



## COMPARACIÓN LUEGO DE UNA DÉCADA DE PARÁMETROS LIMNOLÓGICOS, RIQUEZA Y ABUNDANCIA DEL ZOOPLANCTON DE UNA LAGUNA SALINA DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Vignatti, Alicia<sup>1</sup>, Festa, Rodrigo<sup>1</sup>, Cabrera, Gabriela<sup>1</sup> y Echaniz, Santiago<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Avenida Uruguay 151. 6300-Santa Rosa, provincia de La Pampa, República Argentina. [aliciavignatti@exactas.unlpam.edu.ar](mailto:aliciavignatti@exactas.unlpam.edu.ar)

### Resumen

Es común que los estudios de ambientes continentales salinos se limiten a períodos cortos, por lo que se cuenta con poca información sobre las variaciones de las características limnológicas ocurridas en lapsos prolongados. En la provincia de La Pampa ha ocurrido lo mismo, por lo que este trabajo tiene el objetivo de conocer los cambios de algunos factores limnológicos, la riqueza y abundancia zooplanctónica, luego de un período de diez años en una laguna salina del norte provincial. La temperatura, la transparencia y las profundidades registradas en ambos períodos fueron similares pero la salinidad difirió. La diversidad fue baja, dominada por crustáceos endémicos de talla grande, debido a la ausencia de peces. A pesar del aumento de la salinidad, casi no hubo reemplazo de especies y no se registraron diferencias en la densidad. Pudo establecerse un patrón estacional, con abundancias máximas durante los meses cálidos. La ausencia de diferencias en los parámetros biológicos puede deberse a que las especies halladas son halófilas y eurihalinas, por lo que estarían dentro de su rango de tolerancia. Las similares tallas de *Moina eugeniae* en ambos períodos indican su mayor tolerancia a la salinidad pero, la menor talla exhibida por *Daphnia menucoensis* en 2007 podría indicar que esta especie debió destinar más energía a osmorregular, lo que limitó su crecimiento corporal.

**Palabras clave:** Lagunas salinas, zooplancton, *Moina eugeniae*, *Daphnia menucoensis*

### Abstract

Limnological studies in inland saline lakes are normally limited to short periods and so there is little information on the variation of environmental and biological characteristics over prolonged periods. This is also the case in La Pampa province (Argentina), therefore in this study we aimed to evaluate the changes in some limnological factors, as well as in zooplankton richness and abundance, over a period of ten years in a shallow saline lake in the north of this province. The temperature, transparency and depth recorded in both study periods were similar, whereas the salinity differed. The diversity was low, dominated by large endemic crustaceans, due to the absence of fish. Despite the increase in salinity, there was almost no species replacement and there were no differences in density. We found a seasonal pattern, with maximum abundance during the warm months. The lack of differences in the biological parameters might be because the species found there are halophilic and euryhaline, and are thus within their ranges of tolerance. The similar sizes of *Moina eugeniae* in both study periods indicate their greater tolerance to salinity, whereas the smaller size exhibited by *Daphnia menucoensis* in 2007 might indicate that this species devoted more energy to osmoregulation, which limited its body growth.

**Keywords:** Saline lakes, zooplankton, *Moina eugeniae*, *Daphnia menucoensis*

## INTRODUCCIÓN

Las lagunas (lagos someros) se caracterizan por su escasa profundidad, generalmente menor a 3 m y su falta de estratificación térmica y química debida a la remoción por el viento, lo que les da un carácter polimíctico. El modelo de los estados alternativos de los lagos someros postula que pueden alternar entre un estado claro y uno turbio, en función de su transparencia, concentraciones de clorofila *a* y nutrientes y presencia o no de macrófitas (Scheffer *et al.* 1993, Scheffer y Jeppesen 2007, Scheffer y Van Ness 2007). Esta teoría contempla las interacciones tróficas como potentes modeladores de la ecología de estos ecosistemas, entre las cuales, la depredación por peces es uno de los factores estructuradores más importantes (Hobæk *et al.* 2002). La ausencia de ictiofauna permite la existencia de zooplancton dominado por especies de talla grande y alta tasa de pastoreo sobre el fitoplancton, como los cladóceros del género *Daphnia* (Muylaert *et al.* 2006), lo que favorece el estado claro, caracterizado por aguas transparentes, baja concentración de clorofila *a* fitoplanctónica y frecuente presencia de macrófitas.

En la región semiárida central de Argentina existen muchas lagunas, generalmente de salinidad elevada, ubicados en cuencas arreicas y alimentadas principalmente por precipitaciones. Entre sus características más destacables se cuentan su temporalidad, amplias variaciones de nivel, que producen cambios en su concentración de sólidos disueltos (Echaniz 2010, Echaniz *et al.* 2005, 2006, 2010a, Echaniz y Vignatti 2011, Vignatti 2011) y su elevada concentración de nutrientes (Echaniz *et al.* 2010b).

En oposición a los lagos profundos, que se caracterizan por ser relativamente estables y con características biológicas bastante similares año a año (Margalef 1983), la variabilidad de los lagos someros temporarios hace que los estudios ecológicos desarrollados en períodos relativamente cortos muestren sus características físico químicas y biológicas en esa situación particular, que no

necesariamente son las mismas en otro momento. Estos estudios, que en ocasiones abarcan un único ciclo anual, no permiten caracterizar los cambios que podrían haber ocurrido en períodos más largos y sus efectos sobre la biota.

