

COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS LIMNOLÓGICOS Y EL ZOOPLANCTON DE UN LAGO SOMERO SALINO DE LA PAMPA (ARGENTINA) DURANTE DOS CICLOS ANUALES CON CONDICIONES AMBIENTALES DIFERENTES

SANTIAGO ECHANIZ¹, ALICIA VIGNATTI¹, GABRIELA CABRERA^{1,2}, CANDELA CAPECE¹ Y MARÍA SOLEDAD TREFFINGER CIENFUEGOS¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNLPam, Santa Rosa, La Pampa

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

E-mail: santiagoechaniz@exactas.unlpam.edu.ar; santiagoechaniz@cpenet.com.ar

ABSTRACT. In central Argentina the alternation of cycles of rainfall above or below the historic mean is frequent; so, many saline lakes can dry or fill in a short time. As in La Pampa most of the studies on these lakes were limited to annual cycles, the information about variations under different climatic conditions is scarce. The aims of this study were to determine the limnological and zooplankton parameters of a semi-permanent Pampean saline lake during 2013 posterior to its filling after a drought, to compare the information with that obtained in 2007, because the two annual cycles had relatively different environmental characteristics and to test the hypotheses i) in 2013, after filling, scarce tolerant zooplankton species were recorded, replaced by more tolerant ones as salinity increased and ii) species richness in 2013 was greater than that recorded during higher hydrologic stability. Samples were taken between January and December of both years. In 2007 depth was stable and in 2013 it fluctuated markedly. The mean salinity was similar, close to 26 g/L. In 2007 it was stable, but in 2013 rose from 14.3 g/L (January) to 40.4 g/L (December). Transparency was the highest in 2007 ($0.76 \text{ m} \pm 0.26$) and the lowest in 2013 ($0.17 \text{ m} \pm 0.05$). The concentration of chlorophyll *a* in 2007 was lower ($1.73 \text{ mg/m}^3 \pm 1.25$) than in 2013 ($38.16 \text{ mg/m}^3 \pm 42.33$). Species richness showed six species in 2007 and seven species in 2013. In 2007 crustaceans predominated, especially *Boeckella poopoensis*, but in 2013 rotifers dominated. Among them, *Brachionus plicatilis* and *B. dimidiatus* presented a maximum in autumn (1702 and 2062 ind/L, respectively). *Daphnia menucoensis* was absent during 2013 and the inverse correlation between the density of this cladoceran and chlorophyll *a* concentration could show its influence on water transparency because of its grazing on phytoplankton. The differences in limnological parameters allow us to know the variability of environmental conditions of a Pampean saline lake and to expand our knowledge about tolerance ranges of some endemic species as *B. poopoensis* and *Moina eugeniae*.

Keywords: zooplankton, hydroperiod, *Boeckella poopoensis*, *Moina eugeniae*.

Palabras clave: zooplancton, hidroperíodo, *Boeckella poopoensis*, *Moina eugeniae*.

INTRODUCCIÓN

Los lagos salinos pueden ser definidos como aquellos que tienen concentraciones de sólidos disueltos iguales o superiores a 3 g/L (Hammer, 1986). En éstos, la salinidad es uno de los factores abióticos que más influye sobre su biota (Greenwald & Hurlbert, 1993; Derry *et al.*, 2003; Hall & Burns, 2003), ya que tanto la riqueza específica como la densidad del zooplancton disminuyen a medida que aumenta la concentración de sólidos disueltos

(Scheffer, 1998; Williams, 1998; Kalff, 2002; Ivanova & Kazantseva, 2006; Jeppesen *et al.*, 2007), situación que también ha sido verificada en lagos salinos de la provincia de La Pampa (Echaniz *et al.*, 2006; Vignatti *et al.*, 2007).

En la región central de Argentina, donde se localiza La Pampa, estos lagos son numerosos, alimentados por precipitaciones y aportes freáticos, desde donde suelen recibir los mayores volúmenes de agua (Dornes *et al.*, en

prensa) y como generalmente están localizados en cuencas arreicas, las pérdidas de agua se dan especialmente por evaporación. Debido a su carácter semiárido, en la región es frecuente que se produzca alternancia de ciclos de precipitaciones abundantes o de sequía, por encima o debajo de la media histórica, respectivamente (Cano, 1980; Roberto *et al.*, 1994; Casagrande *et al.*, 2006; Viglizzo, 2011). Esto hace que muchos de los lagos pampeanos sean temporarios o semipermanentes y durante ciclos húmedos puedan llenarse en poco tiempo. Su secado depende de su extensión, lo que hace que los más grandes puedan contener agua durante varios años y en estos casos suelen registrarse cambios en la salinidad relativamente importantes a lo largo del tiempo en que contienen agua (hidroperíodo).

En la provincia de La Pampa se han estudiado aspectos de la ecología de varios lagos salinos, en especial referidos al zooplancton, pero la mayoría de los estudios se limitaron a períodos relativamente cortos (generalmente ciclos anuales) (Echaniz *et al.*, 2006; Vignatti *et al.*, 2007; Echaniz & Vignatti, 2011; Vignatti *et al.*, 2012a,b,c; Echaniz *et al.*, 2013a,b, 2015; Del Ponti *et al.*, 2015), lo que hace que se cuente con poca información sobre variaciones ambientales y biológicas en lapsos más prolongados y que, por lo tanto, muestren su comportamiento en diferentes condiciones climáticas.

En relación con la temporalidad de estos ecosistemas, se han estudiado los cambios ambientales y las sucesiones que tuvieron lugar en el zooplancton, tanto durante el secado (Vignatti *et al.*, 2012a) como inmediatamente después del llenado (Vignatti *et al.*, 2012b) de dos lagos salinos pampeanos. En el segundo caso, se pudo verificar el reemplazo de especies zooplanctónicas poco tolerantes a la salinidad por otras halotolerantes a medida que la concentración de solutos aumentó como consecuencia de la evaporación de agua y por la redisolución desde los sedimentos (Vignatti *et al.*, 2012b).

