

EL ZOOPLANCTON DE TRES LAGOS SOMEROS DE DIFERENTE
SALINIDAD Y ESTADO TROFICO EN LA REGION
SEMIARIDA PAMPEANA (ARGENTINA)

*ZOOPLANKTON OF THREE SHALLOW LAKES OF DIFFERENT
SALINITY AND TROPHIC STATE IN THE
SEMIARID PAMPEAN REGION (ARGENTINA)*

Alicia Vignatti, Santiago Echaniz & María C. Martín

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Avenida Uruguay 151,
6300, Santa Rosa, Provincia de La Pampa, República Argentina.
sechaniz@cpenet.com.ar

RESUMEN

El Valle Argentino es una formación medanosa ubicada en el centro de la provincia de La Pampa, en la región semiárida central de Argentina, en el que se encuentra un grupo de lagos someros, alimentados por lluvias, de distintas características físico-químicas, sobre todo la salinidad, pero que comparten un elevado grado de eutrofia. A los efectos de integrar información sobre la composición y variación de las asociaciones zooplanctónicas de ambientes de diferentes concentraciones de salinidad y grados de eutrofia, se analizaron, mediante muestreos mensuales, tres lagos someros (lagunas) del Valle Argentino, dos de ellos subsalinos y el tercero hipo-mesosalino. Las dos lagunas subsalinas son turbias, con cianofitas, y en ellas se registró la presencia de peces. Su zooplancton se caracterizó por una alta diversidad (32-37 especies) y abundancia, habiéndose verificado el predominio del microzooplancton, sobre todo de los rotíferos. En estas lagunas, el macrozooplancton estuvo representado por especies de crustáceos de talla pequeña, poco vulnerables a las interferencias alimentarias provocadas por los filamentos de cianobacterias, pero cuya baja eficiencia de filtración contribuyó a mantener el estado turbio. A pesar de su mayor concentración de sales, la tercera laguna puede caracterizarse como clara. En ésta la diversidad y abundancia fueron menores (13 especies), y la ausencia de peces depredadores permitió el predominio del macrozooplancton, integrado por especies de copépodos (*Boeckella poopoensis* Marsh, 1906) y cladóceros (*Daphnia menucoensis* Paggi, 1996) de talla grande y eficientes filtradores, los que con su acción contribuyeron a la claridad del agua. La existencia de estas dos asociaciones zooplanctónicas está influida sobre todo por la salinidad. Las dos lagunas subsalinas compartieron 10 especies entre ellas, que no fueron registradas en la más salada. Inversamente, ésta presentó una asociación de 4 especies halófilas, ninguna de las cuales se registró en las de menor salinidad.

PALABRAS CLAVES: *Boeckella*, copépodos, *Daphnia*, nauplii, rotíferos.

ABSTRACT

The Argentine Valley is a dune formation located in the central part of La Pampa Province, in the semiarid central region of Argentina, which harbors a group of shallow lakes fed by rainfalls. These lakes share a high degree of eutrophication but differ in their physical and chemical characteristics, specially in their salinity. In order to integrate information on the composition and variation of their zooplankton assemblages, we analyzed monthly samples of three shallow lakes ("lagunas") of different trophic degree and salinity, two of them subsaline and a third one hipo-mesosaline. Both subsaline lakes were turbid, and present cyanobacteria and fishes. Their zooplankton was characterized by a high diversity (32 - 37 species) and abundance, as well as by the dominance of microzooplankton (mainly rotifers). The macrozooplankton of these lakes was represented by small-sized crustacean species, less vulnerable to the feeding interference caused by filamentous cyanobacteria, and whose low filtration efficiency contributes to keep

the turbid condition of the water. In spite of its higher salt concentration, the third lake can be characterized as clear. Its zooplankton species richness (13 species) and abundance were lower, and the absence of fish predation allow the dominance of large-sized macrozooplankters (the copepod *Boeckella poopoensis* Marsh, 1906 and the cladoceran *Daphnia menucoensis* Paggi, 1996), which are efficient filtrators and whose feeding activity contributes to water clarity. The existence of both zooplankton assemblages is mainly influenced by salinity. The two subsaline lakes shared ten species that were not detected in the more saline lake. Conversely, the latter water body had a zooplankton assemblage that included four halophile species, none of which were registered in the lakes of lower salinity.

