El índice de Karabin mostró que la laguna presentó al menos tres estados tróficos con un promedio de 1032 (mínimo de 71 y máximo de 3457). En diciembre, enero, julio y agosto, fue mesotrófica, en noviembre, febrero y marzo hipereutrófica y el resto de los meses eutrófica.

El análisis de la estructura del plancton tomando en cuenta la riqueza y diversidad específica así como también el número total de individuos por unidad de volumen, reveló que la comunidad presentó un importante desarrollo en cuanto a su complejidad por la variedad de nichos tróficos ocupados, el número de especies y los cambios estacionales en la composición específica. La comunidad planctónica alcanzó su mayor riqueza específica en marzo de 1998 con 152 especies, 45 de zooplancton y 107 de fitoplancton con un promedio de 28 y 77 especies, respectivamente (Fig. 2). La diversidad específica del fitoplancton exceptuando el mes de octubre (1,7) siempre fue mayor a 2 alcanzando un máximo de 3,2 en el mes de junio de 1998. El zooplancton presentó valores de diversidad mayores de 1,5 con un máximo de 2,5 en marzo de 1998 (Fig. 1). La densidad promedio del fitoplancton fue de 51.113 ind.ml<sup>-1</sup> con un mínimo en setiembre (12.773 ind.ml<sup>-1</sup>) y un máximo en febrero (120.020 ind.ml<sup>-1</sup>); el zooplancton alcanzó un máximo de 3678 ind.l<sup>-1</sup> en marzo de 1998, el mínimo fue en julio con 405 ind. l<sup>-1</sup>, siendo el promedio de 1292 ind.l<sup>-1</sup> (Fig. 3).

## DISCUSION

El análisis de las características químicas y biológicas de la laguna indican que su condición trófica es meso-eutrófica. Debe destacarse que no presentó en el ciclo anual signos demostrativos de superar este estado ya que no se registró déficit de oxígeno como tampoco ocurrió una invasión masiva permanente de cianofitas, hechos comunes en ambientes hipereutróficos (Lathrop 1988, Edmonson 1991).

Las asociaciones de algas (Mac Donagh *et al.* 2000) y los valores de diversidad fitoplanctónica indican condiciones moderadamente eutróficas o mesotróficas (Margalef 1983, Rosas *et al.* 1993). La diversidad está inversamente correlacionada con la densidad total de individuos en aguas eutróficas (Margalef 1983), la correlación fue de  $r^2 = -0,43$  ( $P < 0,05$ ) y aún más con la equitabilidad ( $r^2 = -0,60$   $P < 0,01$ ). La diversidad mostró cambios estacionales con un máximo estival (Fig. 1), similares a los encontrados por Moss (1973) en una laguna de USA. En 1987-1989, en un estudio estacional del fitoplancton de la laguna San Miguel del Monte (Izaguirre y Vinocur 1994a), se calcularon valores de diversidad mayores (promedio de 3,74) a los actuales (2,6) junto con valores promedio de fósforo total también mayores (237  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) que los recientes (170  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) y una riqueza específica promedio menor (59 especies) respecto a la estimada actualmente (77 especies). Las diferencias en la diversidad específica podrían estar relacionadas a la menor cantidad de P, la presencia de macrófitas y la mayor cantidad de datos en el ciclo anual. Una disminución en la diversidad suele indicar un aumento en los aportes de P (Cottingham *et al.* 1998), lo que no se cumpliría en esta laguna ya que una diversidad de alrededor de 4 caracterizaría a ambientes oligotróficos (Margalef 1983). Quirós (1988) en un estudio regional de 103 lagos y embalses de la República Argentina y en los que midió, entre otros parámetros, CI"a", PT y DS incluyó la laguna de San Miguel del Monte. Al calcular los TSI respectivos (TSI CI"a" 67, TSI PT 83 y TSI DS 65) y teniendo en cuenta que esos resultados representan un único muestreo los valores no son muy diferentes a los obtenidos en este trabajo. De

