

CILIADOS INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA SAN MIGUEL DEL MONTE

M. ZALESKI y M. C. CLAPS
Instituto de Limnología "Dr. R. Ringuelet"
Av. Calchaquí km 23,5. 1888 Florencio Varela

ABSTRACT

The saprobic system is the most widely spread method for the determination of water quality in fresh water environments. It is based in the presence of organisms which indicate the degree of mineralization of the organic matter in the system, besides dissolved oxygen concentration, biochemical oxygen demand and bacteria abundance, among other parameters. Ciliates are frequently used in this system because an important number of species are excellent indicators. In this paper, ciliate fauna from a section of the San Miguel del Monte pond, related to the Las Perdices pond during periods of flood, is analyzed through bimonthly sampling in the March 1998-March 1999 period. Through the connection of both aquatic bodies, the San Miguel del Monte pond can receive extra organic matter, contributing to the deterioration of its water quality. The majority of species found throughout the year indicate α and β mesosaprobic conditions (high organic matter concentration, large numbers of bacteria and possible oxygen deficit during the night). Most ciliates found feed on bacteria. High bacteria concentrations produce the predominance of such species, opposite to those with other feeding habits. The saprobic condition of this pond indicates for certain periods of the year, an important degree of vulnerability, for which the entrance of organic matter should be restricted or banned.

Key Words: ciliates, pond, water quality.

INTRODUCCION

La contaminación de los cuerpos de agua por el vertido de materia orgánica proveniente de efluentes cloacales e industriales puede ser cuantificada por medio de parámetros químicos (DBO₅, concentración de amonio) y/o por medio de indicadores biológicos. Los ciliados constituyen uno de los grupos más utilizados para el diagnóstico de la calidad del agua en relación a la cantidad de materia orgánica presente en ambientes dulceacuícolas mientras que no pueden usarse para diagnosticar contaminación por otros agentes como los metales pesados o pesticidas (Cairns Jr. 1972).

El sistema del saprobios fue propuesto a principios del siglo XX para diagnosticar la calidad de agua. Se basa en la capacidad que tienen los ambientes lóticos para degradar la materia orgánica. En este proceso de autopurificación que se produce en arroyos y ríos pueden diferenciarse zonas con características químicas y biológicas particulares de acuerdo al grado de mineralización de la materia orgánica.

El objetivo de este trabajo es determinar la calidad del agua del sector de la laguna de San Miguel del Monte relacionado a la laguna Las Perdices mediante ciliados indicadores del sistema del saprobios. Se considera necesario conocer la condición sapróbica actual de la laguna para determinar su grado de vulnerabilidad frente a una posible perturbación originada desde la de Las Perdices donde se vierten los efluentes cloacales de la ciudad de San Miguel del Monte ya que ambas lagunas se conectan durante las crecidas del río Salado, entrando el agua a contracorriente a la de Monte.

Area de estudio

La laguna San Miguel del Monte tiene una superficie de 655 ha, una profundidad media de 1,30 m y un perímetro de 12.8 m. El arroyo El Totoral es el más importante de sus dos afluentes. La conexión con la Laguna Las Perdices está impedido por un sistema de compuertas (Dangavs 1973). Este sector de la laguna ha sido colonizado por plantas

acuáticas flotantes y sumergidas que ven favorecido su desarrollo por el escaso o nulo movimiento del agua.

MATERIAL Y METODOS

Durante el período Marzo/98 - Marzo/99 se efectuaron muestreos bimestrales en el sector denominado "compuerta", extrayendo muestras de una macrofita acuática sumergida (*Myriophyllum quitense*) y del sedimento. Trozos de 30 cm de la macrofita eran colocados con agua de la laguna en cajas plásticas, con la menor perturbación posible y luego en el laboratorio fueron mantenidos en acuarios ya que la determinación específica de los ciliados presentes debe efectuarse en vivo (Lee *et al.* 1985). Las muestras de sedimento se extrajeron con un dispositivo tubular tipo corer de 3 cm de diámetro, accionado a mano. Para el análisis se utilizaron los primeros milímetros de sedimento así como también el agua en contacto con los mismos.

