FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL de LA PAMPA

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

" Abundancia y biomasa del zooplancton durante un ciclo anual y sus relaciones con distintas variables limnológicas en un lago somero urbano hipereutrófico: la laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa)"

SONIA PATRICIA KISSNER

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2011

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 el Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, durante el período comprendido entre julio de 2010 y de noviembre de 2011, bajo la dirección de la Dra. Alicia M. Vignatti y la codirección del Dr. Alberto Pilati.

Agradecimientos

A Dra. Alicia Vignatti, directora de tesis, por su predisposición, apoyo y colaboración.

A Dr. Alberto Pilati, codirector de este trabajo.

A la comisión evaluadora por sus sugerencias.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por prestar sus instalaciones y medios necesarios para realizar esta tesina.

Agradezco a mi familia por el apoyo recibido en el transcurso de la carrera.

A Mauro Garrido por su apoyo y paciencia.

A mis compañeros y amigos, con los cuales compartimos muchas horas de estudio.

29-11-2011 **Sonia Patricia Kissner**

Departamento de Ciencias Naturales

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de La Pampa

Resumen

Don Tomás es un lago somero urbano, turbio e hipertrófico, ubicado al oeste de Santa Rosa. Como presenta una población de pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*) tiene importancia recreativa y turística. Dado que se verificaron cambios en varios parámetros limnológicos, composición taxonómica y abundancia zooplanctónica entre 1995-96 y 2006, el objetivo de esta contribución es dar a conocer información sobre las principales variables ambientales y el zooplancton registrados entre septiembre de 2008 y agosto de 2009 y comparar esa información con la colectada en los estudios anteriores. La salinidad fue diferente entre los tres períodos y descendió desde 1,65 (1995-96) hasta 0,65 $g.l^{-1}$ (2008-09), probablemente por el efecto de lavado producido por el ingreso de agua por los desagües pluviales y la continua extracción de agua para el riego de calles. La transparencia del agua también disminuyó desde 0,24 (1995-96) a 0,14 m (2008-09). La riqueza específica total no mostró diferencias, pero sí al considerar los grupos por separado, ya que durante 2008-09 se verificó la tendencia a la disminución de la riqueza de cladóceros y aumento de la de rotíferos ya observada durante 2006. El número de cladóceros descendió de 9 taxones registrados en 1995-96 a 4 en 2006 y sólo 2 en 2008-09. Lo mismo ocurrió con los copépodos, ya que en 2006 se registraron 4 especies contra 2 en 2008-09. La riqueza de rotíferos también difirió, pero por el contrario, aumentó desde 8 taxones (1995-96) hasta 15 (2008-09). El descenso de la transparencia del agua podría haber sido favorecido por la ausencia en 2006 y 2008-09 de especies del género *Daphnia*, registradas en 1995-96, y el cambio hacia la dominancia de rotíferos. La abundancia total mostró diferencias interanuales significativas, ya que durante 2006 fue mucho menor que durante los otros períodos, lo que pone en evidencia la amplia variabilidad del zooplancton de este tipo de ambiente.

Abstract

Don Tomás, a hipertrophic, shallow, urban lake, is located westward from Santa Rosa city. It has an important turistic and recreational value because of an abundant silverside (*Odontesthes bonariensis*) population. Many limnological parameters and its associated zooplankton abundance and composition changes were observed between 1995-96 and 2006. The objective of this work was to analyze the main environmental and zooplankton variables observed from September 2008 to august 2009, and compare that information with previous studies. Salinity was different among the three periods and decreased from 1.65 (1995-1996) to 0.65 $g.l^{-1}$ (2008-2009), probably due to freshwater from the city storm sewers and constant water removal for watering of unpaved city roads. Water transparency also decreased from 0.24 (1995-1996) to 0.14 (2008-2009). Zooplankton total richness did not change, but when groups were considered separately, cladoceran richness decreased and rotifer richness increased in 2008-2009. This trend was already observed in 2006. Particularly, cladoceran richness decreased from 9 species (1995-1996) to 4 (2006) to only 2 species in 2008-2009. The same pattern was observed in copepod richness, which decreased from 4 species in 2006 to only 2 in 2008-2009. Rotifer richness, on the other hand, increased from 8 species (1995-1996) to 15 (2008-2009). The decreased in water transparency could have been due to the absence of *Daphnia* from 2006 on, and the dominance of rotifers. Total abundance showed inter annual significant differences, as in 2006 was minimal. This shows the high plasticity of zooplankton in this type of environment.

Índice

Prefacio ……..... 1

Agradecimientos ……. 1

Resumen …….. 2

Abstract ……..... 3

Índice ……..... 4

Introducción ……. 5

Hipótesis ……... 8

Objetivos ……. 9

Objetivo general .....……. 9

Objetivos específicos …….….. 9

Materiales y métodos …… 10

Área de estudio …….…… 10

Trabajo de campo ……. 11

Trabajo de laboratorio…….. 12

Resultados …… 14

Parámetros ambientales …… 14

Parámetros biológicos ……. 16

Diversidad zooplanctónica ……. 16

Densidad zooplanctónica …… 16

Biomasa zooplanctónica ……. 18

Comparación con información de estudios anteriores ……. 20

Parámetros ambientales .....……. 20

Zooplancton ……. 22

Discusión ……. 27

Conclusiones …… 30

Bibliografía …….. 31

Introducción

Los lagos someros (lagunas) son cuerpos de agua generalmente ubicados en paisajes de llanura, de escasa profundidad (menos de 3 – 4 m), que no estratifican térmicamente, lo que les da un carácter polimíctico (Scheffer, 1998; Quirós, 2002a). Generalmente tienen una elevada concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en el agua, lo que ocasiona que sean ambientes eutróficos o hipertróficos, con grandes biomasas en todos los niveles tróficos y tasas de producción primaria y secundaria muy altas (Scheffer, 1998).

Según el modelo *de los estados alternativos de los lagos someros*, propuesto principalmente en base a estudios realizados en ecosistemas holárticos, se clasifican en claros o turbios en función de su transparencia, concentraciones de clorofila *a* y nutrientes y presencia o no de macrófitas (Scheffer & Jeppesen, 2007; Scheffer & Van Ness, 2007).

Su zooplancton, fracción integrada predominantemente por organismos del reino animal que, aunque tienen movilidad propia, están sometidos a los movimientos de las masas de agua (Kalff, 2002), está influido por características físicas, químicas y biológicas, entre las que la depredación por peces es uno de los factores estructuradores más importantes (Hobæk *et al*., 2002).

En Argentina, existen estudios sobre la ecología de los lagos someros, como los trabajos de Ringuelet (1972), Ringuelet *et al*., (1967a y b) en los que describieron algunos aspectos ecológicos de las lagunas de la pampasia bonaerense, los relevamientos que Olivier (1955 y 1961) realizó en las lagunas Salada Grande y Vitel, también de la provincia de Buenos Aires, los de José de Paggi (1976), José de Paggi & Paggi (1998), Paggi (1980) referidos a ambientes lénticos santafesinos y las contribuciones de Quirós (2000), Quirós *et al*., (2002a, y b) y Boveri & Quirós (2002); Claps *et al*., (2004); Torremorell *et al*., (2007) quienes describieron la estructura y funcionamiento de cuerpos de agua someros situados en la provincia de Buenos Aires.

En la provincia de La Pampa, los lagos someros son abundantes, diversos y de relativa importancia, dada su productividad, diversidad e interés recreativo y turístico. Si bien existen aportes sobre su ecología y su zooplancton (Echaniz & Vignatti, 1996, 2001, 2002; Echaniz *et al.*, 2005, 2006; Pilati, 1997, 1999; Vignatti & Echaniz, 1999; Vignatti *et al*., 2007), en la mayoría de los casos sólo se relacionaron las principales variables físico-químicas, como la temperatura, el pH o la salinidad, con la abundancia y composición

taxonómica de la comunidad zooplanctónica. Sólo recientemente se han realizado estudios que contemplan las concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fosforo) y de clorofila *a* presentes en el agua y su influencia sobre la diversidad y biomasa del zooplancton (Echaniz *et al*., 2008, 2009 y 2010 a y b, Echaniz & Vignatti, 2010).

Algunas lagunas de la provincia revisten especial interés turístico o recreativo, entre las que se cuenta Don Tomás, cuerpo de agua turbio e hipereutrófico, ubicado en la ciudad de Santa Rosa y altamente afectado por la ciudad aledaña. Su interés está dado por estar ubicada en un parque público que tiene un importante uso recreativo y porque en ella se desarrolla pesca deportiva de pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*). Debido a que está prácticamente incluida en el trazado de la ciudad de Santa Rosa, puede ser considerada un lago urbano.

