



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

**“Influencia de la disponibilidad de nutrientes y físico - química del agua en la producción secundaria zooplanctónica de un lago somero hipereutrófico de la provincia de La Pampa”.**

Pablo César BUNINO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2007

## **Prefacio**

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica.

Se llevó a cabo en la Cátedra de Biología General, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre el 16 de junio de 2006 y el 24 de septiembre de 2007, bajo la dirección de Echaniz, Santiago Andrés.

## **Agradecimientos**

Al Director, Lic. Santiago Echaniz y a la Lic. Alicia Vignatti por su colaboración y predisposición.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por el aporte de los equipos, instalaciones y fondos necesarios para realizar este trabajo.

24 de septiembre de 2007

Pablo César Bunino

Departamento de Ciencias Naturales

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de La Pampa

## **Resumen**

La ecología de los cuerpos de agua están fuertemente influenciados por los aportes de nutrientes desde la cuenca, lo que ocasiona que las actividades humanas que se desarrollan en ella tengan un fuerte efecto en lo que ocurre en su interior.

Los ambientes lénticos de escasa profundidad se caracterizan porque generalmente presentan elevados niveles de eutrofia, lo que les permite alojar una fauna zooplanctónica altamente productiva. Según el modelo de *los estados alternativos de los lagos someros*, propuesto principalmente en base a estudios realizados en ecosistemas holárticos, la comunidad zooplanctónica de las lagunas se caracteriza por presentar una composición taxonómica, un espectro de tallas y por consiguiente una biomasa que dependen directamente de la fauna íctica que esté presente en el cuerpo de agua.

A pesar de que en Argentina este tipo de ambientes son muy abundantes y de su relativa importancia, tanto por su productividad, su diversidad biológica y por su interés recreativo y turístico, sólo recientemente han comenzado a ser estudiados.

Mediante muestreos de frecuencia mensual realizados entre febrero y diciembre de 2006, esta contribución tiene por objetivo la determinación de los principales factores de importancia limnológica, en especial la concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno), su variación e influencia sobre la transparencia del agua y la abundancia y biomasa zooplanctónica de un lago somero urbano, la laguna Don Tomás, aledaña a la ciudad de Santa Rosa provincia de La Pampa y comparar la situación registrada en ese período con un estudio similar realizado entre 1995 y 1996.

## **Abstract**

The water bodies ecology is hardly influenced by the contribution of nutrients since the basin, which causes that the human activities that develop in it, have a strong effect in which occurs in its interior.

The shallow lentic environments are characterized because generally they present high eutrophic levels, what permits them to lodge a highly productive zooplanktonic fauna. According to the model of the alternative states of shallow lakes, proposed chiefly in base to studies carried out in holartic ecosystems, the zooplanktonic community characterized for presenting a taxonomic composition, a spectrum of sizes and consequently a biomass that depends directly of the fishes fauna that been present in the body of water.

In spite of the fact that in Argentina this type of environments are very abundant and of their relative so much importance, by their productivity, biological diversity and by their interest recreational and touristic, only recently they have begun to be studied.

By means of monthly sampling carried out between February and December of 2006, this contribution has the objective the determination of the main factors of limnologic importance, especially the concentration of nutrients (phosphorus and nitrogen), its variation and influence on the water transparency and zooplanktonic abundance and biomass in an urban shallow lake, Don Tomás pond, boundary to the city of Santa Rosa province of La Pampa and to compare the registered situation in this period with a similar study carried out between 1995 and 1996.

## **Índice**

Prefacio .....	1
Resumen .....	2
Abstract .....	2
Índice .....	4
Introducción .....	5
Hipótesis .....	7
Material y métodos .....	7
Resultados .....	8
Descripción del área de estudio .....	8
Parámetros ambientales .....	10
Zooplancton .....	13
Discusión .....	17
Conclusiones .....	23
Bibliografía .....	25

## Introducción

Desde sus orígenes, la limnología clásica prestó más atención a los lagos profundos, ubicados en valles glaciares, predominantemente oligotróficos y por lo tanto de aguas de gran transparencia (Williams, 1981), al punto que actualmente es mucho lo que se sabe sobre la ecología de este tipo de ambientes y de su zooplancton (Margalef, 1983), pero no ha ocurrido lo mismo con los lagos someros, cuyos estudios comenzaron a principios de la década de '90, generalmente en relación a procesos de eutrofización producida por el vertido de nutrientes en sus aguas.

Estos estudios, fueron desarrollados sobre todo en los países del norte de Europa y Estados Unidos como los realizados por Jeppesen (1998), Jeppesen *et al.* (1991 y 2000), Scheffer (1998) y Scheffer *et al.* (1993), que con sus aportes han contribuido a dar a conocer la importancia para los ecosistemas acuáticos, tanto de la entrada como de la carga interna de nutrientes y sobre su influencia sobre la transparencia del agua y las productividades primaria y secundaria, al punto que los llevó a plantear el modelo *de los estados alternativos de los lagos someros*.

Los lagos someros (lagunas) son cuerpos de agua generalmente ubicados en paisajes de llanura, que debido a su escasa profundidad (menos de 3 – 4 m) no estratifican térmicamente, lo que les da un carácter polimíctico (Scheffer, 1998). Generalmente tienen una elevada concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno), lo que ocasiona que sean ambientes eutróficos o hipereutróficos, con grandes biomásas en todos los niveles tróficos y tasas de producción primaria y secundaria también muy altas (Scheffer, 1998). En este tipo de ambientes los tiempos de permanencia del agua son muy variables, lo que ocasiona grandes cambios en la salinidad (Quirós, 2002a).

En Argentina, si bien existen numerosos estudios sobre aspectos ecológicos de los lagos someros, la mayoría se refieren a algún grupo taxonómico, funcional o nivel trófico en particular, como los trabajos de Ringuelet (1962 y 1972), Ringuelet *et al.* (1967) en los que describió algunos aspectos ecológicos de las lagunas de la pampasia bonaerense, haciendo referencia a las especies, sobre todo zooplanctónicas, y su relación con el contenido iónico del agua, los relevamientos que Olivier (1955 y 1961) realizó en las lagunas Salada Grande y Vitel, también de la provincia de Buenos Aires, o los de José de Paggi (1976, 1980, 1983, 1984) y Paggi (1980), quienes estudiaron aspectos ecológicos de ambientes lénticos relacionados con la llanura de inundación del río Paraná, sujetos por lo tanto al régimen pulsátil del río.

Más recientes son las contribuciones de Claps *et al.* (2004), Quirós (2000), Quirós *et al.* (2002a, b, y c) y Boveri y Quirós (2002), quienes han realizado estudios en los que describieron la estructura y funcionamiento de cuerpos de agua someros situados en la provincia de Buenos Aires, sobre todo en la cuenca del río Salado, donde existen lagunas fuertemente influidas por la entrada de nutrientes aportados por el intensivo uso de la tierra realizado en sus cuencas. Quirós (2000) realizó un relevamiento en el que mencionó la relación entre disponibilidad de nutrientes, clorofila y biomasa de zooplancton para algunos cuerpos de agua del país, pero generalmente tomó en cuenta los más conspicuos y de mayor interés pesquero. Así, recolectó información de algunos lagos, embalses y lagunas de Argentina, importantes por su extensión, pero en muestreos puntuales realizados en una única ocasión, en el pico de la estación de crecimiento. Para la provincia de La Pampa, sólo registró información de 2 cuerpos de agua, restringidos a las lagunas Urre Lauquen y La Dulce, ambas en el departamento Curacó.

En la provincia de La Pampa, la ecología de los lagos someros y de su zooplancton ha comenzado a estudiarse recientemente. Así, se han realizado diversos aportes que describen algunos aspectos ecológicos y taxonómicos de este tipo de lagos, (Echaniz y Vignatti 1996, 2001 y 2002 a y b; Echaniz *et al.*, 2005 y 2006; Pilati 1997 y 1999; Vignatti y Echaniz, 1999, 2001 y 2002, Vignatti *et al.*, 2007), en los que se relacionan las principales variables físico químicas, tales como temperatura, pH, salinidad o contenido iónico con la estructura de la comunidad zooplanctónica. En los aportes mencionados, se analizó la química del agua y su influencia sobre la composición taxonómica y la abundancia de individuos por especie, pero no se hizo referencia a la cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno) presentes en el agua.

Los objetivos de esta contribución son aportar información sobre los parámetros morfométricos, la composición taxonómica del zooplancton y su variación y establecer relaciones entre la densidad y biomasa de los organismos con la concentración de clorofila y la disponibilidad de nutrientes a lo largo del período de estudio, en la laguna Don Tomás, un lago somero altamente afectado por la ciudad aledaña, dado que es el cuenco receptor del sistema de desagües pluviales y que por estar ubicada en un parque público, tiene un importante uso recreativo, tanto por su interés paisajístico como porque en ella se desarrolla pesca deportiva. Además, dado que se cuenta con información colectada en estudios anteriores (Echaniz y Vignatti, 2001), se compara el estado actual de la laguna con el registrado hace 10 años.