Los ciliados fueron clasificados de acuerdo a Kahl (1930-35), Bick (1972), Warren (1986), entre otros. En forma simultánea a la extracción de los ciliados se determinaron mediante un sensor múltiple los siguientes parámetros físicos y químicos del agua: temperatura del agua, pH, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación. La determinación de las concentraciones de fósforo total y la suma de nitratos y nitritos se realizó siguiendo la metodología propuesta por APHA (1995).

La determinación de la valencia sapróbica de cada ciliado se realizó en base a Sládeček (1969; 1973), Foissner (1992), Sola *et al.*, (1996) y Sládeček y Sládečková (1998).

El régimen alimentario de los ciliados fue definido teniendo en cuenta los trabajos de Bick (1972), Pratt y Cairns Jr. (1985), Madoni (1991) y Cabré (1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

El sector de la laguna presentó durante todo el periodo de muestreo aguas moderadamente alcalinas (valor promedio de pH: 8.96), con una conductividad promedio de $1.528 \mu\text{S cm}^{-1}$. La cantidad de nitratos y nitritos mostró una disminución marcada durante el período estival con posible desnitrificación en noviembre ya que en dicha oportunidad se registró déficit de oxígeno disuelto. La concentración de oxígeno disuelto durante el período fluctuó desde momentos de déficit en marzo y noviembre de 1998 a tres oportunidades de sobresaturación (julio, octubre de 1998 y enero de 1999). La concentración de fósforo total presentó un valor promedio de $219 \mu\text{g l}^{-1}$ (Cuadro 1).

Se hallaron especies consideradas buenas indicadoras para cada una de las categorías del sistema del saprobios en la abundante fauna de ciliados registrada en el período de muestreo (81 especies); aunque hubo algunas categorías mejor representadas que otras (1 oligo-saprobica, 3 oligo- β mesosapróbicas, 10 β mesosapróbicas, 11 β - α mesosapróbicas, 5 α - β mesosapróbicas, 11 α mesosapróbicas, 1 α -polisapróbica y 3 polisapróbicas) (Cuadro 2).

La actividad bacteriana en el sector es importante ya que el número de bacterias totales fue elevado, con un promedio de $1.27 \cdot 10^7$ bacterias ml^{-1} , un mínimo de 1.07 en agosto de 1998 y un máximo de $2.82 \cdot 10^7$ bacterias ml^{-1} en julio de 1998.

La caracterización sapróbica señalada por los ciliados no coincidió en forma estricta con la que se obtuvo utilizando los valores del porcentaje de saturación de oxígeno propuestos por Landa *et al.* (1998) como característicos para cada una de las zonas (Cuadro 3). En marzo y mayo de 1998, el número de especies indicadoras de condiciones α y β - α mesosapróbicas superaron ampliamente el de las otras categorías (Fig. 1)

Cuadro 1. Parámetros físicos y químicos registrados en el sector de la compuerta de la laguna de San Miguel del Monte en el período marzo 98- marzo 99.

	marzo 98	mayo	julio	agosto	octubre	noviembre	enero 99	marzo
pH	9.07	10.2	8.79	9	9.35	9.05	8.43	7.8
temperatura (° C)	17	15	11.9	12.4	22	20	26	27.5
oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	3.2	7.2	11.1	7.9	11.2	1	10	6.2
saturación de oxígeno (%)	31	75	114	80	135	11	125	76
transparencia (cm)	45	50	65	48	38	65	90	72
fósforo total (µg l ⁻¹)	294	182	230	135	147	255	271	239
nitratos + nitritos (µg l ⁻¹)	132	101	86	81	114	57	69	73
conductividad (µ S cm ⁻¹)	1630	1550	1450	1410	1410	1460	1560	1750

Cuadro 2. Número de especies indicadoras de cada categoría del sistema de saprobios presentes en la laguna San Miguel del Monte en las 8 ocasiones de muestreo.