Este cuerpo de agua, de manera similar al de la mayor parte de los ambientes naturales de la provincia, presenta concentraciones de nutrientes considerablemente mayores que las verificadas en lagunas similares de la provincia de Buenos Aires (Echaniz *et al*., 2008; Echaniz, 2010). De igual forma que la mayoría de los lagos someros de la región, fue temporario y de elevada salinidad, pero dado que es el cuenco receptor del sistema de desagües pluviales de la ciudad, se ha transformado en permanente y algunas de sus características químicas y biológicas se han modificado a lo largo del tiempo como consecuencia del trasvase de parte de sus aguas hacia el Bajo de Giuliani (Echaniz *et al*., 2008). Entre los cambios químicos, resulta de interés la disminución de la salinidad y la transparencia del agua registradas entre 1995-96 y 2006. Entre los biológicos, si bien en ambos períodos el número de especies de la comunidad zooplanctónica fue el mismo, se verificaron cambios en la composición taxonómica, registrándose en 2006 menor número de cladóceros y mayor de rotíferos. También es destacable en 2006 la ausencia de especies de *Daphnia*, lo que pudo haber contribuido al descenso de la transparencia verificada y que las especies halladas fueron de talla pequeña, situación típica del zooplancton sometido a depredación por peces (Quirós *et al*., 2002, Boveri & Quirós, 2007).

Hipótesis

1.- Debido a que la concentración de nutrientes en el agua sigue siendo elevada, la laguna Don Tomás se mantiene como un ecosistema acuático hipertrófico y pertenece al grupo que el modelo de los estados alternativos de los lagos someros caracteriza como turbio.

2.- El estado turbio se ve favorecido por la presencia de peces planctívoros, que depredan sobre las especies planctónicas de mayor tamaño y eficiencia de filtración, haciendo que el zooplancton esté integrado únicamente por especies pequeñas.

3.- Teniendo en cuenta que entre los períodos 1995 – 1996 y 2006 la salinidad y la transparencia del agua descendieron, durante 2008 -2009 los valores de estos parámetros también son menores debido al efecto de lavado.

4.- La comunidad zooplanctónica se caracteriza por la ausencia de especies del género *Daphnia*, cladóceros que por su tamaño y eficiencia de filtrado pueden controlar el desarrollo de fitoplancton, aclarando el agua.

Objetivo general

Dar a conocer la composición taxonómica, la abundancia y la biomasa zooplanctónica registradas en la laguna Don Tomás durante el período septiembre de 2008 – agosto de 2009, sus relaciones con los principales parámetros físico químicos y comparar los resultados con información de situaciones anteriores, a efectos de conocer la evolución de este ambiente.

Objetivos específicos

1.- Determinar los principales parámetros de importancia limnológica (temperatura, pH, salinidad, conductividad, transparencia, composición iónica, cantidad de nutrientes y clorofila *a*).

2.- Determinar la composición taxonómica del zooplancton y su variación a lo largo del ciclo estudiado.

3.- Determinar la abundancia y biomasa de la comunidad zooplanctónica y sus cambios durante el período comprendido por este estudio.

4.- Establecer relaciones entre las variables bióticas y los principales parámetros limnológicos.

5.- Buscar relaciones entre el zooplancton y los parámetros ambientales entre el período 2008 – 2009 y otros estudiados con anterioridad a efectos de establecer la existencia de patrones de cambio temporal en la laguna Don Tomás.

Materiales y métodos

Área de estudio

La laguna Don Tomás es un cuerpo de agua somero, permanente, situado en un parque recreativo de uso comunitario, al oeste de la ciudad de Santa Rosa (Fig. 1), de la que recibe el aporte de agua de los desagües pluviales. Posee un sistema de bombas, que se pone en funcionamiento cuando existe riesgo de desborde y envía el agua excedente a la laguna del Bajo de Giuliani, al sur de la ciudad.

El cuenco original ha sido fraccionado en tres, el principal, de mayor tamaño y dos de menores dimensiones, mediante la construcción de terraplenes y caminos (Fig. 2). Dado que su perímetro ha sido rectificado y dragado no presenta vegetación acuática y el cálculo del desarrollo de la línea de costa muestra que su contorno es muy regular, casi circular y sin accidentes (Tabla 1).

En ella se desarrolla una rica fauna íctica, integrada por pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*), carpas (*Cyprinus carpio*), mojarras (*Cnesterodon decemmaculatus* y *Jenynsia multidentata*) y dientudos (*Oligosarcus jenynsi*), lo que le confiere un alto valor turístico.

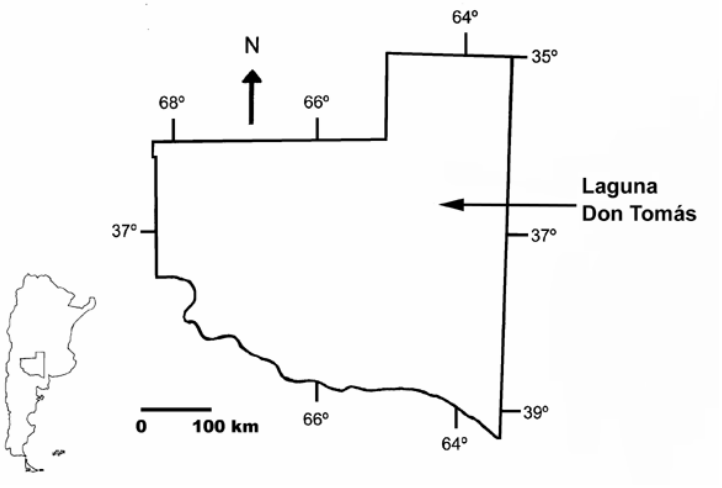

Figura 1: Ubicación geográfica de la laguna Don Tomás

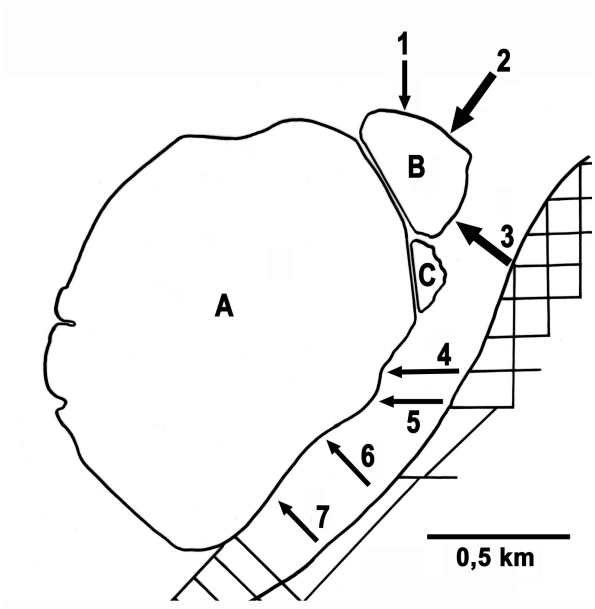

Figura 2: Croquis de la laguna Don Tomás. A: cuenco principal. B: cuenco norte. C: laguna de canotaje. 1 a 7: principales entradas de agua.

Tabla 1: principales parámetros morfométricos de la laguna estudiada. Los datos corresponden a septiembre de 2004 (Bunino, 2007).

Largo máximo	1565 m
Largo efectivo	1565 m
Ancho máximo	1181,4 m
Ancho efectivo	1181,4 m
Profundidad máxima	2,3 m
Longitud de línea de costa	4725,6 m
Desarrollo de línea de costa	1,14
Superficie	135,2 ha

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos mensuales desde septiembre de 2008 hasta agosto de 2009, en dos sitios de la laguna. En ellos se registró la temperatura del agua y la concentración de

oxígeno disuelto (oxímetro Ysi), la transparencia del agua (disco de Secchi) y se tomaron muestras de agua para los análisis físicos, químicos y de clorofila *a*.

En cada sitio se tomaron dos muestras cuantitativas subsuperficiales de zooplancton con recipientes tarados de 10 litros de capacidad, que fueron filtradas a través de una red de 0.04 mm de abertura de malla y una muestra cualitativa, con una red de 20 cm de diámetro de boca y 0.04 mm de abertura de malla. Las muestras se anestesiaron con CO_2 previo a la fijación, para evitar deformaciones de los ejemplares. Cuando se verificó el descenso de los ejemplares al fondo, se fijaron con formalina al 5-6%. Luego de su análisis fueron depositadas en la planctoteca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

Trabajo de laboratorio

El pH se determinó mediante un pehachímetro Cornning PS 15 y la conductividad con un conductímetro Oakton TDSTestr 20. Se realizó la conversión a salinidad mediante la multiplicación de la conductividad eléctrica por el factor 0,65.

