



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

**“VARIACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS LIMNOLÓGICOS Y EL
ZOOPLANCTON DURANTE UN CICLO ANUAL, EN UN LAGO SOMERO SALINO
TEMPORARIO DE LA PAMPA.”**

Paola Leticia Aliaga

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2012

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 agosto y noviembre de 2012, bajo la dirección del Dr. Santiago A. Echaniz y la codirección de la Dra. Alicia M. Vignatti.

Agradecimientos

Al Dr. Santiago Echaniz y la Dra. Alicia Vignatti por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesina, por su colaboración y predisposición en todo momento.

A los miembros de la comisión de Tesina, por la revisión del manuscrito y las sugerencias efectuadas.

A mi familia y amigas/os por su apoyo durante toda la carrera.

Resumen

La mayoría de los lagos de La Pampa son someros, temporarios, salinos e hipertróficos. El marco teórico actual para el estudio de este tipo de ambientes es el “modelo de estados alternativos”, que indica un estado “turbio”, con elevada biomasa fitoplanctónica, cuando tienen peces planctívoros y un estado “claro” en su ausencia, lo que permite el desarrollo de zooplancton grande, con elevada eficiencia de filtración. El objetivo de esta tesina es analizar información ambiental y biológica, colectada en San José, un lago del noreste provincial y testear las hipótesis: i) como entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006 hubo escasas precipitaciones, la salinidad se elevó; ii) debido a la carencia de peces, el zooplancton está dominado por especies grandes y iii) el aumento de la salinidad eleva el estrés ambiental por lo que riqueza, densidad y biomasa zooplanctónica disminuyeron durante el estudio. El nivel del agua descendió 25% y la salinidad se duplicó. Esta laguna es clorurada-sódica e hipertrófica. Las bajas concentraciones de clorofila *a* asemejan a San José a lagos claros, pero los sólidos suspendidos inorgánicos reducen la transparencia. La diversidad zooplanctónica fue reducida y se registró la asociación típica de estos ecosistemas. La presencia de cladóceros grandes puede deberse a la falta de peces. La biomasa fue similar a la de otros lagos pampeanos que como carecen de peces presentan zooplancton grande, pero fue el doble que la de lagos que tienen peces y zooplancton pequeño. La baja influencia de los factores ambientales sobre las especies registradas puede deberse a que estuvieron dentro de sus rangos de tolerancia y no habrían sufrido el estrés ambiental por el incremento de la salinidad.

Abstract

Most of the lakes of La Pampa province are shallow, temporary, saline and hypertrophic. It should be studied in the framework of "the alternative states model", which indicates a "turbid" state, with high phytoplankton biomass when planktivorous fishes are present and a "clear" state in its absence, allowing the development of large zooplankton species, with high filtration efficiency. The objective of this study is to analyze environmental and biological information, collected in San José, a shallow saline lake situated in the northeast of the province and test the hypotheses: i) as between December 2005 and December 2006 were low rainfall, salinity increased; ii) due to the lack of fish, zooplankton is dominated by large species and iii) increasing salinity increases environmental stress, so, the zooplankton richness, density and biomass decreased during the study. The water level decreased 25% and salinity doubled. It is chlorinated-sodium dominated and hypertrophic. Low concentrations of chlorophyll *a* resemble San José to clear lakes, but inorganic suspended solids reduce the transparency. The zooplankton diversity was reduced and there was the typical association of these ecosystems in the region. The presence of large cladocerans may be due to the lack of fish. Biomass was similar to other pampeans lakes without fish and that presented large zooplankton but was double that of lakes that have fish and small zooplankton. The low influence of environmental factors on the species recorded may be because they were within their tolerance ranges and would not have suffered environmental stress by increasing salinity.

Índice

Prefacio.....	1
Agradecimientos.....	1
Resumen.....	2
<i>Abstract</i>	3
Índice.....	4
Introducción.....	5
Hipótesis.....	9
Objetivos.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
Materiales y métodos.....	11
Área de estudio	11
Trabajo de campo	12
Trabajo de laboratorio.....	13
Análisis de datos.....	15
Resultados	16
Parámetros ambientales.....	16
Parámetros biológicos.....	19
Riqueza zooplanctónica.....	19
Densidad y biomasa zooplanctónica totales.....	21
Densidad y biomasa por grupo taxonómico.....	22
Densidad y biomasa por especie.....	24
Discusión.....	26
Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	33

Introducción

En la provincia de La Pampa, en la región central de Argentina, existe un elevado número de lagos (lagunas), la mayor parte de las cuales se desarrollan en cuencas arreicas y son alimentados principalmente por precipitaciones.

Algunos de los aspectos más destacables de los lagos de La Pampa son su escasa profundidad, que los lleva a que puedan ser considerados como lagos someros, su temporalidad, su salinidad, que suele ser relativamente elevada y ampliamente variable y su elevado estado trófico.

Entre las principales características de los lagos someros, compartidas por los ecosistemas pampeanos, además de su escasa profundidad se cuentan su falta de estratificación térmica, lo que les da un carácter polimíctico (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002) y sus elevadas concentraciones de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en el agua, lo que ocasiona que sean ambientes eutróficos o hipertróficos (Scheffer, 1998). Estas características hacen que resulte conveniente su estudio en el marco del *modelo de los estados alternativos* (Scheffer, 1998; Kalff, 2002; Scheffer & Jeppesen, 2007), la hipótesis que en la actualidad ha probado ser la más útil para explicar su funcionamiento.

El modelo de los estados alternativos (Fig. 1) indica que la presencia de peces planctívoros en el ecosistema produce un efecto de cascada trófica o *top down*, ya que su elevada presión de depredación sobre las especies zooplanctónicas de mayor talla y por ende, mayor eficiencia de filtración, conlleva a que las concentraciones de clorofila *a* fitoplanctónica aumenten y la transparencia del agua disminuya, produciendo el estado conocido como *turbio* (Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer, 1998; Scheffer & Jeppesen, 2007; Jeppesen *et al.*, 2007 a y b).

Inversamente, la ausencia de peces (o su baja densidad en el caso de que en el ecosistema exista un depredador piscívoro) favorece el desarrollo de cladóceros zooplanctónicos grandes, en particular del género *Daphnia*, que debido a su alta tasa de alimentación, con su pastoreo mantienen bajas las concentraciones de clorofila *a*. Como consecuencia estos animales llevan a que la transparencia del agua sea muy elevada (Kalff, 2002; Muylaert *et al.*, 2006), lo que lleva al estado *claro* (Scheffer *et al.*, 1993; Scheffer, 1998; Scheffer & Jeppesen, 2007; Jeppesen *et al.*, 2007 a y b (Fig.1).

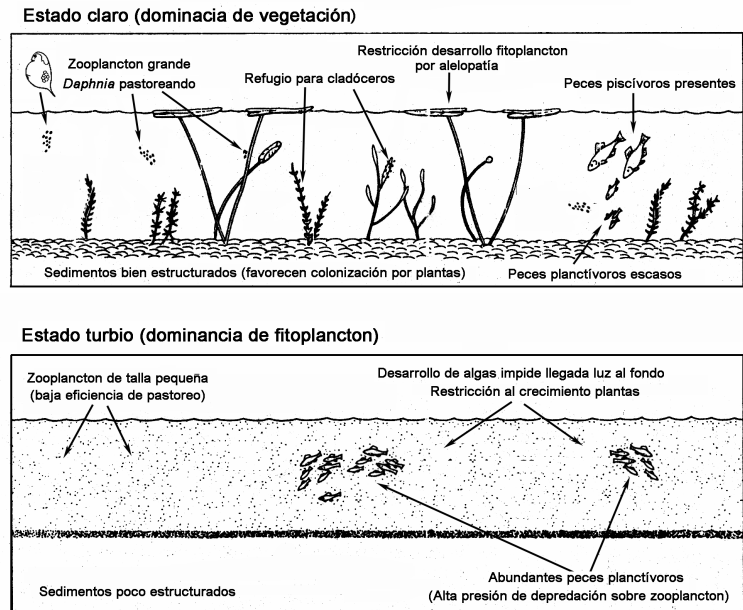


Figura 1: Estados alternativos de los lagos someros.

Modificado de: Moss, B., J. Madgwick & G. Phillips, 1996. *A guide to the restoration of nutrient- enriched shallow lakes*. Environmental Agency, Broads Authority, Norwich, Norfolk, 179 pp.

Estas características también son compartidas por los ambientes pampeanos, con la particularidad de que las concentraciones de nutrientes registradas en el agua están entre las más elevadas que figuran en la literatura (Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2010a; Echaniz & Vignatti, 2011; Echaniz *et al.*, 2012; Vignatti, 2011).

Por otro lado, la mayor parte de los lagos someros pampeanos pueden ser considerados temporarios, ya que son ecosistemas que contienen agua durante períodos que pueden variar desde pocos meses hasta varios años (Schwartz & Jenkins, 2000). Esta temporalidad se debe a que la mayoría están ubicados en cuencas arreicas, alimentados principalmente por precipitaciones y en menor medida por aportes freáticos. Esto hace que se llenen en períodos lluviosos y posteriormente, durante períodos más secos, su nivel baje paulatinamente, llegando en muchas ocasiones a su secado completo (Echaniz & Vignatti, 2010, Vignatti *et al.*, 2012a). Como en otras regiones del mundo, la importancia del estudio de la ecología de los ambientes temporarios se ve incrementada por la elevada tasa a la que están desapareciendo debido a la acción humana, generalmente para transformarlos en tierras para agricultura (Belk, 1998; Williams, 2002; Jenkins *et al.*, 2003; Eitam *et al.*, 2004) con la consecuente pérdida de algunas especies (Simovich, 1998; Boix

et al., 2002) ya que este tipo de ecosistemas contribuyen significativamente a la biodiversidad regional (Waterkeyn *et al.*, 2008).