Chadilauquen es un importante lago somero salino de La Pampa, que ya había sido estudiado durante 2007. Ese año fue un período de relativa estabilidad hidrológica debido a que todos los meses se registraron precipitaciones de distinta magnitud (Vergara y Casagrande, 2012). Ese año la laguna contuvo una considerable cantidad de

agua con una profundidad cercana a 2 m, que se mantuvo relativamente estable a lo largo de ese año (Vignatti *et al.*, 2012c). Sin embargo, entre 2008 y 2012 se registraron escasas precipitaciones lo que promovió el secado casi total del lago. Como en la región es típico que ocurra un pico de lluvias, generalmente torrenciales, a fines de primavera-inicios de verano (Cano, 1980), las precipitaciones que ocurrieron en diciembre de 2012 hicieron que el lago se llenara y alcanzara una profundidad de 1,6 m. Los objetivos de este trabajo fueron conocer los parámetros ambientales, la riqueza y abundancia zooplanctónica luego del llenado y comparar la información con la obtenida seis años antes, debido a que se presentaron dos situaciones diferentes, tras un período de sequía y tras un período de relativa estabilidad, respectivamente y poner a prueba las hipótesis: i) debido a la salinidad relativamente reducida que se registra inmediatamente después del llenado, en el zooplancton de Chadilauquen se registran especies poco tolerantes, que son reemplazadas por otras de mayor tolerancia a medida que la salinidad aumenta y ii) como consecuencia de lo anterior, la riqueza específica del ciclo anual posterior al llenado es mayor que la que se registra durante períodos de mayor estabilidad hidrológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna Chadilauquen (35°24' S, 64°19' O) se encuentra en el noreste de La Pampa (Figura 1). Está ubicada en el límite occidental de la Llanura Pampeana (Cabrera, 1976), en la región más productiva de la provincia, rodeada de campos dedicados al cultivo de cereales y oleaginosas y en menor medida a ganadería. Durante 2007, período caracterizado por una mayor profundidad, el largo máximo de la laguna fue de 6391 m, el ancho máximo de 2739 m y la superficie de 893 ha. El agua proviene de precipitaciones y de aportes freáticos y por estar en una cuenca arreica, como la mayoría de los lagos de la Pampa, las pérdidas de agua se dan por evaporación (Ponce de León, 1998). Debido a su gran extensión y a que es el nivel de base de un sistema regional (Dornes *et al.*, en prensa) suele tener hidroperíodos más

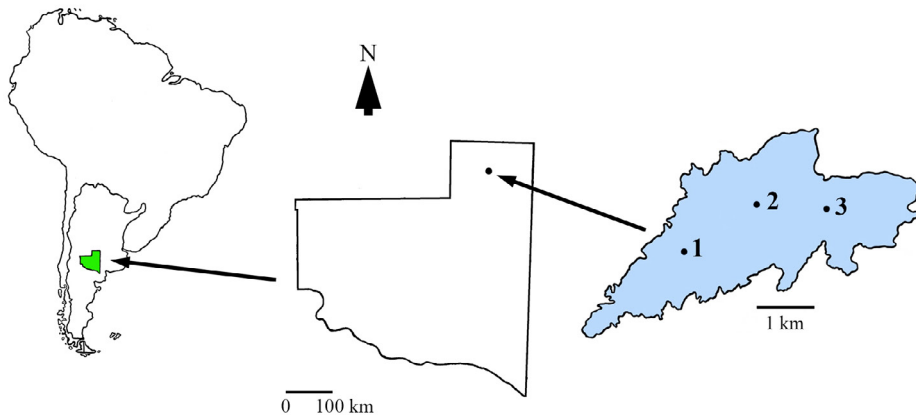


Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna Chadilauquen. La escala corresponde a la extensión de la laguna en 2007. Sitios de muestreo: 1, 2 y 3.

prolongados que otros lagos de la región. Las marcadas fluctuaciones del nivel del agua hacen que la mayor parte de sus orillas sean playas con manchones de vegetación halófila. Durante los dos ciclos anuales estudiados no se registró presencia de macrófitas acuáticas y peces.

Trabajo de campo y de laboratorio

Se tomaron muestras mensualmente desde enero a diciembre de 2007 y durante 2013 (excepto junio) en tres sitios, los mismos durante ambos períodos. Se registró la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto con un oxímetro Lutron DO 5510, la transparencia con un disco de Secchi de 22 cm de diámetro y además se tomaron muestras de agua para análisis físico químicos. La salinidad se determinó mediante el método gravimétrico, el pH con un peachímetro Corning PS-15, las concentraciones de clorofila *a* por el método de extracción con acetona acuosa y espectrofotometría (Arar, 1997).

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, por arrastres verticales y horizontales con una red de 22 cm de diámetro de boca y 0,04 mm de abertura de malla. Las muestras se anestesiaron con CO₂ previo a la fijación, para evitar deformaciones de los ejemplares. Los conteos de macro y microzooplancton (Kalff, 2002) se hicieron en cámaras de Bogorov y Sedgwick Rafter

respectivamente, bajo microscopio óptico común y estereoscópico. La determinación de la biomasa se hizo mediante la medición de un mínimo de 30 ejemplares con un ocular micrométrico Leitz y la aplicación de regresiones largo-peso seco (Ruttner-Kolisko, 1977; Rosen, 1981; McCauley, 1984; Culver *et al.*, 1985).

Se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (H) y se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (r_s) (Sokal y Rohlf, 1995; Zar, 1996). Se calculó el índice de diversidad alfa de Shannon Weaver (H') (Moreno, 2001; Magurran, 2004) y se realizó el test *t* a efectos de determinar si existieron diferencias entre los valores de ambos períodos analizados. También se calculó el índice de equitabilidad de Pielou (J) y para determinar el reemplazo de especies se calculó el índice de diversidad beta de Whittaker en sentido temporal (Magurran, 2004). Se realizó un gráfico de abundancias relativas dada su utilidad para comparar aspectos de la diversidad biológicamente importantes (Feinsinger, 2004). Se emplearon los programas Past (Hammer *et al.*, 2001) e Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2010).