La concentración de clorofila *a* se estimó por filtración de 15 ml de agua con filtros de fibra de vidrio tipo Gelman A/E. Los pigmentos fueron extraídos en frío con acetona 100%, acidificados para corregir los feopigmentos, y las lecturas se hicieron con un fluorómetro Aquafluor (Turner Designs) (Arar & Collins, 1997). La concentración de nitrógeno total se determinó mediante el método de Kjeldahl y la de fósforo total mediante la digestión de la muestra con persulfato de potasio en medio ácido y espectrofotometría (APHA, 1992).

El contenido de sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos, se determinó mediante el filtrado de un volumen de agua conocido, secado de los filtros a 103 - 105 ºC hasta peso constante y posteriormente calcinados a 550 ºC (EPA,1993).

Utilizando ejemplares extraídos de las muestras cualitativas, se determinaron las especies presentes en cada una de las estaciones, mediante el empleo de cámaras de acrílico abiertas que permitieron extraer ejemplares para su disección. Se determinó la riqueza específica de cada estación en cada ocasión de muestreo.

Para determinar la densidad del macrozooplancton por especie en cada estación, se realizó el conteo mediante la toma de alícuotas de las muestras cuantitativas, empleando un

submuestreador de Russell de 5 ml, las que fueron contadas en cámaras de Bogorov (Paggi, 1995) (Fig. 3). El recuento se hizo bajo microscopio estereoscópico a 20-40 X.

Figura 3: Cámara de Bogorov y submuestreador de Russell de 5 ml

La densidad del microzooplancton por especie en cada estación se determinó mediante la toma de alícuotas de 1 ml con una micropipeta, las que se contaron bajo microscopio óptico convencional en cámaras de Sedgwick-Rafter (Paggi, 1995).

En ambos casos se determinó el número de alícuotas necesarias, mediante el empleo de la fórmula de Cassie (Cassie, 1971). Una vez hallado el número de individuos presentes para cada especie en cada submuestra, se calculó el número de individuos por litro de agua de la laguna. Debido a la transparencia de la mayor parte de los ejemplares, los conteos se facilitaron mediante la tinción previa de las muestras cuantitativas con rosa de Bengala.

La biomasa se calculó mediante la medición de 30 ejemplares por cada especie, con un ocular micrométrico (con microscopio óptico) seleccionados al azar, y la aplicación de las fórmulas que relacionan la longitud con el peso seco existente en la bibliografía (Dumont *et al*., 1975; Ruttner-Kolisko, 1977; Rosen, 1981, McCauley, 1984, Culver *et al*., 1985; Kobayashi, 1997).

A efectos de establecer si las medianas de diferentes parámetros medidas en los distintos períodos fueron iguales, se efectuaron análisis de varianza no paramétricos de Kruskal-Wallis y el test *a posteriori* de Fisher. Se calculó la diversidad beta mediante el índice de Whittaker en sentido temporal (Magurran, 2004). Se emplearon los programas Statistica 6.0, Past e Infostat.

Resultados

Parámetros ambientales

La temperatura del agua siguió un patrón estacional con una mínima cercana a 6°C en julio y una máxima superior a 26°C en diciembre (Fig. 4). La concentración de oxígeno fue elevada y alcanzó una media de 11,38 mg.l^{-1} (±1,51) (Fig. 4).

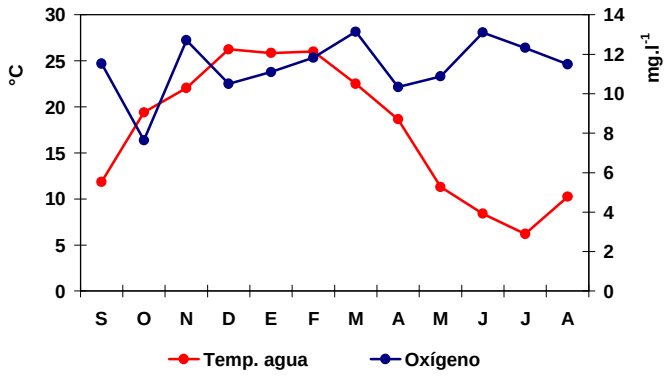

Figura 4: variación mensual de la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto entre septiembre de 2008 y agosto de 2009.

La salinidad media a lo largo del estudio fue 0,65 g.l^{-1} (±0,07) y ascendió ligeramente desde un mínimo de 0,57 en enero, hasta un máximo de 0,76 registrado en julio (Fig. 5). El pH se mantuvo relativamente estable (Fig. 5) con un valor medio de 8,51 (±0,23).

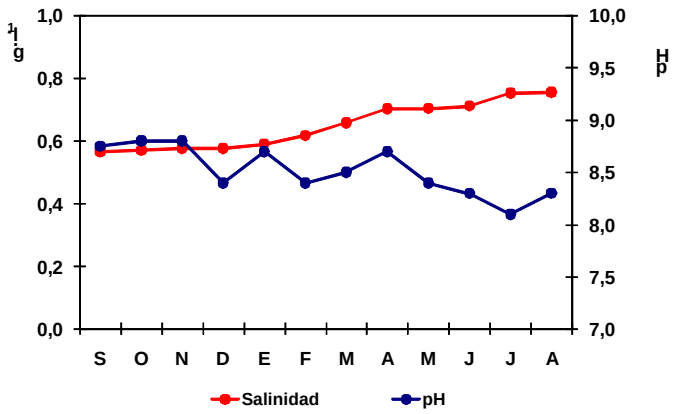

Figura 5: variación mensual de la salinidad y el pH entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

La transparencia del agua fue muy reducida, con un valor medio de 0,14 (±0,01) y mostró poca variación a lo largo del estudio (Fig. 6). La concentración media de clorofila a fitoplanctónica fue relativamente elevada (114,9 ±55,1) pero fluctuó ampliamente entre 46,3 $mg.m^{-3}$ a comienzos de la primavera (septiembre), hasta alcanzar las máximas concentraciones, superiores a 150 $mg.m^{-3}$ durante el otoño (junio) (Fig. 6). Aunque existió relación negativa entre ambos parámetros, la misma no fue estadísticamente significativa (R = -0,32; p = 0,3082).

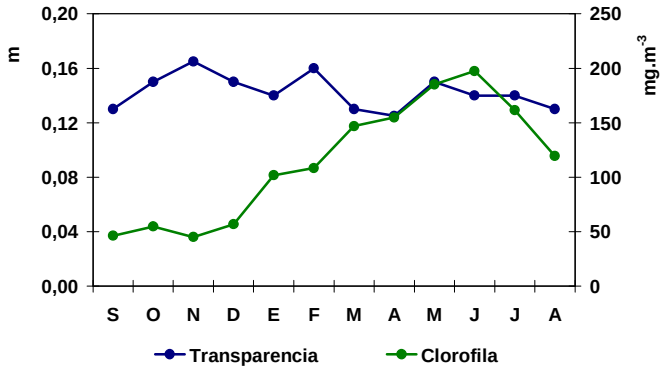

Figura 6: Variación mensual de la transparencia del agua y la concentración de clorofila a entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

Las concentraciones de nutrientes fueron elevadas durante todo el ciclo anual estudiado y la media de fósforo total (10,78 $mg.l^{-1}$ ±1,98) fue superior a la de nitrógeno total (6,93 $mg.l^{-1}$ ±1,08). Las concentraciones de PT fueron ligeramente más elevadas durante el verano pero las de NT fueron más estables (Fig. 7) y no se encontró una correlación significativa entre las concentraciones de ambos (R = 0,28; p = 0,3848).

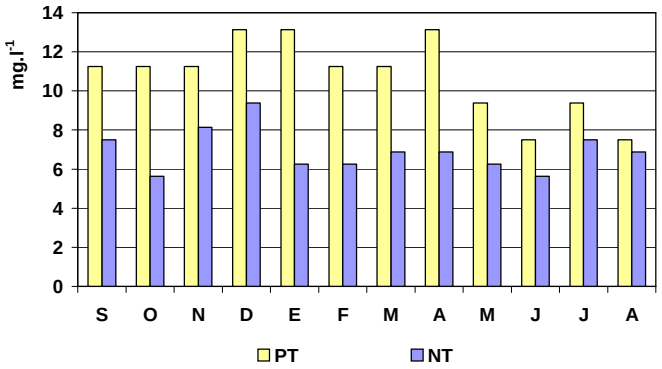

Figura 7: variación mensual de la concentración de nutrientes

Parámetros biológicos

Diversidad zooplanctónica

Se registraron 19 taxa (Tabla 4). A lo largo de todo el estudio el predominio fue de los rotíferos, dado que se registraron 15 especies contra sólo dos cladóceros y dos copépodos (Fig. 8).

La riqueza mínima (6 especies) se registró durante el invierno (en agosto). La máxima en primavera (en octubre) y alcanzó 13 taxones (Fig. 9).

