

ESTADO TRÓFICO Y MONITOREO DE VARIABLES LIMNOLÓGICAS EN UN LAGO ARTIFICIAL (LAGO DEL FUERTE, TANDIL, PROV. DE BUENOS AIRES)

H. ALBORNOZ ¹, J. GONZALEZ CASTELAIN ¹, M. CIFUENTES ²
& L. RODRIGUEZ ¹

¹ Instituto de Hidrología de Llanuras, UNCPBA. Azul, Provincia de Buenos Aires

² Beca de Entrenamiento CIC.

hugoa@faa.unicen.edu.ar

ABSTRACT. "Del Fuerte" Lake (about 20 acres). It is used for recreation and tourism. During the researches which have been made since 1995 to 2005, it was determined that the lake is eutrophicated. The aim of this study is to update the levels of trophic state of the lake and explore the relationship between chlorophyll-a concentration and secchi disk depth. The method of Trophic State Index of Carlson and the OCDE index was applied, and the data was collected in two sampling zones every 15 days. The result of this study was the collection of 22 samples from October 2007 until today. Comparing the sampling zones, they proved not significant differences of ($p > 0.05$). With respect to larger chlorophyll values ($13 \mu\text{g/l}$), the secchi disk depth changes temporarily, with very small effect on secchi disk depth (0.08 m); showing nonchlorophyll light absorption. Comparing summer and winter, they proved not significant differences of ($p > 0.05$), except temperature ($p < 0.05$). The condition of the lake is confirmed as Eutrophic, according to the TSI index, (TSI=78 of secchi disk depth and TSI=74 of chlorophyll-a); and Hipereutrophic according to OCDE (secchi disk depth=0.56m; chlorophyll-a=66 ($\mu\text{g/l}$)).

Key words: trophic state, chlorophyll-a, Secchi disk depth, artificial lake.

Palabras clave: estado trófico, clorofila-a, disco de Secchi, lago artificial.

INTRODUCCIÓN

El Lago del Fuerte ($37^{\circ}19'08''\text{S}$ $59^{\circ}08'05''\text{O}$) (20 ha aprox.) es utilizado con fines recreativos y turísticos. Recibe como afluentes al arroyo "de la cascada" y arroyo del "Dique Seco".

En estudios realizados en el año 1995 se determinó como un lago eutrofizado sobre la base de estudios en Fósforo y Nitrógeno (IHLLA, 1995).

En Enero del 2005 se generó una situación conflictiva en Lago del Fuerte dado que la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires recomendó la prohibición del uso de sus aguas emitiendo un "Alerta Preventivo Alto".

La Eutrofización consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de más nutrien-

tes, y también de materia orgánica, que alteran temporalmente las condiciones de equilibrio, induciendo desviaciones en las características del sistema, en su composición biótica y en su sucesión (Margalef *et al*, 1976). Estos procesos proporcionan a un lago, condiciones no deseadas desde el punto de vista ecológico y sanitario; tales como mal aspecto, color y olor. Además proporciona el medio necesario para el desarrollo desmedido de microorganismos.

El objetivo del presente trabajo es actualizar la información sobre el estado trófico del lago y explorar la relación entre la concentración de clorofila-a y la profundidad del disco de Secchi.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se recolectaron en dos puntos ubicados en el Lago del Fuerte de Tandil (Figura 1), Provincia de Buenos Aires; con una periodicidad entre 15 y 20 días y comprendidas desde Octubre del 2007 hasta Diciembre del 2008, totalizando en 22 campañas.

El agua se recolectó subsuperficialmente y almacenó en botellas plásticas refrigeradas. Para analizar clorofila-a se filtraron, empleando bomba de vacío y filtros de fibra de vidrio fina. Los filtros se maceraron con mortero de mano, utilizando acetona 90 % como solvente de extracción.

El extracto se almacenó en oscuridad durante 12 h a 4 °C y se centrifugó a 2.000 rpm durante 20 min. La medición espectrofotométrica se realizó en un equipo AQUAMATE versión 3a 010718 y se aplicó la ecuación de Jeffrey y Humphrey (APHA, 1998).