RESULTADOS

Parámetros físico-químicos

La profundidad de la laguna difirió (Tabla 1) ya que en 2007 fue casi siempre superior a 2 m y fluctuó apenas 0,28 m mientras que en 2013 la profundidad media fue 1,15 m ya que disminuyó desde 1,6 m (enero) a 0,84 (diciembre) (Figura

Tabla 1. Valores medios de los parámetros determinados en la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013. Los valores entre paréntesis corresponden al desvío estándar. H: estadístico de Kruskal-Wallis; p: probabilidad del estadístico.

	2007	2013	H	p
Profundidad máxima (m)	2,12 (0,09)	1,15 (0,21)	16,33	0,0000
Temperatura del agua (°C)	16,58 (7,05)	17,94 (6,34)	0,44	0,9990
Salinidad (g/L)	26,16 (2,13)	26,78 (7,49)	-0,10	1,0000
pH	9,40 (0,13)	9,77 (0,08)	10,44	0,0012
Oxígeno disuelto (mg/L)	8,46 (1,10)	8,78 (0,92)	-0,49	1,0000
Transparencia (m)	0,76 (0,26)	0,17 (0,05)	16,55	0,0000
Clorofila a (mg/m³)	1,73 (1,25)	38,16 (42,33)	10,31	0,0013

2). En 2007, cuando la cubeta de la laguna estaba casi completamente llena, la superficie fue cercana a 900 ha mientras que en enero de 2013, con el registro máximo de profundidad de ese año, la superficie fue un 12% más reducida (cercana a 780 ha).

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los valores de las diferentes variables físico-químicas o biológicas obtenidas en los tres puntos de muestreo se presentan valores medios. La temperatura del agua no difirió entre los dos períodos, aunque la máxima, registrada en enero de ambos años, fue ligeramente superior en 2013 (Tabla 1). Además, los valores encontrados en el invierno (junio y julio) de 2013 fueron entre 4 y casi 6°C superiores a los del invierno de 2007 (Figura 3). La salinidad media durante los dos ciclos anuales fue similar, cercana a 26 g/L (Tabla 1).

En 2007 no hubo grandes variaciones y sólo superó los 30 g/L en diciembre mientras que durante 2013 la salinidad casi se triplicó, desde 14,3 g/L (enero), superando los 30 g/L a partir de octubre, hasta un máximo de 40,4 g/L en diciembre (Figura 4). Se encontró correlación entre la salinidad y la profundidad máxima de la laguna ($r_s = -0,46$; $p = 0,028$). El pH del agua fue elevado durante ambos ciclos anuales y a pesar de mostrar valores medios relativamente cercanos, la diferencia fue estadísticamente significativa (Tabla 1). Las variaciones de pH no mostraron un patrón estacional definido. Las concentraciones medias de oxígeno disuelto en ambos períodos fueron relativamente elevadas y no difirieron (Tabla 1). Se encontró correlación con la temperatura del agua ($r_s = -0,42$; $p = 0,043$), lo que sugiere una cierta estacionalidad, con valores más elevados durante los meses más

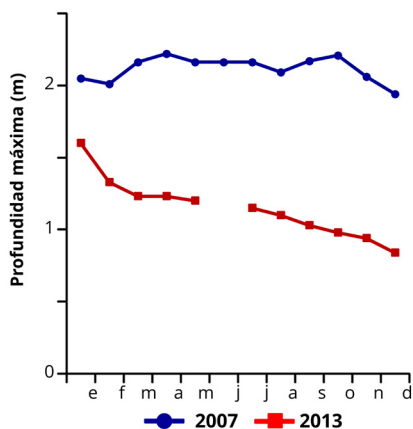


Figura 2. Comparación de la variación mensual de la profundidad máxima de la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

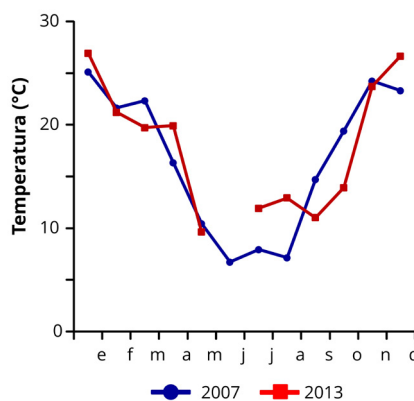


Figura 3. Comparación de la variación mensual de la temperatura del agua de Chadilauquen durante 2007 y 2013.

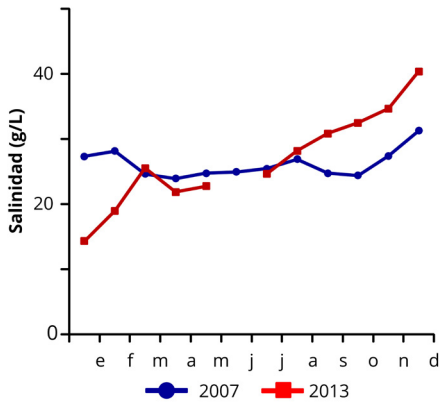


Figura 4. Comparación de la variación mensual de la salinidad de la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