KEYWORDS: *Boeckella*, copepods, *Daphnia*, nauplii, rotifers.

INTRODUCCION

En la República Argentina pueden reconocerse tres grandes regiones geomorfológicas: la Cordillera de los Andes, la Patagonia y las Grandes Llanuras (Iriondo 1989). Esta última región abarca las provincias del centro y noreste del país y se caracteriza por ser una zona de suaves pendientes y extensa sedimentación continental, con una aridez que aumenta de este a oeste. Presenta un importante desarrollo de humedales, sumamente variados en su composición iónica, que van desde los diluidos esteros de la provincia de Corrientes, al noreste, hasta lagos muy someros con elevados contenidos de sales disueltas en la zona oeste, sobre todo en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y La Pampa (Quirós 1997). En esta última existe una unidad geomorfológica que, originándose en la provincia de Buenos Aires, al este, se extiende en territorio pampeano aproximadamente hasta los 65° 43' W. Es una depresión alargada de rumbo E-W, dentro de la cual se han acumulado arenas eólicas adoptando la forma de dunas longitudinales, que separan dos surcos laterales: el valle de Utracán al norte y el Valle Argentino al sur (Giai & Tullio 1998). En ambos surcos se encuentran humedales (lagunas), ubicados en cuencas endorreicas, alimentados principalmente por las precipitaciones y en menor medida por el aporte de la freática recargada en el cordón medanoso central.

Estas lagunas están sujetas a grandes pérdidas de agua, ya que la evapotranspiración potencial registrada en la zona es de 800 mm anuales (Ponce de León 1998). En cambio las precipitaciones, un 70% de las cuales están concentradas a fines de primavera y verano, registran medias anuales que rondan los 450 - 600 mm (Roberto *et al.* 1994). Debido a las características de los terrenos sobre los que se encuentran estas lagunas y a los aportes que reciben, exhiben una gran

variación en su contenido de sales y composición iónica.

En la provincia de La Pampa se han realizado estudios del zooplankton que incluyen aspectos sistemáticos y biogeográficos (Echaniz & Vignatti 1996, Pilati 1997, 1999; Vignatti & Echaniz 1999) y sobre la relación de esta comunidad con diferentes variables ambientales, tanto en lagunas asociadas a ciudades importantes, generalmente de baja salinidad (Echaniz & Vignatti 2001) como en lagunas de elevada salinidad, ubicadas en ambientes naturales, sólo afectados por actividad agropecuaria (Echaniz & Vignatti 2002), pero no han integrado información de ambientes que presenten diferente salinidad y estado trófico. Esta contribución tiene como objetivo analizar la composición y variación de las asociaciones zooplanctónicas de tres lagos someros que difieren en su contenido de sales totales, ubicados en el Valle Argentino, en la región semiárida pampeana central de Argentina, y su relación con las principales variables ambientales y el estado trófico de los mismos.

MATERIALES Y METODOS

AREA DE ESTUDIO

Se estudiaron tres cuerpos de agua someros del Valle Argentino (Fig. 1). La primera laguna, Padre Buodo (PB) (37° 19' S; 64° 18' W), está ubicada en un campo dedicado al cultivo de cereales, sin fertilización y a la ganadería extensiva. La segunda, Quetré Huitrú (QH) (37° 21' S; 64° 34' W) se localiza a 20 km de la primera, lindera a la ciudad de General Acha y recibe el aporte de los desagües pluviales de la ciudad. La última, El Carancho (EC) (37° 27' S; 65° 04' W) está ubicada a 30 km de Quetré Huitrú, rodeada por bosque nativo de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart), en una zona en la que se realiza sólo ganadería vacuna extensiva.