Como ya se mencionó, la salinidad de los lagos someros pampeanos suele ser elevada. Además, es un parámetro ampliamente variable ya que la temporalidad, que modifica drásticamente las cantidades de agua que los ecosistemas contienen, repercute directamente sobre los niveles de concentración de sólidos disueltos (salinidad), tornándolo uno de los factores abióticos que mayor influencia tiene en la ecología de estos ambientes (Paggi *et al.*, 2002; Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2006; Echaniz & Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2007). En este sentido, se sabe que la riqueza específica y la densidad del zooplancton (fracción de la comunidad integrada por animales que tienen movilidad propia, pero sometidos a los movimientos de las masas de agua -Margalef, 1983; Kalff, 2002-), disminuyen a medida que aumenta la concentración de sólidos disueltos (Hammer, 1986; Green, 1993; Greenwald & Hurlbert, 1993; Williams, 1998; Hall & Burns, 2003; Derry *et al.*, 2003; Ivanova & Kazantseva, 2006) debido al aumento del estrés ambiental producido por el incremento de la salinidad (Herbst, 2001).

La limnología de cuerpos de agua someros salinos de otras latitudes es bastante conocida, pero no ha ocurrido lo mismo en Argentina, donde estos ambientes han sido poco estudiados, a excepción de algunos lagos salinos relativamente estables de la provincia de Buenos Aires (Olivier, 1955; Ringuelet, 1968; 1972), Santa Fe (José de Paggi & Paggi, 1998), lagos salados de altura del noroeste (Locascio de Mitrovich *et al.*, 2005; Villagra de Gamundi, *et al.*, 2008) o la extensa laguna salada Mar Chiquita, en la provincia de Córdoba (Bucher *et al.*, 2006).

En la provincia de La Pampa, en el centro semiárido del país, donde este tipo de ecosistemas es el predominante, su ecología comenzó a estudiarse recientemente (Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2005; 2006; 2009; 2010 a y b; Echaniz & Vignatti, 2011; Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2007).

A la relativa carencia de información debe sumarse que si bien muchas conclusiones sobre el funcionamiento de otros ecosistemas salinos, someros y temporarios del mundo son aplicables a los argentinos, los ensambles de especies registrados en el zooplancton difieren de los de otros continentes, sobre todo entre los crustáceos (cladóceros y copépodos), mostrando algunos elementos endémicos de la región neotropical, (Battistoni, 1998; Paggi, 1998; Adamowicz *et al.*, 2004; Echaniz, 2010;

Echaniz *et al.*, 2005; 2006; Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2007) sobre los que el conocimiento ecológico es relativamente escaso.

Teniendo en cuenta que en La Pampa se cuenta con información sobre los principales parámetros limnológicos y biológicos, en especial de la comunidad zooplanctónica, colectada en diversos lagos temporarios, someros y salinos, como la laguna San José, se presenta la oportunidad de realizar estudios que sinteticen información sobre la ecología y dinámica de estos ambientes. Entre los aspectos que resultan de interés, se cuentan las variaciones mensuales a lo largo de ciclos anuales de las características físicas, químicas, biológicas y las relaciones que puedan establecerse entre estas variables en un contexto regional.

La información generada por este tipo de estudios, además de constituir importantes aportes de información básica, pueden resultar de importancia, tanto para los técnicos de entes gubernamentales como para los productores en cuyos predios se ubican los lagos someros, para mejorar la gestión de los cuerpos de agua de la provincia de La Pampa.

Hipótesis

1.-Debido a que durante el período diciembre de 2005 y diciembre de 2006 se registraron escasas precipitaciones, las condiciones de la laguna Estancia San José cambiaron, lo que se reflejó en un descenso de la profundidad y una elevación de la salinidad debido al proceso de concentración por evaporación.

2.- Debido a la carencia de peces depredadores, dada la temporalidad y salinidad de la laguna, el zooplancton está dominado por especies de talla grande, entre los que se registran especies del género *Daphnia*.

3.- A causa del aumento de la salinidad y del estrés ambiental, la riqueza específica, la densidad y la biomasa del zooplancton de la laguna Estancia San José disminuyeron hacia finales del estudio.

Objetivo general

-Analizar información colectada entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006 en San José, un lago somero temporario salino del noreste de la provincia de La Pampa, sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos (composición taxonómica, riqueza, densidad y biomasa zooplanctónica), establecer relaciones entre dichos parámetros y comparar los resultados con datos publicados sobre otros ambientes.

Objetivos específicos

- Estudiar las variaciones mensuales de la profundidad máxima, la salinidad, el pH, la temperatura del agua, la transparencia, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, de nutrientes, clorofila *a* y sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos.

- Conocer la composición iónica del agua.

- Establecer la composición taxonómica registrada en el zooplancton a nivel de sus tres grandes grupos: Rotíferos, Cladóceros y Copépodos durante el período comprendido entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006.

- Determinar la densidad (ind.L^{-1}) de los organismos del zooplancton y su variación mensual, por especie, en total y a nivel de los distintos grupos taxonómicos.

- Determinar la biomasa zooplanctónica ($\mu\text{g.L}^{-1}$) y su variación mensual, total, por grupo taxonómico y por especie.

- Establecer relaciones entre la riqueza, la densidad y la biomasa zooplanctónica con los diferentes parámetros ambientales determinados.

Materiales y métodos

Área de estudio

La laguna de la estancia San José ($63^{\circ} 55' \text{ O}$, $36^{\circ} 21' \text{ S}$) (Fig. 2) está situada en el departamento Catriló, en la región noreste de La Pampa, en la provincia fitogeográfica de la Llanura Pampeana (Cabrera, 1976).

Se trata de un cuerpo de agua que, al inicio del estudio, tuvo un área de 288,5 ha y una profundidad máxima de 3 m. El largo máximo determinado fue de 2626 m, el ancho máximo de 1923 m, la longitud línea de costa fue de 8590 m y el cálculo del desarrollo de línea de costa arrojó un valor de 1,43.

Es un ambiente semipermanente que sufre grandes fluctuaciones de nivel y salinidad, ya que está ubicada en una cuenca arreica y es alimentada principalmente por precipitaciones, siendo poco importantes los aportes freáticos, dado que a muy poca profundidad del perfil se registra una capa de caliza (tosca) de considerable potencia.

Durante el período de estudio, la laguna careció de fauna íctica, aunque en el pasado, durante una época de menor salinidad del agua y elevadas precipitaciones, se registraron pejerreyes durante un corto período de tiempo, producto de la siembra por parte del propietario del establecimiento donde se encuentra el cuerpo de agua (Sr. Deanna, com. pers.).

Dado que se encuentra en un paisaje muy llano, las entradas de agua ocasionan grandes movimientos de la línea de costa, por lo que su contorno es una suave playa con manchones de vegetación halófila. En el lado oeste se observan restos de un bosquecillo nativo con algunos caldenes, muertos por pasados ascensos del nivel de agua.

La totalidad de su perímetro está rodeado de campos dedicados al cultivo de cereales y ganadería extensiva (Fig. 3)

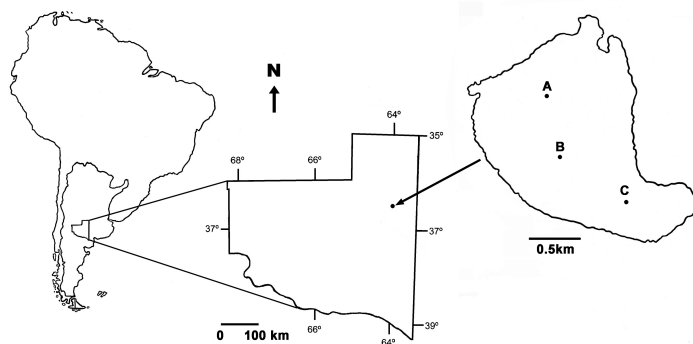


Figura 2: Ubicación geográfica de la laguna de la estancia San José. A, B v C: localización de los sitios de muestreo.



Figura 3: Vista de la laguna San José desde el oeste.

Trabajo de campo

Se emplearon muestras de zooplancton e información colectada mensualmente entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006, en tres sitios en el marco del proyecto N° 178: “Determinación de la densidad y biomasa del zooplancton en relación con la disponibilidad de nutrientes y química del agua en lagos someros de la provincia de La Pampa” acreditado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

Los parámetros morfométricos de la laguna se determinaron con un GPS Garmin® etrex Legend (Fig. 4).



Figura 4. GPS Garmin® etrex Legend empleado para las determinaciones morfométricas.

En cada sitio se determinaron la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto (oxímetro Lutron® OD 5510), la transparencia del agua (disco de Secchi) y se tomaron muestras de agua para las determinaciones físico químicas que se mantuvieron refrigeradas hasta su análisis.

Además, en cada sitio se tomó una muestra cualitativa de zooplancton mediante arrastres verticales y horizontales, con una red de 22 cm de diámetro de boca y 0,04 mm de abertura de malla (Fig. 5) y muestras cuantitativas con una trampa tipo Schindler-Patalas de 10 litros provista de una red de 0,04 mm de abertura de malla, mediante dos extracciones alineadas verticalmente, de forma de integrar la columna de agua (Fig. 5). Las muestras se anestesiaron con CO₂ y se mantuvieron refrigeradas hasta su análisis.