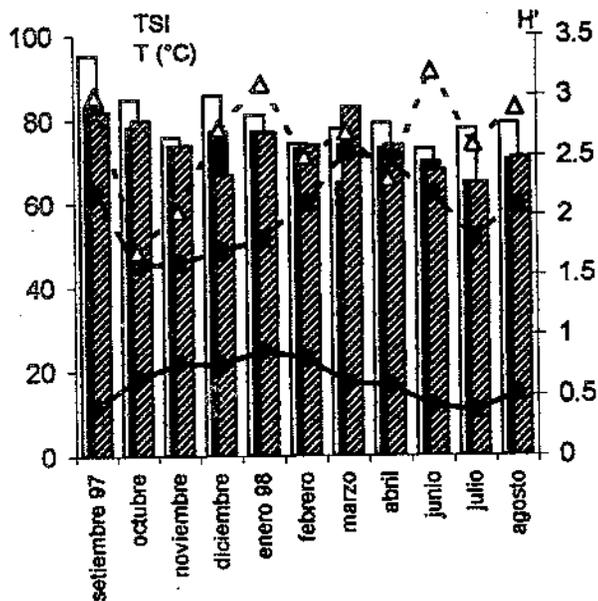


Fig. 1

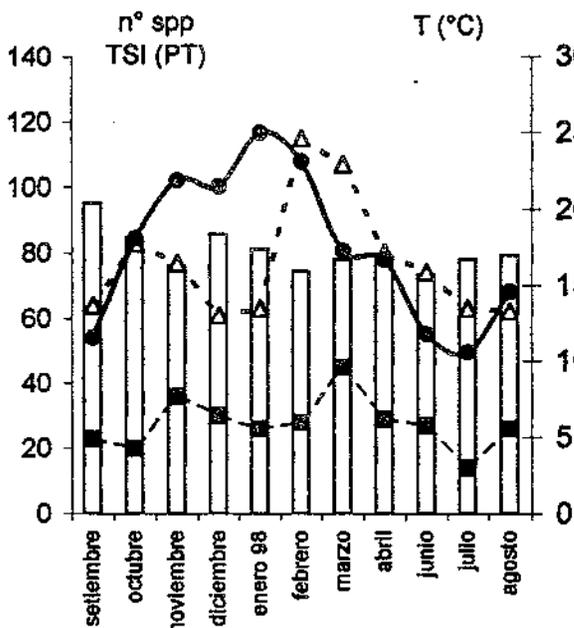


Fig. 2

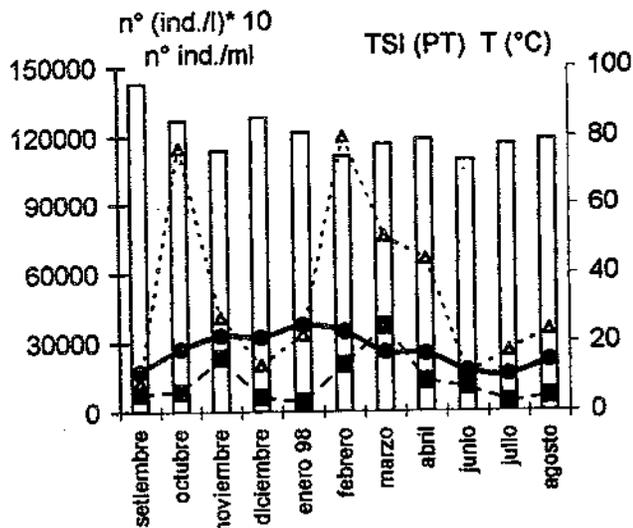


Fig. 3

acuerdo a esta comparación, el estado trófico de la laguna no se ha modificado.

La laguna es periódicamente colonizada por plantas acuáticas sumergidas en toda su cubeta. A partir de octubre de 1997, fue evidente el crecimiento de *Potamogeton pectinatus* en todo el cuerpo de agua. Una primera consecuencia de este evento fue el aumento de la transparencia y la disminución en la concentración de PT en el agua y en la de clorofila "a" fitoplanctónica, causando un descenso en los valores del TSI para PT, disco de Secchi y Cl "a". Lathrop (1988) indica, para un lago somero de USA, un aumento en la transparencia, disminución en la clorofila "a" y un marcado descenso en la abundancia del fitoplancton luego del rápido desarrollo de dos especies de *Potamogeton*. También señala que se produce un crecimiento explosivo de Cianofitas cuando las plantas comienzan a decaer. Esta situación fue registrada en la laguna de San Miguel del Monte. Durante el crecimiento de *P. pectinatus*, se observó una marcada disminución en la abundancia del fitoplancton (Fig. 2), alcanzando el mínimo en diciembre con  $20.379 \text{ ind.ml}^{-1}$  con un 14% de Cianofitas (Izaguirre y Vinocur 1994b). Durante el verano, cuando se observa cierto decaimiento en *P. pectinatus*, como fuera también señalado por Pastore *et al.* (1995), las cianofitas vuelven a crecer llegando al 81% ( $120.000 \text{ ind.ml}^{-1}$ ) de la densidad fitoplanctónica. Los cladóceros planctónicos y los copépodos calanoideos presentaron sus mayores densidades luego de la aparición de *P. pectinatus*, producto de presentar una mayor eficiencia en la filtración por disminución de la turbidez y mayores posibilidades de refugio ante la depredación. La diversidad específica del zooplancton fue máxima en otoño en relación con la mayor disponibilidad de algas palatables y de menor tamaño que en primavera - verano.

Los rotíferos conformaron el grupo dominante en el zooplancton, característico de cuerpos de agua eutróficos (Bays y Crisman 1983, Stemberger y Lazorchak 1994 Rocha *et al.* 1997) junto con los estadios naupliares de copépodos Calanoideos y ciclopoideos (Lougheed y Chow-Fraser 1998).