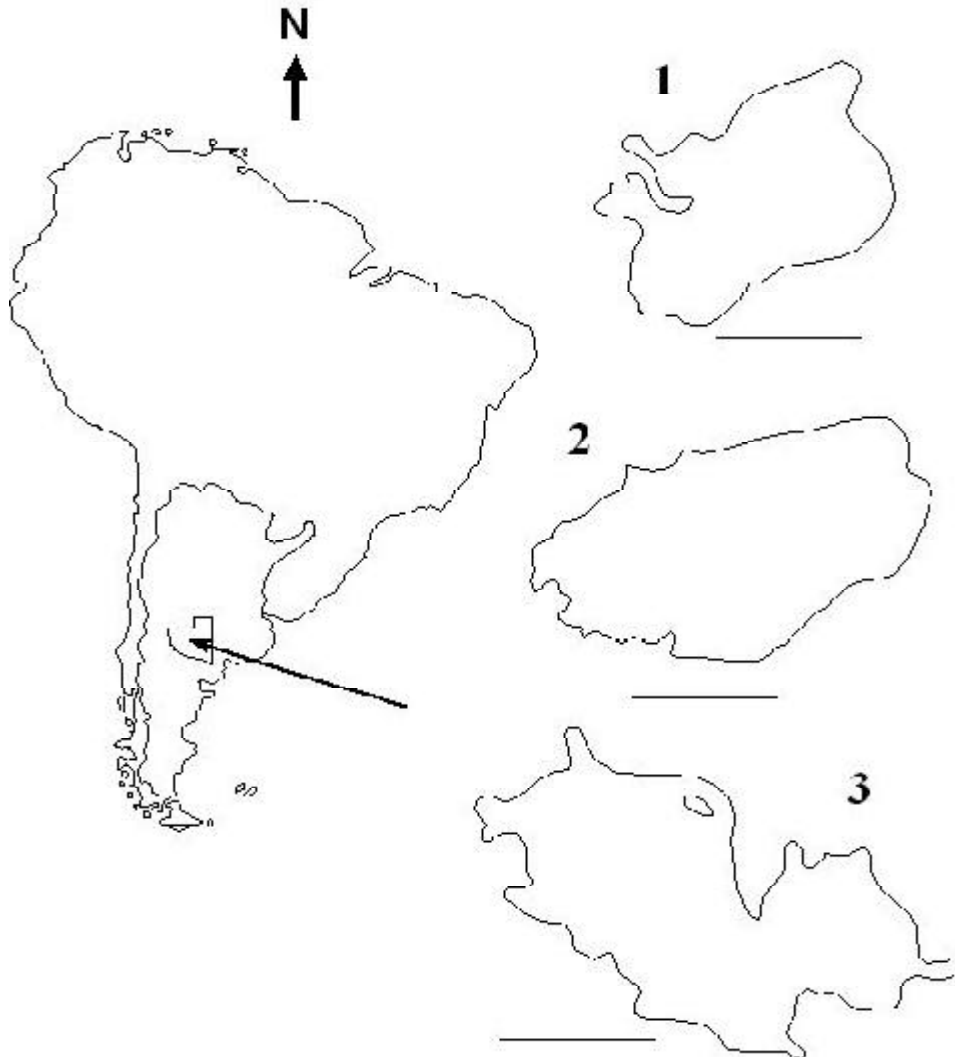


FIGURA 1: Ubicación de las lagunas estudiadas. 1 Padre Buodo (PB); 2 Quetré Huitrú (QH) y 3 El Carancho (EC). En todos los casos la barra indica 0,5 km.

FIGURE 1: Localization of the lakes studied: 1 Padre Buodo (PB); 2 Quetré Huitrú (QH) and 3 El Carancho (EC). In all cases bar indicates 0.5 km.