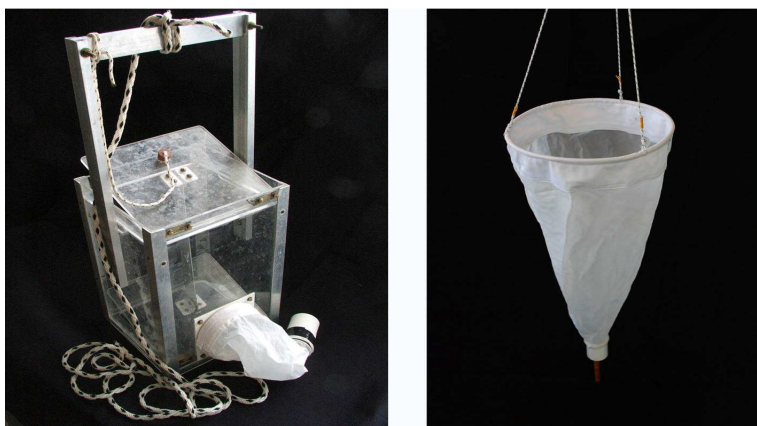


Figura 5: Trampa de Schindler- Patalas y red de zooplancton empleadas durante el trabajo de campo.

Trabajo de laboratorio

El pH se determinó con un pehachímetro Corning® PS 15 y la concentración de sólidos disueltos mediante el método gravimétrico con secado a 104°C. La concentración de clorofila *a* se estableció por extracción con acetona acuosa y espectrofotometría (APHA, 1992; Arar, 1997), la de nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl y la de fósforo total mediante digestión en medio ácido y espectrofotometría UV-visible. El contenido de sólidos suspendidos se determinó con filtros de fibra de vidrio Microclar FFG047WPH, secados en estufa a 103 - 105°C hasta peso constante y posteriormente calcinados en muffle a 550 °C (EPA, 1993).

La composición iónica del agua se determinó en el laboratorio “La Pampa agrícola”, según métodos estandarizados (APHA, 1992).

Para determinar la densidad del macrozooplancton (copépodos adultos y copepoditos y cladóceros) (Kalff, 2002) por cada especie en cada estación, se realizó el conteo de alícuotas de las muestras cuantitativas, obtenidas mediante un submuestreador de Russell de 5 ml, las que fueron contadas en cámaras de Bogorov (Paggi, 1995) (Fig. 6) bajo microscopio estereoscópico a 20-40 X.



Figura 6: Cámara de Bogorov y submuestreador de Russell de 5 ml

La densidad del microzooplancton (nauplios y rotíferos) (Kalff, 2002) 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 Sedgewick-Rafter (Paggi, 1995).

En ambos casos se determinó el número de alícuotas necesarias, mediante el empleo de la fórmula de Cassie (Downing & Rigler, 1984). Una vez hallado el número de individuos presentes para cada especie en cada sub-muestra, 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.

Para determinar la biomasa del zooplancton se midieron 30 ejemplares de cada especie con un ocular micrométrico Carl Zeiss de 10X y se emplearon fórmulas que relacionan la longitud total con el peso seco en el caso de los crustáceos (Dumont *et al.*, 1975; Rosen, 1981; McCauley, 1984; Culver *et al.*, 1985; Kobayashi, 1997) o con formas geométricas en el de los rotíferos (Ruttner Kolisko, 1977).

Una vez analizadas, las muestras se fijaron con formol al 5% y fueron depositadas en la Planctoteca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam.

Análisis de los datos

Se empleó el sistema de clasificación de aguas epicontinentales en base a la salinidad propuesto por Hammer (1986).

A efectos de caracterizar la laguna en función de su transparencia se calculó la relación entre la profundidad media de la laguna y la profundidad de la zona fótica (Quirós *et al.*, 2002):

$$Z_p/Z_{f\acute{o}t}$$

Donde: Z_p : profundidad promedio de la laguna y $Z_{f\acute{o}t}$: profundidad de la zona fótica.

Para el cálculo de la profundidad de la zona fótica se multiplicó la lectura del disco de Secchi por un factor 3 (Cole, 1988; Kalff, 2002).

A efectos de determinar posibles limitaciones por nutrientes para el crecimiento algal se calculó la relación entre el nitrógeno y el fósforo totales (NT: PT) (Wetzel, 2001).

A efectos de examinar relaciones entre los factores ambientales y los atributos del zooplancton, se calcularon coeficientes de correlación no paramétricos de Spearman (Sokal y Rohlf, 1995; Zar, 1996; Pereyra *et al.*, 2004).

Para representar la composición química del agua se elaboró un gráfico de Maucha (Broch & Yake, 1969; Wetzel, 2001).

Se emplearon los programas Past (Hammer *et al.*, 2001) e Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Resultados

Parámetros ambientales

Durante el periodo entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006, se registró una temperatura mínima del agua de 5,60°C y una máxima de 27,30°C (Fig. 7).

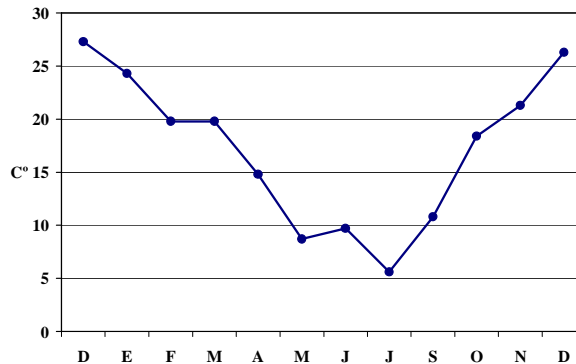


Figura 7: Variación mensual de la temperatura del agua durante el período de estudio.

La profundidad media de la laguna a lo largo del periodo fue de 2,71 m ($\pm 0,30$), registró una máxima de 3 m en enero de 2006 pero descendió a lo largo del año hasta alcanzar una mínima de 2,2 m en diciembre (Fig. 8). Por otro lado la salinidad (expresada como SDT) media a lo largo del estudio fue de 22,22 g.L⁻¹ ($\pm 5,25$), mostró un mínimo de 17,29 g.L⁻¹ en enero y un máximo de 30,96 g.L⁻¹ en diciembre de 2006 (Fig. 8).

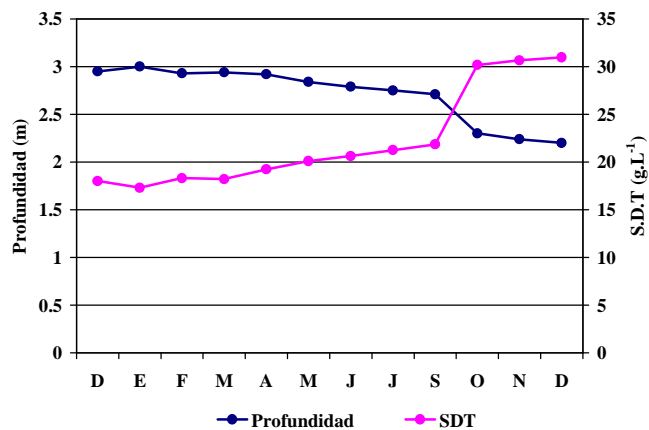


Figura 8: Variación mensual de la profundidad de la laguna y la concentración de sólidos disueltos durante el período de estudio.

El análisis de la composición química del agua mostró el predominio del Na^+ , que representó casi el 91% del total de los cationes y del Cl^- , que representó el 60% del total de aniones. Entre éstos, el $\text{SO}_4^{=}$ también mostró una concentración relativamente elevada, representando casi el 24% de los aniones totales (Fig. 9).

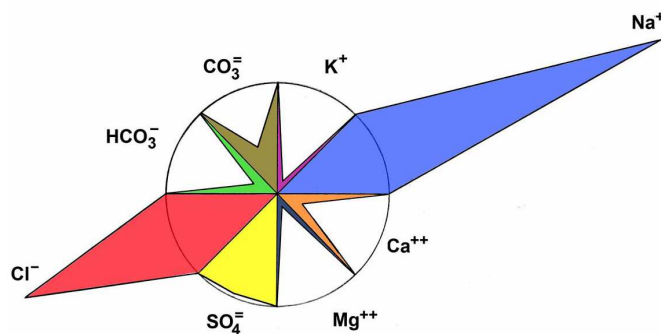


Figura 9: Gráfico de Maucha que representa la composición iónica del agua.

El pH se mantuvo relativamente estable durante el periodo de estudio, con un valor medio de $9,13 (\pm 0,19)$ (Fig. 10).

La concentración de oxígeno disuelto fue relativamente elevada durante todo el estudio. Mostró una media de $8,95 \text{ mg.L}^{-1} (\pm 2,22)$, con un mínimo de $5,5 \text{ mg.L}^{-1}$ en mayo y un máximo de $12,7 \text{ mg.L}^{-1}$ en febrero.

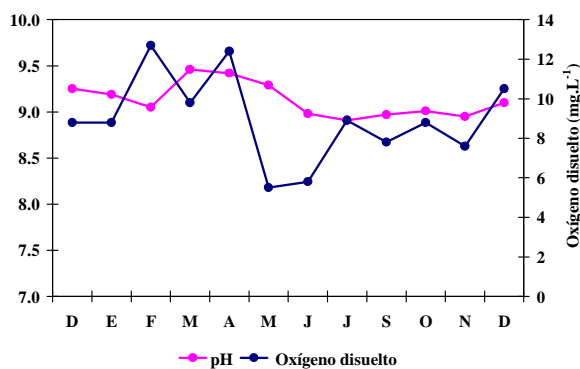


Figura 10: Variación mensual del pH y la concentración de oxígeno disuelto durante el período estudiado en la laguna de la estancia San José.

La transparencia del agua mostró una media de $0,45 \text{ m} (\pm 0,19)$, tuvo un mínimo de $0,20 \text{ m}$ en julio y un máximo de $0,77 \text{ m}$ en febrero (Fig. 11). Este parámetro mostró correlaciones significativas positivas con la temperatura del agua ($R = 0,76$; $p = 0,004$) y

negativas con la concentración de clorofila *a* ($R = -0,65$; $p = 0,0217$) y las concentraciones de sólidos suspendidos totales ($R = -0,96$; $p = 0,000$) y sólidos suspendidos inorgánicos ($R = -0,64$; $p = 0,220$).

El cálculo de la relación $Z_p/Z_{fót}$ arrojó un valor de 1,00.