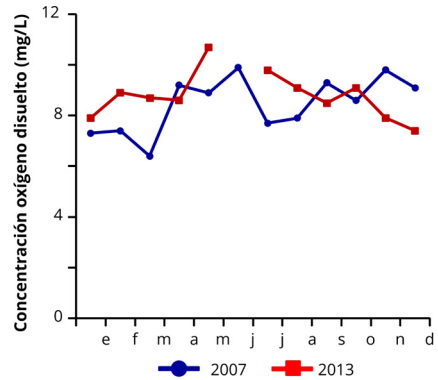


Figura 5. Comparación de la variación mensual de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

fríos (Figura 5). La transparencia del agua fue diferente en ambos períodos (Tabla 1). Durante 2007 fue mucho más elevada y fluctuante, con diferencias de casi 0,9 m y un máximo en abril y mínimos a fines de verano e invierno. En 2013 la transparencia media fue de solo 0,17 m y las fluctuaciones se restringieron a apenas 0,1 m y el valor máximo se registró en enero (Figura 6). Las concentraciones de clorofila *a* difirieron significativamente entre los hidroperíodos estudiados (Tabla 1). En 2007, la media fue cercana a 1,7 mg/m³ y mostró una relativa estabilidad, con máximos durante los meses de mayor temperatura, mientras que en 2013 la media superó 38 mg/m³, con mayores variaciones y un pico invernal que alcanzó casi 150 mg/m³ (Figura 7). Se encontró una elevada correlación entre la transparencia del agua y la concentración de clorofila *a* fitoplanctónica

($r_s = -0,70$; $p = 0,0002$).

Zooplankton

A pesar de que algunas condiciones ambientales fueron relativamente diferentes, la riqueza fue similar en ambos períodos hidrológicos, seis (2007) y siete (2013) especies. Los valores del índice de Shannon Weaver fueron 1,14 (2007) y 1,38 (2013). Esta diferencia fue significativa ($t = -3,38$; $p = 0,0009$) y mostró que la diversidad del segundo período fue ligeramente mayor. El índice de Whittaker (0,23) indicó un moderado reemplazo de especies, ya que, a excepción de *Daphnia menucoensis*, todos los *taxa* registrados en 2007 se hallaron en 2013 (Tabla 2). En el segundo ciclo anual se registró la presencia de *Metacyclops mendocinus* (Wierzejski, 1892) y *Brachionus dimidiatus*,

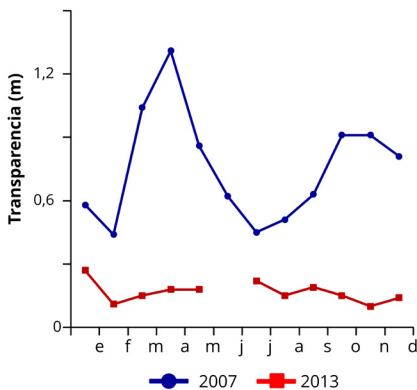


Figura 6. Comparación de la variación mensual de la transparencia del agua de la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

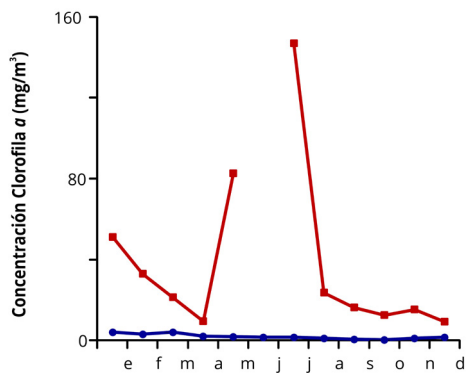


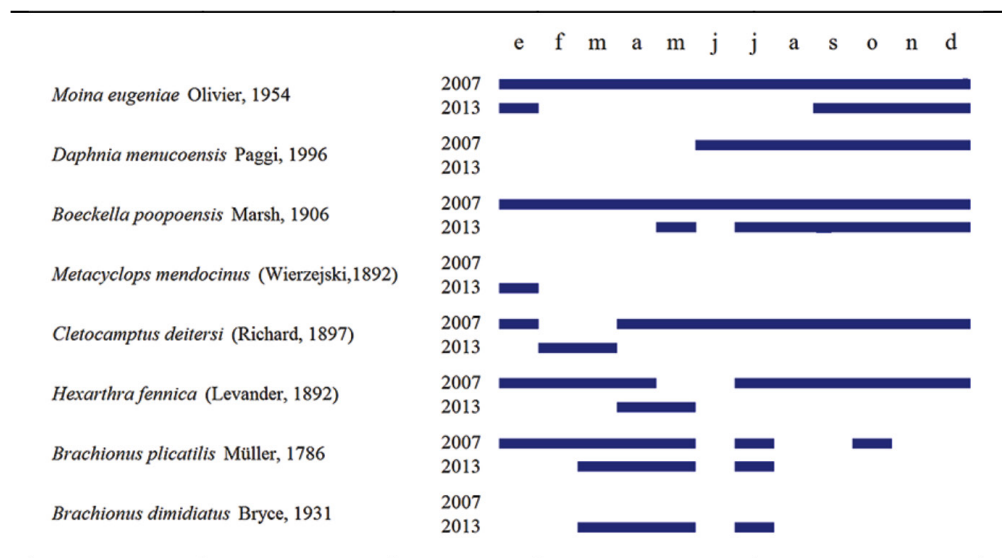
Figura 7. Comparación de la variación mensual de la concentración de clorofila *a* fitoplanctónica de la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

ausentes en 2007 (Tabla 2).