Aunque las tres lagunas están ubicadas en una región con una evapotranspiración potencial de 800 mm anuales (Ponce de León 1998), las precipitaciones que recibe cada una varían, desde 600 mm en PB, al este, hasta 450 mm en EC, la laguna situada más al oeste (Roberto *et al.* 1994). Las tres lagunas son de escasa profundidad, polimícticas y su volumen y extensión son variables, sobre todo este último parámetro (Tabla I). El bajo valor del desarrollo de la línea de costa calculado en todos los casos es indicativo de su contorno suave y con

escasos accidentes. La profundidad fue siempre reducida, no superando en ningún caso 1,91 m (Tabla I). En todas se observó la presencia de parches de macrófitas en la zona litoral.

Se registró la presencia de peces en varios muestreos. Así, *Jenynsia cf. multidentata* (Ghedotti 1998) estuvo presente en las tres lagunas, aunque en EC únicamente en el último mes de muestreo. En cambio en QH se registró además la presencia del planctívoro *Odonthestes bonariensis* (Cuvier & Valenciennes 1835).

TABLA I: Principales parámetros morfométricos de las lagunas estudiadas.

TABLE I: Main morphometric parameters of the studied shallow lakes.

	Padre Buodo	Quetré Huitrú	El Carancho
Longitud máxima (m)	1169	1336	1670
Ancho máximo (m)	730	771	842
Longitud línea de costa (m)	4018	3780	5869
Superficie (ha)	54	73	85,1
Desarrollo línea de costa	1,54	1,25	1,79
Profundidad máxima (m)	1,61	1,4	1,91

MUESTREOS

En cada laguna se consideraron tres estaciones en el área limnética, distribuidas a lo largo del eje mayor de las mismas, cuyos resultados fueron promediados. Los muestreos se realizaron mensualmente, desde marzo de 2002 hasta febrero de 2003 en PB, entre enero de 2002 y febrero de 2003 en QH y entre enero y diciembre de 2002 en EC.

En campo se obtuvieron datos de profundidad, transparencia empleando el disco de Secchi, temperatura y pH mediante un termopéhachímetro digital Lutron® PH-206 y conductividad con un conductímetro digital Cole-Parmer®. La salinidad fue estimada como residuo sólido a 104° C. En setiembre de 2002 (EC) y en febrero de 2003 (PB y QH) se tomó una muestra de agua para la determinación de la concentración iónica, evaluando once parámetros.

Las muestras de zooplancton, que integraron la columna de agua, se tomaron con una trampa de Schindler-Patalas de 10 l de capacidad, provista de una red de 0,04 mm de abertura de malla. Los recuentos fueron realizados en cámaras de Bogorov y de Sedgwick-Rafter bajo microscopio compuesto convencional y microscopio estereoscópico. Los valores de abundancia del zooplancton fueron expresados en individuos por litro.

A efectos de conocer la dieta de los peces capturados, se efectuaron análisis cualitativos del contenido del tubo digestivo en cámaras abiertas, previa disección de los animales bajo microscopio estereoscópico.

ANÁLISIS DE DATOS

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, de equidad de Pielou, de similitud de

Jaccard y el coeficiente cuantitativo de similitud de Sørensen (Magurran 1988, Moreno 2001), de estado trófico (Carlson 1977, Karabin 1985) y la relación $Z_m/Z_{fót}$ (Quirós *et al.* 2002). Para determinar diferencias significativas entre las tres lagunas en estudio, para cada parámetro ambiental, se realizó la prueba de Kruskal Wallis y la prueba de la Mediana (Zar 1999), previo estudio exploratorio mediante diseños de caja (*box plot*) de comparaciones múltiples. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson a efectos de verificar relaciones entre algunas de las variables ambientales (Zar 1999). Se buscó, además, identificar una relación de dependencia entre el número total de especies observadas y la salinidad y/o transparencia de las tres lagunas. A efectos de determinar si existió homogeneidad en las varianzas de los diferentes parámetros ambientales se aplicó la prueba de Levene (Devore 2001). Para comprobar la existencia de diferencias en el número de especies entre lagunas se realizaron las pruebas Q-Cochran (Zar 1999) y chi-cuadrado de Parzen & Swanson (Zar 1999).