Teniendo en cuenta que comparaciones a largo plazo resultan de interés y que en la provincia de La Pampa se dispone de información sobre las variables limnológicas y biológicas registradas en una laguna salina del norte de la provincia en períodos separados por un intervalo de 10 años, el objetivo de este trabajo fue comparar los parámetros físico químicos y establecer relaciones con la riqueza, composición taxonómica y la densidad de la comunidad zooplanctónica encontrada en ambas ocasiones y probar las hipótesis de que: i) después de diez años, los parámetros limnológicos medidos en 2007 fueron diferentes de los determinados en 1995-96, ii) a causa de los cambios en los parámetros limnológicos, la composición taxonómica, riqueza y abundancia del zooplancton determinados en 2007 difieren de los de 1995-96 y iii) las modificaciones de los parámetros ambientales provocaron que la talla de los cladóceros determinada en 2007 sea diferente que la registrada en 1995-96.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La laguna Chadilauquen está situada en la región norte de la provincia (Fig. 1). Durante los estudios tuvo una superficie máxima de 893.2 ha y una profundidad máxima de 2.2 m. Es alimentada por precipitaciones y en menor medida por aportes freáticos, en el caso de ascensos del nivel piezométrico. Es un cuerpo de agua arreico, cuyas pérdidas se producen por evaporación o infiltración.

Está ubicada en un paisaje llano, con muy suaves ondulaciones, en el ecotono entre las regiones de la Llanura pampeana y el Espinal (Cabrera 1976), aunque está rodeada de campos dedicados a la explotación agropecuaria, sobre todo cultivo de cereales y soja. Además, en todo su

perímetro se realiza ganadería vacuna extensiva.

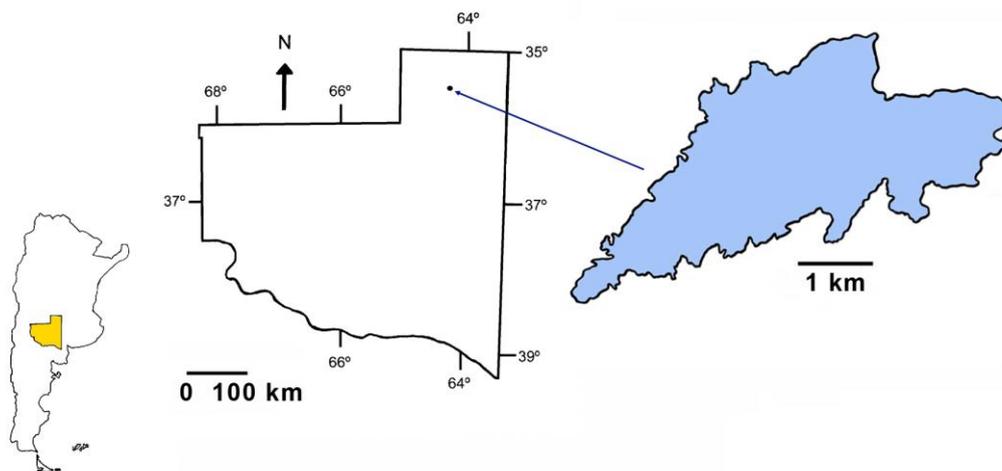


Figura 1. Ubicación de la laguna Chadilauquen

#### Trabajo de campo

Se emplearon muestras de zooplancton e información colectada durante los períodos marzo de 1995- febrero de 1996 y enero-diciembre de 2007. En ambos casos se realizaron muestreos mensuales en tres sitios, en los que se registró la temperatura del agua, la transparencia (disco de Secchi) y se tomaron muestras de agua para análisis físico químicos. En cada sitio se tomaron muestras cuantitativas de zooplancton con una trampa de Schindler-Patalas de 10 L, provista de una red de 0.04 mm de abertura de malla y una muestra cualitativa, con una red de 22 cm de diámetro de boca y 0.04 mm de abertura de malla. Los organismos se anestesiaron con CO<sub>2</sub> previo a la fijación, para evitar deformaciones de los ejemplares.

Para determinar la presencia de peces, se utilizaron redes de arrastre y trampas tipo nasa, dispuestas durante el tiempo que insumió el trabajo de campo.

#### Trabajo de laboratorio

El pH se determinó mediante un pehachímetro Corning PS 15, la conductividad con un conductímetro Oakton TDSTestr 20 y la concentración de sólidos disueltos mediante el método de residuo sólido.

Para determinar la densidad del macrozooplancton (Kalff 2002) 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). El recuento se hizo bajo microscopio estereoscópico a 20-40 X. La densidad del microzooplancton (Kalff 2002) 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 (Downing y Rigler 1984).

Las dimensiones de los cladóceros se determinaron mediante la medición de 30 ejemplares por cada especie, seleccionados al azar con un ocular micrométrico Carl Zeiss de 10X.

La determinación de diferencias físicas, químicas y biológicas se hizo mediante el análisis de la varianza no paramétrico de Kruskal- Wallis. En el caso de las tallas de los cladóceros se empleó ANOVA, dada la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas y se realizó el *post test* de Tukey. Para examinar relaciones entre factores ambientales y atributos del zooplancton, se calcularon coeficientes de correlación de Spearman (R) (Sokal y Rohlf 1995, Zar 1996, Pereyra *et al.* 2004). A efectos de cuantificar el reemplazo de especies entre los dos períodos estudiados, se calculó la diversidad beta mediante el índice de Whittaker en sentido

temporal (Magurran 2004). Se emplearon los programas Infostat (Di Rienzo *et al.* 2010) y Past (Hammer *et al.* 2001).

## RESULTADOS

### Parámetros ambientales

Durante ambos períodos la temperatura media del agua fue sumamente parecida (Tabla 1) y siguió un patrón estacional, con mínimos cercanos a 7°C en agosto y máximos superiores a 24°C en enero.

A pesar del lapso transcurrido, la profundidad media fue similar durante los dos períodos (Tabla 1). Se encontró correlación significativa entre este parámetro y la temperatura del agua ( $R = -0.46$ ;  $p = 0.0230$ ), ya que, aunque el rango de variación fue menor en 2007 (Tabla 1), fluctuó de la misma forma y mostró sus mínimos durante los meses de mayor temperatura (Fig. 2).