La densidad media total de la comunidad zooplanctónica en los dos ciclos anuales fue diferente ($H= 5,99$; $p= 0,0143$), con $201,41 \text{ ind/L}$ ($\pm 77,52$) en 2007 y $1000,02 \text{ ind/L}$ ($\pm 968,33$) en 2013. Además, la composición de la densidad zooplanctónica fue distinta, ya que durante el primer período predominaron los copépodos, que alcanzaron una densidad media de $126,73 \text{ ind/L}$ ($\pm 68,38$), seguidos por los cladóceros con $67,86 \text{ ind/L}$ ($\pm 53,66$) mientras que los rotíferos alcanzaron sólo $6,82 \text{ ind/L}$ ($\pm 6,36$). Inversamente, durante 2013 dominaron los rotíferos, con una densidad media de $611,38 \text{ ind/L}$ ($\pm 1093,63$) mientras los copépodos alcanzaron $251,91 \text{ ind/L}$ ($\pm 313,60$) y los cladóceros $58,26 \text{ ind/L}$ ($\pm 98,09$) (Figura 8). Los valores del índice de equitabilidad, relativamente intermedios (2007: $J= 0,64$; 2013: $J= 0,71$), no mostraron dominancias

B. poopoensis también fue el crustáceo más abundante, y aunque su densidad media fue un poco más elevada, alcanzando los $212,8 \text{ ind/L}$ ($\pm 315,8$) (Figura 9), sólo representó el 13,9% del total zooplanctónico. La diferencia entre las abundancias de ambos ciclos anuales no resultó significativa y la densidad de esta especie únicamente mostró correlación con la salinidad ($r_s= 0,52$, $p= 0,0108$). La densidad de *Moina eugeniae* tampoco fue diferente entre ambos años analizados ya que los valores medios fueron muy parecidos, $59,2 \text{ ind/L}$ ($\pm 54,6$) en 2007 y $58,3 \text{ ind/L}$ ($\pm 102,9$) en 2013 (Figura 9). En 2007, este cladócero representó el 29,3% de la densidad total de la comunidad pero en 2013 su aporte solo fue de 6,3%. Esta especie estuvo presente en todas las ocasiones de muestreo en 2007, pero no se registró durante seis meses de 2013 (Tabla 2). Debido a que tendió

Tabla 2. Especies halladas en el zooplancton de la laguna Chadilauquen durante 2007 (ciclo húmedo) y 2013 (llenado luego de sequía) y ocasiones de registro.



muy marcadas por parte de ninguna especie durante los dos ciclos anuales. En 2007, cuando los copépodos dominaron; los adultos, copepoditos y nauplios de *Boeckella poopoensis* alcanzaron una densidad media de $125,3 \text{ ind/L}$ ($\pm 67,7$) (Figura 9) y representaron el 62% de la densidad del zooplancton. Esta especie, con variaciones de abundancia relativamente pequeñas, se registró durante todo 2007 mientras que en 2013 se registró a partir de mayo (Tabla 2). Durante el segundo ciclo anual,

a ser más abundante en los meses más cálidos, se encontró correlación con la temperatura del agua ($r_s= 0,44$; $p= 0,0351$). El cladócero *D. menucoensis* sólo se registró en 2007, a partir de junio (Tabla 2) y su densidad media cercana a 15 ind/L (Figura 9) representó sólo el 7,5% de la abundancia del zooplancton. Se encontraron correlaciones entre la densidad de esta especie y la concentración de clorofila *a* ($r_s= -0,88$; $p= 0,0002$) y la transparencia del agua ($r_s= 0,52$; $p= 0,0115$). Entre los restantes crustáceos, *M.*

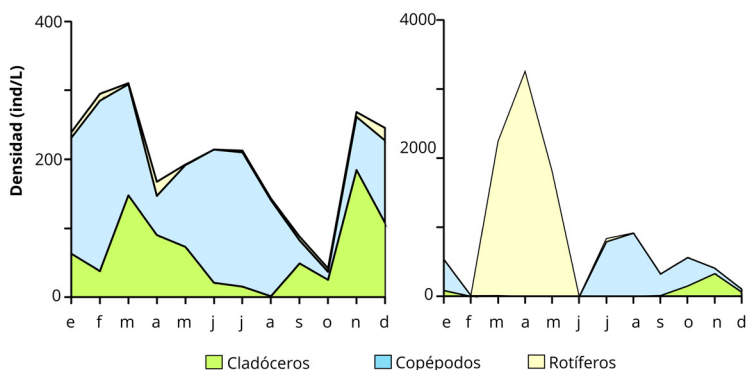


Figura 8. Variación mensual durante 2007 (izquierda) y 2013 (derecha) de la densidad del zooplancton de Chadilauquen por grupo taxonómico (la dimensión del eje Y difiere entre los dos periodos).

mendocinus sólo fue registrado en una única oportunidad en 2013 (Tabla 2) aunque con una densidad elevada que alcanzó 426,7 ind/L (Figura 9). *Cletocamptus deitersi* (Richard, 1897), de presencia casi constante durante 2007, sólo fue registrado en dos oportunidades en 2013 (Tabla 2). Su densidad fue muy reducida (Figura 9) y no difirió entre ambos ciclos anuales.

Durante 2007, *Hexarthra fennica* (Levander, 1892) estuvo presente la mayor parte de los meses (Tabla 2) y con una densidad de 5,4 ind/L ($\pm 6,8$) fue el rotífero más abundante (Figura 9), a pesar de lo cual, su aporte sólo fue el 2,7% del total de la comunidad zooplanctónica. En 2013, sólo se registró en dos oportunidades (Tabla 2) con una densidad media similar a la de 2007 (Figura 9). Mientras que en 2007 *Brachionus plicatilis* se registró la mayor parte de los meses, mostró una densidad muy reducida, de apenas 1,45 ind/L ($\pm 2,6$) (Figura 9) y sólo representó el 0,7% del total del zooplancton. En 2013 la situación fue muy diferente. Se registró en cuatro ocasiones y fue la especie que mayor densidad media alcanzó (357,5 ind/L $\pm 662,55$) (Figura 9) de forma que representó el 35,7% de la densidad total. Únicamente se encontró correlación entre la densidad de esta especie y la salinidad ($r_s = -0,41$; $p = 0,0551$). *Brachionus dimidiatus* sólo fue registrado en cuatro ocasiones en 2013 (Tabla 2) y, con una media de 304 ind/L ($\pm 558,79$) contribuyó con 30% a la abundancia zooplanctónica de ese ciclo anual (Figura 9).