RESULTADOS

PARÁMETROS AMBIENTALES

Teniendo en cuenta la salinidad y transparencia medias, las lagunas se ubican en el siguiente orden: EC > PB > QH (Fig. 2a,b). Sin embargo, los diseños de caja muestran que las lagunas PB y QH tienen prácticamente las mismas características, existiendo más variabilidad en la transparencia y el pH de la última (Fig. 2a,b y c).

En las tres lagunas se verificó una alta correlación entre la salinidad, determinada por el método

gravimétrico y la conductividad eléctrica (PB $r = 0,9678$; QH $r = 0,6194$ y EC $r = 0,7672$), por lo que en el análisis se consideró la salinidad, a efectos de facilitar la clasificación de los ambientes y las comparaciones.

En función de la salinidad media anual, PB y QH pueden ser categorizadas como subsalinas, y debido a que, si bien la salinidad media durante el estudio de EC fue de $19,86 \text{ g.l}^{-1}$, superó los 20 g.l^{-1} en 6 ocasiones, lo que mantuvo este parámetro en el límite entre las categorías hiposalina-mesosalina (Hammer 1986). Durante el período de estudio el contenido de sales del agua aumentó con la disminución de la profundidad máxima, evidenciando una concentración por evaporación, proceso que mostró una alta correlación entre estas variables en las tres lagunas (PB $r = -0,8849$; QH $r = -0,5519$ y EC $r = -0,8351$).

El análisis del contenido iónico del agua permitió establecer que en las tres lagunas el orden de los cationes es el mismo: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$, mientras que el de los aniones es diferente en los tres casos: PB: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^- > \text{Cl}^-$, QH: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^-$ y en EC: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^- > \text{HCO}_3^-$ (Tabla II). Las tres lagunas son alcalinas con un pH promedio siempre cercano a 10 (Fig. 2c).

La transparencia promedio del agua fue relativamente alta en EC (0,93 m) y menor en PB y QH (0,40 y 0,34 m) (Fig. 2b). El cálculo de la relación entre la profundidad promedio de las lagunas y la profundidad de la zona fótica ($Z_m/Z_{fót.}$) (Quirós 2002) indicó valores de 1,38 (PB), 1,45 (QH) y 0,61 (EC).

La aplicación de la prueba de Levene (Devore 2001) a los diferentes parámetros ambientales permitió determinar que no existió homogeneidad en las varianzas, y por lo tanto, al aplicar la prueba de Kruskal - Wallis se detectaron diferencias significativas entre las tres lagunas, siendo EC significativamente diferente de las otras dos lagunas para tres parámetros ambientales (salinidad: $X^2 = 26,2$; $p = 0,000$; transparencia: $X^2 = 13,24$; $p = 0,0013$; pH: $X^2 = 13,95$; $p = 0,0009$). La temperatura del agua (Fig. 3) siguió el mismo patrón estacional en las tres lagunas, mostrando valores parecidos en cada ocasión de muestreo.

ZOOPLANCTON

Se registró un total de 47 especies (Tabla III), de las que 28 correspondieron a rotíferos, 13 a cladóceros y 6 a copépodos. Teniendo en cuenta la diversidad alfa (QH: 37; PB: 32 y EC: 13 especies), el número de

especies difirió significativamente entre lagunas, ya que las dos de menor salinidad registraron el mayor número de especies y la más salada, el menor (Fig. 6). La prueba Q-Cochran ($Q = 23,46$; $p = 0,000008$) indicó diferencias entre las proporciones de especies observadas en cada laguna. Lo mismo se observó al realizar la prueba chi-cuadrado de Parzen & Swanson ($X^2 = 28,01$; $p = 0,000001$). Por otra parte, el número de especies mostró una relación inversa con la transparencia del agua ($r = -0,5517$) (Fig. 7) y también fueron diferentes las riquezas medias a lo largo del estudio, que en PB y QH rondó las 15 especies, en cambio en EC fue de sólo 6. Considerando los índices de diversidad de Shannon calculados para las tres lagunas, PB y QH presentaron valores similares (1,68 y 1,53), superiores al de EC (0,95). Sin embargo, los tres ambientes compartieron parecidos índices de equidad (PB: 0,63; QH: 0,57 y EC: 0,54).