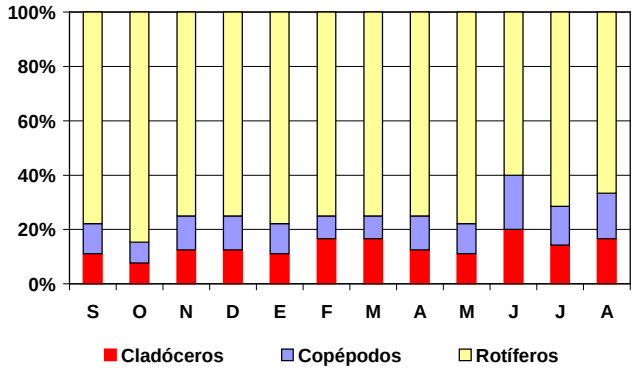

Figura 8: Composición porcentual mensual de la riqueza específica entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

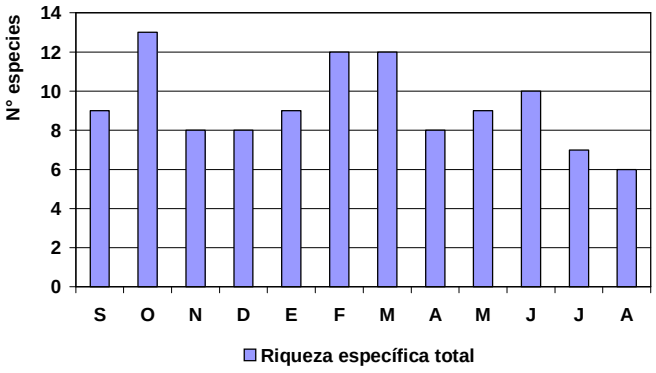

Figura 9: Variación mensual de la riqueza específica entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

Densidad zooplanctónica

No se registraron diferencias significativas en la densidad zooplanctónica total de las dos estaciones de muestreo (H = 0,01; p = 0,9081) ni cuando se consideraron los

cladóceros (H = 0 ,49; p = 0,4851), copépodos (H = 0,07; p = 0,7950) o rotíferos por separado (H = 0,003; p = 0,9540), por lo que se trabajó con valores medios entre ambas.

La densidad fue un parámetro altamente fluctuante, ya que presentó valores muy reducidos durante el invierno (140 ind.l^{-1} en julio) y un pico primaveral que superó 20 000 ind.l^{-1} en octubre (Fig. 10).

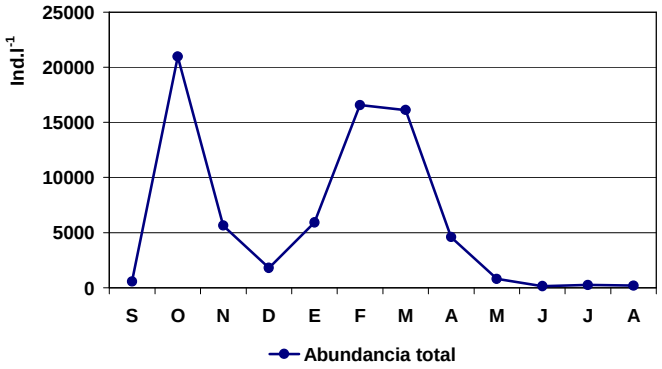

Figura 10: Variación mensual de la abundancia total de la comunidad zooplanctónica entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

Los cladóceros presentaron una abundancia media anual de 186,5 ind.l^{-1} (± 260,1) (Fig.11) y sólo representaron el 3% del total de la comunidad, con mayor porcentaje en septiembre (Fig. 12). Tuvieron un pico de abundancia en noviembre, cuando alcanzaron 816,8 ind.l^{-1}, aportados especialmente por *Bosmina huaronensis*. *Diaphanosoma birgei* sólo estuvo presente en dos ocasiones y sus abundancias rondaron los 20 ind.l^{-1}.

Los copépodos adultos y copepoditos presentaron una abundancia media anual de 270,3 ind.l^{-1} (± 216,8) (Fig. 11), lo que representó el 4% del total, con mayor representatividad en los meses invernales (Fig. 12). La mayor parte de la densidad de este grupo fue aportada por *Microcyclops anceps*, la que presentó un pico en verano (febrero) superior a los 730 ind.l^{-1}. Los nauplios, con una densidad media anual de 540,2 ind.l^{-1} (± 591,9), representaron casi el 9% del total y alcanzaron una densidad máxima de 1611,7 ind.l^{-1}en noviembre.

Los rotíferos, con una densidad media de 5131,1 ind.l^{-1} (±7059,5) fueron el grupo más abundante, superando el 83% del total (Figs. 11 y 12). Fueron más abundantes en octubre, cuando superaron 19 000 ind.l^{-1}, en especial por el aporte de *Keratella tropica*. Contrariamente, su abundancia fue muy reducida en invierno, ya que llegaron a un mínimo de 64 ind.l^{-1} en agosto.

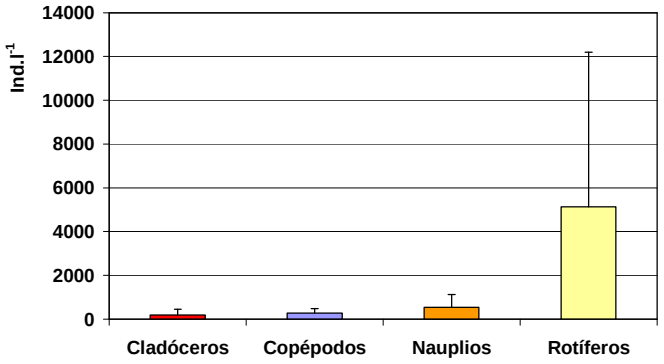

Figura 11: Densidad de la comunidad zooplanctónica por grupo (los copépodos incluyen adultos y copepoditos)

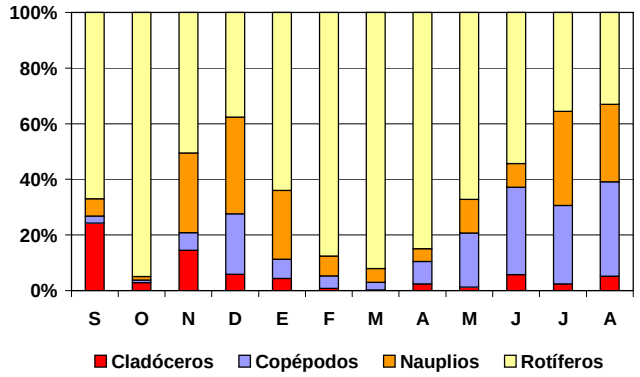

Figura 12: Composición porcentual mensual de la abundancia de la comunidad zooplanctónica (los copépodos incluyen adultos y copepoditos) entre septiembre de 2008 y agosto de 2009

Biomasa zooplanctónica

La biomasa de la comunidad también fue fluctuante. Tuvo su mínimo en invierno, cuando llegó a 171,6 µg.l^{-1} (julio) y máximo en febrero con 1789,1 µg.l^{-1} (Fig. 13).

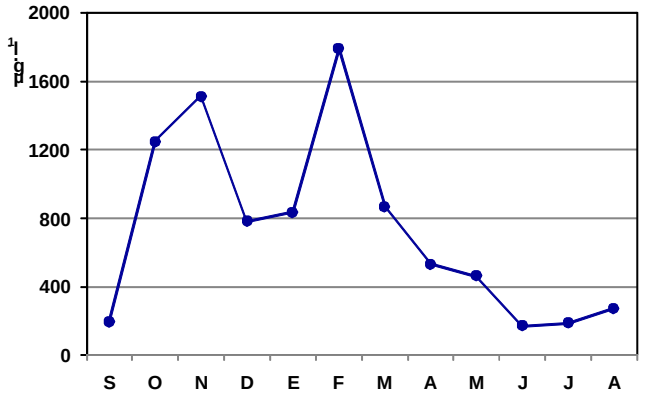

Figura 13: Variación mensual de la biomasa total zooplanctónica

Los cladóceros, con una biomasa media anual de 105,6 µg.l^{-1} (± 149,4) representaron el 14% del total de la comunidad (Figs. 14 y 15). *B. huaronensis* fue el cladócero que mayor biomasa aportó a lo largo del período estudiado, superior al 95% del grupo.

Los copépodos (adultos y copepoditos) alcanzaron una biomasa media anual de 435,9 µg.l^{-1} (± 312,4) y fueron el grupo predominante, ya que aportaron casi el 60% de la biomasa total (Figs. 14 y 15). Entre éstos, el mayor aporte lo realizó *Microcyclops anceps* y fue la especie responsable del pico de biomasa de verano.

Los nauplios y los rotíferos fueron los que menor aporte realizaron, 11 y 15% respectivamente (Figs. 14 y 15), con valores máximos en los meses de verano en el caso de los rotíferos, y la biomasa fue aportada especialmente por *Brachionus calicyflorus*.