	3/98	5/98	7/98	8/98	10/98	11/98	1/99	3/99
oligosapróbica	1	1		1	1			
oligosapróbica-β		2		2	2	2	3	2
β-oligosapróbica								
β-α mesosapróbica	5	9	6	6	5	8	7	5
β mesosapróbica	2	4	4	6	3	3	5	5
α-β mesosapróbica	3	1	2	5	3	2	3	3
α mesosapróbica	8	8	7	9	5	6	8	10
poli-α mesosapróbica	1	1				1	1	1
polisapróbica	2	2	2	1	1	2	1	1

Cuadro 3. Categorización del grado saprobico del cuerpo de agua de acuerdo a algunas de sus características químicas y biológicas (Landa *et al.*, 1998).

categoría	materia orgánica	saturación de oxígeno (%)	número de bacterias/l
I : oligosapróbica (os)	ausente-poca	100 – 95	< 50.000
I – II oligo - β mesosapróbica	poca	95 – 85	
II β mesosapróbica	moderada	85 – 70	< 100.000
II – III β α mesosapróbica	crítica	70 - 50	
III α mesosapróbica	alta	50 – 25	< 1.000.000
III – IV α mesosapróbica –polisapróbica	máxima	25 - 10	
IV polisapróbica	excesiva	< 10	< 20.000.000

Cuadro 4. Categorización saprobica del sector de la laguna San Miguel del Monte por medio de indicadores químicos (% de saturación de oxígeno disuelto) y biológicos (ciliados) en el período marzo/98–marzo/99.

	marzo 98	mayo	julio	agosto	octubre	noviembre	enero 99	marzo
% saturación de oxígeno	α m.	β α m.	o	β m.	o	α m.	o	β m.
ciliados indicadores	α m.	β α m.	α β m	α m.	β α m.	β α m.	α β m	α m

Cuadro 5. Categorización sapróbica de los ciliados de la laguna San Miguel del Monte en el período marzo 1997-marzo 1998, su distribución estacional (O: otoño, I: invierno, P: primavera, V: verano) y tipo de alimento (A: algas; B: bacterias; C: protozoos; N: algas, bacterias y detritus; P: minerales disueltos; O: algas, bacterias, detritus y protozoos).

Oligosapróbica (o.)

Strombilidium gyrans (OIP) (A)

Oligo-β mesosapróbica (o.β)

Cothurnia annulata (IPV) (B)

Pyxicola carteri (OIPV) (B)

Stentor niger (V) (N)

β mesosapróbica (β)

Askenasia volvox (IV) (CAB)

Euplotes patella (OIV) (ABC)

Lacrymaria olor (OIP) (CN)

L. pupulla (OIP) (N)

Loxophyllum helus (I) (CB)

Paramecium bursaria (OIP) (B)

Thuricola kellicotiana (V) (B)

Urocetrum turbo (I) (B)

Vaginicola ingenita (OIPV) (B)

Vorticella picta (PV) (B)

β-α mesosapróbica (β-α)

Aspidisca lynceus (OPV) (B)

Coleps hirtus (OIPV) (CB)

Euplotopsis affinis (OPV) (ACB)

Halteria grandinella (OIPV) (B)

Heliophrya rotunda (I) (C)

Kellicotta cuspidata (IP) (C)

Opercularia nutans (O) (B)

Paramecium aurelia (PV) (B)

Pseudovorticella monilata (OI) (B)

Stentor polymorphus (OIPV) (NP)

Stentor roeselli (OIPV) (NP)

α-β mesosapróbica (α-β)

Acinetides triangularis (I) (C)

Campanella umbellaria (IPV) (B)

Epistylis plicatilis (OIPV) (B)

Hemiophrys pleurosigma (OIPV) (C)

Vaginicola crystallina (OIV) (B)