La concentración media de sólidos suspendidos inorgánicos fue de $15,99 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\pm 19,22$). Presentó un mínimo en abril, cuando alcanzó apenas $0,67 \text{ mg.L}^{-1}$ y tuvo un pronunciado pico máximo en junio, cuando llegó a $62,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (Fig. 11).

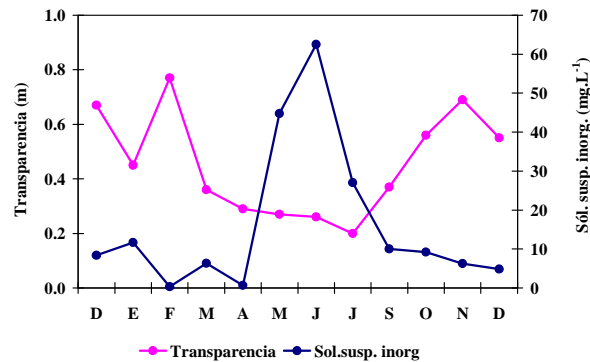


Figura 11: Variación mensual de la transparencia del agua y la concentración de sólidos suspendidos inorgánicos.

La concentración media de sólidos suspendidos orgánicos determinada a lo largo del estudio fue de $17,96 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\pm 10,72$). Mostró un mínimo en febrero, de apenas $4,3 \text{ mg.L}^{-1}$ y un máximo de $41,5 \text{ mg.L}^{-1}$ en mayo (Fig. 12).

La concentración de clorofila *a* mostró una media de $20,16 \text{ mg.m}^{-3}$, con un mínimo de $4,01 \text{ mg.m}^{-3}$ registrado en febrero y un máximo de $78,77 \text{ mg.m}^{-3}$ medido en marzo (Fig. 12). Este parámetro mostró una correlación significativa positiva con la concentración de sólidos suspendidos orgánicos ($R = 0,64$; $p = 0,0247$).

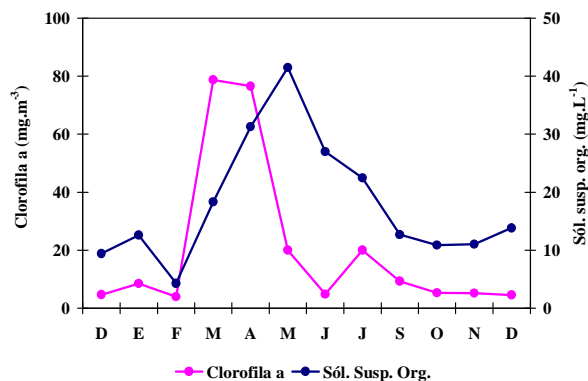


Figura 12: Variación mensual de la clorofila *a* y de los sólidos suspendidos orgánicos durante el período estudiado.

La concentración de ambos nutrientes (fósforo y nitrógeno totales) registradas en el agua fue muy elevada.

En el caso del PT mostró una media de $8,94 \text{ mg.L}^{-1}$, con mínimos de 5 mg.L^{-1} registrados en febrero y marzo y un máximo de $13,13 \text{ mg.L}^{-1}$, determinado en mayo (Fig. 13). Las concentraciones de este nutriente mostraron correlación positiva con la de los sólidos suspendidos inorgánicos ($R = 0,70$; $p = 0,0104$).

Con respecto al NT, mostró una media de $17,20 \text{ mg.L}^{-1}$, con un mínimo de $9,38 \text{ mg.L}^{-1}$ en enero y un máximo de $23,38 \text{ mg.L}^{-1}$ en mayo (Fig. 13). Mostró correlaciones significativas positivas con las concentraciones de sólidos suspendidos totales ($R = 0,81$; $p = 0,001$) y de sólidos suspendidos orgánicos ($R = 0,88$; $p = 0,000$).

La relación NT: PT media fue muy reducida, ya que alcanzó $2,05 (\pm 0,67)$. Fue mínima en enero ($1,36$) y máxima en marzo ($3,75$) (Fig. 13).

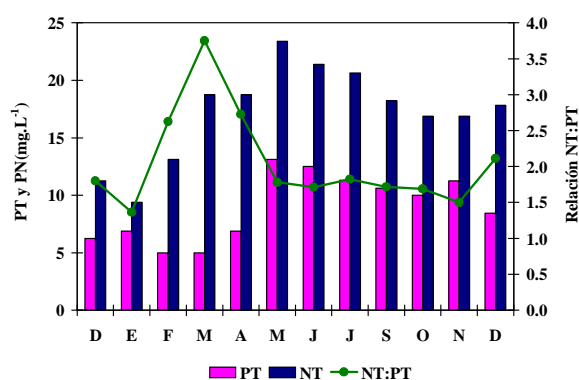


Figura 13: Variación mensual de la concentración de PT, NT y de la relación NT: PT, durante el período estudiado en la laguna San José.

Parámetros biológicos

Riqueza zooplanctónica

Se registraron ocho especies: dos cladóceros, dos copépodos y cuatro rotíferos (Tabla 1). La riqueza total mostró correlación significativa negativa con la concentración de sólidos suspendidos orgánicos ($R = -0,68$; $p = 0,0130$) y aunque fue ligeramente mayor durante la primavera y verano (Fig. 14), no se encontró correlación significativa con la temperatura del agua. Tampoco se encontró correlación significativa con la salinidad.

Los copépodos, cuya riqueza nunca fue superior a dos especies se registraron en todas las ocasiones de muestreo, mientras que los cladóceros (una o dos especies) se hallaron durante diez meses (Fig. 14). Los rotíferos mostraron correlación significativa positiva con la temperatura del agua ($R = 0,74$; $p = 0,0052$), de forma que solo se registraron en el 50% de los meses, coincidiendo con la primavera- verano (Fig. 14).

Entre los crustáceos, *Boeckella poopuensis* fue de presencia constante durante todo el período estudiado, seguida por el harpacticoideo *Cletocamptus deitersi* que fue de presencia casi constante, ya que se registró durante once de los doce meses estudiados (Tabla 1). Entre los cladóceros, *Moina eugeniae* también fue relativamente frecuente, dado que se registró durante diez meses. *Daphnia menucoensis*, en cambio, se halló solo en seis ocasiones, con la particularidad de que se la halló en diciembre del 2005 pero no en diciembre de 2006 (Tabla 1).

Todos los rotíferos registrados tuvieron frecuencias relativamente reducidas. Entre ellos, *Brachionus plicatilis*, se halló en el 33,3% de las muestras, siendo observado desde diciembre de 2005 a marzo de 2006. *B. dimidiatus* fue menos frecuente aún, presente solo en dos ocasiones, febrero y marzo de 2006. *Hexarthra fennica* se registró ocasionalmente (cuatro veces) durante el 2006 y menos frecuente todavía fue *Polyarthra* sp., ya que se observó en una sola ocasión, en diciembre de 2005 (Tabla 1).

Tabla 1: Especies registradas en el zooplancton de San José y frecuencia relativa (porcentaje de aparición en las muestras)

	Frecuencia (%)
Cladóceros	
<i>Daphnia menucoensis</i> Paggi, 1996	50
<i>Moina eugeniae</i> Olivier, 1954	83,33
Copépodos	
<i>Boeckella poopuensis</i> Marsh, 1906	100
<i>Cletocamptus deitersi</i> (Richard, 1897)	91,66
Rotíferos	
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786	33,33
<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)	33,33

Brachionus dimidiatus Bryce, 1931 16,66

Polyarthra sp. 8,33

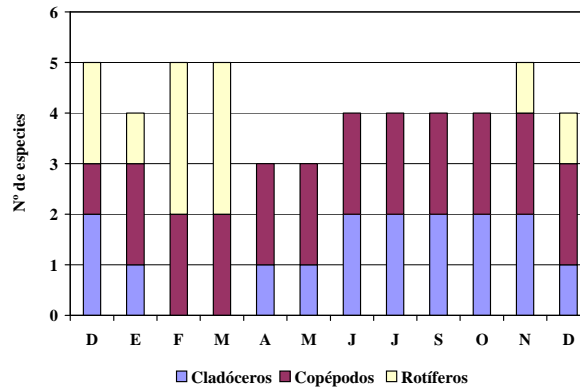


Figura 14: Variación mensual de la riqueza por grupo taxonómico.

Densidad y biomasa zooplanctónica totales

La densidad media total del periodo de estudio fue de 1532,11(\pm 1747,59) ind.L⁻¹. Fluctuó entre un mínimo de 220,33 ind.L⁻¹ en diciembre de 2005 y un máximo de 5135,01 ind.L⁻¹ en marzo de 2006 (Fig. 15). Este parámetro no mostró correlaciones significativas con ninguno de los parámetros ambientales. El mayor aporte a la densidad total fue hecho por los rotíferos que representaron los 57,8%, seguidos por los copépodos (adultos y copepoditos) con 21,2%.

La biomasa media total de la comunidad zooplanctónica fue de 4659,08 (\pm 3417,30) μ g.L⁻¹ y varió entre un mínimo de 179,87 μ g.L⁻¹ en febrero y un máximo de 12923,14 μ g.L⁻¹ en mayo (Fig.15). La biomasa mostró correlación significativa negativa con la transparencia (R = -0,67; p = 0,0153) y positiva con la concentración de sólidos suspendidos orgánicos (R = 0,74; p = 0,051). El mayor aporte a la biomasa fue realizada por los copépodos (59,3%), seguidos por los cladóceros (35,4%). Los rotíferos aportaron solamente el 2,63% de la biomasa total.

No se encontró correlación significativa entre ambos parámetros (R = -0,007; p = 0,9828).