Se cuantificó in situ la transparencia del agua, utilizando la profundidad

del disco de Secchi; también la temperatura y conductividad.

Además en laboratorio se cuantificó fósforo total (PT) utilizando el método del Acido Ascórbico, y nitrógeno (N) orgánico utilizando el método de Macro Kjeldahl; ambos como se indica en el manual de métodos estandarizados.

El estado trófico del lago se determinó utilizando el Índice de Estado Trófico de (Carlson, 1977) (TSI) modificado por (Aizaki *et al.*, 1981) para las variables Clorofila-a (mg/m^3), Fósforo total (mg/l) y profundidad del disco de Secchi (m).

$$TSI(\text{Disco de Secchi}) = 10 \times \left(2.46 + \frac{3.76 - 1.57 \ln DS}{\ln 2.5} \right)$$

$$TSI(\text{Clorofila}) = 10 \times \left(2.46 + \frac{\ln Cl}{\ln 2.5} \right)$$

$$TSI(\text{Fósforo total}) = 10 \times \left(2.46 + \frac{6.68 + 1.15 \ln PT}{\ln 2.5} \right)$$

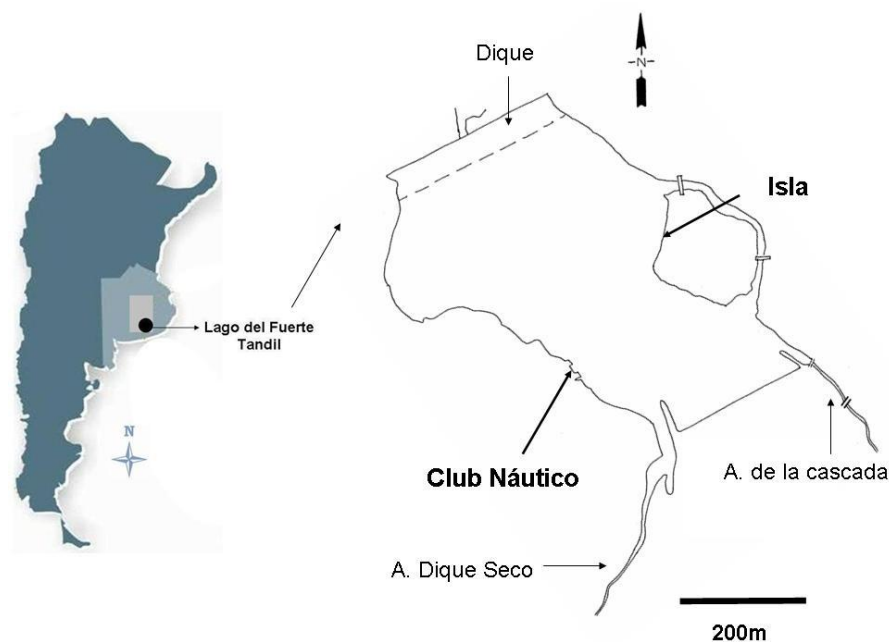


Figura 1: Fuerte de Tandil, Provincia de Buenos Aires; con una periodicidad entre 15 y 20 días y comprendidas desde Octubre del 2007 hasta Diciembre del 2008, totalizando en 22 campañas.

También se clasificó el grado de eutrofia según el Comité de Eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE), utilizando las mismas tres variables anteriores.

Las correlaciones se analizaron utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y las comparaciones entre los dos sitios de muestreo se hicieron mediante la prueba de t para medias de dos muestras emparejadas. Las comparaciones entre verano e invierno se hicieron empleando la prueba de t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, utilizando un $\alpha=0.05$.

RESULTADOS

La transparencia media del agua medida con el disco de Secchi fue de 0.51 m y la concentración media de clorofila-a fue de 47 $\mu\text{g/L}$ (Tabla 1).

Sólo la temperatura del agua presentó diferencias significativas entre ambos puntos de muestreo (Tabla 2).