α mesosapróbica (α)

Acineta tuberosa (IV) (C)

Aspidisca costata (OIPV) (B)

Carchesium polypinum (OIPV) (B)

Chilodonella cucullus (OIPV) (AB)

Chilodonella uncinata (IV) (AB)

Litonotus fasciola (OIPV) (CB)

Opercularia allensi (OV) (B)

Paramecium caudatum (OI) (B)

Prorodon teres (OIPV) (CB)

Stylonychia mytilus (OIPV) (O)

Vorticella convallaria (OIPV) (B)

α-polisapróbica (α-p)

Vorticella microstoma (OPV) (B)

Polisapróbica (p)

Hemiophrys bivacuolata f. *polysaprobica* (I) (C)

Spirostomum teres (OP) (BNA)

Vorticella striata (OIPV) (B)

Fig. 1. Distribución temporal de las especies de ciliados en la laguna San Miguel del Monte, consideradas buenas indicadoras para cada una de las condiciones en el sistema saprobios.

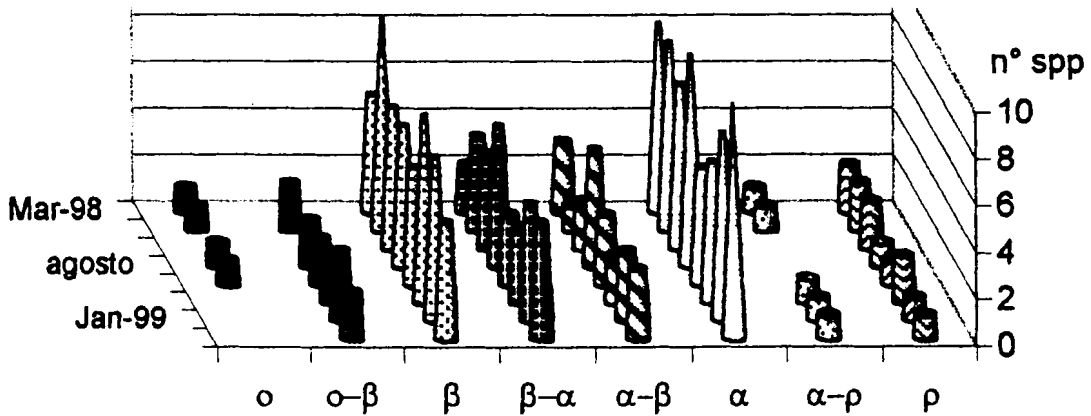
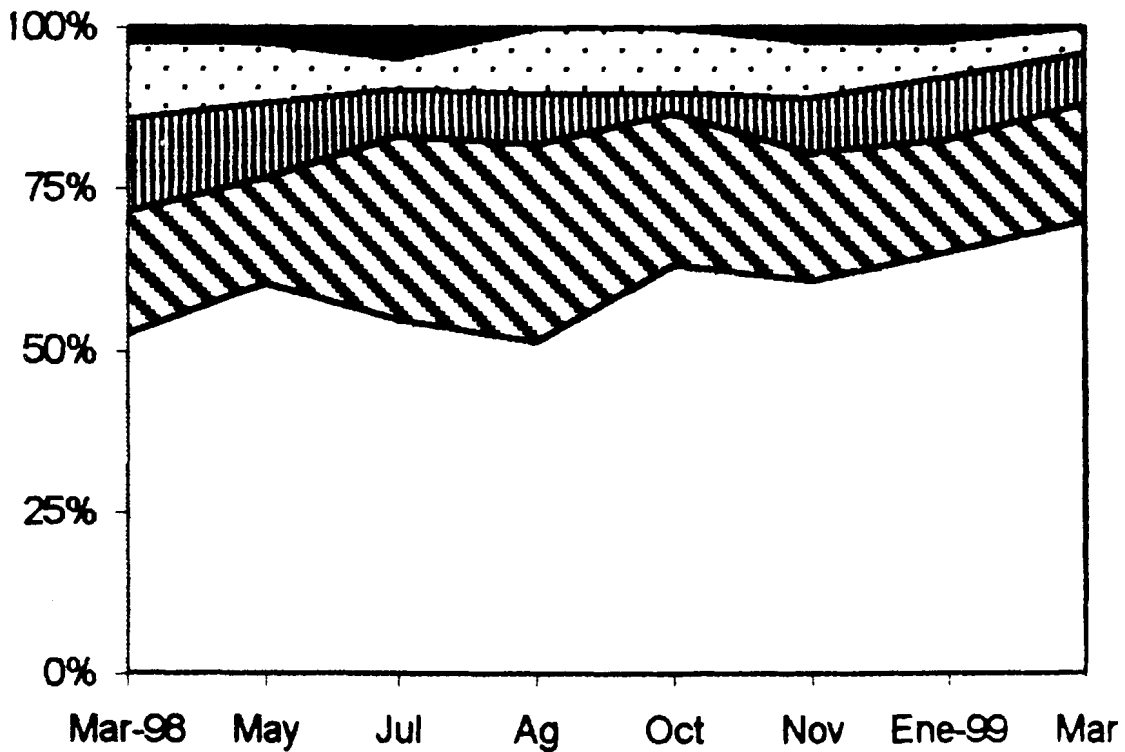