## Hipótesis:

- 1.- Debido al elevado nivel de nutrientes, la laguna Don Tomás pertenece al grupo que el modelo de los *estados alternativos de los lagos someros* caracteriza como turbios, estando la turbidez y escasa transparencia del agua dadas por la presencia de altas concentraciones de seston de origen orgánico.
- 2.- El estado turbio se ve favorecido por la presencia de especies de peces planctívoros (pejerreyes), que predan sobre las especies zooplanctónicas de mayor tamaño y que por su eficiencia de filtración pueden contribuir a aclarar el agua.
- 3.- Por la presión de predación, la comunidad zooplanctónica actual es diferente a la registrada hace diez años, y se caracteriza por la ausencia del género *Daphnia*, cladóceros que por su eficiencia de filtrado controlan el desarrollo de fitoplancton, aclarando el agua.
- 4.- Las condiciones físico químicas de la laguna Don Tomás difieren de las registradas hace diez años, debido a que los cambios en el zooplancton provocaron una disminución en la transparencia del agua y al efecto de lavado producido por el trasvase de sus aguas a otros cuencos.

## Material y métodos

### Descripción del área de estudio

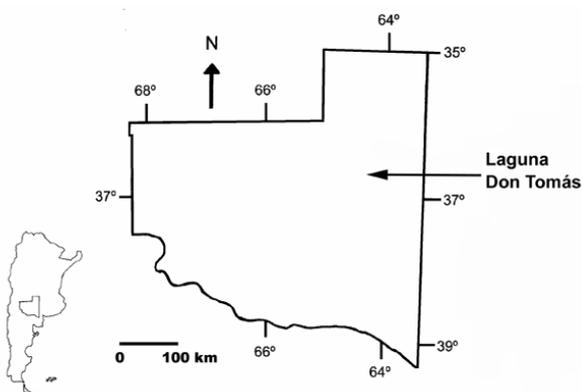


Figura 1: Ubicación de la laguna Don Tomás.

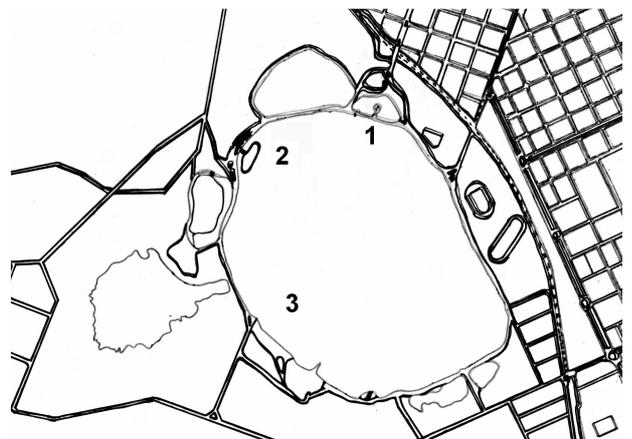


Figura 2: Laguna Don Tomás.  
Escala: 1: 11600

La laguna Don Tomás ( $64^{\circ} 19' 03''$  O,  $36^{\circ} 37' 20''$  S) (Fig. 1) es un cuerpo de agua somero, situado al oeste de la ciudad de Santa Rosa (Figs. 2 y 3), de la que recibe el aporte de agua de los desagües pluviales, lo que permitió, que si bien en el pasado fuera un ambiente temporario, en la actualidad sea permanente. Posee un sistema de bombas extractoras, que se pone en funcionamiento cuando existe riesgo de desborde y envía el agua excedente a una laguna situada en el Bajo de Giuliani, al sur de la ciudad.

En sus alrededores se sitúa un Parque Recreativo de uso comunitario y en la laguna se desarrolla una fauna íctica integrada por pejerreyes (*Odonthestes bonariensis*), carpas (*Cyprinus carpio*), mojarra (*Cnesterodon decemaculatus* y *Jennynsia linneata*) y dientudos (*Oligosarcus jenynsi*), lo que le confiere un alto valor turístico y recreativo. Es una laguna que tiene una profundidad máxima de 2,3 m y una superficie de 135,2 ha (Fig. 2). Su largo y ancho máximos son 1565 m y 1181,4 m respectivamente, y coinciden con



**Figura 3: Laguna Don Tomás**

los largos y anchos máximos efectivos, dada la ausencia de islas o accidentes que interrumpen la acción del oleaje.

La longitud de la línea de costa es de 4725,6 m y el cálculo del desarrollo de la línea de costa arrojó un 1,14, lo que muestra que su contorno es muy regular, casi circular y sin accidentes.

Dentro del cuenco principal en donde se realizó la toma de las muestras, no se registró vegetación arraigada. El fitoplancton estuvo dominado por clorofitas y cianofitas, (47,8% y 32,7% del total de las especies registradas respectivamente) (Alvarez y Bazán, 2006).

Se realizaron muestreos mensuales, desde febrero de 2006 hasta diciembre de 2006. Se determinaron tres estaciones, la primera en el muelle Este (1), la segunda frente al muelle de la Escuela de Canotaje (2) y la tercera frente a la playa oeste (3) (Fig. 2).

En cada una de ellas se tomaron dos muestras cuantitativas de zooplancton empleando una trampa de Schindler-Patalas de 10 litros de capacidad, provista de una red de 0,04 mm de abertura de malla y una muestra cualitativa, con una red de 22 cm de diámetro de boca y 0,04 mm de abertura de malla. Todas las muestras se anestesiaron con CO<sub>2</sub> previo a la fijación, a los efectos de evitar contracciones que deformen los ejemplares y distorsionen las medidas necesarias para el cálculo de la biomasa.

En cada estación se determinaron la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto, mediante un oxímetro digital Lutron OD 5510 y la transparencia del agua mediante un disco de Secchi de 22 cm de diámetro y se tomaron muestras de agua para la determinación del pH mediante un termopohachímetro digital Corning PS 15, conductividad con un conductímetro Oakton TDSTestr 20 y salinidad mediante el método de residuo sólido. La concentración de clorofila a se determinó por el método espectrofotométrico, la de nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl y la de fósforo total mediante digestión en medio ácido y espectrofotometría UV-visible.

A efectos de conocer la composición iónica, se efectuó un análisis químico en un laboratorio comercial del medio. Además, se determinó el contenido de seston, en sus diferentes fracciones (total, orgánico e inorgánico), mediante el filtrado de un volumen de agua conocido, a través de filtros de fibra de vidrio tipo Whatman CFC, secados en estufa a 60 °C hasta peso constante y posteriormente calcinados a 550 °C.

Mediante el empleo de un microscopio óptico, dotado de un ocular micrométrico se tomaron las medidas convencionales de ejemplares de cada especie presente. Los recuentos de macro y microzooplancton se realizaron bajo microscopio estereoscópico y óptico convencional, en cámaras de Bogorov y Sedwick- Rafter respectivamente. Las alícuotas se tomaron empleando submuestreadores de Russell de 5 ml (para macrozooplancton) y micropipetas de 1 ml (para el microzooplancton) y los recuentos fueron facilitados por la tinción de los ejemplares con colorante rosa de Bengala. Para determinar la biomasa del zooplancton se emplearon fórmulas que relacionan la longitud total con el peso seco de los ejemplares (Dumont *et al.*, 1975; Rosen, 1981, McCauley, 1984, Culver *et al.*, 1985; Kobayashi, 1997 y Pilati y Martínez, 2003).

Se calcularon los índices de estado trófico en base a la transparencia del agua y concentraciones de clorofila y fósforo total (Carlson, 1996). Se realizó el test de Levene a

efectos de verificar la homocedasticidad de varianzas, análisis de varianza (ANOVA) y test de Kruskal Wallis en los casos necesarios.

Mediante el empleo de fotografías satelitales se determinaron los principales parámetros morfométricos, largo y ancho máximo, longitud de la línea de costa y mediante sondeos, la profundidad máxima de la laguna.

## Resultados

### 1.- Parámetros ambientales

La temperatura del agua varió en un amplio rango, en función de la época del año (Fig. 4). Fue mayor durante noviembre - diciembre, cuando se registró 24,1 °C y mínima en julio, con 7,1 °C. La concentración de oxígeno durante el periodo de estudio alcanzó una media de 8,45 mg.l<sup>-1</sup>, con valores que fluctuaron entre 6,2 (abril) y 10,30 (mayo) (Fig. 4).