Se observa una correlación entre la profundidad del disco de Secchi y la concentración de clorofila-a (Coef. Pearson= -0.51 Isla y -0.74 Club). Además de ello, la forma de la curva muestra que grandes cambios en la concentración de clorofila-a producen pequeños cambios en la transparencia del agua (Figura 2), particularmente en el sector del Club Náutico. Excepto entre temperatura y concentración de clorofila a (Coef. Pearson= -0.35 Isla y -0.49 Club) entre el resto de las variables limnológicas medidas no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas. Se obtuvo diferencia significativa en la temperatura entre verano e invierno ($P<0.05$). Las demás variables no presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre verano e invierno (Figura 3).

Tabla 1: Resultados generales, Lago del Fuerte (Tandil), período octubre/2007 a diciembre/2008.

	Media	N	Mínimo	Máximo	Desvío Estándar
Temperatura (°C)	18	44	8	27	5
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	290	44	113	380	69
Secchi (m)	0.51	44	0.35	0.83	0.11
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	47	44	6	95	30
Fósforo total (mg/L)	0.14	40	0.01	0.43	0.07
N-Kjeldahl (mg/L)	0.79	40	0.00	3.40	0.72

Tabla 2: Comparación de las variables medidas en el sector de Club Náutico e Isla, Lago del Fuerte (Tandil). Test de t para muestras pareadas.

	Club Náutico		Isla		Diferencias Significativas (1)	
	Media	Desvío Estándar	Media	Desvío Estándar		
Temperatura (°C)	18	5	19	5	S	p=0.014
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	289	74	291	66	NS	p>0.05
Secchi (m)	0.52	0.13	0.5	0.08		
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	45	29	49	32		
Fósforo total (mg/L)	0.15	0.09	0.13	0.04		
N-Kjeldahl (mg/L)	0.72	0.66	0,86	0.78		

(1) Test de t para muestras pareadas: S= significativas; NS =No Significativas.

Según los índices utilizados, el lago se diagnostica como eutrófico a hiper-eutrófico (Tabla 3).

DISCUSIÓN

A través de las variables Clorofila-a, profundidad del disco de Secchi, Fósforo Total y aplicando el índice de estado trófico de Carlson (TSI) y OCDE; el estado trófico actual del Lago del Fuerte es definido como eutrófico; diagnóstico que coincide con el del año 1995. Dado este estado sus aguas son aptas para el afloramiento de microorganismos potencialmente tóxicos, como lo son las Cianobacterias; las cuales producen cianotoxinas, en algunos casos mortales para humanos y ganado (Vela et al, 2007). Este tipo de escenario se observó en el año 2004 tras la recomendación de prohibición del uso de sus aguas por parte de la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires, luego de encontrar altos niveles de algas cianofitas (Gonzalez Castelain, 2005). Es por ello que es necesario monitorear este lago constantemente y en el tiempo para comprender sus ciclos y prevenir problemas mayores (Rodriguez et al, 2006).

Ambos puntos de muestreo considerados, de fácil acceso y ubicados en orillas opuestas, resultan semejantes entre sí excepto en la temperatura, significativamente menor en el Club Náutico que en la Isla. Esto podría deberse a que este último lugar se encuentra menos expuesto a los movimientos de la masa de agua. Por otro lado el hecho de no encontrar diferencias entre ambas zonas del lago, se debe posiblemente a la homogeneidad de sus aguas, por ser un ambiente pequeño y poco profundo en el cual sus aguas se encuentran siempre mezcladas.

La forma de la curva en la relación entre la concentración de clorofila-a y la profundidad del disco de secchi,

demuestra que no toda la variación en la transparencia del agua es explicada por la presencia de fitoplancton, es decir existe material particulado que no es fitoplancton, causando turbidez (Lorenzen, 1980). Esto es así dado que la extinción de la luz en ambientes acuáticos viene determinada por la cantidad de partículas, los pigmentos disueltos y las propias características del agua (Verduin, 1982). Una buena forma de identificar la incidencia de la concentración de clorofila sobre el valor de la transparencia medida con el disco de secchi sería tomando las concentraciones de la clorofila acumulada a la profundidad a que deja de verse el disco (Moyá Y Ramón, 1987).