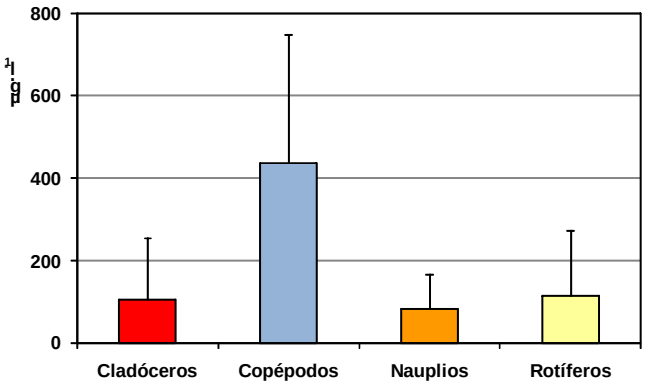

Figura 14: Biomasa zooplanctónica por grupo taxonómico

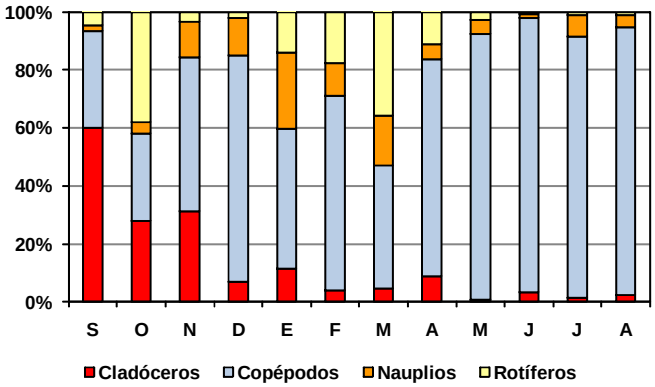

Figura 15: Variación de la composición porcentual mensual de la biomasa zooplanctónica (los copépodos incluyen adultos y copepoditos)

Comparación con información aportada por estudios anteriores

Parámetros ambientales

La transparencia del agua de 1995-96 fue más elevada; disminuyó un 40% en 2006 manteniéndose prácticamente igual en 2008-09 (Tabla 2). Las diferencias fueron significativas (H =14,75; p = 0,0006) y el post test indicó que 2006 y 2008-09 fueron similares pero difirieron de 1995-96 (Fig. 16).

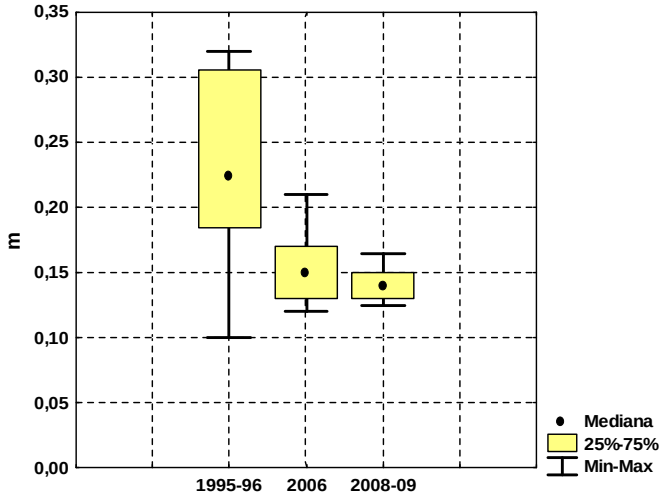

Figura 16: Comparación de la transparencia del agua de los tres períodos considerados

La concentración de sólidos disueltos también disminuyó. Entre 1995-96 y 2006 disminuyó 0,85 $g.l^{-1}$ (aproximadamente 50%) y entre 2006 y 2008-09 descendió 0,15 $g.l^{-1}$ (aproximadamente 20%) (Tabla 2). Las diferencias fueron significativas (H =27,86; p = 0,0000) y el post test indicó que los tres períodos estudiados fueron diferentes (Fig. 10).

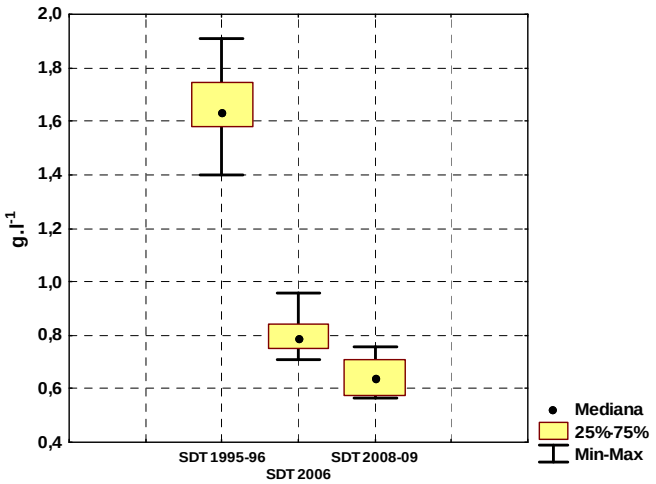

Figura 17: Comparación de la concentración de sólidos disueltos de los tres períodos considerados

El pH del agua también difirió (H =18,49; p = 0,0001) y mostró un descenso desde un promedio de 9,39 en 1995-96 hasta 8,51 en 2008-09. En este caso el post test indicó que 2006 y 2008-09 fueron similares pero difirieron de 1995-96 (Fig. 18).

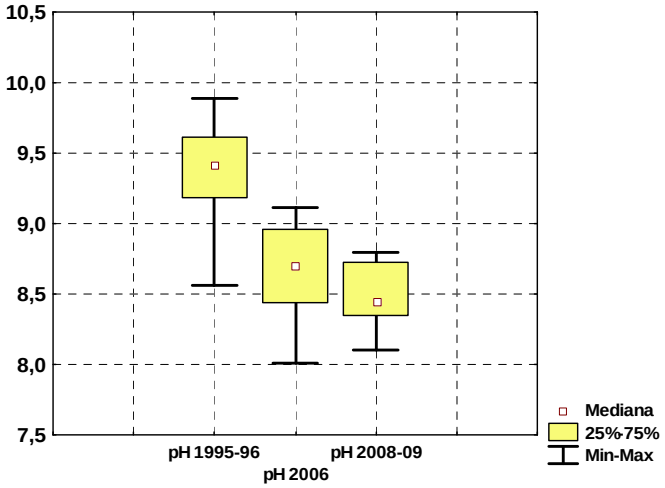

Figura 18: Comparación del pH de los tres períodos considerados

En el caso de las concentraciones de oxígeno disuelto, sólo se pudieron comparar 2006 y 2008-09, debido a que en el estudio anterior (Echaniz & Vignatti, 2001) no se contempló su determinación. Estas resultaron diferentes (H = 12,69; p = 0,0004), ya que durante el último período estudiado las concentraciones fueron más elevadas (Tabla 2).

Lo mismo ocurrió con las concentraciones de clorofila, PT y NT, En el caso de los dos primeros parámetros, no hubo diferencias (Chl *a*: H = 2,50; p = 0,1135 y PT: H = 0,36; p = 0,5498), pero sí en el caso del nitrógeno total (H = 14,31; p = 0,0002), ya que se verificó un descenso entre los períodos 2006 y 2008-09 (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación de los principales parámetros limnológicos registrados en los tres períodos estudiados.

		1995-96	2006	2008-09
Temperatura (°C)	**Media**	**16,53**	**16,26**	**17,39**
	Mín.-máx.	6,3 - 24	7,1 - 24,1	6,2 - 26,25
Transparencia (m)	**Media**	**0,24**	**0,15**	**0,14**
	Mín.-máx.	0,1 - 0,32	0,12 - 0,21	0,13 - 0,17
Salinidad ($g.l^{-1}$)	**Media**	**1,65**	**0,8**	**0,65**
	Mín.-máx.	1,4 - 1,91	0,71 - 0,96	0,57 - 0,76
pH	**Media**	**9,39**	**8,64**	**8,51**
	Mín.-máx.	8,56 - 9,89	8,01 - 9,11	8,1 - 8,8
Clorofila ($mg.m^{-3}$)	**Media**		**154,6**	**114,91**
	Mín.-máx.		88,8 - 211,46	45,2 - 197,4
PT ($mg.l^{-1}$)	**Media**		**9,71**	**10,78**
	Mín.-máx.		3,75 - 16,9	7,5 - 13,13
NT ($mg.l^{-1}$)	**Media**		**11,52**	**6,93**
	Mín.-máx.		7,4 - 16,88	5,63 - 9,38
Oxígeno disuelto ($mg.l^{-1}$)	**Media**		**8,45**	**11,38**
	Mín.-máx.		6,2 - 10,3	7,65 - 13,15

Zooplancton

La riqueza zooplanctónica total no mostró diferencias entre los tres períodos estudiados (H = 3,95; p = 0,1391), pero sí al considerar los grupos taxonómicos por separado (Fig.19). El reemplazo de especies fue evidenciado por el valor del índice de Whittaker (Tabla 3).