Fig. 2. Tipos de alimentación de los ciliados analizados (blanco: bacterias, línea oblicua: protozoos, línea vertical: algas, punteado: algas + bacterias + detritus, negro: sustancias disueltas).



concordando con lo indicado por los valores de saturación del oxígeno disuelto (Cuadro 4). En julio y octubre de 1998 al igual que en enero de 1999, los porcentajes de saturación del oxígeno indican condiciones oligosapróbicas mientras que los ciliados presentes reflejan condiciones intermedias entre α y β mesosapróbicas (Cuadro 4 y Fig.1). En estas tres oportunidades se registraron floraciones algales en este sector de la laguna que provocaron un aumento momentáneo en la concentración de oxígeno disuelto que provoca esa supuesta condición de baja carga orgánica.

La caracterización a partir de los ciliados definió condiciones de mayor carga orgánica que la efectuada a partir del porcentaje de saturación de oxígeno (Cuadro 4), asemejándose a la indicada por el número de bacterias aeróbicas presentes que fluctúa entre condiciones α mesosapróbicas y polisapróbicas.

El análisis del régimen alimentario de las especies (Cuadro 5) demostró que la mayor parte de los ciliados presentes eran exclusiva o parcialmente bacteriófagos en concordancia con las observaciones de Wiackowski (1981), Madoni y Viaroli (1985) y Madoni (1991) en ríos y lagunas europeos. Estos ciliados predominaron durante todo el período de muestreo frente a los depredadores, algívoros y otros, siendo más marcada esta supremacía en los meses de verano. Los ciliados que se alimentan de otros ciliados y flagelados constituyeron el grupo codominante. Los ciliados que consumen algas y los que las complementan con bacterias y detritus estuvieron representados por un número reducido de especies durante todo el período analizado. Los ciliados que se alimentan de sustancias disueltas no tuvieron un papel importante en este ambiente (Fig. 2).

La presencia destacada de los ciliados bacteriófagos frente a los algívoros y depredadores indican que las condiciones limitantes para estos dos últimos fueron frecuentes ya que sus poblaciones disminuyen en medios pobres en oxígeno disuelto (Cabré 1993). Las condiciones ambientales privilegiaron la presencia de los ciliados bacteriófagos que tuvieron alimento abundante durante todo el período de muestreo.

Como resultado de la investigación, se considera que el uso de los indicadores biológicos es conveniente para caracterizar el estado sapróbico de la laguna pues las sucesiones de las poblaciones de ciliados responden a perturbaciones de una duración temporal mayor a la que se puede detectar con la medición instantánea de un parámetro químico.