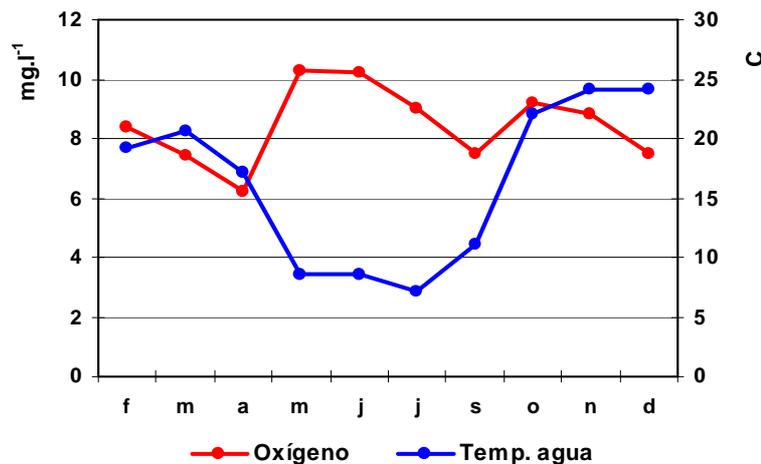


Figura 4: Variación de la temperatura del agua (°C) y de la concentración de oxígeno disuelto (mg. l<sup>-1</sup>).

La transparencia del agua fue siempre reducida (Fig. 5), oscilando entre 0,12 m en marzo y noviembre y 0,2 m en octubre, con una media de 0,15 m. El contenido de seston total determinado a lo largo del período de estudio (Fig. 5), mostró un valor medio de 54,58 mg.l<sup>-1</sup>, siendo 51,29 mg.l<sup>-1</sup> y 3,28 mg.l<sup>-1</sup> los valores medios de las fracciones orgánicas (Fig. 7) e inorgánica respectivamente.

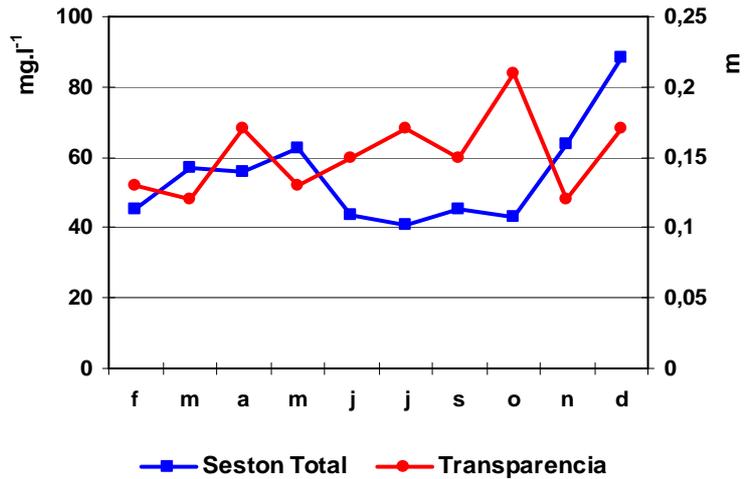


Figura 5: Variación de la transparencia del agua (m) y de la concentración de seston total (mg. l<sup>-1</sup>).

La salinidad registrada durante el período de estudio fue baja y relativamente constante, variando entre 0,71 g.l<sup>-1</sup> (febrero) y 0,96 g.l<sup>-1</sup> (noviembre) (Fig. 6).

El pH, aunque siempre fue relativamente elevado, mostró oscilaciones, ya que varió entre 8,01 (junio) y 9,11 (marzo) (Fig. 6).

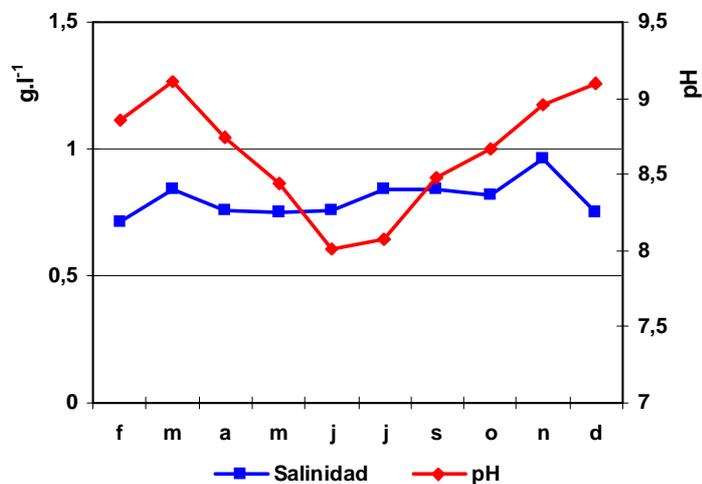


Figura 6: variación del pH y de la salinidad (g. l<sup>-1</sup>).

La concentración de clorofila determinada a lo largo del período de estudio siempre fue elevada y registró una media de 154,6 mg.m<sup>-3</sup>. Fue mínima durante los meses de invierno, cuando alcanzó 88,78 mg.m<sup>-3</sup> (julio) y máxima en verano cuando llegó a 211,46 mg.m<sup>-3</sup> (diciembre). (Fig. 7).

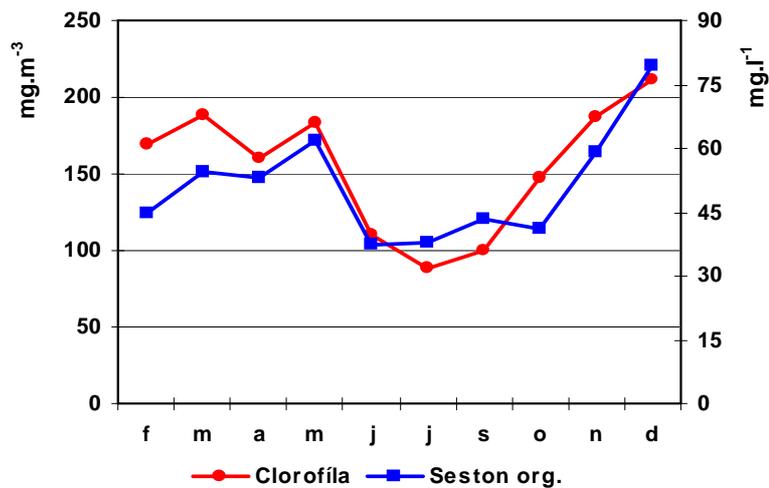


Figura 7: Variación de la concentración de clorofila (mg. m<sup>-3</sup>) y seston orgánico (mg. l<sup>-1</sup>).

El análisis del contenido iónico realizado en una muestra de agua tomada en noviembre (Fig. 8) mostró que Don Tomás es una laguna bicarbonatada sódica, aunque también muestra elevado valor de Cl<sup>-</sup>. El cálculo de la relación  $Ca^{++}+Mg^{++}/Na^{+}+K^{+}$  arrojó un valor de 0,25.

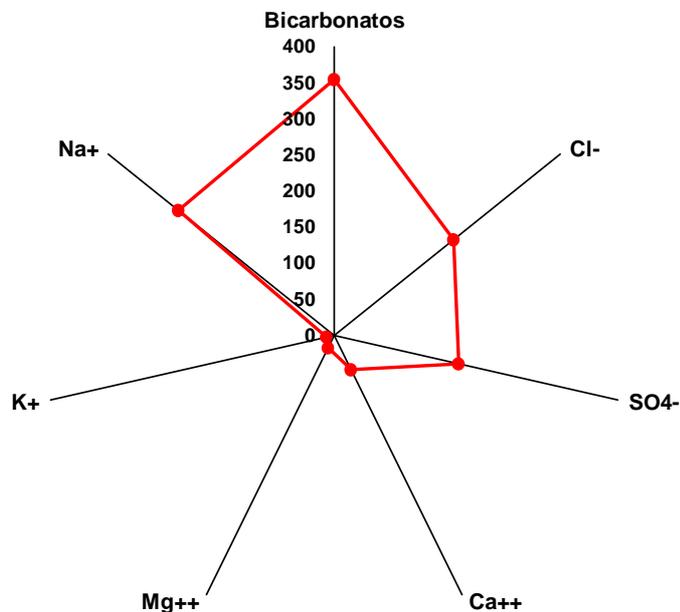
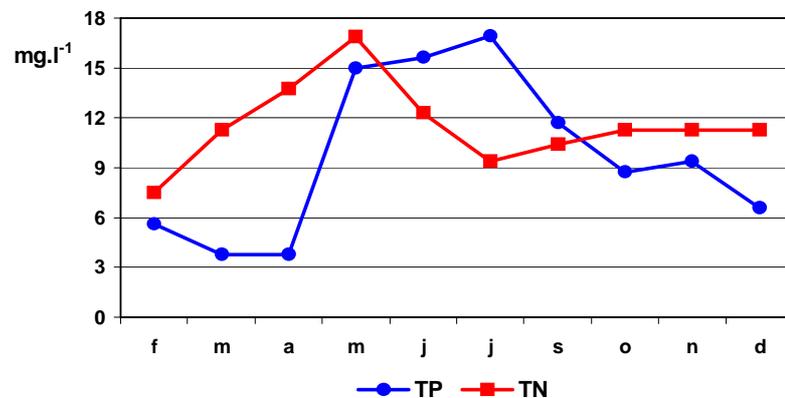


Figura 8: Composición iónica del agua (mg. l<sup>-1</sup>).