Cabe destacar que, aunque no se incluye en este trabajo, el arroyo El Totoral, principal afluente de la laguna, presentó características distróficas con muy escasa concentración de oxígeno, baja diversidad específica de fitoplancton con un valor promedio de 1,4 (mínimo de 0,83) y dominancia de especies comunes en ambientes con alta concentración de materia orgánica (*Spirulina abbreviata*, *Microcystis pseudofilamentosa*). En el zooplancton se observó una respuesta similar a la presencia de compuestos orgánicos con dominancia de ciliados. La influencia del arroyo aún no se detectó en la laguna pero de persistir su condición, podría afectar el estado trófico actual de la laguna.

Los modelos e índices para evaluar el estado trófico de lagos y embalses en el Hemisferio Norte (Nygaard 1949, Vollenweider 1976, Rast y Lee 1983, Edmondson 1991) que utilizan extensas bases de datos, no responden correctamente a las condiciones de la laguna estudiada. Las concentraciones de PT que indicarían condiciones eutróficas e incluso hipereutróficas no se relacionan con otras características vinculadas como la dominancia de pocas especies de cianofitas (bloom de algas) o el déficit de oxígeno (Vollenweider 1976). Sin embargo, cuerpos de agua someros de distinto tipo (albuferas, lagunas, lagunas experimentales, humedales) también del Hemisferio Norte (Moss 1973, Oltra y Miracle 1992, Cottingham *et al.* 1998, Lougheed y Chow-Fraser 1998) considerados eutróficos o hipereutróficos debido a la elevada concentración de PT o clorofila, son similares en la complejidad estructural, índice de diversidad, e incluso en la presencia y asociaciones de especies tanto de fitoplancton como de zooplancton a la laguna San Miguel del Monte. Ambientes

sometidos a distintos factores de presión externa como son los núcleos urbanos (Lougheed y Chow-Fraser 1998), las fertilizaciones artificiales (Cottingham *et al.* 1998), los efectos tidales (Oltra y Miracle 1992) parecen confluir en ciertas características comunes en la estructura del plancton: diversas asociaciones de especies, con diferentes nichos tróficos y alta riqueza específica tanto de zooplancton como de fitoplancton y marcados cambios anuales.

Por todo lo expuesto, los modelos de carga de fósforo para lagos y embalses que predicen la eutrofización con una simplificación extrema en la comunidad planctónica no serían aplicables a estos cuerpos de agua. La diversidad específica del plancton con sus variaciones estacionales y sus valores promedio, parece ser en primera instancia un buen indicador de estado trófico. No se conoce, en la mayoría de estos ambientes, la situación previa a sufrir disturbios, pero parecen tener cierta resiliencia respecto a los aportes de nutrientes, siendo su respuesta diferente a la de los lagos y embalses con una relación volumen/superficie mucho mayor, con estratificaciones térmicas importantes y tiempo de residencia más prolongados. Por otra parte, la mayoría de las especies dominantes en el plancton responden a características regionales así como las lagunas sufren períodos recurrentes de sequía e inundación que alteran sus condiciones de equilibrio.

Debería plantearse un diferente marco conceptual, nuevos modelos de carga de P y estimación de índices para evaluar el estado trófico en estos ambientes acuáticos someros.

#### Agradecimientos

Este trabajo fue subvencionado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) (PMT-PICT 0409) y la Universidad Nacional de la Plata (N 208). Se agradece el apoyo logístico de la Municipalidad de San Miguel del Monte (Secretaría de Turismo) para la realización de los muestreos.

Contribución Científica N°667 del Instituto de Limnología "Dr. R. A. Ringuelet" (CONICET-UNLP).

<sup>2</sup> Becaria de Entrenamiento CIC

#### BIBLIOGRAFIA

- APHA. 1995. Standard Methods for analysis of water and wastewater. 19 Ed. American Public Health Association, Washington DC.
- Ardohain, D. M., N. A. Gabellone, M. C. Claps, L. C. Solari y C. Suárez. 2000. Influencia de la dinámica hidrológica sobre algunas características fisico-químicas del agua de la laguna de Monte (Pdo. de San Miguel del Monte, Bs. As.). *Diversidad y Ambiente I*: 21-27.
- Bays, J. & T. Cristman. 1983. Zooplankton and trophic state relationships in Florida lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1813-1819.
- Benítez, H. y M. Claps. Ms. Zooplancton de una laguna pampásica (San Miguel del Monte) y su afluente (Arroyo El Totoral): caracterización estructural en un ciclo anual.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.
- Cottingham, K., S. Carpenter & A. St. Amand. 1998. Responses of epilimnetic phytoplankton to experimental nutrient enrichment in three small seepage lakes. *J. Plankton Res.* 20: 1889-1914
- Dangavs, N. V. 1973. Estudios geológicos en la laguna de San Miguel del Monte. *Rev. Museo La Plata (Geología)* 8: 1-313.
- Edmondson, W. T. 1991. *The uses of Ecology. Lake Washington and beyond.* Washington University Press. 329 pp.
- Izaguirre, I. y A. Vinocur, 1994a. Tipology of shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina), based on phytoplankton community. *Hydrobiologia* 277: 49-62.