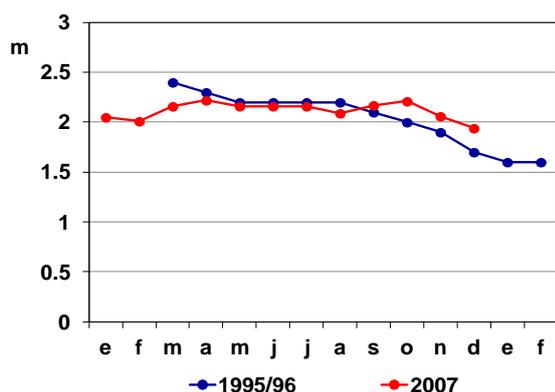


Figura 2. Variación mensual de la profundidad durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

La salinidad media fue diferente entre los dos períodos estudiados y resultó más elevada durante 2007 (Tabla 1). Fluctuó de forma relativamente similar durante los dos períodos y se encontró correlación significativa entre este parámetro y la temperatura del agua ( $R = 0.41$ ;  $p = 0.0452$ ) ya que los menores valores se registraron en otoño e invierno, con ascensos en los meses más cálidos (Fig. 3). También se halló correlación entre la salinidad y la profundidad de la laguna ( $R = -0.63$ ;  $p = 0.0011$ ), dado que mostró un ascenso

sostenido a medida que el nivel del agua descendió.

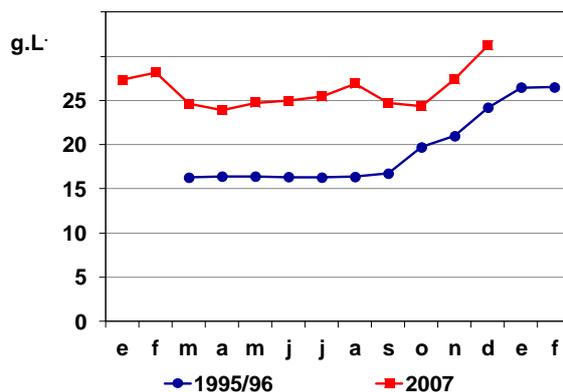


Figura 3. Variación mensual de la salinidad durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

La transparencia media del agua no difirió entre los dos períodos y fue cercana a 0.8 m (Tabla 1). En 1995-96 el rango de variación fue más amplio, ya que alcanzó un mínimo cercano a 0.3 m en enero, mientras que en 2007 la menor se midió en febrero y superó 0.4 m (Fig. 4). Si bien en ambos períodos la transparencia más elevada se registró en otoño-invierno, el pico máximo de 1995-96 fue mayor que el de 2007. Se calculó una correlación significativa entre la transparencia y la profundidad de la laguna ( $R = 0.74$ ;  $p = 0.0000$ ).

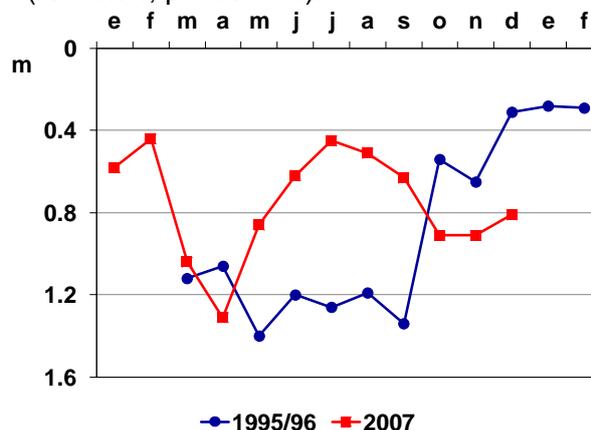


Figura 4. Variación mensual de la transparencia del agua durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

El pH del agua fue elevado, superior a 9 y difirió entre ambos períodos. A pesar de haberse mantenido relativamente estable en ambos casos, el rango de fluctuación fue mayor en 2007 (Tabla 1).

Tabla 1. Principales parámetros limnológicos medidos en la laguna Chadilauquen durante los períodos estudiados y resultados del test de Kruskal-Wallis.

		1995/96	2007	H	p
Temperatura (°C)	<b>Media</b>	<b>16.54</b>	<b>16.58</b>	<b>0.01</b>	0.9080
	Mín.- máx.	7 – 24.3	6.7 – 25.1		
Transparencia (m)	<b>Media</b>	<b>0.89</b>	<b>0.76</b>	<b>0.85</b>	0.3555
	Mín.- máx.	0.28 – 1.4	0.44 – 1.31		
Salinidad (g.L <sup>-1</sup> )	<b>Media</b>	<b>19.38</b>	<b>26.16</b>	<b>10.83</b>	0.0010
	Mín.- máx.	16.27 – 26.49	23.94 – 31.27		
pH	<b>Media</b>	<b>9.56</b>	<b>9.40</b>	<b>9.60</b>	0.0020
	Mín.- máx.	9.49 – 9.69	9.2 – 9.63		
Profundidad (m)	<b>Media</b>	<b>2.03</b>	<b>2.12</b>	<b>0.01</b>	0.9077
	Mín.- máx.	1.6 – 2.4	1.94 – 2.22		

### Parámetros biológicos

#### Diversidad zooplanctónica

Se registraron en total seis especies (Tabla 2). Entre los crustáceos, *Moina eugeniae* y *Boeckella poopoensis* fueron de presencia constante durante los dos períodos estudiados. *Daphnia menucoensis* se registró durante diez meses en 1995-96, en cambio, se halló en siete ocasiones durante 2007. El harpacticóideo

*Cletocamptus deitersi* fue de presencia casi constante ya que se registró durante los doce meses que duró el estudio en 1995-96 y en diez ocasiones durante 2007 (Tabla 2). Entre los rotíferos, *Hexarthra fennica* se registró en los dos períodos estudiados, aunque fue más frecuente durante el 2007, en cambio *Brachionus plicatilis* sólo se registró durante 2007 (Tabla 2).

El índice de diversidad beta entre ambos períodos fue muy reducido (0.09), indicando muy bajo reemplazo de especies.

Tabla 2. Especies registradas en la laguna Chadilauquen durante los dos períodos estudiados y frecuencia relativa de aparición (porcentaje de las muestras en las que se registró).