Las concentraciones de nutrientes registradas durante el período estudiado, tanto la de fósforo como de nitrógeno fueron altas, oscilando entre 3,75 y 16,90 mg.l<sup>-1</sup> para el

fósforo (media 9,71 mg.l<sup>-1</sup>) y 7,5 y 16,88 mg.l<sup>-1</sup> para el nitrógeno (media 11,52 mg.l<sup>-1</sup>) (Fig. 9).



**Figura 9: Variación de la concentración de nitrógeno y fósforo totales.**

Los valores calculados de los índices de estado trófico que toman en cuenta la transparencia del agua, concentración de clorofila y fósforo total fueron 87.14, 80.05 y 70.12 respectivamente (Carlson, 1996).

## 2.- Zooplancton

Se hallaron 4 especies de cladóceros, 4 de copépodos y 12 de rotíferos (Tabla 1). Entre los cladóceros, *Bosmina huaronensis* fue la única especie presente durante todo el periodo de estudio, siendo además la dominante numéricamente. Esta especie registró su abundancia máxima en noviembre, con 346,67 ind.l<sup>-1</sup> y mínima en mayo con 0,66 ind.l<sup>-1</sup> (Fig. 10). La biomasa máxima fue de 2295,55 µg.l<sup>-1</sup> (Fig. 11) y la mínima de 0,35µg.l<sup>-1</sup> cuando representaron el 95,3 % y 24 % del total de la biomasa de la taxocenosis de cladóceros respectivamente. *Moina micrura* no se registró en los meses de junio, julio, septiembre y octubre (Fig. 10). Los máximos de abundancia y biomasa no coincidieron, ya que su abundancia máxima se registró en febrero, con 75 ind.l<sup>-1</sup> y la biomasa máxima en diciembre, con 452,12 µg.l<sup>-1</sup> (Fig. 11), cuando representó el 70 % del total de la taxocenosis (Fig. 12). La abundancia y biomasa mínimas se verificaron en mayo, con 0,44 ind.l<sup>-1</sup> y 1,11µg.l<sup>-1</sup>, respectivamente, cuando la biomasa alcanzó el 76 % del total. *Diaphanosoma birgei* y *Alona* sp. se registraron sólo en los meses de verano (Fig. 10 y 11), alcanzando la primera una abundancia y biomasa máximas de 55 ind.l<sup>-1</sup> y 129,95 µg.l<sup>-1</sup> en febrero y la segunda 28,33 ind.l<sup>-1</sup> y 34,3 µg.l<sup>-1</sup> en noviembre. En el caso de *D. birgei* la biomasa del mes de febrero representó el 38,9 % del total de la taxocenosis (Fig. 12).

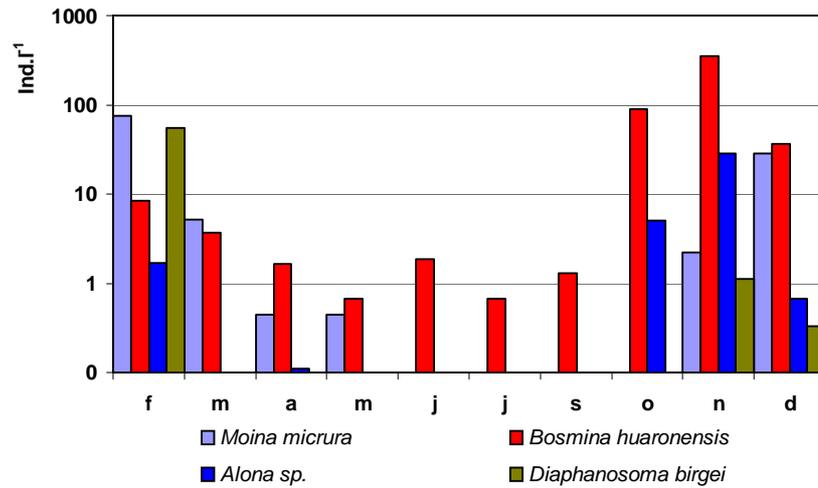


Figura 10: Variación de la abundancia (ind. l<sup>-1</sup>) de cladóceros.

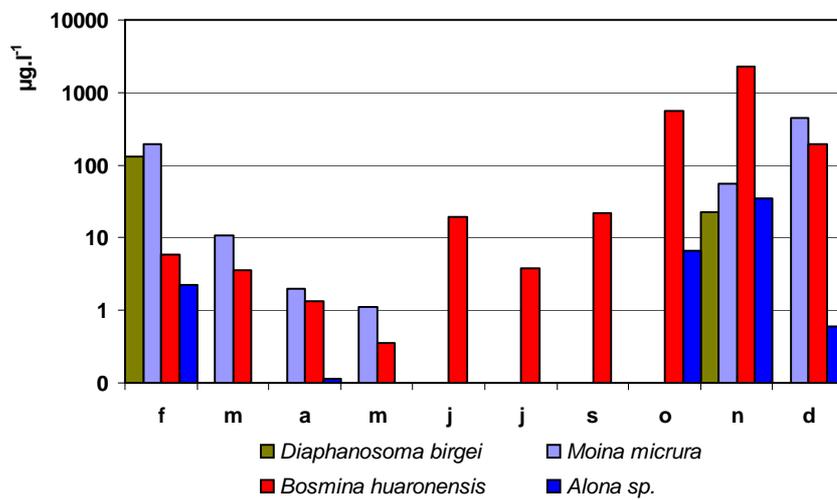


Figura 11: Variación de la biomasa (µg. l<sup>-1</sup>) de cladóceros.

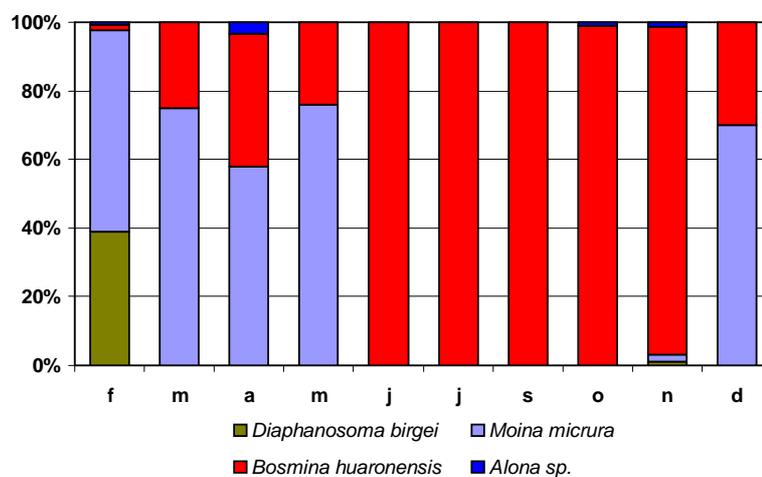


Figura 12: Variación porcentual de la biomasa (µg. l<sup>-1</sup>) de cladóceros.

Dentro de los copépodos el calanoideo *Boeckella gracilis* y el harpacticoideo *Cletocamptus deitersi* se colectaron sólo en septiembre, cuando presentaron abundancias y biomasa muy reducidas, 1,66 ind.l<sup>-1</sup> y 100,46 µg.l<sup>-1</sup> en el caso de *B. gracilis* y 1,05 ind.l<sup>-1</sup> y 4,41 µg.l<sup>-1</sup> para *C. deitersi*. En cambio, los ciclopoideos (Fig. 13) y las larvas nauplios se registraron en todo el período de muestreo. La abundancia máxima de adultos y copepoditos fue de 1066,67 ind.l<sup>-1</sup> en marzo y la mínima de 92,43 ind.l<sup>-1</sup> en mayo. Respecto a su biomasa, la misma fluctuó entre 4108,19 µg.l<sup>-1</sup> y 365,96 µg.l<sup>-1</sup> en septiembre y febrero respectivamente (Fig. 14). Los nauplios tuvieron una abundancia mínima de 18,33 ind.l<sup>-1</sup> en mayo y máxima de 1505 ind.l<sup>-1</sup> en febrero (Fig. 13), mientras que la biomasa varió entre 748,71µg.l<sup>-1</sup> y 3,17µg.l<sup>-1</sup> en diciembre y mayo respectivamente (Fig. 14). Desde el punto porcentual, el dominio de la biomasa estuvo dada por los copepoditos y adultos de los ciclopoideos (Fig. 15).

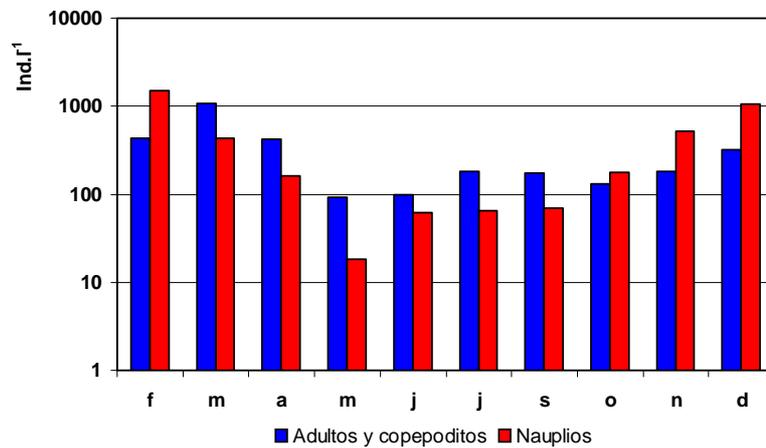


Figura 13: Variación de la abundancia (ind. l<sup>-1</sup>) de copépodos ciclopoideos.