La afinidad faunística, medida mediante el índice de similitud de Jaccard, fue mayor entre las dos lagunas de menor salinidad, PB y QH (Fig. 4). El coeficiente de similitud de Sørensen para datos cuantitativos, calculado para el período de estudio compartido por las tres lagunas (marzo-diciembre) mostró el mismo resultado, ya que el valor de similitud calculado entre PB y QH fue 0,144. En cambio, el mismo coeficiente calculado entre PB y EC fue 0,011 y entre QH y EC fue 0,014.

Considerando las abundancias medias anuales, expresadas en individuos por litro, en las lagunas PB y QH predominó el microzooplancton, alcanzando en ambos casos entre el 80 - 85% del total de la comunidad respectivamente, situación dada por la mayor abundancia de rotíferos que de *nauplii*, aunque la segunda laguna (QH) presentó una abundancia media anual mucho mayor (Tabla IV y Fig. 5). En EC la situación fue distinta, ya que, si bien las diferencias en la abundancia entre ambas fracciones no fueron grandes, pudo verificarse el predominio del macrozooplancton, que alcanzó el 60% del total de la comunidad. Además, en esta laguna, el microzooplancton estuvo dominado por los *nauplii*, que representaron el 90% de esta fracción. Teniendo en cuenta las abundancias medias registradas por grupo taxonómico, pudo comprobarse la dominancia de los rotíferos en QH, que representaron el 70% del total de la comunidad. En PB la situación fue similar, pero alcanzaron un porcentaje del 50%. En cambio, en EC, el grupo predominante fue el de los copépodos, que alcanzaron casi el 80% de la totalidad (Tabla IV).