	1995 - 96	2007
<b>Cladóceros</b>		
<i>Daphnia menucoensis</i> Paggi, 1996	83.3	58.3
<i>Moina eugeniae</i> Olivier, 1954	100	100
<b>Copépodos</b>		
<i>Boeckella poopoensis</i> Marsh, 1906	100	100
<i>Cletocamptus deitersi</i> (Richard, 1897)	100	83.3
<b>Rotíferos</b>		
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786	0	58.3
<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)	50	83.3

## Abundancia zooplanctónica

Aunque en 2007 la densidad total registrada fue ligeramente mayor y presentó un rango de variación más amplio no se encontraron diferencias significativas entre ambos períodos (Tabla 3). Se encontró un patrón estacional, con abundancias más elevadas durante los meses más cálidos, reflejado por la correlación encontrada entre la densidad total y la temperatura del agua ( $R = 0.46$ ;  $p = 0.0235$ ). También se hallaron correlaciones entre este parámetro y la salinidad: ( $R = 0.62$ ;  $p = 0.0009$ ) y la profundidad de la laguna ( $R = -0.63$ ;  $p = 0.0007$ ). La densidad total fue influida especialmente por la abundancia del calanoideo *B. poopoensis*, tanto adultos y copepoditos como sus nauplios, situación manifestada por los elevados coeficientes de correlación calculados ( $R = 0.64$ ;  $p = 0.00079$ ) y ( $R = 0.75$ ;  $p = 0.0000$ ).

Al considerar la densidad por grupo taxonómico, no se encontraron diferencias significativas en el caso de los cladóceros (Tabla 3) y debido a su estacionalidad, con mínimos invernales y máximos en primavera-verano, se halló correlación con la temperatura del agua ( $R = 0.67$ ;  $p = 0.0003$ ). Tampoco se encontraron diferencias entre

las densidades de los copépodos, a pesar de que en 2007 fueron ligeramente más abundantes y la densidad fluctuó en un rango más amplio (Tabla 3). Se hallaron correlaciones con la transparencia del agua ( $R = -0.56$ ;  $p = 0.0043$ ) y la salinidad ( $R = 0.46$ ;  $p = 0.0229$ ) y a pesar de que en ambos estudios las abundancias máximas se registraron en verano, la correlación con la temperatura del agua no resultó significativa ya que no mostraron un patrón estacional claro. En el caso de los rotíferos, a pesar de que en 1995-96 su abundancia fue ligeramente mayor, la diferencia no resultó significativa. No mostraron patrón estacional y no se hallaron correlaciones entre su abundancia y ninguno de los parámetros ambientales determinados.

*M. eugeniae* alcanzó en 2007 una abundancia media ligeramente superior a la de 1995-96 (Tabla 4), sin embargo la diferencia no resultó significativa ( $H = 0.48$ ;  $p = 0.4884$ ). Esta especie se registró en todas las ocasiones de muestreo, mostró un patrón estacional, reflejado por el elevado coeficiente de correlación encontrado con la temperatura ( $R = 0.70$ ;  $p = 0.0001$ ) y alcanzó sus abundancias más elevadas durante los meses más cálidos (Fig. 5).

Tabla 3. Comparación de las densidades medias ( $\text{ind.L}^{-1}$ ), desvíos estándar, mínimos y máximos alcanzados por los diferentes grupos taxonómicos y resultados del test de Kruskal-Wallis.

		1995-96	2007	H	p
<b>Zooplankton total</b>	<b>Media</b>	161.8 ± 78.12	201.4 ± 80.96	1.61	0.2040
	Mín.-máx.	63.03 – 299.91	41.33 – 310.62		
<b>Cladóceros</b>	<b>Media</b>	61.82 ± 32.10	67.86 ± 56.04	0.03	0.8625
	Mín.-máx.	20 – 118.2	1.25 – 184.33		
<b>Copépodos</b>	<b>Media</b>	53.06 ± 28.46	76.86 ± 59.88	0.75	0.3865
	Mín.-máx.	26.6 – 114.58	2.22 – 182.33		
<b>Rotíferos</b>	<b>Media</b>	16.72 ± 30.08	6.82 ± 6.64	0.34	0.5589
	Mín.-máx.	0 – 102.77	0 – 20.57		

En 1995-96 *D. menucoensis* alcanzó una abundancia media superior a la registrada durante 2007 (Tabla 4), sin embargo la diferencia no resultó significativa ( $H = 2.49$ ;  $p = 0.1144$ ). Esta especie se registró durante diez meses en 1995-96 y en siete durante 2007. También mostró un cierto patrón estacional, con sus abundancias máximas a fines de invierno-principios de la primavera (Fig. 6) aunque el coeficiente de correlación encontrado entre su densidad y la temperatura del agua no resultó significativo ( $R = 0.28$ ;  $p = 0.1921$ ).

La densidad de esta especie fue afectada significativamente por la salinidad ( $R = -0.43$ ;  $p = 0.0356$ ). *B. poopoensis* se registró en todas las ocasiones de muestreo. Su abundancia media fue más elevada durante 2007 (Tabla 4), pero sin embargo la diferencia no resultó significativa ( $H = 0.75$ ;  $p = 0.3865$ ). Durante 2007 su densidad fluctuó mucho más que en 1995-96 y no mostró un patrón estacional (Fig. 7). Se encontró correlación positiva entre la densidad de esta especie y la salinidad del agua. ( $R = 0.46$ ;  $p = 0.0227$ ).