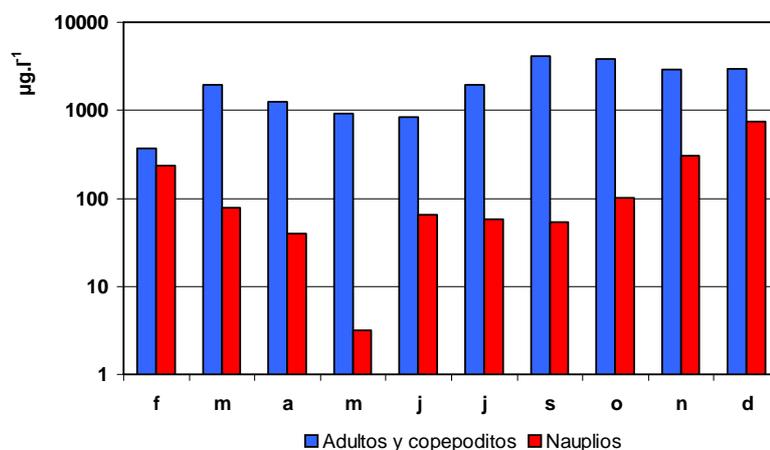
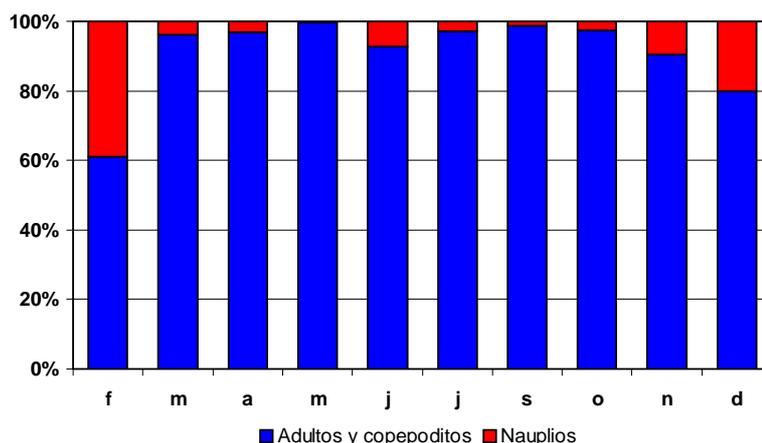


Figura 14: Variación de la biomasa (µg. l<sup>-1</sup>) de copépodos ciclopoideos.

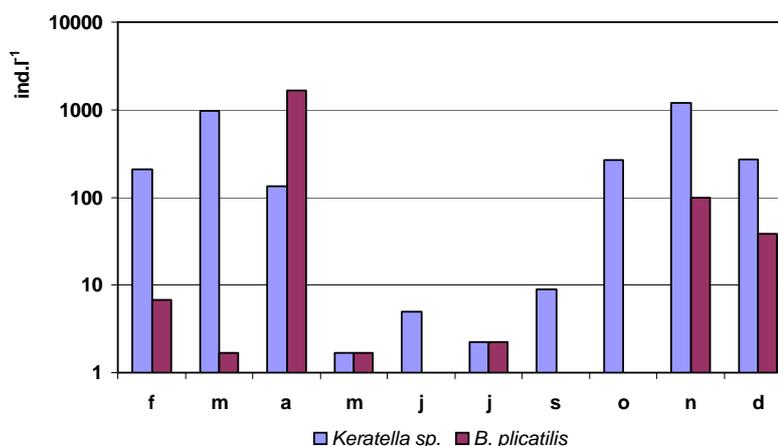


**Figura 15: Variación porcentual de la biomasa ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) de los copéodos ciclopoideos y nauplios.**

Respecto a los rotíferos, *Keratella* sp. fue la única especie presente en todo el periodo de estudio y la más importante numéricamente. Su abundancia (Fig. 16) presentó un máximo de  $1196,67 \text{ ind.l}^{-1}$  en noviembre y un mínimo de  $1,67 \text{ ind.l}^{-1}$  en mayo mientras que su biomasa fue de  $624,47 \mu\text{g.l}^{-1}$  en noviembre y de  $0,71 \mu\text{g.l}^{-1}$  en mayo (Fig. 17).

*Brachionus plicatilis*, la especie más importante en términos de biomasa después de *Keratella* sp. no estuvo presente en junio, septiembre y octubre. Su abundancia (Fig. 16) y biomasa máximas (Fig. 17) se registraron en abril,  $1660 \text{ ind.l}^{-1}$  en abril y  $360,31 \mu\text{g.l}^{-1}$  y las mínimas en mayo con  $1,67 \text{ ind.l}^{-1}$  y  $1,96 \mu\text{g.l}^{-1}$ .

El resto de las especies de rotíferos se registraron principalmente durante fines de primavera y verano, alcanzando densidades y biomasa reducidas en comparación con *Keratella* sp. y *B. plicatilis* (Fig. 18).



**Figura 16: Variación de la abundancia ( $\text{ind.l}^{-1}$ ) de *B. plicatilis* y *Keratella* sp.**

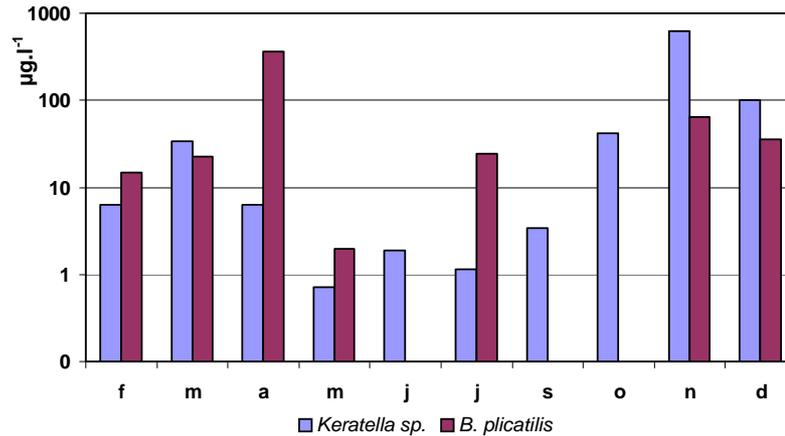


Figura 17: Variación de la biomasa ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) de rotíferos *B. plicatilis* y *Keratella sp.*

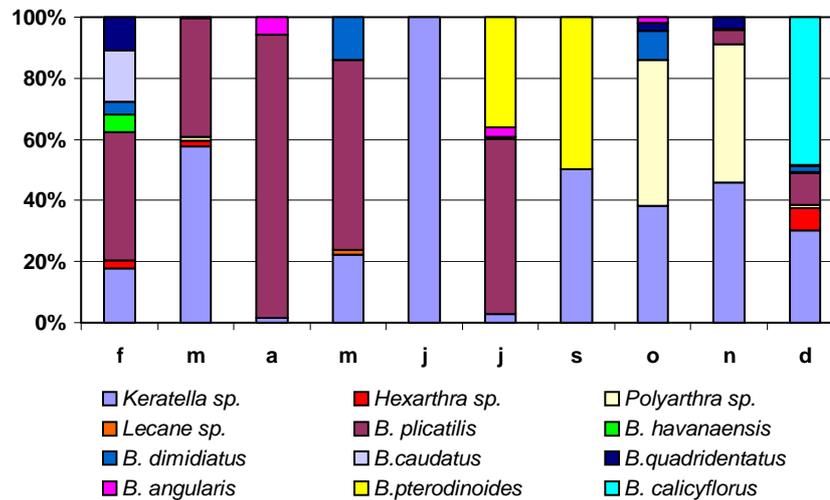


Figura 18: Variación porcentual de la biomasa ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ ) de los rotíferos.