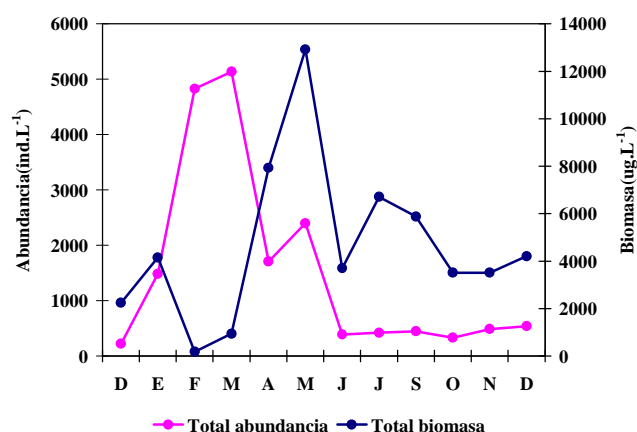


Figura 15: Densidad y biomasa totales determinadas durante el período estudiado en la laguna Estancia San José.

Densidad y biomasa por grupo taxonómico

En el caso de los cladóceros la densidad media del periodo estudiado fue de 134,24 ($\pm 121,78$) ind.L⁻¹. No se registraron en febrero y marzo y tuvieron un pico máximo de 343,33 ind.L⁻¹ en mayo y solo mostraron correlación positiva con la concentración de sólidos disueltos totales ($R = 0,68$; $p = 0,0143$). Dentro del grupo, la mayor densidad la alcanzó *M. eugeniae* seguida por *D. menucoensis*. La biomasa media de este grupo fue de 1648,08 ($\pm 1562,73$) µg.L⁻¹, con un máximo de 5124,57 µg.L⁻¹ en septiembre (Fig.16). La biomasa también mostró correlación positiva con la salinidad ($R = 0,71$; $p = 0,0095$) y también fue aportada especialmente por *M. eugeniae*, aunque en una proporción no mucho mayor que *D. menucoensis*.

La densidad media de los copépodos fue 325,12 ($\pm 520,60$) ind.L⁻¹. La densidad mínima fue de 1,50 ind.L⁻¹ y se registró en diciembre de 2005 y la máxima fue de 1862,67 ind.L⁻¹, encontrados en mayo. (Fig.16). Este parámetro mostró correlación positiva con la concentración de sólidos suspendidos orgánicos ($R = 0,83$; $p = 0,0008$) y fue aportada especialmente por *B. poopoensis*. La biomasa media de este grupo fue 2761,38 ($\pm 3349,08$) µg.L⁻¹. La mínima fue 18,74 µg.L⁻¹, determinados en diciembre de 2005 y el máximo de 10551,86 µg.L⁻¹ se registró en mayo. (Fig.16). La biomasa también tuvo correlación positiva con la concentración de sólidos suspendidos orgánicos ($R = 0,81$; $p = 0,0014$) y también fue aportada mayoritariamente por *B. poopoensis*.

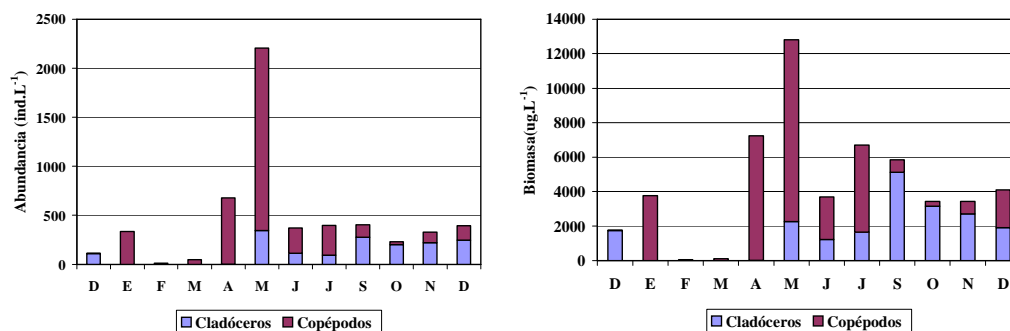


Figura 16: A: Densidad y B: biomasa total de Cladóceros y Copépodos, determinada durante el período estudiado en la laguna Estancia San José.

Los nauplios mostraron una densidad media de 186,08 ($\pm 284,54$) ind.L⁻¹. No se registró ninguna larva en febrero y alcanzaron un máximo de 1030 ind.L⁻¹ en abril (Fig. 17). No se encontraron correlaciones significativas con los parámetros ambientales. Su biomasa media fue de 127,03 ($\pm 199,20$) µg.L⁻¹, con un pico máximo de 710,70 µg.L⁻¹ en abril (Fig. 17). Tampoco se hallaron correlaciones significativas entre la biomasa y los parámetros ambientales.

En el caso de los rotíferos, su densidad media fue de 886,67 ($\pm 1883,14$) ind.L⁻¹. No se registraron individuos entre abril y octubre, tuvieron un pico máximo de densidad 4963,34 ind.L⁻¹ en marzo (Fig. 17) y mostraron correlación positiva con la temperatura del agua ($R = 0,73$; $p = 0,0067$). Si bien la mayor densidad media fue aportada por *B. plicatilis*, fue seguido cercanamente por *B. dimidiatus*. La biomasa media de este grupo fue de 122,60 ($\pm 241,50$) µg.L⁻¹, con un máximo de 759,38 µg.L⁻¹, en marzo (Fig.17). Este parámetro también mostró correlación positiva con la temperatura del agua ($R = 0,78$; $p = 0,0027$). El mayor aporte a la biomasa fue hecho por *B. plicatilis* siendo muy exiguos los de las otras especies.

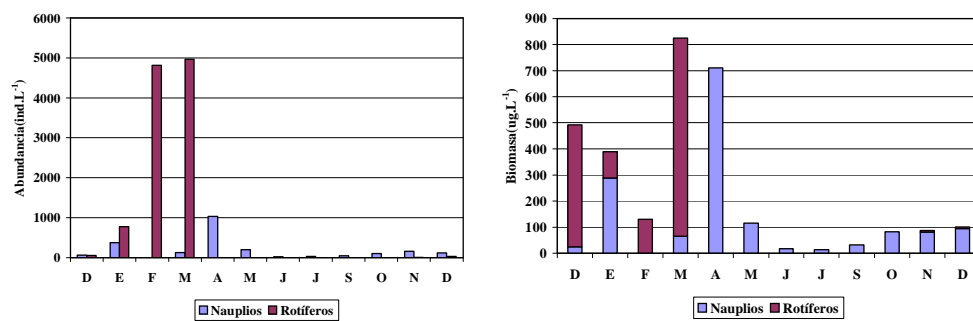


Figura 17: A: Densidad total y B: biomasa total de nauplios y rotíferos, determinada durante el período estudiado en la laguna Estancia San José.

Densidad y biomasa por especie

La especie más abundante fue el rotífero *B. plicatilis* el que, aunque estuvo presente solo en cuatro ocasiones, alcanzó la mayor densidad media, dado que superó los 450 ind.L⁻¹, presentó un pico máximo de densidad cercano a 3800 ind.L⁻¹ en marzo aunque su biomasa media apenas fue superior a 110 µg.L⁻¹ (Tabla 2). Fue seguida por *B. dimidiatus*, que alcanzó una densidad media cercana a 420 ind.L⁻¹, aunque su aporte a la biomasa fue muy reducido, dado que rondó los 9 µg.L⁻¹ (Tabla 2). El resto de los rotíferos alcanzaron densidades muy reducidas y su aporte a la biomasa también fue escaso (Tabla 2).

Entre los crustáceos, la especie más abundante fue *B. poopoensis*, dado que superó los 315 ind.L⁻¹ y también la que mayor biomasa aportó a lo largo del estudio, con más de 2740 µg.L⁻¹ (Tabla 2). El otro copépodo que se registró, *C. deitersi* mostró densidad y biomasa medias reducidas, apenas superiores a 9 ind.L⁻¹ y 12 µg.L⁻¹.

Considerando los cladóceros, *M. eugeniae* con una densidad y una biomasa medias que superaron 100 ind.L⁻¹ y 870 µg.L⁻¹ fue la especie más abundante y que mayor biomasa aportó, seguida por *D. menucoensis* que alcanzó una menor densidad media, apenas superior a 32 ind.L⁻¹ pero contribuyó con una biomasa relativamente elevada, superior a 770 µg.L⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 2: Densidad (ind.L⁻¹) y biomasa (µg.L⁻¹) media, mínima y máxima de las especies registradas

	Densidad		Biomasa	
	Media	Mín.- máx.	Media	Mín.- máx.
<i>Daphnia menucoensis</i>	32,46	0,00 - 150,33	770,15	0,00 - 3692,10
<i>Moina eugeniae</i>	101,78	0,00 - 343,33	877,93	0,00 - 2255,68
<i>Boeckella poopoensis</i>	315,85	1,50 - 1826,67	2748,50	18,74 - 10521,62
<i>Cletocamptus deitersi</i>	9,28	0,00 - 36,00	12,87	0,00 - 43,47
<i>Brachionus plicatilis</i>	456,88	0,00 - 3811,67	111,90	0,00 - 724,22
<i>Brachionus dimidiatus</i>	420,28	0,00 - 3953,33	9,31	0,00 - 79,07
<i>Hexarthra fennica</i>	9,45	0,00 - 61,67	1,37	0,00 - 7,33
<i>Polyarthra</i> sp.	0,07	0,00 - 0,83	0,01	0,00 - 0,12

Discusión

La laguna estudiada está localizada cerca del límite occidental de la llanura pampeana (Cabrera, 1976) y si bien comparte algunas características con las típicas lagunas *pampásicas* de la provincia de Buenos Aires (Ringuelet, 1968, 1972; Torremorell *et al.*, 2007), como la escasa profundidad y la polimixis, difiere por su temporalidad y sus grandes variaciones del nivel y salinidad.