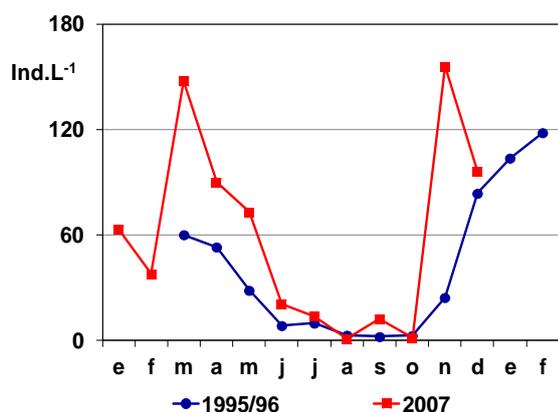


Figura 5. Variación de la densidad de *M. eugeniae* registrada durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

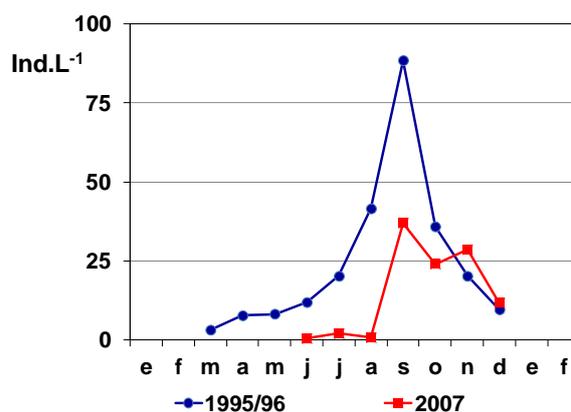


Figura 6. Variación de la densidad de *D. menucoensis* registrada durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

Tabla 4. Densidades medias (ind.L<sup>-1</sup>), desvíos estándar (entre paréntesis), mínimas y máximas de las especies registradas durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

		1995 -96	2007
<i>M. eugeniae</i>	Media (D.E.)	41.32 (±41.78)	59.20 (±54.55)
	Mín.-máx.	1.90-118.21	0.64-155.83
<i>D. menucoensis</i>	Media (D.E.)	20.50 (±25.16)	14.84 (±14.99)
	Mín.-máx.	0.0-88.51	0.0-36.94
<i>B. poopoensis</i>	Media (D.E.)	51.89 (±29.10)	75.39 (±59.60)
	Mín.-máx.	25.22-114.08	2.11-182.33
<i>C. deitersi</i>	Media (D.E.)	1.17 (±1.43)	1.47 (±2.95)
	Mín.-máx.	0.07-5.23	0.0-10.67
<i>H.fennica</i>	Media (D.E.)	16.72 (±30.08)	5.37 (±6.81)
	Mín.-máx.	0.0-102.77	0.0-20.23
<i>B. plicatilis</i>	Media (D.E.)	0.0 (±0.0)	1.45 (±2.60)
	Mín.-máx.		0.0-8.33

## Comparación de las tallas de cladóceros

En 1995-96 la talla media de *M. eugeniae* fluctuó entre 640  $\mu\text{m}$  y 1900  $\mu\text{m}$ , con una media de 1203.46  $\mu\text{m}$  ( $\pm 117.2$ ). En 2007 fueron ligeramente menores, con una mínima de 543.4  $\mu\text{m}$  y una máxima de 1716  $\mu\text{m}$  y un tamaño promedio de 1145.62  $\mu\text{m}$  ( $\pm 123.1$ ). Sin embargo, la diferencia no resultó significativa ( $F = 1.27$ ;  $p = 0.2712$ ) (Fig. 8). Se encontraron correlaciones significativas entre las tallas de esta especie con la temperatura del agua ( $R = -0.49$ ;  $p = 0.0143$ ) pero no fue afectada por la salinidad ( $R = -0.29$ ;  $p = 0.1684$ ).

En el caso de *D. menucoensis*, la diferencia entre las tallas registradas en ambos períodos resultó significativa ( $F = 10.32$ ;  $p = 0.0063$ ). Durante 1995-96 fluctuó entre un mínimo de 830  $\mu\text{m}$  y un máximo de 2450  $\mu\text{m}$ , con un valor medio de 1711.25  $\mu\text{m}$  ( $\pm 148.67$ ). En 2007 el tamaño fue considerablemente menor, ya que varió entre 786.5  $\mu\text{m}$  y 2288  $\mu\text{m}$ , con una media de 1429.43  $\mu\text{m}$  ( $\pm 202.49$ ) (Fig. 8). La talla de esta especie no fue afectada por la temperatura del agua ( $R = -0.30$ ;  $p = 0.1449$ ), pero sí lo fue por la salinidad ( $R = -0.59$ ;  $p = 0.0023$ ).

## DISCUSIÓN

La laguna Chadilauquen está localizada en el 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 y 1972, Torremorell *et al.* 2007), como su escasa profundidad y su polimixis, difiere por sus variaciones del nivel y salinidad (Echaniz y Vignatti 2011). Estas fluctuaciones son típicas de la mayor parte de los lagos

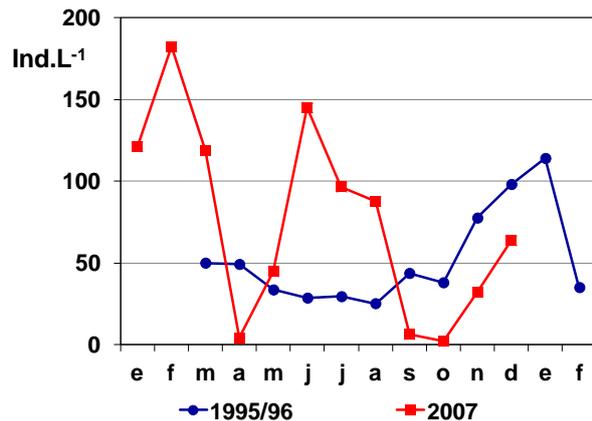


Figura 7. Variación de la densidad de *B. poopoensis* registrada durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