## Discusión

La laguna Don Tomás es un lago somero que se caracteriza por presentar una baja salinidad y que, de acuerdo a la clasificación de Hammer (1986), puede caracterizarse como subsalina, categoría que comparte con lagunas de la provincia de condiciones similares, que reciben aportes de ciudades, como las lagunas Quetré Huitrú, aledaña a General Acha, que durante el período comprendido entre enero de 2002 y febrero de 2003 registró una salinidad media de  $0,79 \text{ g.l}^{-1}$  (Vignatti y Echaniz, 2007) y la laguna La Arocena, que recibe las descargas pluviales de la ciudad de General Pico, que entre enero y abril de 2007 presentó una salinidad de  $0,25 \text{ g.l}^{-1}$  (Echaniz y Vignatti, com. pers.). Esta

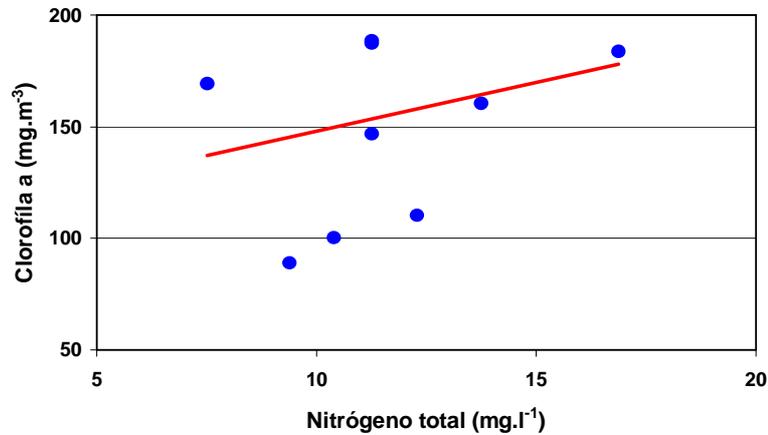
situación contrasta con la de la mayor parte de las lagunas de la provincia que no reciben aportes de desagües y tienen salinidades considerablemente más elevadas, la mayor parte de las cuales pueden categorizarse como hipo o mesosalinas (Echaniz *et al.* 2005 y 2006). Además, durante el estudio realizado en Don Tomás este parámetro se mantuvo muy constante, lo que también es diferente a lo que sucede en ambientes alejados de ciudades, en donde se verifican grandes fluctuaciones de salinidad.

Durante el estudio realizado entre marzo de 1995 y febrero de 1996 (Echaniz y Vignatti, 2001) la salinidad registrada fue el doble de la medida durante 2006, con  $1,65 \text{ g.l}^{-1}$  y  $0,8 \text{ g.l}^{-1}$  respectivamente. Luego de realizado el test de Levene ( $p = 0,074677$ ;  $F = 3,536455$ ), el análisis de varianza mostró que la diferencia entre ambos períodos es significativa ( $p = 0,000000$ ;  $F = 307,383$ ). La baja salinidad de la laguna Don Tomás podría deberse a la alta influencia antrópica ejercida por la presencia de la ciudad de Santa Rosa en su cuenca de drenaje ya que la gran extensión del pavimento y un número creciente de construcciones impide la infiltración por el suelo del agua de las precipitaciones, la que escurre superficialmente o por el sistema de desagües pluviales, haciendo que el agua que ingresa a la laguna llegue con una concentración muy baja de sales disueltas. A esto debe sumarse el lavado que sufre al ser enviados volúmenes variables de agua a la laguna del Bajo Giuliani en periodos de crecida, a efectos de evitar inundaciones en zonas habitadas cercanas.

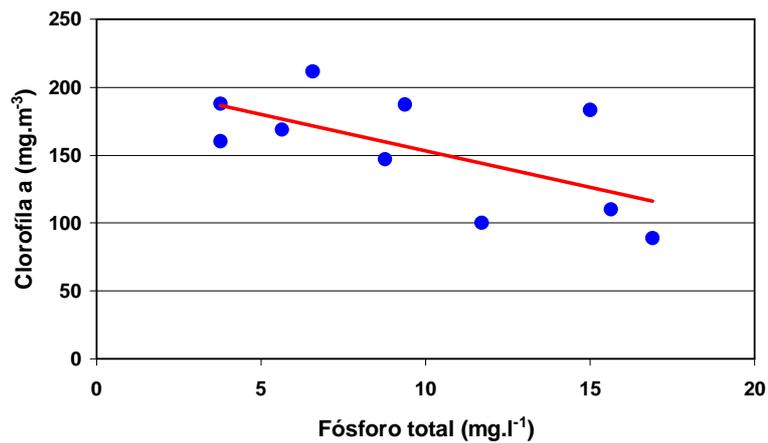
Teniendo en cuenta el contenido iónico, el agua de Don Tomás puede clasificarse como bicarbonatada clorurada sódica. La mayor concentración de bicarbonato también es un indicativo de origen pluvial del agua y de que ésta no ha estado demasiado tiempo en contacto con sedimentos. En función de la relación calculada entre los cationes mono y bivalentes, puede considerársela de baja dureza (Cole, 1988).

Don Tomás es un cuerpo de agua que se caracteriza por su elevado estado trófico, los índices calculados, que tienen en cuenta la transparencia del agua y las concentraciones de clorofila a y fósforo total, permiten caracterizarla como hipereutrófica (Carlson, 1996).

Aunque la concentración de clorofila a mostró relación con la concentración de nitrógeno total (fig.19), lo contrario sucedió con el fósforo total, ya que los máximos valores de concentración de clorofila a coincidieron con los de menor concentración de fósforo (fig.20). Esta situación contrasta con lo verificado por otros autores (Quirós, 2002a) para otros ambientes en los que siempre un aumento de la concentración de P total se tradujo en un aumento de la concentración de clorofila a.



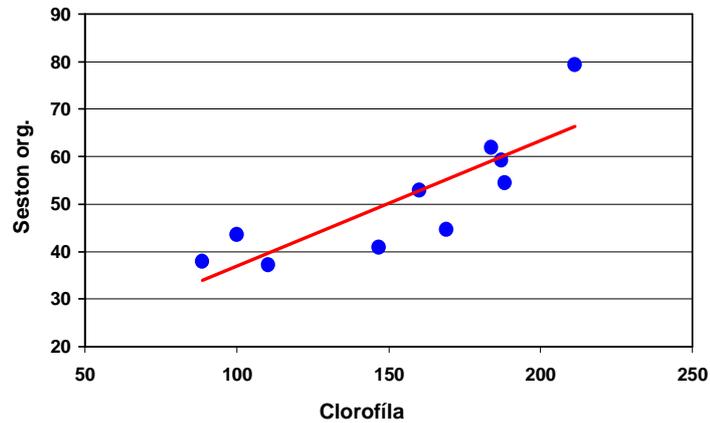
**Figura 19: Relación entre concentraciones de clorofila a ( $\text{mg. m}^{-3}$ ) y nitrógeno total ( $\text{mg. l}^{-1}$ ).**



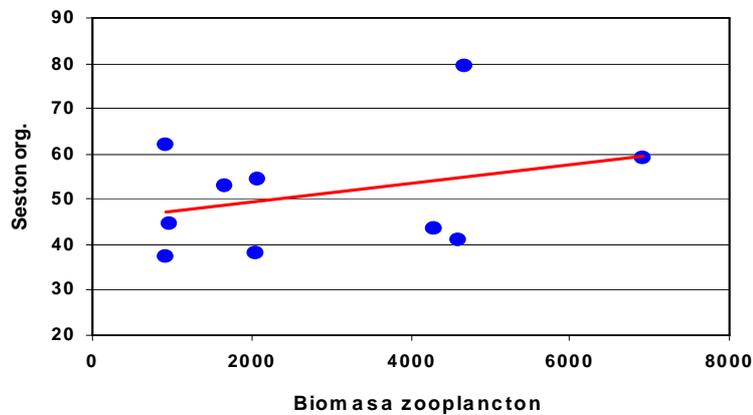
**Figura 20: Relación entre concentraciones de clorofila a ( $\text{mg. m}^{-3}$ ) y fósforo total ( $\text{mg. l}^{-1}$ ).**

Teniendo en cuenta el modelo de los *estados alternativos de los lagos someros*, la laguna Don Tomás puede ser categorizada como turbia, ya que se caracteriza por su muy poca transparencia, por la alta cantidad de materiales sólidos en suspensión (seston). Este parámetro también registró cambios con respecto al período 95 – 96 1996 (Echaniz y Vignatti, 2001), cuando se verificó una media de 0,24 m contra los 0,15 medidos durante 2006, significando una notable reducción en la transparencia y por consiguiente en la profundidad a la que puede penetrar la luz. Las determinaciones realizadas durante el período de estudio 2006 mostraron que, la cantidad de sólidos suspendidos de origen inorgánico fue siempre reducida, indicando que la proporción de sedimentos en suspensión

es baja. En cambio la fracción sestónica de origen orgánico fue siempre mayor. Dado que se verificó una relación directa entre este componente y la concentración de clorofila (coeficiente de correlación = 0,8414) (Fig. 21), mayor que con la biomasa del zooplancton (coef correl = 0,3264) (Fig. 22) puede inferirse que la mayor parte del material particulado sólido suspendido está dado por el fitoplancton.