La biomasa total, a pesar de haber sido un poco más elevada en 2013, no difirió significativamente y fue de 1621,9 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 707,5$) en 2007 y de 2927,1 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 3500,2$) en 2013 (Figura 10). En ambas ocasiones la mayor

biomasa fue aportada por los copépodos, en especial por *B. poopoensis*, que, con medias de 797,4 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 628,8$) y 2212,0 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 3742,6$) contribuyó con el 48% y 76% a la biomasa total en 2007 y 2013, respectivamente. Entre los cladóceros, *M. eugeniae* fue la especie con mayor aporte de biomasa. En 2007 alcanzó un valor medio de 567,2 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 515,8$) que representó el 35% del total y en 2013 registró 386,8 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 633,6$) que representó el 13,2% (Figura 10). Al igual que en el caso de *B. poopoensis*, las diferencias entre ambos ciclos anuales no resultaron significativas. La biomasa de los rotíferos de ambos ciclos anuales no difirió y su aporte al total de la comunidad resultó reducido, apenas el 0,1% en 2007 y el 3,2% en 2013 (Figura 10). En este grupo durante 2007 el mayor aporte fue de *H. fennica* (1,65 $\mu\text{g/L}$ $\pm 2,1$) mientras que en 2013 la mayor biomasa media fue de *B. plicatilis* (85,2 $\mu\text{g/L}$ $\pm 171,5$).

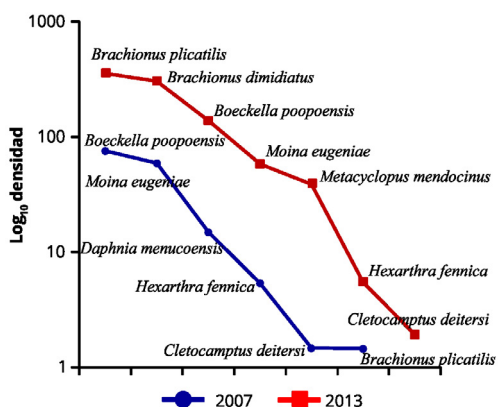


Figura 9. Comparación de las densidades medias de las especies registradas durante 2007 y 2013 en Chadilauquen.

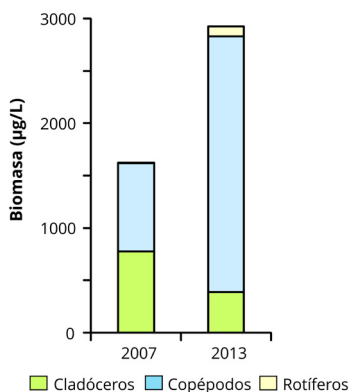


Figura 10. Comparación de la biomasa de los grupos taxonómicos del zooplancton en la laguna Chadilauquen durante 2007 y 2013.

DISCUSIÓN

Las precipitaciones en la provincia de La Pampa muestran una notable variabilidad de carácter tanto intra como interanual, que en este último caso puede promover ciclos húmedos o secos de varios años de duración (Viglizzo, 2011). Esta variación es atribuida sobre todo a la sucesión de eventos de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña (Sierra *et al.*, 1995) y hace que aún durante un ciclo seco puedan producirse años lluviosos y años relativamente secos en un ciclo húmedo (Viglizzo, 2011). Las condiciones ambientales relativamente estables que se observaron en Chadilauquen durante 2007, cuando el lago llevaba por lo menos diez años con agua, pudieron deberse probablemente a que, al haberse registrado previamente un período de precipitaciones por encima de la media, los niveles freáticos habrían estado altos y sus descargas contribuirían a mantener el nivel hidrométrico (Dornes *et al.*, en prensa). Inversamente, antes de 2013 se registró un período de sequía durante el cual Chadilauquen prácticamente se secó. Precipitaciones intensas ocurridas en diciembre de 2012 hicieron que ingresara agua a la laguna y que en enero de 2013 alcanzara una profundidad considerable. Sin embargo, el período de sequía previo habría deprimido los niveles freáticos, por lo que durante el segundo período estudiado no habría habido ingresos por esa vía y el nivel del agua descendió marcadamente, al punto que durante 2014 volvió a secarse (Echaniz y Vignatti, obs.

pers.). La salinidad media registrada en los dos períodos fue similar a pesar de las diferencias de volumen que registró la laguna. La relativa estabilidad que mostró la salinidad durante 2007, con una diferencia de apenas 7,3 g/L entre el máximo y el mínimo, pudo deberse a los reducidos cambios en el nivel del agua, debido a los ingresos por precipitaciones o freáticos. A lo largo de 2013 la salinidad aumentó marcadamente y llegó a casi triplicarse, lo que pudo deberse al proceso de concentración de solutos producido por la evaporación (que también hizo descender el nivel hidrométrico) pero también a la redisolución de sales desde los sedimentos, una situación similar a la registrada previamente en otro lago somero salino de La Pampa (Vignatti *et al.*, 2012b).

Una diferencia entre ambos períodos fue la transparencia del agua. Durante 2007 fue relativamente elevada, lo que pudo relacionarse con la baja concentración de clorofila *a* fitoplanctónica registrada. Inversamente, en 2013 la concentración de clorofila fue 22 veces más elevada y la transparencia del agua se redujo a un cuarto de la registrada en 2007. Durante 2007, los valores máximos de clorofila se registraron en verano mientras que en 2013 se alcanzó un pico en meses invernales, de igual forma que lo reportado en otros ambientes (Matveev & Matveeva, 2005; Somogyi *et al.*, 2009; Toporowska *et al.*, 2010).

La menor concentración de clorofila *a* que se registró durante 2007 probablemente se debió al efecto del pastoreo de *D. menucoensis*, presente durante gran parte del año (junio a diciembre), lapso en que la cantidad de clorofila *a* fue más reducida. La influencia de este cladóceros sobre el fitoplancton ya fue verificada en otros lagos de La Pampa (Echaniz *et al.*, 2010). Inversamente, la mayor concentración media de clorofila *a* registrada en 2013 podría ser atribuida en parte a la ausencia de esta especie durante todo el período estudiado.