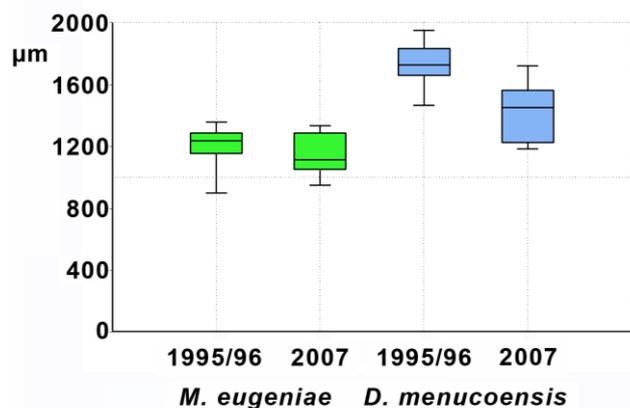


Figura 8. Comparación de las tallas medias de los cladóceros registrados durante los dos períodos estudiados en la laguna Chadilauquen.

someros de la provincia de La Pampa, en su mayoría sin conexión con sistemas fluviales, siendo alimentados por precipitaciones y como son arreicos, sus pérdidas se producen mayoritariamente por evaporación (Echaniz *et al.* 2006, Vignatti *et al.* 2007, Echaniz 2010, Vignatti 2011, Echaniz y Vignatti 2011). Este último fenómeno es de particular importancia, dado que están ubicados en una región donde la evapotranspiración supera las precipitaciones (Roberto *et al.* 1994). El carácter temporario de la laguna, típico de la mayor parte de estos ambientes de la

provincia de La Pampa, se evidenció en que a mediados de 2010, en medio de un período de intensa sequía, el nivel se había reducido más de 1.4 m y la línea de costa se había alejado más de 200 m de la que presentó a fines de 2007 (Vignatti y Echaniz, obs. pers.).

A pesar del lapso transcurrido entre los períodos en que la laguna se muestreó, hubo parámetros que fueron relativamente iguales, entre los que se cuenta la temperatura del agua, aunque como esta variable está determinada por la estacionalidad climática, no es esperable que sus oscilaciones difieran año tras año. Por otro lado, dado que las profundidades registradas en ambos períodos fueron similares, resulta esperable que las temperaturas medias fuesen similares, dado que el volumen de agua que intercambiaba energía calórica con el medio fue aproximadamente el mismo.

El registro de iguales profundidades en la laguna luego de un intervalo de más de diez años es una coincidencia, dado que si bien durante 1995-96 descendió casi un metro, entre 2001 y 2002 se produjeron grandes precipitaciones que inundaron amplias zonas, en especial en el norte de la provincia, región en la que se encuentra Chadilauquen y que además elevaron notablemente el nivel de la laguna en esa ocasión. Sin embargo, a pesar de las parecidas profundidades medidas en ambas ocasiones, las concentraciones medias de sólidos disueltos, que permiten categorizar a esta laguna como hipo-mesosalina (Hammer 1986) fueron diferentes. Teniendo en cuenta que la salinidad está constituida por la suma de las concentraciones de iones conservativos, o sea que se mantienen constantes, sobre todo en ausencia de efluentes (Margalef 1983), habría sido esperable que la salinidad fuese aproximadamente la misma en ambos períodos, dado el volumen similar de agua contenido por el cuenco. La mayor salinidad de 2007 podría deberse al aporte de solutos desde los terrenos circundantes, producida por escorrentía en la época lluviosa ya mencionada.

En los dos períodos estudiados la salinidad se comportó de manera relativamente parecida, ya que en 1995-96 acompañó el descenso del nivel del agua de

la laguna y a una disminución de casi el 40% de la profundidad correspondió un incremento del 60% de la concentración de sólidos disueltos totales. En 2007 la profundidad y la salinidad fluctuaron en menor magnitud, pero, de la misma forma que en el período anterior, las mayores salinidades se registraron en los meses en que el nivel del agua de la laguna descendió por evaporación, lo que permitió comprobar la relación inversa entre ambos parámetros.

En el marco del modelo de los estados alternativos de los lagos someros, Chadilauquen puede ser considerado un lago claro (Scheffer *et al.* 1993, Scheffer y Jeppesen 2007, Scheffer y Van Ness 2007), dada la elevada transparencia del agua. Esto pudo deberse a que en ella se registró zooplancton, sobre todo cladóceros, de talla relativamente grande, cuya presencia se vio favorecida por la ausencia de peces, ya que como se mencionara, la depredación es uno de los factores estructuradores más importantes de la comunidad zooplanctónica (Hobæk *et al.* 2002). Sin embargo, una diferencia entre esta laguna y la situación típica propuesta por el modelo, es la carencia de macrófitas arraigadas, lo que no puede atribuirse a la salinidad elevada del agua, ya que en otros lagos claros pampeanos de similar concentración de sólidos disueltos totales es frecuente la presencia de *Ruppia cirrhosa*, especie ampliamente tolerante (Echaniz *et al.* 2010a).

Se verificó muy bajo reemplazo de especies entre las dos ocasiones en que se estudió el zooplancton, a pesar de los cambios en la salinidad, ya que se registraron casi los mismos taxones. La diversidad zooplanctónica registrada en ambos estudios fue baja, debido a la elevada salinidad. Esta relación inversa ha sido observada en diversos ambientes acuáticos del mundo (Hammer 1986, Ivanova 1990, Green 1993, Greenwald y Hurlbert 1993, Williams 1998, Hall y Burns 2003, Derry *et al.* 2003, Ivanova y Kazantseva 2006), también ha sido corroborada en la provincia de La Pampa (Echaniz *et al.* 2006, Vignatti *et al.* 2007, Echaniz 2010) y se debe a que los ambientes salinos sólo pueden ser habitados por organismos que sean capaces de soportar el aumento del estrés ambiental

producido por el incremento de la salinidad (Herbst 2001). En el caso de Chadilauquen se halló la asociación característica de los lagos salinos de la región, integrada sobre todo entre los crustáceos, por especies halófilas endémicas neotropicales, tal el caso de *M. eugeniae*, *D. menucoensis* y *B. poopoensis* (Adamowicz *et al.* 2004, Echaniz *et al.* 2005, 2006 y 2009, Vignatti *et al.* 2007 y en prensa).