Estas características hacen que este cuerpo de agua pueda ser catalogado como un lago somero típico de la provincia de La Pampa, entre cuyas características más importantes se destacan su alimentación, dada por precipitaciones y aportes freáticos en menor medida y que debido a la ausencia de efluentes por estar en una cuenca arreica, las pérdidas de agua se producen especialmente por evaporación (Echaniz *et al.*, 2005, 2006 y 2011; Vignatti *et al.*, 2007 y 2012a). 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).

El carácter temporario de la laguna fue reflejado durante el estudio por el descenso del nivel del agua de casi un 25% y el incremento de la concentración de sólidos disueltos que, al finalizar el estudio, llegó casi a duplicar el valor inicial. Este aumento hizo que la laguna San José fuese hiposalina (Hammer, 1986) durante los cinco primeros meses y luego pasara a la categoría de mesosalina (Hammer, 1986) el resto del estudio.

La relación entre la profundidad promedio de la laguna y la profundidad de la zona fótica ha sido propuesto como un parámetro para separar las lagunas claras de las turbias en el marco del modelo de los estados alternativos de los lagos someros (Quirós *et al.*, 2002). Así, si el valor calculado es menor a 1, se trata de un ambiente claro y si es superior a 1 es indicación de que se está en presencia de un lago somero turbio. En el caso estudiado, el valor es exactamente 1, por lo que esta relación no aporta un criterio que permita una definición tajante. Teniendo en cuenta sus concentraciones de clorofila *a*, San José se parece a lagos someros de la región que pueden ser catalogados inequívocamente como claros (Echaniz 2010), pero comparte con otros lagos relativamente cercanos la influencia negativa de los sólidos inorgánicos en suspensión sobre la transparencia del agua (Echaniz *et al.*, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a). Además, San José comparte con esos ambientes el tener fondo relativamente plano, estar ubicados en paisajes abiertos y llanos

(Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a), en una región caracterizada por vientos fuertes y frecuentes (Cano, 1980). Asimismo, compartió con esas lagunas la carencia de vegetación acuática durante el estudio (Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a), que pudiera moderar el oleaje (Moss *et al.*, 1996). Todas esas características favorecen marcadamente la resuspensión de sedimentos del fondo por efecto del viento (Nagid *et al.*, 2001; Borell Lövstedt & Bengtsson, 2008), lo que podría colaborar para explicar la transparencia del agua relativamente reducida de esta laguna producida especialmente por sólidos inorgánicos en suspensión.

La composición química del agua, con el predominio entre los cationes del monovalente Na^+ y concentraciones reducidas de los bivalentes Ca^{++} y Mg^{++} (indicación de una dureza relativamente baja) y del Cl^- entre los aniones, separa a la laguna San José de las generalizaciones que indican el predominio del Ca^{++} y el HCO_3^- en la mayor parte de las aguas interiores del mundo (Kalff, 2002). Sin embargo, es un rasgo que la asemeja a la mayor parte de los lagos someros de la provincia, a excepción de los ubicados en zonas medanosas o los que reciben desagües pluviales directamente desde ciudades (Echaniz, 2010).

La composición iónica dominada por Na^+ y Cl^- , indica que los mecanismos involucrados en el control de la química del cuerpo de agua estudiado implican evaporación y cristalización, lo que es la situación típica en regiones áridas o semiáridas como el noreste de La Pampa, donde las tasas de evapotranspiración son más elevadas que las precipitaciones (Gibbs, 1970; Wetzel, 2001; Kalff, 2002) y compartida con muchos de los ambientes de la llanura chaco pampeana (Drago & Quirós, 1996).

Las elevadas concentraciones de nutrientes, que permitieron categorizar como hipertrófica a esta laguna (OECD, 1982), fueron similares a las de otros ambientes de La Pampa (Echaniz *et al.*, 2008; Echaniz, 2010; Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a), pero, sobre todo en el caso del fósforo total, fueron varias veces superiores a las que Quirós *et al.*, (2002) y Sosnovsky & Quirós (2006) indicaron como algunas de las más altas registradas en la literatura. Las concentraciones tan elevadas de San José podrían deberse, por un lado, al alto impacto que tiene el arrastre, sobre todo durante tormentas, de excretas de animales que pastorean en su cuenca (Carpenter *et al.*, 1998; Bennett *et al.*, 1999; Bremigan *et al.*, 2008), ya que el ganado vacuno puede llegar a excretar entre 9 a 16 kg.ind.año^{-1} de fósforo (Russell *et al.*, 2008). Por otro lado, la resuspensión de sedimentos por el viento, que ya se mencionara, es particularmente importante en los lagos someros

(Markensten & Pierson, 2003; de Vicente *et al.*, 2006; Borell Lövstedt & Bengtsson, 2008), en los que la remoción de sedimentos favorece la resolubilización de nutrientes de la carga interna (Havens *et al.*, 2007), lo que colabora en su eutrofización interna (Smolders *et al.*, 2006). Al igual que en un lago somero cercano (Echaniz *et al.*, 2011) las mayores concentraciones de nutrientes en el agua se midieron en la segunda mitad del año, período en el que se registran vientos de mayor intensidad (Cano, 1980) y se midieron las mayores concentraciones de sólidos suspendidos inorgánicos. A esto debe sumarse que como San José es un ambiente ubicado en una cuenca arreica, únicamente se producen salidas de agua por evaporación, lo que lleva a procesos de acumulación de nutrientes.

La relación NT: PT calculada a lo largo del estudio fue muy reducida, lo que sería indicación de una relativa limitación por nitrógeno para el crecimiento de las algas fitoplanctónicas (Wetzel, 2011; Kalff, 2002). Esta limitación podría explicar las concentraciones de clorofila *a* relativamente bajas que se encontraron, apoyada por el hecho de que en marzo y abril, cuando los valores de la relación NT: PT fueron más altos, fueron los meses en los que se registraron mayores concentraciones de clorofila *a* fitoplanctónica.

La diversidad del zooplancton fue reducida, lo que es una situación común en ambientes de salinidad elevada (Hammer, 1986; Herbst, 2001; Ivanova & Kazantseva, 2006). Esta situación también se ha comprobado en La Pampa, ya que los ambientes subsalinos que no superen los 2 g.L⁻¹ de salinidad pueden tener más de 20 *taxa* en su zooplancton (Echaniz, 2012; Echaniz & Vignatti, 2010; Echaniz *et al.*, 2008; 2012), mientras que la riqueza de los hipo y mesosalinos como San José es considerablemente menor.

En el zooplancton de San José se registró la asociación de especies típica de este tipo de ecosistema; un ensamble que se caracteriza en especial por la presencia de crustáceos halófilos autóctonos como *D. menucoensis* y *Moina eugeniae* y por la casi constante *Boeckella poopoensis* (Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2011; Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2012b). La primera es una especie muy común en ecosistemas salinos del norte de Patagonia y centro del país (Echaniz, 2010) y la segunda está restringida a aguas salinas de la región central de Argentina (Paggi, 1998; Echaniz, 2010; Echaniz *et al.*, 2006; Vignatti, 2011). *B. poopoensis* es una especie altamente tolerante a la salinidad, que tiene una distribución geográfica muy amplia, desde el norte de la meseta patagónica hasta el sur

del Perú (Menu-Marque *et al.*, 2000; De los Ríos, 2005; Locascio de Mitrovich *et al.*, 2005).

El predominio del género *Brachionus* entre los rotíferos es una característica en común con otros cuerpos de agua similares de la provincia (Echaniz *et al.*, 2006; Vignatti *et al.*, 2007; Echaniz, 2010; Vignatti, 2011), entre los que es destacable la presencia de especies marcadamente eurihalinas como *B. plicatilis* y *B. dimidiatus* (Fontaneto *et al.*, 2006), a pesar de que no sean típicas de la región a causa de su distribución cosmopolita (Pejler, 1995). *B. plicatilis* junto a *Hexarthra fennica* conforman la asociación de rotíferos encontrada con más frecuencia en lagunas de salinidades superiores a los 20 g.L⁻¹ en la región (Echaniz, 2010; Vignatti, 2011).

La presencia de cladóceros de talla grande puede deberse a la falta de peces, ya que se ha determinado que en ambientes pampeanos que tengan fauna íctica, éstos generalmente están ausentes o se registran en muy bajas densidades (Echaniz & Vignatti, 2001; Vignatti *et al.*, 2007; Echaniz, 2010) debido a la depredación ejercida por peces planctívoros (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002; Scheffer & Jeppesen, 2007). Una consecuencia directa de la presencia de cladóceros grandes y por lo tanto eficientes filtradores, es la reducción de la biomasa fitoplanctónica con el consecuente aclaramiento del agua, ya que las concentraciones de clorofila *a* fitoplanctónica que se registraron fueron relativamente reducidas, casi 10 veces menos que las registradas en Don Tomás o Bajo de Giuliani, lagunas caracterizadas por la presencia de pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*).

El relativo predominio numérico de los rotíferos es una característica que esta laguna comparte con otros ambientes de la provincia de menor salinidad, ya que en otros lagos mesosalinos éstos suelen ser menos numerosos, superados siempre por los crustáceos (Echaniz *et al.*, 2008, 2009; Echaniz, 2010). Este predominio hizo que la mayor densidad zooplanctónica se registrara durante los meses de mayor temperatura, a diferencia de lagos pampeanos con predominio de crustáceos, en los que es menos frecuente este tipo de patrón estacional (Echaniz, 2010; Vignatti, 2011).

Aunque hubo diferencias en la densidad total, la biomasa zooplanctónica calculada en San José fue relativamente similar a la determinada en el mismo período en otros dos lagos salinos de la región, Aime y Estancia Pey-Ma, debido a que en ellos también se registraron especies de tamaño relativamente grande (Echaniz *et al.*, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a). Sin embargo, a pesar de que la densidad de San José fue bastante menor que la registrada en el mismo período en Don Tomás y Bajo de Giuliani, la proporción

relativamente alta de crustáceos de talla grande de su zooplancton hizo que la biomasa de esta laguna fuese dos veces más elevada que la de aquellos dos lagos pampeanos que, a causa de la depredación, muestran un zooplancton con mayor proporción de rotíferos y crustáceos más pequeños.