Los ciliados presentes indican que la laguna se encuentra en una condición vulnerable por lo cual sería oportuno realizar medidas de control y/o monitoreo para impedir que el ingreso de mayor cantidad de materia orgánica provoque su deterioro con la consecuente disminución de la calidad del agua.

Agradecimientos

A la Lic. Nancy Neschuk por las determinaciones químicas de nutrientes y al Dr. Miguel Angel Di Siervi por el análisis cuantitativo de las bacterias.

BIBLIOGRAFIA

- American Public Health Association.** 1995. Standard Methods for examination of water and waste water. 19th Ed. APHA. Washington, D.C.
- Bick, H.** 1972. Ciliated *Protozoa*. An illustrated guide to the species used as biological indicators. World Health Organization, Geneva. 198 pp.
- Cabré, H.S.** 1993. Análisis de la estructura de las comunidades de protozoos ciliados a través del gradiente trófico en un embalse de Barcelona (España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)* 90: 17-28.
- Cairns Jr., J.** 1972. Pollution related structural and funcional changes in aquatic communities with emphasis on freshwater *algae* and *protozoa*. *Proc. Acad. Nat. Scies. Philadelphia* 124: 79-127.
- Dangavs, N.V.** 1973. Estudios geológicos en la laguna de San Miguel del Monte. *Rev. Museo La Plata (Geol.)* 8: 281-313.
- Foissner, W.** 1992. Evaluating water quality using *Protozoa* and saprobity index: B11.1- B11.20. En: J.J. Lee y A.T. Soldo (Eds.). *Protocols in Protozoology*. Publ. Soc. Protozool. Lawrence, Kansas.
- Kahl, H.** 1930-1935. Wimpertiere oder *Ciliata (Infusoria)*. En: F. Dahl (Ed.). *Die Tierwelt Deutschland*. G. Fisher, Jena. 688 pp.
- Landa, G.G., H. Ferreira, C. Mourthé Jr, M. Junqueira, C. Estanislau y M. Fonseca.** 1998. Saprobiotic valences for microflora and microfauna species of tropical aquatic ecosystems. Preliminary studies- Minas Gerais, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1737-1740.
- Lee, J.J., E.B. Small, D.H. Lynn. y E.C. Bovee.** 1985. Some techniques for collecting, cultivating and observing *Protozoa*: 1-7. En: Lee, J.J., S.H. Hutner & E.C. Bovee. An illustrated guide to the *Protozoa*. Allen Press, Lawrence, Kansas. 629 pp.
- Madoni, P.** 1991. Community structure and distribution of ciliated *Protozoa* in a freshwater pond covered by *Lemna minor*. *Boll. Zool.* 58: 273-280.
- Madoni, P. y P. Viaroli.** 1985. Microfauna distribution in shallow macrophyte-covered basins. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2353-2355.
- Pratt, J.R. y J. Cairns Jr.** 1985. Functional groups in the protozoa: roles in different ecosystems. *J. Protozool.* 32: 415-423.
- Sládeček, V.** 1969. The indicator value of some free-moving ciliates. *Arch. Protistenk.* 111: 276-278.
- Sládeček, V.** 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol./Ergebn. Limnol.* 7: 1-218.
- Sládeček, V. y A. Sládečková.** 1998. Revision of polysaprobic indicators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:1277-1280
- Sola, A., J.F. Longás, S. Serrano y A. Guinea.** 1996. Influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates in the River Henares (Central Spain). *Hydrobiologia* 324: 237-252.
- Warren, A.** 1986. A revision of the genus *Vorticella (Ciliophora: Peritrichida)*. *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.)* 50: 1-57.
- Wiackowski, K.** 1981. Analysis of *Ciliata* form polluted sector of the River Drwinka on the basis of binary data. *Acta Hydrobiol.* 23: 319-329.

Trabajo enviado el 29.10.1999

Aceptado el 6.3.2000.