*M. eugeniae*, es una especie restringida a aguas salinas de la región central de Argentina (Paggi 1998) y es el cladóceros que mostró mayor tolerancia a la salinidad, ya que se lo ha registrado en ambientes con valores cercanos a 35 g.L<sup>-1</sup> (Echaniz 2010, Vignatti 2011). A pesar de que se ha planteado la ausencia de especies del género *Daphnia* en ambientes salinos (Jeppesen *et al.* 2007), en Chadilauquen se halló *D. menucoensis*, una especie halófila del género (Paggi 1996, Echaniz, 2010, Echaniz *et al.* 2010b, Vignatti 2011) que ha sido registrada en lagos claros de La Pampa de hasta 30 g.L<sup>-1</sup> (Echaniz *et al.* 2006). Su presencia pudo deberse a la ausencia de depredadores vertebrados, ya que a causa de su gran tamaño, es una de las especies que los peces planctófagos consumen en primer lugar, causando su desaparición de los cuerpos de agua en los que se registra fauna íctica (Echaniz 2010, Echaniz *et al.* 2010a, Vignatti 2011). Entre los copépodos el calanoideo *B. poopoensis* fue el crustáceo más frecuente. Es una especie halófila que tiene una distribución geográfica muy amplia, que se extiende desde el norte de la meseta patagónica hasta el sur del Perú (Menu-Marque *et al.* 2000) y en la provincia de La Pampa se ha registrado en lagos de salinidades superiores a 100 g.L<sup>-1</sup> (Echaniz 2010).

Entre los rotíferos, *H. fennica* y *B. plicatilis*, se caracterizan por ser de distribución cosmopolita (Pejler 1995) y estrictamente halinas, esto es, no registradas en ambientes de menos de 1 g.L<sup>-1</sup> (Fontaneto *et al.* 2006). *H. fennica* es una especie muy frecuente en aguas argentinas de salinidad relativamente elevada (Modenutti 1998) con predominio de Cl<sup>-</sup> (Ruttner-Kolisko 1974, Acosta *et al.* 2003) y ya había sido registrada en la provincia de La Pampa, a veces como dominante, en lagunas con salinidades de

hasta 40 g.L<sup>-1</sup> (Echaniz *et al.* 2006, Echaniz 2010).

A pesar del cambio en la salinidad, no se registraron diferencias entre la densidad total o la que alcanzaron los diferentes grupos taxonómicos y al comparar la abundancia total de la comunidad pudo establecerse un cierto patrón estacional, con máximas densidades durante los meses más cálidos. Como se mencionara, el mayor aporte a la densidad total fue hecho por *B. poopoensis* y sus nauplios, de la misma forma que lo registrado en otras lagunas salinas relativamente parecidas de la región estudiada (Vignatti 2011).

Al comparar las densidades que alcanzaron las diferentes especies en los dos períodos estudiados, en el caso de los cladóceros se pudo comprobar que sus abundancias fueron similares y que tienen una marcada estacionalidad, prácticamente igual durante los dos períodos. Esta situación, que había sido verificada sólo para 1995-96 (Echaniz y Vignatti 2002), se encontró nuevamente, indicando la alternancia en la dominancia de las dos especies, con *M. eugeniae* con preferencia por los meses más cálidos y *D. menucoensis* por los más fríos. En el caso de los copépodos, *B. poopoensis* presentó densidades similares en ambos estudios, pero no mostró estacionalidad.

Con respecto a las tallas de los cladóceros, la ausencia de diferencias entre ambos períodos en el caso de *M. eugeniae* indica su mayor tolerancia, ya que está adaptada a un rango más amplio de salinidad (mesosalino) (Vignatti *et al.* en prensa) y por lo tanto, su tamaño no se vio afectado por el aumento de la concentración de sólidos disueltos verificado durante 2007. Inversamente, tanto en las observaciones a campo (Paggi 1996, Echaniz *et al.* 2006 y 2010, Vignatti *et al.* 2007) como los ensayos de laboratorio (Vignatti *et al.* en prensa), permiten afirmar que *D. menucoensis* se encuentra adaptada a un rango de salinidad más limitado, desde hipo hasta levemente mesosalino (Vignatti *et al.* en prensa). La menor talla mostrada por esta especie durante 2007 es indicativa de su menor tolerancia y pudo deberse a que los ejemplares debieron destinar más energía a osmorregular a fin de mantener un adecuado balance osmótico y por lo tanto no

podieron invertirla en el desarrollo de masa corporal (Hill *et al.* 2006).