El número de taxa de cladóceros difirió (H = 17,46; p = 0,0002) ya que descendió de 9 (1995-96) a sólo 2 (2008-09) (Tabla 4). Algunas especies como *Bosmina huaronensis* y *Diaphanosoma birgei* se registraron en los tres períodos estudiados, siendo la primera dominante entre los cladóceros en las tres ocasiones. Por otro lado, cladóceros de talla relativamente grande como *Daphnia obtusa* y *Daphnia spinulata* se registraron únicamente en algunas ocasiones de muestreo durante 1995-96 pero no volvieron a registrarse en los

dos períodos posteriores (Tabla 4). La riqueza de copépodos también difirió (H = 25,69; p = 0,0000), ya que en 2006 se encontraron 4 especies contra 2 en 2008-09. *Microcyclops anceps* fue la única especie registrada en los tres períodos y *Acantocyclops robustus*, que no había sido hallada en 1995-96 y 2006 se registró en 2008-09 (Tabla 4). El número de especies de rotíferos también fue diferente (H = 6,09; p = 0,0474), pero por el contrario, aumentó de 8 taxones registrados en 1995-96 a 15 (2008-09) (Fig. 19 y Tabla 4).

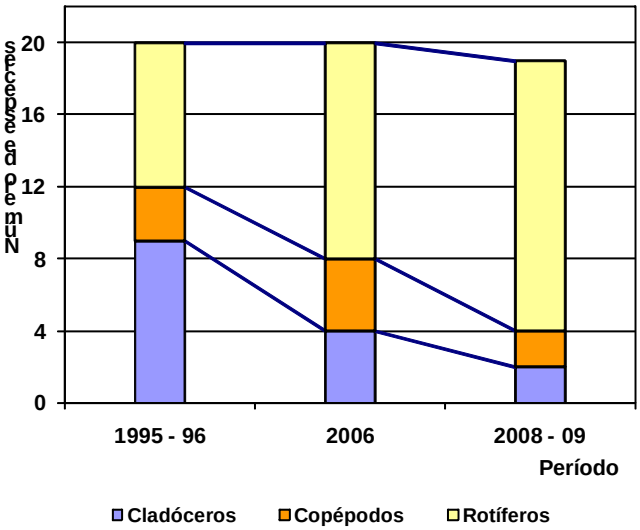

Figura 19: Cambios en el número de especies por grupo taxonómico

Tabla 3: Valores del índice de Whittaker

Período	Índice
1995-96 y 2006	0,60
2006 y 2008-09	0,64
1995-96 y 2008-09	0,64

Tabla 4: Especies registradas en los tres períodos y densidad media a lo largo de cada estudio (individuos por litro)

	1995-96	2006	2008-09
Cladóceros			
Bosmina huaronensis Delachaux, 1918	291,6	49,1	183,2
Diaphanosoma birgei Korinek, 1981	7,6	5,6	3,3
Moina micrura Kurz, 1874	49,9	11,2	-
Alona sp.	74,9	3,6	-
Leydigia leydigi Schoedler, 1863	0,7	-	-
Macrothrix sp.	0,5	-	-
Ceriodaphnia dubia Richard, 1895	10,3	-	-
Daphnia obtusa Kurz, 1874	1,0	-	-
D. spinulata Birabén, 1917	26,9	-	-
Copépodos			
Metacyclops mendocinus (Wierzejski,1892)	166,8	158,9	-
Microcyclops anceps (Richard, 1897)	124,5	150,0	269,8
Acantocyclops robustus (G.O. Sars, 1863)	-	-	0,7
Cletocamptus deitersi (Richard, 1897)	0,1	0,1	-
Boeckella gracilis (Daday, 1902)	-	0,2	-
Rotíferos			
Brachionus plicatilis Müller, 1786	269,4	180,8	3,6
B. angularis Gosse, 1851	51,4	3,8	368,4
B. caudatus Barrois & Daday, 1894	9468,3	0,8	-
B. havanaensis Rousselet, 1913	129,6	9,5	1541,1
B. dimidiatus Bryce, 1931	-	15,1	1,1
B.quadridentatus Hermann, 1783	-	2,0	-
B. calicyflorus (Pallas, 1766)	-	2,8	25,6
B.pterodinoides Rousselet, 1913	-	0,4	-
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	1072,5	306,0	195,1

K. tropica (Apstein, 1907)	-	-	2120,7
Polyarthra dolichoptera Idelson, 1925	17,5	87,5	87,6
Hexarthra intermedia (Wiszniewski, 1929)	-	5,2	126,5
Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)	209,5	-	0,4
Pompholix complanata Gosse, 1851	-	-	818,8
Lecane sp.	-	3,1	0,2
Colurella sp.	2206,0	-	0,4
Anuraeopsis fissa (Gosse, 1851)	-	-	4,7
Synchaeta sp.	-	-	3,3
Riqueza total	20	20	19

La abundancia total zooplanctónica mostró diferencias interanuales significativas (H = 10,51; p = 0,0052) (Fig. 20 y Tabla 5). En 1995-96 superó 15 000 ind.l^{-1} pero en 2006 fue apenas un 9% de ese valor. En 2008-09 se verificó un aumento y la densidad media llegó a ser superior a 6000 ind.l^{-1}. Esta situación fue causada en particular por los cladóceros y rotíferos, cuya densidad fue diferente (H = 6,68; p = 0,0355 y H = 12,14; p = 0,0023 respectivamente) dado que ambos grupos mostraron sus menores densidades durante 2006 (Fig. 20, 21 y Tabla 5). En el caso de los primeros, a pesar de haber superado los 460 ind.l^{-1} en 1995-96, en 2006 sólo alcanzaron el 15% de ese valor, aunque en 2008-09 se registró un aumento considerable (Tabla 5).

Durante los tres períodos estudiados, la especie de cladóceros que mayor abundancia alcanzó fue *Bosmina huaronensis* (Tabla 4). En el caso de los rotíferos, el descenso fue más acusado, ya que a pesar de su menor diversidad, en 1995-96 superaron los 13 000 ind.l^{-1} mientras que en 2006 su abundancia alcanzó apenas el 4,5% de ese valor (Fig. 20 y Tabla 5), aunque, igual que en el caso anterior, su densidad aumentó en 2008-09. En 1995-96 el mayor aporte a la densidad del grupo (70%) fue de *Brachionus caudatus*, que mostró una abundancia muy reducida en 2006 y no fue registrado durante 2008-09 (Tabla 4). En 2008-09, la mayor densidad (41%) fue aportada por *Keratella tropica*, que no había sido registrada durante 1995-96. A diferencia de lo anterior, la densidad de los copépodos no fue diferente (H = 0,13; p = 0,9375).

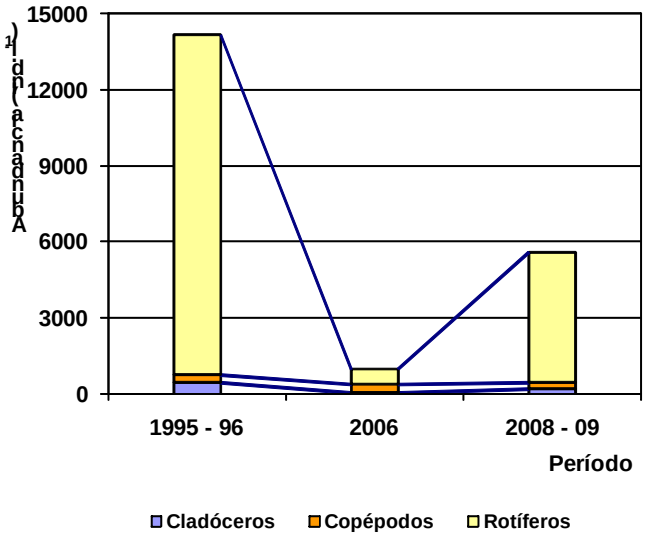

Figura 20: Variación interanual de la abundancia zooplanctónica

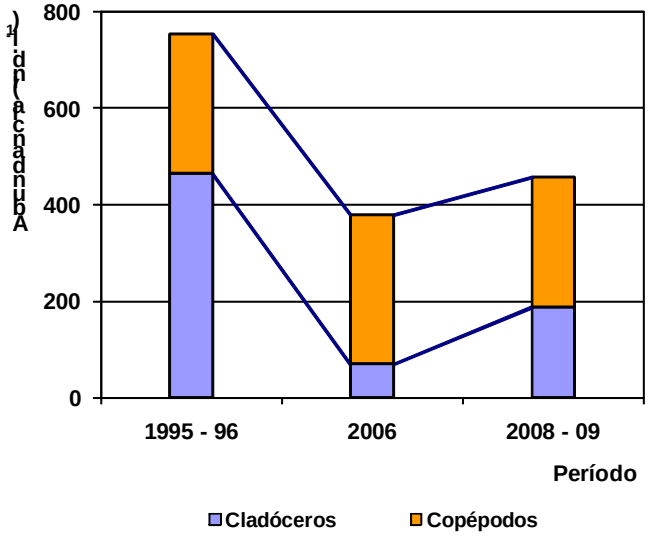

Figura 21: Variación interanual de la abundancia de cladóceros y copépodos

Tabla 5: Comparación de las densidades medias, mínimas y máximas de la comunidad zooplanctónica (en individuos por litro) en los tres períodos estudiados.