**Figura 21: Relación entre concentraciones de seston orgánico (mg. l<sup>-1</sup>) y concentración de clorofila a (mg.m<sup>-3</sup>).**



**Figura 22: Relación entre concentraciones de seston orgánico (mg. l<sup>-1</sup>) y biomasa zooplanctónica (µg. l<sup>-1</sup>).**

Dicho estado turbio se ve favorecido no sólo por las características antrópicas de la laguna y su estrecha relación con la ciudad, que hacen que reciba cantidades altas de nutrientes sino también por el efecto producido por la presencia de una población de pejerreyes, peces planctívoros que predan sobre las especies zooplanctónicas de mayor tamaño y eficiencia de filtración, preferentemente del género *Daphnia* (Quirós, 2002 a, b; Grosman y Sanzano, 2003). Esta situación es similar a la registrada en otras lagunas de La

Pampa, tal lo verificado durante los estudios realizados en Quetré Huitrú y Bajo de Giuliani, lagunas del mismo estado trófico que Don Tomás (Vignatti y Echaniz, 2007), las que también mostraron una reducida transparencia del agua, 0,34 y 0,18 m respectivamente y comunidades zooplanctónicas caracterizadas por la dominancia de especies de pequeña talla debido a la existencia de poblaciones de pejerreyes y contrasta con la que presentan otros lagos someros estudiados en La Pampa, los que a pesar de tener similares concentraciones de nutrientes, presentan una mucho mayor transparencia del agua, situación que puede ser atribuida a la ausencia de peces planctófagos, lo que permite el desarrollo de especies zooplanctónicas de mayor tamaño y eficiencia de filtración (Scheffer, 1998), en particular *Daphnia menucoensis* y *Moina eugeniae* (Echaniz et al. 2005 y 2006; Vignatti y Echaniz 2007).

Teniendo en cuenta que la salinidad es un parámetro limitante de la riqueza específica de la comunidad zooplanctónica, la diversidad registrada de Don Tomás fue más baja que la de otras lagunas subsalinas de La Pampa. El número de especies de esta laguna fue la mitad que el verificado en Quetré Huitrú, laguna situada a la vera de la ciudad de General Acha, en donde se registraron 35 especies a lo largo de un ciclo anual (Vignatti y Echaniz 2007) o en El Guanaco, situada al norte de Santa Rosa, donde durante el hidroperíodo que tuvo lugar entre diciembre de 2003 y marzo de 2004 se registraron 34 especies y más cercano al que se registró en lagunas pampeanas de mayor salinidad, tal lo verificado en estudios realizados en las lagunas El Destino, La Laura y El Carancho, todas con salinidades superiores a 12 g.l<sup>-1</sup>, y que presentaron entre 15 y 17 especies.

Durante los períodos 95/96 1996 (Echaniz y Vignatti, 2001) y 2006 se registró el mismo número total de especies, 20 en ambos casos, pero se verificaron diferencias en la composición taxonómica de ambos períodos (Tabla 2).

Durante 95/96 1996 (Echaniz y Vignatti, 2001) la comunidad zooplanctónica estuvo dominada por los microcrustáceos, ya que se contaron 12 especies, contra 8 especies de rotíferos. Durante 2006 la situación fue inversa, se registraron 8 taxa de crustáceos contra 12 de rotíferos. Si bien algunas especies, como *Bosmina huaronensis*, *Metacyclops mendocinus*, *Microcyclops anceps* y *Keratella* sp fueron de presencia constante durante ambos períodos, en el primer caso se verificó la presencia durante 5 meses de dos especies del género *Daphnia* (*D. spinulata* y *D. obtusa*), especies completamente ausentes durante 2006 (Tabla 2).

Respecto a la abundancia total zooplanctónica, el test de Kruskal Wallis realizado mostró que hubo una diferencia significativa ( $H = 6,613043$ ;  $p = 0,0101$ ) entre los dos

periodos estudiados, ya que la registrada en 2006 fue de aproximadamente el 9% que la registrada en 1995/96 1996 (Echaniz y Vignatti, 2001) (Fig. 23). La densidad de los rotíferos de 2006 representó apenas un 3,83 % de lo registrado en 1995/96, mientras que la densidad de los cladóceros y copépodos fue de 15% y 58% respectivamente.

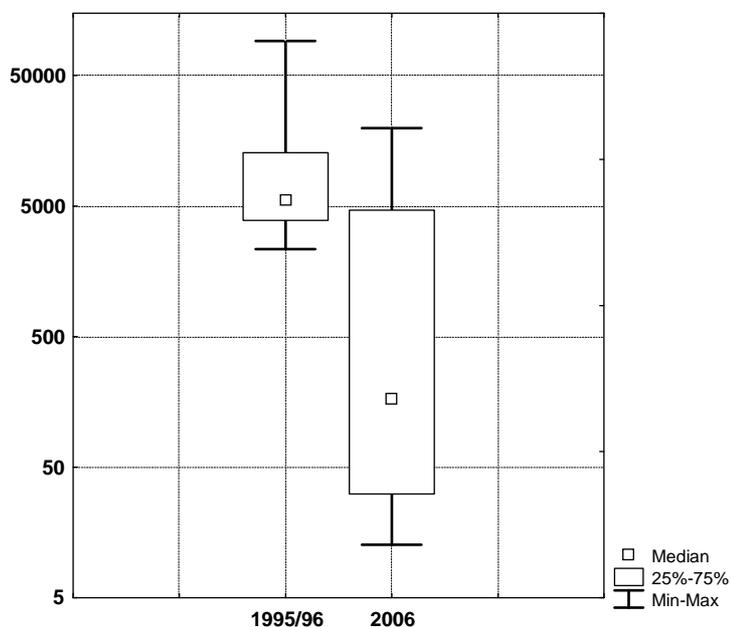


Figura 23: diferencias en la abundancia ( $\text{ind.l}^{-1}$ ) entre los dos períodos de estudio

Durante 2006, la biomasa de la comunidad zooplanctónica mostró una relación positiva con la temperatura del agua, ya que fue mayor en los meses más calidos y menor en los meses más fríos. Presentó un pico a fines de primavera – inicios del verano, y se calculó una correlación significativa con la temperatura del agua (0,6106) y también con la salinidad (0,6628). La correlación calculada para la biomasa y la clorofila mostró un menor nivel de significación (0,4029). Dentro de la comunidad zooplanctónica, la mayor biomasa fue aportada por los copépodos ciclopoideos, siempre presentes.

La biomasa media del macrozooplancton de la laguna Don Tomás, si bien está comprendida en el rango establecido por Quirós para las lagunas turbias, en base al estudio que realizó en 36 lagunas de la provincia de Buenos Aires, es superior a la media correspondiente a esa categoría. Esto estaría relacionado con la gran concentración de nutrientes que posee la laguna Don Tomás, ya que el máximo valor de fósforo total registrado por el mencionado autor fue de  $1,25 \text{ mg.l}^{-1}$ , mientras que en Don Tomás ese nutriente presentó un valor medio, a lo largo del período de estudio de  $9,7 \text{ mg.l}^{-1}$ . Esta mayor concentración de fósforo permitió la producción de una mayor concentración de

clorofila, ya que en la provincia de Buenos Aires el valor medio indicado por el mencionado autor fue de  $101 \text{ mg.m}^{-3}$ , mientras que en Don Tomás, el valor medio fue de  $154,6 \text{ mg.m}^{-3}$ . Esta situación se ve reflejada en la transparencia sumamente baja de Don Tomás, ya que la media de  $0,15 \text{ m}$  registrada en Don Tomás está muy cerca del límite inferior ( $0,12 \text{ m}$ ) del rango establecido para los lagos someros turbios bonaerenses.

**Tabla 1:** especies registradas durante 2006 y frecuencia de aparición en las muestras (%).

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Rotíferos</b>	
<i>Keratella</i> sp.	100
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786	70
<i>B. dimidiatus</i> (Schmarda, 1854)	70
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783	30
<i>B. angularis</i> Gosse, 1851	30
<i>B. havanaensis</i> Rousselet, 1911	20
<i>B. pterodinoides</i> (Rousselet, 1913)	20
<i>B. caudatus</i> Barrois & Daday 1894	20
<i>B. calicyflorus</i> (Pallas, 1766)	10
<i>Hexarthra</i> sp.	30
<i>Polyarthra</i> sp.	40
<i>Lecane</i> sp.	40
<b>Cladóceros</b>	
<i>Bosmina huaronensis</i> Delachaux, 1918	100
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	70
<i>Alona</i> sp.	50
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korínek, 1981	30
<b>Copépodos</b>	
<i>Metacyclops mendocinus</i> Wierzejski 1892	100
<i>Microcyclops anceps</i> Richard 1897	100
<i>Boeckella gracilis</i> Daday, 1902	20
<i>Cletocamptus deitersi</i> (Richard, 1897)	10

**Tabla 2:** comparación del número de especies de los períodos 1995/96 y 2006.

	<b>1995 - 1996</b>	<b>2006</b>
<b>Cladóceros</b>	9	4
<b>Copépodos</b>	3	4
<b>Rotíferos</b>	8	12
<b>Total</b>	20	20