Además, la biomasa del macrozooplancton de San José fue más de 6 veces superior al máximo determinado por Quirós *et al.* (2002) en un grupo de 23 lagos someros turbios orgánicos de Buenos Aires que tuvieron salinidades entre 0,3 y 27 g.L⁻¹ y concentraciones de clorofila *a* de hasta 405 mg.m⁻³, lo que sustenta la hipótesis de que a pesar de que los lagos salados tienen bajas concentraciones de clorofila *a*, menor biomasa algal y por lo tanto, baja productividad primaria, son capaces de sustentar altas biomásas de zooplancton (Evans *et al.*, 1996).

Una característica destacable de San José es la baja influencia de los factores ambientales sobre la densidad o la biomasa del zooplancton. Esto puede ser debido probablemente a que las especies registradas se encontraron dentro de sus rangos de tolerancia y por lo tanto no habrían sufrido el estrés ambiental ejercido por las variables abióticas, en especial por los niveles fluctuantes de salinidad registrados durante el período estudiado.

Conclusiones

- La laguna San José es un lago somero típico de La Pampa, debido a que es alimentado especialmente por precipitaciones y como está en una cuenca arreica, las salidas de agua se producen principalmente por evaporación.
- Es hipo-mesosalina. El paso de una categoría a otra se debió a que la salinidad aumentó de $17,29 \text{ g.L}^{-1}$ en enero del 2006 a $30,96 \text{ g.L}^{-1}$ en diciembre del mismo año.
- La temperatura del agua varió considerablemente durante todo el período de estudio, siguiendo un patrón estacional.
- El valor de la relación Z_m/Z_{fot} calculado no permite clasificar a San José como clara o turbia de una forma definitiva.
- Teniendo en cuenta sus bajas concentraciones de clorofila *a*, San José se parece a lagos someros claros, sin embargo, la transparencia del agua resultó relativamente reducida a causa de los sólidos inorgánicos en suspensión.
- La resuspensión de sedimentos del fondo se ve favorecida debido a que San José tiene un fondo relativamente plano, está en un paisaje abierto, en una región con vientos frecuentes y carece de vegetación acuática que modere el oleaje.
- La laguna es clorurada sódica, lo que la asemeja a la mayor parte de los lagos someros salinos de la provincia e indica que los mecanismos involucrados en el control de la química del agua son la evaporación y cristalización, procesos típicos de regiones áridas o semiáridas.
- Las concentraciones de nutrientes (P y N) fueron elevadas, por lo que San José es hipertrófica. Sin embargo, fueron similares a las de otros cuerpos de agua de La Pampa.
- Las cantidades tan elevadas de nutrientes podrían deberse a la influencia de las actividades humanas que se realizan en su cuenca, con predominio de agricultura y ganadería y a la resolubilización desde la carga interna, proceso favorecido por la frecuente resuspensión de sedimentos por el viento.
- La relación NT: PT fue muy baja, lo que indicaría una relativa limitación por nitrógeno para el crecimiento de las algas fitoplanctónicas.
- La diversidad registrada en el zooplancton de San José fue baja y se caracterizó por la asociación de especies típica de estos ecosistemas, integrado por los crustáceos

halófilos autóctonos *Daphnia menucoensis*, *Moina eugeniae* y *Boeckella poopoensis*.

- La riqueza de especies no varió hacia finales del estudio, lo que permite descartar la hipótesis de que, a causa del aumento de estrés ambiental producido por el incremento de la salinidad, la riqueza disminuiría.
- La presencia de *D. menucoensis*, cladóceros de talla grande puede deberse a la ausencia de peces depredadores.
- La existencia en San José de cladóceros de talla relativamente grande y por lo tanto gran capacidad de filtración por pastoreo, favorecerían las bajas concentraciones de clorofila *a*, colaborando así en un incremento de la transparencia del agua.
- La preeminencia numérica de los rotíferos es una característica que diferencia a San José de otros lagos mesosalinos pampeanos, en los que predominan los crustáceos.
- El predominio de los rotíferos hizo que la mayor densidad zooplanctónica se registrara durante los meses de mayor temperatura.
- Los cladóceros y copépodos fueron más abundantes cuando aumentaron los sólidos suspendidos orgánicos y no habría relación con la temperatura del agua como ocurrió con los rotíferos.
- La biomasa zooplanctónica de San José fue similar a la de otros lagos salinos de la región.
- El mayor aporte a la biomasa lo hicieron los copépodos, especialmente *B. poopoensis*, habiendo estado presente durante todos los meses de estudio.
- La densidad y biomasa del zooplancton de San José no habrían sido demasiado influidas por los factores ambientales, dada las bajas correlaciones entre ellos, lo que puede deberse a que las especies registradas se encontraron dentro de sus rangos de tolerancia y por lo tanto no habrían sufrido el estrés ambiental ejercido principalmente por el incremento de la salinidad.

Bibliografía

- Adamowicz, S., P. Hebert & M. C. Marinone. 2004. Species diversity and endemism in the *Daphnia* of Argentina: a genetic investigation. *Zoological Journal of the Linnean Society* (140): 171-205.
- 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.
- Arar, E. J. 1997. In Vitro Determination of Chlorophylls a, b, c + c and Pheopigments in Marine and Freshwater Algae by Visible Spectrophotometry. Method 446.0. U.S. Environmental Protection Agency.
- Battistoni, P. A. 1998. Capítulo 51: "Copepoda". Pp. 519-530. En: S. Coscarón & J. J. Morrone (eds), Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Ediciones Sur, La Plata.
- Belk, D. 1998. Global Status and Trends in Ephemeral Pool Invertebrate Conservation Implications for Californian Fairy Shrimp. Pages 147 – 150 in C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr., and R. Ornduff (Eds.). Ecology, coservation and management of vernal pool ecosystems. Proceedings from a 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, CA
- Bennett, E. M., T. Reed-Andersen, J. Houser, J. Gabriel & S. Carpenter. 1999. A phosphorus budget for the lake Mendota watershed. *Ecosystems* 2: 69-75.
- Boix, D., J. Sala & R. Moreno-Amich. 2002. Population dynamics of *Triops cancriformis* (Crustacea: Branchiopoda: Notostraca) of the Espolla temporary pond in the northeastern Iberian peninsula. *Hydrobiologia* 486: 175 – 183.
- Borell Lövestedt, C. & L. Bengtsson. 2008. The role of non-prevailing wind direction on resuspension and redistribution of sediments in a shallow lake. *Aquatic Sciences* 70: 304 - 313.
- Bremigan, M., P. Soranno, M. González, D. Bunnell, K. Arend, W. Renwick, R. Stein & M. Vanni. 2008. Hydrogeomorphic features mediate the effects of land use/cover on reservoir productivity and food webs. *Limnology and Oceanography* 53(4): 1420-1433.
- Broch, E. & W. Yake. 1969. A modification of Maucha's ionic diagram to include ionic concentrations. *Limnology and Oceanography* 14 (6): 933-935.

- Bucher, E. H. (Ed.). 2006. Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 215 pp.
- Cabrera, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Fascículo 1, Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Ed. Acme. Buenos Aires.
- Cano, E. (coord.). 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, Buenos Aires.
- Carpenter, S., N. Caraco, D. Correll, R. Howarth, A. Sharpley & V. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8 (3): 559-568.
- 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.
- Cole, G. A. 1988. Manual de limnología. Ed. Hemisferio Sur, Bs. As.
- Culver, D. A., M. Boucherle, D. J. Bean & J. W. Fletcher. 1985. Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length- weight regressions. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 42 (8):1380-1390.
- De los Ríos, P. 2005. Richness and distribution of zooplanktonic crustacean species in Chilean altiplanic and southern Patagonia ponds. *Polish Journal of Environmental Studies* 14:817-822.
- de Vicente, I., V. Amores & L. Cruz-Pizarro. 2006. Instability of shallow lakes: A matter of the complexity of factors involved in sediment and water interaction?. *Limnética* 251 (1-2): 253-270.
- Derry, A. M., E. E. Prepas & P. D. N. Hebert. 2003. A comparison of zooplankton communities in saline lakewater with variable anion composition. *Hydrobiologia*, 505:199-215.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, , M. G. Balzarini, L. González, M. C. Tablada & W. Robledo. 2010. *InfoStat (versión 2010)*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Downing, J. & F. Rigler. 1984. A Manual on methods for the Assesment of Secondary Productivity in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Drago, E. & R. Quirós. 1996. The hydrochemistry of inland waters of Argentina; a review. *International Journal of Salt Lake Research* 4: 315-325.

- Dumont, H. J., 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 densidad del zooplancton en lagunas de diferente composición iónica de la provincia de La Pampa. Tesis doctoral. Universidad de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.
- Echaniz, S. A. & A. M. Vignatti. 2001. Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos y química del agua de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Rev. Fac. Agronomía. UNLPam* 12 (2): 23-35.
- Echaniz, S., A. Vignatti, J. C. Paggi & S. José de Paggi. 2005. Riqueza y composición del zooplancton de lagunas saladas de Argentina. *Revista FABICIB* 9: 25–39.
- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi, J. C. Paggi & A. Pilati. 2006. Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. *International Review of Hydrobiology* 91 (1): 86-100.
- Echaniz, S., A. Vignatti & P. Bunino. 2008. El zooplancton de un lago somero hipereutrífico 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.
- Echaniz, S. & A. 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. 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. Vignatti, José de Paggi, S., J. Paggi & G. 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.
- Echaniz, S. & A. Vignatti. 2011. Seasonal variation and influence of turbidity and salinity on the zooplankton of a saline lake in central Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39 (2): 306-315.