Densidad		1995 - 96	2006	2008 - 09
Total	**Media**	**15118,11**	**1401,52**	**6128,08**
	Mín.-máx.	2341-92320,3	120-3184,4	140-20959
Cladóceros	**Media**	**463,37**	**69,53**	**186,52**
	Mín.-máx.	5,2-1964,9	0,7-378,3	6-816,8
Copépodos	**Media**	**291,39**	**309,19**	**270,27**
	Mín.-máx.	75,4-664	92,5-1066,7	15-733,3
Nauplios	**Media**	**939,22**	**405,67**	**540,20**
	Mín.-máx.	23,3-2642,4	18,3-1505	12-1611,7
Rotíferos	**Media**	**13424,13**	**617,14**	**5131,09**
	Mín.-máx.	478-91474,7	5-2106,1	64-19885

Discusión

La laguna Don Tomás en el contexto de los lagos someros pampeanos

Don Tomás es un lago somero arreico típico de la provincia de La Pampa. Entre las características más importantes se cuenta su alimentación, dada por precipitaciones y aportes freáticos y por la ausencia de efluentes naturales, lo que hace que las pérdidas de agua se produzcan especialmente por evaporación. Este fenómeno tiene especial importancia, dado que la laguna está situada en una región con precipitaciones medias anuales que rondan los 700 mm (Casagrande et al, 2006) pero que son superadas por una evapotranspiración potencial superior a los 850 mm (Ponce de León, 1998).

De manera similar a la mayor parte de los cuerpos de agua de la provincia (Echaniz *et al*., 2008; Echaniz, 2010), durante 2008-09 Don Tomás presentó concentraciones de nutrientes muy elevadas, por lo que puede ser considerada hipereutrófica (OECD, 1982). Teniendo en cuenta el modelo de los estados alternativos de los lagos someros (Scheffer, 1998; Scheffer *et al*., 1993; Scheffer y Jeppesen, 2007), la elevada concentración de clorofila *a* y la reducida transparencia llevaron a categorizarla como turbia orgánica

(Quirós *et al*., 2002; Allende *et al*., 2009). La reducida concentración de sólidos disueltos, permitió caracterizarla como subsalina (Hammer,1986).

En este período (2008-09) predominaron los rotíferos, tanto por su riqueza como por su abundancia, que representó más del 80% del total. Esta es una característica que Don Tomás comparte con otros lagos de La Pampa de reducida salinidad y presencia de fauna íctica, pero que la diferencia de ambientes hipo o mesosalinos que carecen de peces (Vignatti *et al*., 2007; Echaniz, 2010). La baja diversidad de cladóceros, restringidos a especies de pequeño tamaño como *B. huaronensis*, puede ser una consecuencia de la depredación ejercida por los peces sobre las especies de mayor tamaño y de mayor eficiencia de filtración, lo que permite el desarrollo de elevadas biomasas fitoplanctónicas, con el consecuente descenso de la transparencia (Quirós *et al*., 2002, Boveri & Quirós, 2007).

A pesar de su elevado número, la contribución de los rotíferos a la biomasa total fue muy reducida, siendo mayor el aporte de los copépodos ciclopoideos, en especial el de *M. anceps*. Esta también constituye una marcada diferencia con cuerpos de agua pampeanos hipo o mesosalinos sin peces, en los que la mayor biomasa suele ser aportada por el calanoideo *Boeckella poopoensis* (Vignatti et al., 2007; Echaniz, 2010).

Si bien todos los cuerpos de agua son afectados por las actividades humanas que se desarrollan en sus cuencas, en el caso de Don Tomás esta influencia es mucho mayor, debido a que está prácticamente incluida en el trazado de la ciudad de Santa Rosa y esto ha llevado a que se diferencie de la mayor parte de los lagos someros de La Pampa, que se caracterizan por su temporalidad y salinidad elevada y altamente fluctuante (Echaniz, 2010; Echaniz *et al*., 2010). En el caso de Don Tomás, la acción antrópica ha modificado profundamente el paisaje circundante, con el consecuente cambio de las principales características de la laguna. Así, el cuenco era llamado "el salitral" por antiguos vecinos y existen registros fotográficos del lecho prácticamente seco a comienzos del siglo XX (Echaniz, 2010), pero el vertido de los desagües pluviales, la derivación de parte del agua y el constante retiro para el riego de calles de la ciudad, la transformaron en un ambiente permanente y de escasa salinidad. Esta reducida concentración de sólidos disueltos es una característica que comparte con otros lagos someros de La Pampa asociados a ciudades (Vignatti y Echaniz 2007; Echaniz, 2010) pero que contrasta con la de la mayor parte de las lagunas de la provincia que no reciben aportes de desagües y que pueden categorizarse

como hipo o mesosalinas (Echaniz *et al*. 2005, 2006; Vignatti y Echaniz 2007; Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2010).

Entre los cambios químicos y físicos registrados entre 1995-96 y 2008-09 se destaca el de la salinidad, ya que descendió 2,5 veces, a pesar de que las profundidades de la laguna en las tres ocasiones fueron relativamente similares. Si bien la diferencia encontrada entre 2006 y 2008-09 fue pequeña y no significativa estadísticamente, mostró la misma tendencia descendente de la concentración de sólidos disueltos verificada en los 10 años previos. Esto puede deberse al efecto de dilución y lavado dado por las entradas del agua de lluvia desde la ciudad y al constante retiro de agua para riego. La transparencia del agua disminuyó marcadamente entre 1995-96 y 2006, pero prácticamente no varió entre este último año y 2008-09.

Entre los cambios biológicos es destacable la modificación de la composición taxonómica de la comunidad zooplanctónica, con un alto reemplazo de especies reflejado por la disminución paulatina del número de cladóceros y el aumento de rotíferos. También es destacable en 2006 y 2008-09 la ausencia de especies de *Daphnia*, como *D. spinulata* y *D. obtusa*, registradas en 1995-96. Esto pudo deberse a la depredación, en especial por parte de los pejerreyes, y pudo haber contribuido al descenso de la transparencia verificada entre períodos, debido a que son especies que pertenecen a un género cuyos integrantes son los principales pastoreadores en los ecosistemas acuáticos y que con su eficiencia de filtración impide el desarrollo de altas biomasas fitoplanctónicas (Jeppesen *et al*., 1994; Scheffer, 1998; Scheffer y Jeppesen, 2007). La existencia en Don Tomás de zooplancton de talla reducida y la ausencia de especies de *Daphnia*, contribuyen a mantener el estado turbio, con elevadas biomasas fitoplanctónicas.

El descenso de la abundancia registrado en 2006 y el posterior aumento de 2008-09 permitieron comprobar la gran variabilidad interanual de la comunidad, causada sobre todo por las grandes fluctuaciones de las densidades de los cladóceros y rotíferos, mientras que la abundancia de los copépodos permaneció relativamente estable, a pesar de los reemplazos de especies.

Teniendo en cuenta la importancia recreativa de este cuerpo de agua y los cambios mencionados, resulta de interés la continuidad de estudios que monitoreen el estado de los parámetros físico químicos del agua y del zooplancton de Don Tomás, a efectos de determinar si los cambios detectados continúan. Además del interés científico que tiene conocer las variaciones interanuales físicas, químicas y biológicas y sus tendencias a largo

plazo, estos estudios son de potencial utilidad para los técnicos encargados de la gestión de este cuerpo de agua.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que en Argentina la investigación de la dinámica ecológica de los lagos urbanos, un tipo de ecosistema altamente afectado por las ciudades en las que se encuentran y desde donde reciben agua a través de aportes pluviales, nutrientes y contaminantes, es aún incipiente, lo que incrementa el interés de su estudio desde un punto de vista científico.