Las pocas diferencias en los parámetros biológicos determinados en la laguna en las dos ocasiones de estudio, a pesar de la amplia diferencia en la salinidad, pueden deberse a que las especies halladas en el zooplancton son halófilas y eurihalinas, lo que llevaría a que estén dentro de su rango de tolerancia con respecto a esta variable y por lo tanto sus parámetros poblacionales no se vieron afectados por la dimensión de los cambios ambientales registrados entre los períodos estudiados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, F., Cadima, M. y Maldonado, M. 2003. Patrones espaciales de la comunidad planctónica lacustre en un gradiente geofísico y bioclimático en Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología* 13: 31 – 53.
- Adamowicz, S., Hebert, P. y Marinone, M.C. 2004. Species diversity and endemism in the *Daphnia* of Argentina: a genetic investigation. *Zoological Journal of the Linnean Society* (140): 171 – 205.
- Cabrera, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Fascículo 1, Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Ed. Acme. Buenos Aires.
- Derry, A.M., Prepas, E.E. y Hebert, P.D.N. 2003. A comparison of zooplankton communities in saline lakewater with variable anion composition. *Hydrobiologia*, 505:199-215.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M.C. y Robledo, W. 2010. *InfoStat (versión 2010)*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Downing, J. y Rigler, F. 1984. A Manual on methods for the Assesment of Secondary Productivity in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Echaniz, S. 2010. Composición y abundancia del zooplancton en lagunas de diferente composición iónica de la provincia de La Pampa. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Fisico-Químicas y Naturales.
- Echaniz, S.A. y Vignatti, A.M. 2002. Variación anual de la taxocenosis de cladóceros (Branchiopoda, Crustacea) planctónicos de una laguna de elevada salinidad (La Pampa, Argentina). *Neotrópica* 48: 11-17.
- Echaniz, S., Vignatti, A., Paggi, J.C. y José de Paggi, S. 2005. Riqueza y composición del zooplancton de lagunas saladas de Argentina. *Revista FABICIB* 9: 25 – 39.
- Echaniz, S., Vignatti, A., José de Paggi, S., Paggi, J.C. y Pilati, A. 2006. Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. *International Review of Hydrobiology* 91 (1): 86- 100.
- Echaniz, S., Vignatti, A. y Cabrera, G. 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., Vignatti, A., José de Paggi, S.B., Paggi, J.C. y Cabrera, G. 2010a. 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. Accesible en: <http://www.lapampa.gov.ar/publicacion/esrechid/24625-libro-del-3er-congreso-pampeano-del-agua-ano-2010.html>. Último acceso: 26-03-2012.
- Echaniz, S., Vignatti, A., José de Paggi, S.B. y Paggi, J.C. 2010b. 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. Accesible en: <http://www.lapampa.gov.ar/publicacion/esrechid/24625-libro-del-3er-congreso-pampeano-del-agua-ano-2010.html>. Último acceso: 26-03-2012.
- Echaniz, S. y Vignatti, A. 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.
- Fontaneto, D., De Smet, W. y Ricci, C. 2006. Rotifers in saltwaters, re-evaluation of an inconspicuous taxon. *Journal of the*

- Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 623 - 656.
- Green, J. 1993. Zooplankton associations in East African Lakes spanning a wide salinity range. *Hydrobiologia* 267: 249-256.
- Greenwald, G.M. y Hurlbert, S.H. 1993. Microcosm analysis of salinity effects on coastal lagoons plankton assemblages. *Hydrobiologia* 267: 307-335.
- Hall, C.J. y Burns, C.W. 2003. Responses of crustacean zooplankton to seasonal and tidal salinity changes in the coastal Lake Waiholā, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 31-43.
- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1 – 9.
- Hammer, U.T. 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Herbst, D. 2001. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a template for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. *Hydrobiologia* 466: 209 – 219.
- Hill, R.W., Wyse, G. y Anderson M. 2006. Fisiología animal. Ed. Med. Panamericana, Buenos Aires.
- Hobæk, A., Manca, M. y Andersen, T. 2002. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. *Acta Oecologica* 23: 155-163.
- Ivanova, M. 1990. Zooplankton of highly saline lakes. *Hydrobiological Journal*. 26 (6): 1 - 9.
- Ivanova, M.B. y Kazantseva, T.I. 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.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Pedersen, A., Jürgens, K., Strzelczak, A., Lauridsen, T. y Johansson, L. 2007. Salinity Induced Regime Shift in Shallow Brackish Lagoons. *Ecosystems* (10): 47 - 57.
- Kalff, J. 2002. Limnology. Inland Water System. Prentice Hall.
- Magurran, A. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd., Victoria.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, Barcelona.
- Menu-Marque, S., Morrone, J. y Locascio de Mitrovich, C. 2000. Distributional patterns of the south american species of *Boeckella* (Copepoda: Centropagidae): a track analysis. *Journal of Crustacean Biology* 20 (2): 262 - 272.
- Modenutti, B. 1998. Planktonic rotifers of Samborombón River Basin (Argentina). *Hydrobiologia* 387/388: 259 - 265.
- Muylaert, K., Declerck, S., Van Wichelen, J., De Meester, L. y Vyverman, W. 2006. An evaluation of the role of daphnids in controlling phytoplankton biomass in clear water versus turbid shallow lakes. *Limnologica* 36: 69 - 78.
- Paggi, J. 1995. Cladocera. Pp. 909 - 951. En: Lopretto, E. y Tell, G. (eds) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata.
- Paggi, J. 1996. *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *menucoensis* (Anomopoda; Daphniidae) a new species from athalassic saline waters in Argentina. *Hydrobiologia* 319: 137 -147.
- Paggi, J. 1998. Cladocera (Anomopoda y Ctenopoda). Pp. 507-518. En: Coscarón S. y Morrone J.J. (eds), Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Ediciones Sur, La Plata.
- Pejler, B. 1995. Relation to habitat in rotifers. *Hydrobiologia* 313/314: 267 - 278.
- Pereyra, A., Abiati, N. y Fernández, E. 2004. Manual de estadística para proyectos de investigación. Ed. Fac.de Cs Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- 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 neotropical templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina). *Physis* 31 (82): 55-76.

- Roberto, Z., Casagrande, G. y Viglizzo, E. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Publicación N° 12, Centro Regional La Pampa - San Luis, INTA.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton rotifers; Biology and taxonomy. *Die Binnengewässer* 26 (1), Stuttgart.
- Scheffer, M., Hosper, S.H., Meijer, M.L., Moss, B. y Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 275- 279.
- Scheffer, M. y Jeppesen, E. 2007. Regime Shifts in Shallow Lakes. *Ecosystems* (10): 1–3.
- Scheffer, M. y van Ness, E. 2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hydrobiologia* 584: 455–466.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 1995. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Blume, Barcelona.
- Torremorell, A., Bustingorry, J., Escaray, R. y Zagarese, H. 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. *Limnologica* 37: 100 - 108.
- Vignatti, Alicia 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., Echaniz, S.A. y Martín, M.C. 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., Paggi, J.C., Echaniz, S. y Cabrera, G. Tolerancia a la salinidad de dos cladóceros halófilos autóctonos: *Daphnia menucoensis* y *Moina eugeniae* (Artrópoda, Crustacea). En prensa *Biología Acuática*.
- Williams, W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* 381: 191-201.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3º Ed. Prentice Hall, New Jersey.

Recibido: 20-03-2012  
Aceptado: 28-06-2012