La asociación de especies registrada en Chadilauquen es la que caracteriza a los lagos hipo – mesosalinos, donde la salinidad es un importante factor estructurador de la comunidad zooplanctónica (Hammer, 1986; Herbst, 2001; Ivanova & Kazantseva, 2006) y donde la riqueza específica generalmente es baja (Vignatti, 2011). En el caso de los lagos

hipo – mesosalinos sin peces del centro de Argentina esta asociación de especies está conformada por los crustáceos halófilos endémicos neotropicales *B. poopoensis*, *M. eugeniae* y *D. menucoensis* (Echaniz *et al.*, 2006, 2013a, b, 2015; Vignatti *et al.*, 2007, 2012a, b, c; Echaniz & Vignatti, 2011). Los rotíferos registrados en Chadilauquen, en especial *H. fennica* y *B. plicatilis* son especies cosmopolitas y de extensa distribución dada su amplia tolerancia a la salinidad (Pejler, 1995; Fontaneto *et al.*, 2006).

En 2007 dominaron ampliamente los crustáceos y *M. eugeniae* y *B. poopoensis* fueron muy abundantes durante todos los meses. En 2013 la situación fue inversa, con los rotíferos como dominantes, especialmente por la elevada abundancia de *B. plicatilis* que había sido muy escaso en 2007. Durante 2013 se registró una sucesión posterior al llenado del lago relativamente parecida a la que ya había sido documentada en El Carancho, otro lago salino pampeano (Vignatti *et al.*, 2012 b), con el predominio en los momentos iniciales de *M. mendocinus*, un copépodo que si bien es relativamente halófilo, no se ha registrado en lagos pampeanos con salinidades superiores a 15 g/L. Así, esta especie no volvió a ser registrada después de enero. Durante los primeros meses dominaron los rotíferos, en coincidencia con lo registrado en El Carancho (Vignatti *et al.*, 2012b). De manera similar a este último lago, *B. poopoensis*, una especie halófila de muy amplia distribución geográfica (Menu-Marque *et al.*, 2000), sólo se registró en Chadilauquen en mayo, cuando la salinidad superó los 22 g/L. Sin embargo, una diferencia notable con la sucesión ocurrida en otros lagos fue la ausencia de *D. menucoensis* durante 2013, ya que es uno de los crustáceos que, en ausencia de depredación por peces, es de los primeros en colonizar el ambiente (Vignatti *et al.*, 2012b). A pesar de que a principios de 2013, inmediatamente después del llenado, era esperable la presencia de algunas especies menos tolerantes a la salinidad, éstas no fueron registradas. Esto pudo deberse a que inmediatamente después del llenado de la laguna la salinidad fue muy elevada, superior a 14 g/L, probablemente producida por una rápida redisolución de las sales depositadas

en el lecho. Esta concentración de solutos es demasiado alta como para permitir el desarrollo de especies no tolerantes, tales como las registradas en lagos pampeanos cercanos de menor salinidad (Echaniz & Vignatti, 2010; Echaniz *et al.*, 2009; 2011), pero sí de las halófilas que fueron registradas en enero de 2013. En 2007 la densidad total del zooplancton fue relativamente estable, ligeramente más elevada en los meses más cálidos, con un pico que apenas superó 300 ind/L. En 2013 la densidad mostró grandes oscilaciones con un fuerte pico que superó 3000 ind/L en otoño, producto de la elevada densidad de *B. plicatilis* y *B. dimidiatus*, lo que marca una diferencia con otros lagos pampeanos, donde los picos de densidad de los rotíferos tienden a ser estivales (Vignatti *et al.*, 2012b; Echaniz *et al.*, 2013b, 2015; Del Ponti *et al.*, 2015).

A pesar de haber sido un poco más elevada en 2013, la biomasa total de la comunidad zooplanctónica fue similar, ya que aunque la densidad del segundo ciclo anual fue más elevada, fue aportada principalmente por rotíferos.

Las diferencias en algunos parámetros limnológicos determinados en ambos períodos mostraron la amplia variabilidad de condiciones ambientales que puede presentar un lago salino típico de la región, en relación con los ciclos de precipitaciones (Viglizzo, 2011). Sin embargo, la composición taxonómica similar encontrada durante los dos períodos estudiados permitió conocer mejor el rango en que pueden desarrollarse algunas especies endémicas, tales como *B. poopoensis* y *M. eugeniae*, sobre las que existe escasa información referida a sus rangos de tolerancia.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, por el financiamiento parcial de este trabajo. A los revisores anónimos que con su trabajo mejoraron sustancialmente este artículo.