## Bibliografía

- Alvarez, S., A. Biasotti, J. Bernardos y G. Bazán, 2006. Ficoflora de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Biología Acuática* 22: 1- 6.
- Boveri, M.B. & R. Quirós, 2002. Trophic interactions in pampean shallow lakes: evaluation of silverside predatory effects in mesocosm experiments. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28:1-5.
- Carlson, R.E. & J. Simpson, 1996. A coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp.
- Claps, M.C., N.A. Gabellone & H.H. Benítez, 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio – temporal variations. *Ann. Limnol.–Int. J. Lim.* 40 (3): 201– 210.
- Culver, D.A., M.M. Boucherle, D.J. Bean & J.W. Fletcher, 1985. Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length- weight regressions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42(8): 1380-1390.
- Dumont, H.J., I. van der Velde & S. Dumont, 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia (Berlin)* 19:75-97.
- Echaniz, S.A. y A.M. Vignatti, 1996. Cladóceros limnéticos de la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev. Fac. Agronomía. UNLPam.* 9(1):65-80.
- Echaniz, S.A. y A. M. Vignatti, 2001. Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros (Crustacea: Anomopoda y Ctenopoda) planctónicos y química del agua de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Rev. Fac. Agronomía* 12 (2): 23-35.
- Echaniz, S. A. y A. M. Vignatti, 2002a. Variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos (Crustacea: Branchiopoda) de una laguna de elevada salinidad (La Pampa, Argentina). *Neotrópica* 48: 11-17.
- Echaniz, S. A. y A. M. Vignatti, 2002b. Caracterización limnológica y variación anual de la taxocenosis de cladóceros de la laguna Quetré Huitrú (pcia. de La Pampa, Argentina). Pág. 40. Resúmenes II Jornadas de Ecología y Manejo de Ecosistemas acuáticos pampeanos. La Plata (Argentina).
- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi & J. Paggi, 2005. Riqueza y composición del zooplancton de lagunas saladas de la región pampeana argentina. *Revista FABICIB* 9: 25 – 39.

- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi, J. Paggi & A. Pilati, 2006. Zooplankton seasonal abundance of south american saline shallow lakes. *International Review of Hydrobiology*.
- Hammer, T., 1986. Saline lakes ecosystems of the world. *Monographiae Biologicae* 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- Jeppesen, E., 1998. The ecology of shallow lakes- trophic interactions in the pelagial. DSc. dissertation. National Environmental Research Institute. Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report 247. 420 pp.
- Jeppesen, E., P. Kristensen, J.P. Jensen, M. Søndergaard, E. Mortensen & T. Lauridsen, 1991. Recovery resilience following a reduction in external phosphorus loading of shallow, eutrophic Danish lakes: duration, regulation factors and methods for overcoming resilience. *Mem. Ist. Ital. di Idrobiol.* 48: 127-148.
- Jeppesen, E. J. P. Jensen, M. Søndergaard, T. Lauridsen & F. Landkildehus, 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater biology* 45: 201- 218.
- José de Paggi, S. 1976. Distribución espacial y temporal del zooplancton de un cuerpo de agua eutrófico (Lago del Parque Gral. Belgrano, Santa Fe). *Physis (B)* 35 (91): 171-183.
- José de Paggi, S., 1980. Campaña limnológica “Keratella I” en el río Paraná medio: Zooplancton de ambientes lóticos. *Ecología* 4: 69-75.
- José de Paggi, S., 1983. Estudio sinóptico del zooplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya- Diamante (I Parte) . *Rev. Asoc. Cien. Nat. Litoral* 14 (2): 163-178.
- José de Paggi, S., 1984. Estudios limnológicos en una sección transversal del tramo medio del río Paraná. X: Distribución estacional del zooplancton. *Rev. Asoc. Cien. Nat. del Litoral* 15 (2): 135-155.
- José de Paggi, S. y J. C. Paggi, 1995. Determinación de la abundancia y biomasa zooplanctónica. 315- 323. En: Lopretto, E. y G. Tell (eds.). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo 1. Ed. Sur, La Plata, Argentina.*
- José de Paggi, S. y J. C. Paggi, 1998. Zooplancton de ambientes acuáticos con diferentes estados tróficos y salinidad. *Neotropica* 44 (111-112): 95 - 106.
- Kobayashi, T., 1997. Associations between environmental variables and zooplankton body masses in a regulated Australian river. *Mar. Freshwater Res.* 48: 523-529.

- McCauley, E., 1984. The estimation of the abundance of biomass of zooplankton in samples, pp. 228-265. En Downing, J.A. & F. Rigler (eds.) A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters. 2º ed. Blackwell, Oxford.
- Margalef, R., 1983. Limnología. Ed. Omega, Barcelona.
- Olivier, S.R., 1955. Contribution to the limnological knowledge of the Salada Grande lagoon. Proceedings International Association of Limnology, 12: 302-308.
- Olivier, S. R., 1961. Estudios limnológicos de la laguna Vitel (Pdo. de Chascomús-Buenos Aires-Argentina). Agro 6: 1-128.
- Olivier, S. R., 1962. Los cladóceros argentinos, con clave de las especies, notas biológicas y distribución geográfica. Rev. del Museo de La Plata (NS) Sec. Zool. 7: 173-269.
- Paggi, J. C., 1979. Revisión de las especies argentinas del género *Bosmina* Baird agrupadas en el subgénero *Neobosmina* Lieder. (Crustacea, Cladocera). Acta Zoológica Lilloana 35: 137-162.
- Paggi, J. C., 1980. Campaña limnológica “Keratella I” en el río Paraná medio (Argentina): Zooplancton de ambientes leníticos. Ecología 4: 77-88.
- Paggi, J. C., 1995. Crustacea cladocera. pp: 909-951. En: Lopretto, E. y G. Tell (eds.). Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo 3. Ed. Sur, La Plata, Argentina.
- Paggi, J. C., 1996. *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *menucoensis* (Anomopoda; Daphniidae): a new species from athalassic saline waters in Argentina. Hydrobiologia 319: 137-147.
- Paggi, J. C., 1998. Cladocera (Anomopoda y Ctenopoda) . Pp: 507-518. En S. Coscarón y J. J. Morrone (eds). Biodiversidad de artrópodos argentinos. Eds. Sur, La Plata.
- Pilati, A., 1997. Copépodos calanoideos de la provincia de La Pampa. Rev. Fac. Agron. UNLPam., 9 (2): 57-67.
- Pilati, A., 1999. Copépodos cyclopoideos de la provincia de La Pampa. Rev. Fac. Agron. UNLPam., 10 (1): 29-44.
- Pilati, A. y J.J. Martínez, 2003. Relación longitud- peso de siete especies de *Boeckella* (Copepoda: Calanoida) de la República Argentina: Neotrópica 49: 55-61.

- Quirós, R., 2000. La eutrofización de las aguas continentales de la Argentina. I Reunión de la Red temática sobre Eutrofización de Lagos y Embalses. Mar del Plata, Argentina.
- Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J. Rosso y A. Sosnovsky, 2002a. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12: 175- 185.
- Quirós, R., J.J. Rosso, A. Rennella, A. Sosnovsky y M. Boveri, 2002b. Sobre el estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). 2º Reunión Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses. Fac. de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Quirós, R., J.J. Rosso, A. Rennella, A. Sosnovsky y M. Boveri, 2002c. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia* 27 (11): 584-591.
- Ringuelet, R. A., 1962. *Ecología acuática continental*. Manuales EUDEBA, Buenos Aires, 138 pp.
- Ringuelet, R. A., 1972. *Ecología y Biocenología del habitat lagunar o lago de tercer orden de la región neotrópica templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina)*. *Physis* 31 (82): 55-76.
- Ringuelet, R. A., I. Moreno y E. Feldman, 1967. El zooplancton de las lagunas de la pampa deprimida y otras aguas superficiales de la llanura bonaerense (Argentina). *Physis* 27 (74): 187-200.
- Rosen, R.A., 1981. Length - dry weight relationships of some freshwaters zooplankton. *J. Freshw. Ecol.* 1:225-229.
- Scheffer, M., 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London. 357 pp.
- Scheffer, M., S. H. Hosper, M.L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends Ecol. Evol.* 8: 275- 279.
- Vignatti, A. M. y S. Echaniz, 1999. Presencia de *Daphnia (Ctenodaphnia) menucoensis* Paggi, 1996 en la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev. Fac. Agronomía, UNLPam* 10 (1): 21-27.
- Vignatti, A. M. y S. Echaniz, 2001. Distribución del género *Moina* (Crustacea Cladocera) en relación con algunos parámetros ambientales en la provincia de La Pampa (Argentina). Resúmenes V Congreso Latinoamericano de Ecología. San Salvador de Jujuy, pcia. de Jujuy.

- Vignatti, A. M. y S.A. Echaniz, 2002. Distribución de la familia Daphnidae (Crustacea Cladocera) en relación con algunos parámetros ambientales en la provincia de La Pampa (Argentina). ). Pág. 39. Resúmenes II Jornadas de ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos. La Plata (Argentina).
- Vignatti, A., S. Echaniz y M.C. Martín, 2007. El zooplancton de tres lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (Argentina). *Gayana* 71 (1): 34 – 48.
- Williams, W.D., 1981. Inland salt lakes: an introduction. *Hydrobiologia* 81: 1-14.