Conclusiones

- Don Tomás es una laguna subsalina.
- La salinidad descendió desde 1,65 (1995-96) hasta 0,65 g.l-1 (2008-09), lo que puede deberse al efecto de dilución por la entrada desde los desagües pluviales, el trasvase hacia el bajo de Giuliani y el continuo retiro de agua para el riego de calles.
- En 2008-09 la transparencia del agua fue muy reducida, debido a turbidez orgánica.
- La transparencia del agua disminuyó entre 1995-96 y 2008-09, lo que pudo estar relacionado con la pérdida de cladóceros con eficiencia de filtrado.
- Las concentraciones de clorofila *a* determinadas en 2006 y 2008-09 no fueron diferentes.
- Debido a las altas concentraciones de nutrientes, Don Tomás es una laguna hipertrófica y turbia. Esto se ve favorecido por la presencia de peces planctívoros que mediante la presión de depredación ejercida sobre las especies de mayor tamaño y eficiencia de filtración del zooplancton, contribuyen a mantener el estado turbio.
- La riqueza total no mostró diferencias entre los tres períodos, pero si los grupos taxonómicos por separado, evidenciándose un alto reemplazo de especies.
- Durante 2008-09 se verificó la tendencia a la disminución del número de cladóceros y aumento de los rotíferos ya observada durante 2006, con el consecuente descenso de la talla media del zooplancton.

- El número de cladóceros descendió de 9 (1995-96) a 2 (2008-09). Si bien en 1995-96 se habían encontrado cladóceros de importancia en la determinación de la calidad del agua (*Daphnia obtusa* y *Daphnia spinulata*), no volvieron a registrarse en los dos períodos posteriores.

- La riqueza de copépodos difirió, ya que en 2006 se registraron 4 especies contra 2 en 2008-09.

- La diversidad de rotíferos también fue diferente, pero por el contrario, aumentó de 8 taxones (1995-96) a 15 (2008-09).

- La abundancia total zooplanctónica mostró diferencias interanuales significativas. Esta situación fue causada en particular por los cladóceros y rotíferos, que mostraron sus menores densidades durante 2006. A diferencia de esto, la densidad de los copépodos no fue diferente.

- Las notables variaciones de la abundancia permitieron comprobar la gran variabilidad interanual de la comunidad zooplanctónica, provocada sobre todos por las variaciones de la densidad de cladóceros y rotíferos.

Bibliografía

Allende, L., G. Tell, H. Zagarese, A. Torremorell, G. Pérez, J. Bustingorry, R. Escaray & I. Izaguirre, 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). Hydrobiologia 624: 45 – 60.

APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington, DC.

Boveri, M. & R. Quirós, 2007. Cascading trophic effects in pampean shallow lakes: results of a mesocosm experiment using two coexisting fish species with different feeding strategies. Hydrobiologia 584: 215 - 222.

Bunino, P. C., 2007. 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. Tesina presentada para obtener el grado académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.

Casagrande, G., G. Vergara & Y. Bellini, 2006. Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía 17(1/2): 15 - 22.

Claps, M., N. Gabellone & H. Benítez, 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio – temporal variations. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology 40 (3): 201 - 210.

Dumont, H., I. van de 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 19: 75 - 97.

Echaniz, S., 2010. Composición y abundancia del zooplancton en lagunas de diferente composición iónica de la provincia de La Pampa. Tesis de Doctorado. Universidad nacional de Río Cuarto.

Echaniz, S. & A. Vignatti, 1996. Cladóceros limnéticos de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam 9 (1): 65 - 80.

Echaniz, S. & A. 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). Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam 12 (2): 23 - 35.

Echaniz, S. & A. 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. 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, 13 al 15 de noviembre de 2002.

Echaniz, S. & A. M.. Vignatti. 2010. Diversity and changes in the horizontal distribution of crustaceans and rotifers in an episodic wetland of the central region of Argentina. Biota Neotropica 10 (3): 133-141.

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 (91): 86 - 100.

Echaniz, S., A. Vignatti & P. Bunino, 2008. El zooplancton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina. Cambios después de una década. Biota Neotropica. 8(4): 63 - 71.

Echaniz, S., A. Vignatti & G. Cabrera, 2009. Características limnológicas de una laguna turbia orgánica de la provincia de La Pampa y variación estacional del zooplancton. Biología Acuática 26: 71-82 (ISSN 0326-1638).

Echaniz, S., A. M. Vignatti, S. B. José de Paggi & J. C. Paggi. 2010a. Los nutrientes en los sedimentos de lagunas de La Pampa. Relación con la granulometría y uso de la tierra. Libro de Trabajos del 3° Congreso Pampeano del Agua 23-31.

Echaniz, S., A.M. Vignatti, J. de Paggi, S. B. Paggi & G. C.Cabrera, 2010b. El modelo de estados alternativos de lagos someros en La Pampa: comparación de Bajo de Giuliani y El Carancho. Libro de Trabajos del 3° Congreso Pampeano del Agua 45-53.

EPA (Environmental Protection Agency), 1993. ESS Method 340.2: Total Suspended Solids, Mass Balance (Dried at 103 – 105 ˚C) Volatile Suspended Solids (Ignited at 550 ˚C). http://www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/methd340.pdf.

Hammer, U., 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.

Hobæk, A., M. Manca & T. Andersen, 2002. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. Acta Oecologica 23: 155 - 163.

Kalff, J., 2002. Limnology. Inland Water System. Prentice Hall, New Jersey.

Kobayashi, T., 1997. Associations between environmental variables and zooplancton body masses in a regulated Australian river. Marine and Freshwater Research 48: 523 - 529.

Magurran, A., 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd., Victoria.

McCauley, E., 1984. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples, pp 228-265 En: Downing, J. & F. Rigler (eds.). A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters. 2ª ed. Blackwell Scientific. Publ. Oxford.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assesment and Control. Final report. París.

Olivier, S., 1955. Contribution to the limnological knowledge of the Salada Grande lagoon. Proceedings of the International Association of Limnology 12: 302 - 308.

Olivier, S., 1961. Estudios limnológicos en la laguna Vitel. Agro 6: 1 - 128.

Paggi, J., 1995. Cladocera. Pp. 909 - 951. En: Lopretto E. y G. Tell (eds) Ecosistemas de aguas contientales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata.

Paggi, J., 1998. Cladocera (Anomopoda y Ctenopoda). Pp. 507-518. En: S. Coscarón & J. J. Morrone (eds), Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Ediciones Sur, La Plata.

Pilati, A., 1997. Copépodos calanoideos de la provincia de La Pampa. Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 9 (2): 57 - 67.

Pilati, A., 1999. Copépodos ciclopoideos en la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 10 (1): 29 - 44.

Ponce de León, E., 1998. Evapotranspiración. Pag. 31-42. En Fundación Chadileuvú (eds.). El agua en La Pampa. Fondo Editorial Pampeano, Santa Rosa.

Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J. Rosso, & A. Sosnovsky, 2002a. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. Ecología Austral 12: 175 - 185.

Quirós, R., J. Rosso, A. Renella, A. Sosnovsky & M. Boveri, 2002b. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas. Interciencia 27 (11): 584 - 591.

Ringuelet, R., 1972. Ecología y Biocenología del hábitat lagunar o lago de tercer orden de la región neotrópica templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina). Physis 31 (82): 55 - 76.

Ringuelet, R., A. Salibián, E. Claverie & S. Ilhero, 1967a. Limnología química de las lagunas pampásicas (provincia de Buenos Aires). Physis 27 (74): 201 - 221.

Ringuelet, R., I. Moreno y E. Feldman, 1967b. El zooplancton de las lagunas de la Pampa Deprimida y otras aguas superficiales de la llanura bonaerense (Argentina). Physis 27 (74): 187 - 200.

Ruttner-Kolisko A., 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. Archiv für Hydrobiologie–Beiheft Ergebnisse der Limnologie (8): 71 - 76.

Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.

Scheffer, M. & E. Jeppesen, 2007. Regime Shifts in Shallow Lakes. Ecosystems (10): 1 - 3.

Scheffer, M. & E. van Nes, 2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia 584: 455 - 466.

Scheffer, M., S. Hosper, M. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. Trends in Ecology and Evolution 8: 275 - 279.

Torremorell, A., J. Bustingorry, R. Escaray & H. Zagarese, 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. Limnologica 37: 100 - 108.

Vignatti, A. & S. Echaniz, 1999. Presencia de *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *menucoensis* Paggi, 1996 en la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de. Agronomía UNLPam. 10 (1): 21 - 27.

Vignatti, A., S. Echaniz & M. Martín, 2007. El zooplancton de lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (La Pampa, Argentina). Gayana 71 (1): 38 - 48.

Vignatti, A.; S Echaniz, D. Ramos, A. Pilati, & G. Bazán. 2009. Producción primaria fitoplanctónica de un lago somero turbio orgánico en relación con el zooplancton (La Pampa, Argentina). Biología Acuática 26: 217- 227.