REFERENCIAS

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.
- 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. Buenos Aires: Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa.
- Casagrande, G., Vergara, G. y Bellini, Y. (2006).** Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam, 17(1/2): 15-22.
- Culver, D., Boucherle, M., Bean, D. & Fletcher, J. (1985).** Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length-weight regressions. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42(8): 1380-1390.
- Del Ponti, O.D., Cabrera, G. C., Vignatti, A. M. & Echaniz, S. A. (2015).** Dynamics of the limnological parameters and zooplankton of La Brava, a shallow lake of the Atuel-Salado-Chadileuvú-Curacó system (La Pampa, Argentina). Applied Ecology and Environmental Sciences, 6(3): 193-199.
- Derry, A.M., Prepas, E.E. & Hebert, P.D.N. (2003).** 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.
- Dornes, P.F., Comas, R.N., Cardín, D., Pochetti, R., Ianni, J. P. y Kruse, E. (En prensa).** Identificación y caracterización hidrológica de lagunas en el noreste de la provincia de La Pampa. Libro de Trabajos del IX Congreso Argentino de Hidrogeología. Catamarca. 20-26 septiembre de 2016.
- Echaniz, S.A., Vignatti, A.M., José de Paggi, S.B., Paggi, J. C. & Pilati, A. (2006).** Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. International Review of Hydrobiology, 91(1): 86-100.
- Echaniz, S.A., Vignatti, A. M. y Cabrera, G. C. (2009).** Características limnológicas de una laguna turbia orgánica de la provincia de La Pampa y variación estacional del zooplankton. Biología Acuática, 26: 71-82.
- Echaniz, S.A. & Vignatti, A. M. (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, A. M., José de Paggi, S. B. y Cabrera, G. C. (2010).** El modelo de estados alternativos de lagos someros en La Pampa: comparación de Bajo de Giuliani y El Carancho. Libro de Trabajos del 3º Congreso Pampeano del Agua, 45-53.
- Echaniz, S.A. & Vignatti, A. M. (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, A. M. y Segundo, J. D. (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., Cabrera, G. C. Rodríguez, C. & Vignatti, A. M. (2013a).** Do temporary lakes vary from year to year? A comparison of limnological parameters and zooplankton from two consecutive annual cycles in an Argentine temporary saline lake. International Journal of Aquatic Sciences, 4: 44-61.
- Echaniz, S.A., Cabrera, G. C., Aliaga, P. L. & Vignatti, A. M. (2013b).** Variation in zooplankton and limnological parameters in a saline lake of La Pampa, Central Argentina, during an annual cycle. International Journal of Ecosystem, 3(4): 72-81.
- Echaniz, S., Cabrera, G. & Vignatti, A. (2015).** The ecology of the saline lakes in the semi-arid Pampa central (Argentina): limnological characterization and zooplankton of Utracán. Advances in Life Sciences, 5(3): 64-72.
- Feinsinger, P. (2004).** El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.
- Fontaneto, D., De Smet, W. & 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.
- Greenwald, G.M. & Hurlbert, S.H. (1993).** Mi-

- crococism analysis of salinity effects on coastal lagoon plankton assemblages. *Hydrobiologia*, 267: 307-335.
- Hall, C. & Burns, C. (2003).** Responses of crustacean zooplankton to seasonal and tidal salinity changes in the coastal Lake Waihola, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37: 31-43.
- Hammer, Ø., Harper, D. & 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. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers.
- 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.
- Ivanova, M.B. & 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. & 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.
- Matveev, V.F. & Matveeva, L.K. (2005).** Seasonal succession and long-term stability of a pelagic community in a productive reservoir. *Marine and Freshwater Research*, 56: 1137-1149.
- McCauley, E. (1984).** The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples, pp 228-265. In: Downing, J. A. & F. H. Rigler (eds.). *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters*. 2^a ed. Oxford: Blackwell Scientific Publ.
- Menu-Marque, S., Morrone, J. & 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.
- Moreno, C. (2001).** Métodos para medir la biodiversidad. M. & T. Manuales y Tesis SEA, Vol 1. Zaragoza.
- Pejler, B. (1995).** Relation to habitat in rotifers. *Hydrobiologia*, 313/314: 267-278.
- Ponce de León, E. (1998).** Evapotranspiración. P. 31-42. En Fundación Chadileuvú (eds.). *El agua en La Pampa*. Santa Rosa: Fondo Editorial Pampeano.
- Roberto, Z.E., Casagrande, G. y Viglizzo, E. (1994).** Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Publicación N° 12, Centro Regional La Pampa - San Luis, INTA.
- Rosen, R.A. (1981).** Length-dry weight relationships of some freshwaters zooplankton. *Journal of Freshwater Ecology*, 1: 225-229.
- Ruttner-Kolisko, A. (1977).** Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie–Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 8: 71-76.
- Scheffer, M. (1998).** Ecology of Shallow Lakes. London: Chapman & Hall.
- Sierra, E. M., Conde Prat, M. y Pérez, S. (1995).** La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93 en la Región Pampeana Argentina. *Revista FAUBA*, 15: 171-176.
- Sokal, R. y Rohlf, F. (1995).** Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Barcelona: Ed. Blume.
- Somogyi, B., Felföldi, T., Vanyovszki, J., Ágyi, A., Márialigeti, A. & Vörös, L. (2009).** Winter bloom of picoeukaryotes in Hungarian shallow turbid soda pans and the role of light and temperature. *Aquatic Ecology*, 43:735-744.
- Toporowska, M., Pawlik-Skowronska, B., Krupa, D. & Kornijów, R. (2010).** Winter versus summer blooming of phytoplankton in a shallow lake: effect of hypertrophic conditions. *Polish Journal of Ecology*, 58(1):3-12.
- Vergara, G.T. y Casagrande, G.A. (2012).** Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam*, 22 Supl. 1: 5-74.
- Viglizzo, E.F. (2011).** El agro, el clima y el agua en la pampa semiárida: Revisando paradigmas. En: *Condiciones para el Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense*. Tomo LXIV, p. 251-267. Buenos

Aires: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de la República Argentina.

- 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., 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.M., Cabrera, G.C. & Echaniz, S.A. (2012a).** Changes in the zooplankton and limnological variables of a temporary hypomesosaline wetland of the central region of Argentina during the drying. *Pan American Journal of Aquatic Sciences*, 7(2): 93-106.
- Vignatti, A.M., Paggi, J.C., Cabrera, G.C. & Echaniz, S.A. (2012b).** Zooplankton diversity and relationship with environmental changes after the filling of a temporary saline lakes in the semi-arid region of La Pampa (Argentina). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4): 1005-1016.
- Vignatti, A., Festa, R., Cabrera, G. y Echaniz, S. (2012c).** Comparación luego de una década de parámetros limnológicos, riqueza y abundancia del zooplancton de un lago somero salino de La Pampa. *BioScriba*, 5(1): 23-35.
- 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. 3° Ed. New Jersey: Prentice Hall.

Recibido: 15 de abril de 2016 - Aceptado: 06 de agosto de 2016