- Echaniz, S., A. Vignatti & J. Segundo. 2011. Cambios en la diversidad y biomasa zooplanctónica durante una estación de crecimiento en un lago somero temporario hiposalino de La Pampa. *BioScriba* 4 (1): 1-12.
- Echaniz, S. A., A. M. Vignatti, G. C. Cabrera & S. B. José de Paggi. 2012 Zooplankton richness, abundance and biomass of two hypertrophic shallow lakes with different salinity. *Biota Neotropica* 12 (2): 37-44.
- Eitam, A., L. Blaustein, K. Van Damme, H. Dumont, & K. Martens. 2004. Crustacean species richness in temporary pools: relationships with habitat traits. *Hydrobiologia* 525: 125 – 130.
- EPA. 1993. ESS Method 340.2: Total Suspended Solids, Mass Balance (Dried at 103-105°C) Volatile Suspended Solids (Ignited at 550°C). Environmental Protection Agency (EPA). <http://www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/methd340.pdf>.
- Evans, M., M. Arts & R. Robarts. 1996. Algal productivity, algal biomass, and zooplankton biomass in a phosphorus-rich saline lake: deviations from regression model predictions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53:1048-1060.
- Fontaneto, D., W. De Smet & C. Ricci. 2006. Rotifers in saltwaters, re-evaluation of an inconspicuous taxon. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 623-656.
- Gibbs, R. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science* 170:1088 -1090.
- Green, J. 1993. Zooplankton associations in East African Lakes spanning a wide salinity range. *Hydrobiologia* 267: 249-256.
- Greenwald, G. M. & S. H. Hurlbert. 1993. Microcosm analysis of salinity effects on coastal lagoons plankton assemblages. *Hydrobiologia* 267: 307-335.
- Hall, C. & C. Burns. 2003. Responses of crustacean zooplankton to seasonal and tidal salinity changes in the coastal Lake Waiholo, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 31-43.
- Hammer, U. T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World*. Monographiae Biologicae 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- Hammer, Ø., D. Harper & P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 1-9.
- Havens, K., K-R Jin, N. Iricanin & R. James. 2007. Phosphorus dynamics at multiple time scales in the pelagic zone of a large shallow lake in Florida, USA. *Hydrobiologia* (2007) 581: 25-42.

- Herbst, D. 2001. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a templet for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. *Hydrobiologia* 466: 209-219.
- Ivanova, M. B. & T. I. Kazantseva. 2006. Effect of Water pH and Total Dissolved Solids on the Species Diversity of Pelagic Zooplankton in Lakes: A Statistical Analysis. *Russian Journal of Aquatic Ecology*, 37 (4):264-270.
- Jenkins, D., S. Grissom & K. Miller. 2003. Consequences of Prairie Drainage for Crustacean Biodiversity and Metapopulations. *Conserv. Biol.* 17: 158 – 167.
- Jeppesen, E., M. Søndergaard, A. Pedersen, K. Jürgens, A. Strzelczak, T. Lauridsen, & L. Johansson. 2007a. Salinity Induced Regime Shift in Shallow Brackish Lagoons. *Ecosystems* (10): 47-57.
- Jeppesen, E., M. Søndergaard, M. Meerhoff, T. L. Lauridsen & J. P. Jensen. 2007b. Shallow lake restoration by nutrient loading reduction- some recent findings and challenges ahead. *Hydrobiologia* 584: 239–252.
- José de Paggi, S. & J. C. Paggi. 1998. Zooplankton de ambientes acuáticos con diferentes estados tróficos y salinidad. *Neotropica* 44 (111-112): 95-106.
- Kalff, J. 2002. *Limnology. Inland Water System*. Prentice Hall.
- Kobayashi, T. 1997. Associations between environmental variables and zooplankton body masses in a regulated Australian river. *Marine and Freshwater Research* 48: 523-529.
- Locascio de Mitrovich, C., A. Villagra de Gamundi, J. Juárez & M. Ceraolo. 2005. Características limnológicas y zooplankton de cinco lagunas de la Puna Argentina. *Ecología en Bolivia* 40 (1): 10-24.
- McCauley, E. 1984. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples, pp 228-265 En: Downing, J. A. & F. H. Rigler (eds.). *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters*. 2^a ed. Blackwell Scientific. Publ. Oxford.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona.
- Markensten, H. & D. Pierson. 2003. A dynamic model for flow and wind driven sediment resuspension in a shallow basin. *Hydrobiologia* 494: 305-311.
- Menu-Marque, S., J. Morrone & C. Locascio de Mitrovich. 2000. Distributional patterns of the south american species of *Boeckella* (Copepoda: Centropagidae): a track analysis. *Journal of Crustacean Biology* 20 (2): 262-272.

- Moss, B., J. Madgwick & G. Phillips. 1996. A guide to the restoration of nutrient- enriched shallow lakes. Ed. Environment Agency, Norwich.
- Muylaert, K., S. Declerck, J. Van Wichelen, L. De Meester & W. Vyverman. 2006. An evaluation of the role of daphnids in controlling phytoplankton biomass in clear water versus turbid shallow lakes. *Limnologica* 36: 69-78.
- Nagid, E., D. Canfield Jr. & M. Hoyer. 2001. Wind-induced increases in trophic state characteristics of a large (27 km²), shallow (1.5 m mean depth) Florida lake. *Hydrobiologia* 455: 97-110.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assesment and Control. Final report. París.
- Olivier, S. R. 1955. Contribution to the limnological knowledge of the Salada Grande lagoon. *Proceedings International Association of Limnology*, 12: 302-308.
- Paggi, J. 1995. Cladocera. Pp. 909-951. En: Lopretto E. & G. Tell (eds) *Ecosistemas de aguas continentales. 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.
- Paggi, J. C., S. A. Echaniz, A. M. Vignatti, A. Pilati & S. José de Paggi. 2002. Niveles de concentración de sales y densidad del zooplancton en lagunas de elevada salinidad de la provincia de La Pampa. *Libro de las VIII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*: 167-169.
- Pejler, B. 1995. Relation to habitat in rotifers. *Hydrobiologia* 313/314: 267-278.
- Pereyra, A., N. Abiati & E. Fernández. 2004. *Manual de estadística para proyectos de investigación*. Ed. Fac.de Cs Agrarias, Univ. Nac. de Lomas de Zamora.
- Ponce de León, E. 1998. Evapotranspiración. Pp. 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. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12: 175-185.
- Ringuelet, R. A. 1968. Tipología de las lagunas de la provincia de Buenos Aires. *La limnología regional y los tipos lagunares*. *Physis* 28 (76): 65-76
- 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.

- Rosen, R. A. 1981. Length - dry weight relationships of some freshwaters zooplankton. *Journal of Freshwater Ecology*, 1:225-229.
- Russell, M., D. Weller, T. Jordan, K. Sigwart & K. Sullivan. 2008. Net anthropogenic phosphorus inputs: spatial and temporal variability in the Chesapeake Bay region. *Biogeochemistry* 88 (3): 285-304.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton rotifers; Biology and taxonomy. *Die Binnengewässer* 26 (1), Stuttgart.
- 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.
- Scheffer, M. & E. Jeppesen. 2007. Regime Shifts in Shallow Lakes. *Ecosystems* 10:1-3.
- Schwartz, S. S. & D. G. Jenkins. 2000. Temporary aquatic habitats: constraints and opportunities. *Aquatic Ecology* 34: 3- 8.
- Simovich, M. 1998. Crustacean biodiversity and endemism in California's ephemeral wetlands. Pages 107 – 118 In: Witham, C., Bauder, E., Belk, D., Ferren Jr., W. & Ornduff, R. (Eds.). *Ecology, conservation and management of vernal pool ecosystems. Proceedings from a 1996 Conference*. California Native Plant Society, Sacramento, CA.
- Smolders, A., L. Lamers, E. Lucassen, G. Van Der Velde & J. Roelofs. 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it – a review. *Chemistry and Ecology* 22 (2): 93-111.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1995. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Ed. Blume, Barcelona.
- Sosnovsky, A. & R. Quirós. 2006. El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecología Austral* 16:115-124.
- 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. M. 2011. *Biomasa del zooplancton en lagunas salinas y su relación con la concentración de sales en ausencia de peces*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

- Vignatti, A. M., S. A. Echaniz & M. C. 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., G. Cabrera & S. Echaniz. 2012a. Changes in the zooplankton and limnological variables of a temporary hypo-mesosaline wetland of the central region of Argentina during the drying. *Pan American Journal of Aquatic Sciences* 7 (2): 93-106.
- Vignatti, A., J. C. Paggi, S. Echaniz & G. Cabrera. 2012b. Tolerancia a la salinidad de dos cladóceros halófilos autóctonos: *Daphnia menucoensis* y *Moina eugeniae* (Artropoda, Crustacea). *Biología Acuática* 27: 219-231.
- Villagra de Gamundi, A., C. Locascio de Mitrovich, J. Juárez & G. Ferrer. 2008. Consideraciones sobre el zooplancton de las lagunas de Yala (Jujuy, Argentina). *Ecología en Bolivia* 43 (2): 1 -16.
- Waterkeyn, A., P. Grillas, B. Vanschoenwinkel & L. Bredonck. 2008. Invertebrate community patterns in Mediterranean temporary wetlands along hydroperiod and salinity gradients. *Freshwat. Biol.* 53: 1808–1822.
- Wetzel, R. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. Academic Press, Elsevier, San Diego.
- Williams, W. D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* 381: 191-201.
- Williams, D. D. 2002. Temporary water crustaceans: biodiversity and habitat loss. In *Modern Approaches to the study of Crustacea* (E. Escobar-Briones & F. Álvarez eds.). Kluwer Academic publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 223 – 233.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3° Ed. Prentice Hall, New Jersey.