Sería interesante saber que sucede en este ambiente luego de una lluvia, para ello habría que rediseñar la toma de muestras, siendo periódicamente y después de cada lluvia ocurrida en el área.

Queda más por conocer sobre estos ambientes de uso recreativo y comprender cuál es su rol ecológico para la zona.

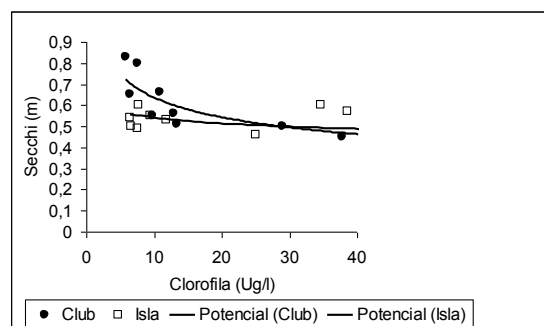


Figura 2: Relación entre la profundidad del disco de Secchi y la concentración de clorofila a en el Lago del Fuerte (Tandil). Según Lorenzen la forma de la curva es acorde a un ambiente de aguas turbias, donde hay otros materiales además de fitoplancton.

Tabla 3: Estado Trófico del Lago del Fuerte (Tandil).

	Isla		Club Náutico	
	TSI	OCDE	TSI	OCDE
Clorofila a	80	>25	80	>25
Secchi	80	<1.5	80	<1.5
Fósforo total	80	>100	80	>100
Estado Trófico	Eutrófico	Hipereutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico

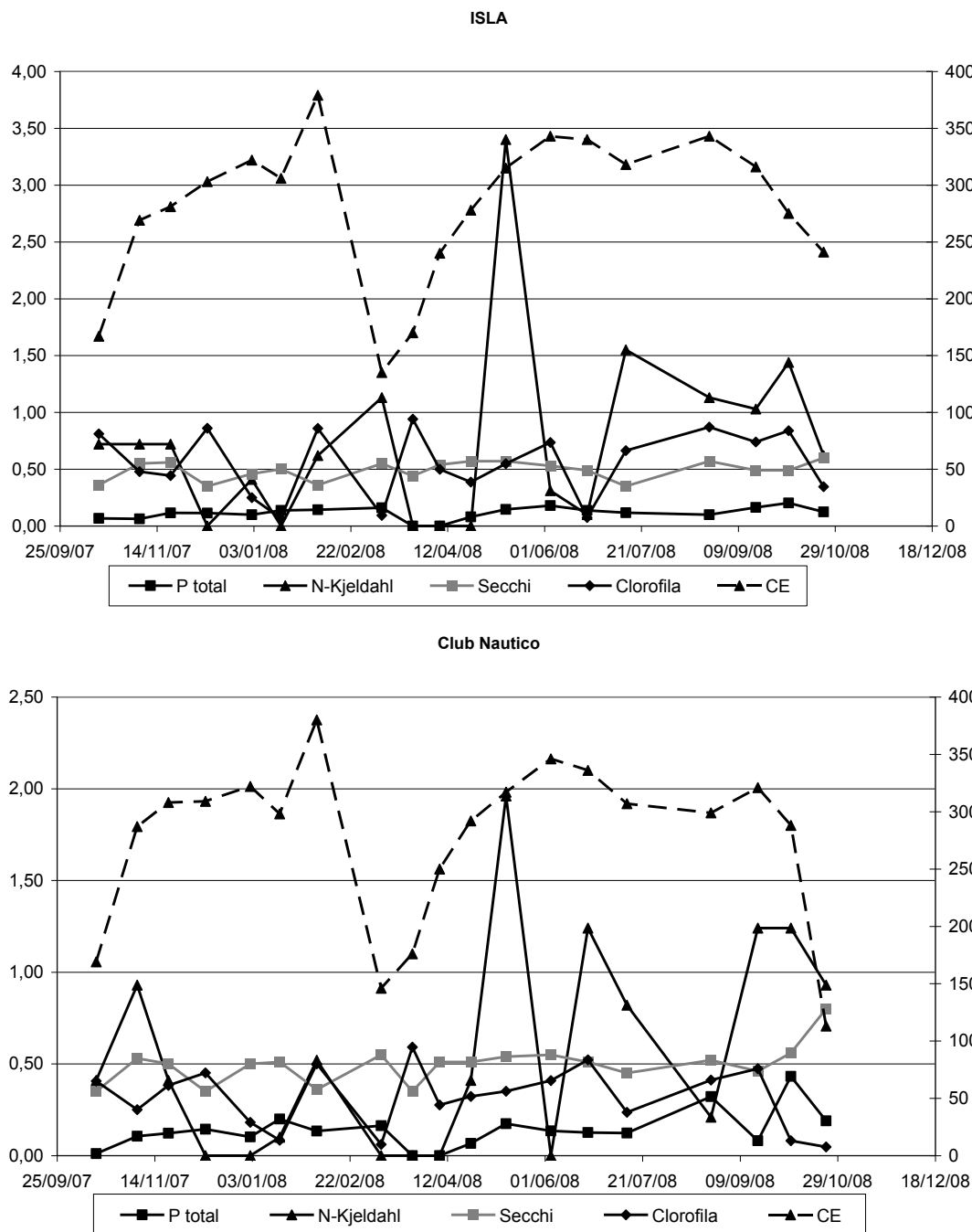


Figura 3: Variación de las variables limnológicas monitoreadas en el Lago del Fuerte (Tandil), período Octubre/2007 a Diciembre/2008. Sobre el eje izquierdo P total (mg/L), N-Kjeldahl (mg/L), Secchi (m), Clorofila-a (µg/L) y sobre el eje derecho Conductividad (µS/cm).

BIBLIOGRAFÍA

- Aizaki, M., O. Otsuki, M. Fukushima, M. Hosomi y K. Muraoka.** 1981. Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *Verhandlungen de Internationalen Vereinigung Limnology*, 21: 675-681.
- APHA (American Public Health Association).** 1998. Standar methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington, EE UU, 1220 pp.
- Carlson, R. E.** 1977. A Trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22: 361-369.
- Gonzalez Castelain, J.** 2005. Monitoreo de toxinas algales (microcistinas), Lago del Fuerte, Tandil. Informe Final. Provincia de Buenos Aires, 15 pp.
- IHLLA (Instituto de Hidrología de Llanuras de Azul).** 1995. Diagnóstico limnológico, sanitario, ictiológico y estado ambiental del Lago del Fuerte, ciudad de Tandil. Informe Final. Provincia de Buenos Aires, 160 pp.
- Lorenzen, M. W.** 1980. Use of Chlorophyll-Secchi dick relationships. *Limnology and Oceanography*. 25 (2): 371-372.
- Margalef, R., D. Planas, J. Armen-gol, A. Vidal, N. Prat, A. Guiset, J.Toja y M. Estrada.** 1976. *Limnología de los embalses españoles*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Madrid. 422 pp.
- Moyá, G. y G. Ramón.** 1987. Disco de Secchi y Clorofila-a en dos embalses de aguas mineralizadas. *Limnetica*. Madrid, 3: 165-170.
- Rodríguez, M. I., M. Ruiz, G. Vilchez, N. Crema, A.L. Ruibal Conti, M. A. Bustamante y C. M. Angelaccio.** 2006. Monitoreo Integral de un cuerpo de agua Eutrófico: Embalse San Roque (Córdoba, Argentina). Trabajo presentado en el 1º Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Abril. Córdoba, Argentina.
- Vela, L., E. Sevilla, B. Martín, S. Pellicer, M. T. Bes, M. F. Fillat y M. L. Peleato.** 2007. Las microcistinas. *Revista de la Real Academia de Ciencias*. Zaragoza, 62: 135-146.
- Verduin, J.** 1982. Components contributing to light extinction in natural waters: Method of isolation. *Archiv. Hydrobiol.*, 93: 303-312.