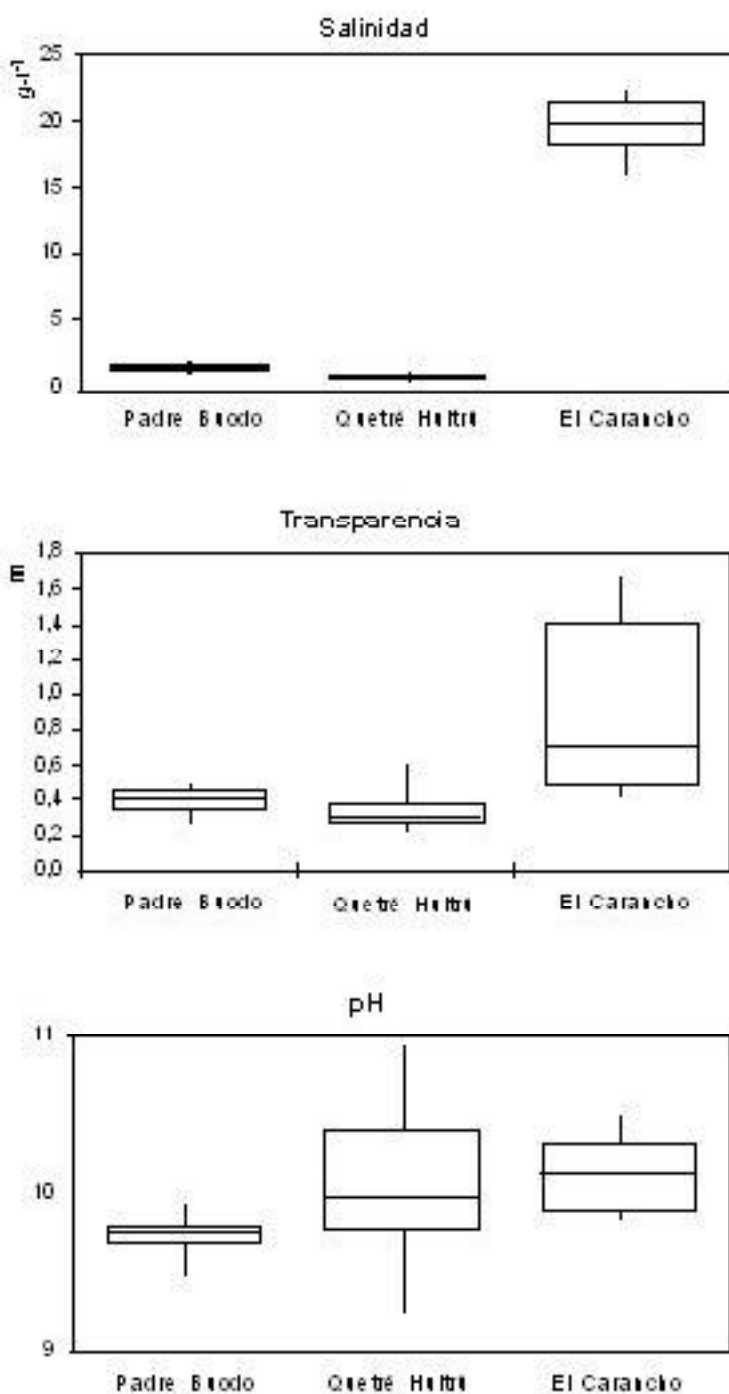


FIGURA 2: Diseño de cajas para los principales parámetros ambientales de las lagunas.

FIGURE 2: Box plots for the main environmental parameters of shallow lakes.

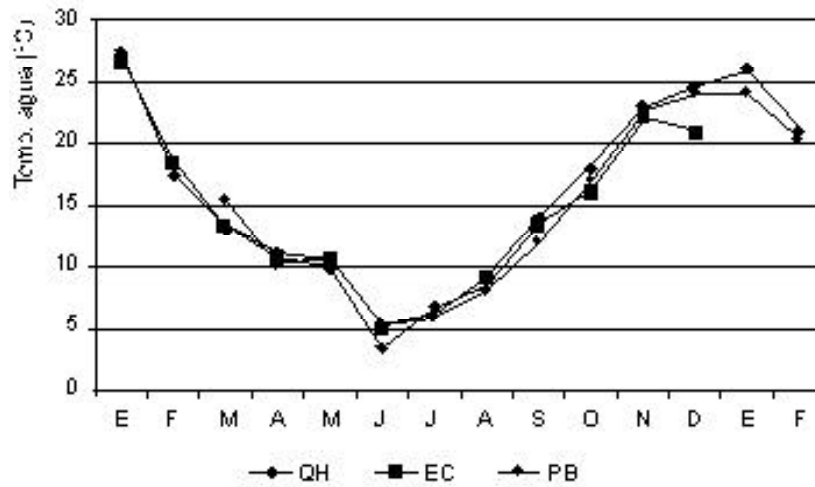


FIGURA 3: Variación mensual de la temperatura del agua en las tres lagunas.

FIGURE 3: Monthly variation of water temperature in the three shallow lakes.

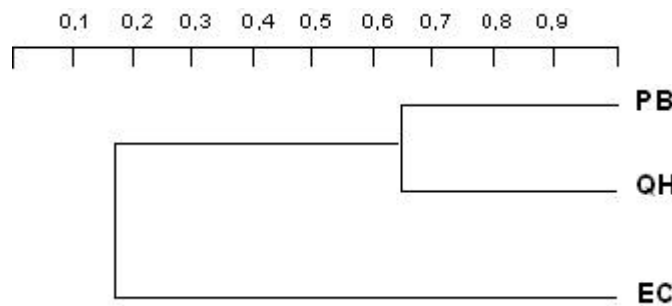


FIGURA 4: Afinidad faunística entre lagunas (Padre Buodo (PB); Quetré Huitrú (QH) y El Carancho (EC)), determinada mediante el índice de similitud de Jaccard.

FIGURE 4: Faunistic affinity among shallow lakes (Padre Buodo (PB); Quetré Huitrú (QH) and El Carancho (EC)), determined by Jaccard's Similarity Index.

Si bien los cladóceros representaron porcentajes de la comunidad diferentes (PB: 14%; QH: 7%; EC: 17%), su abundancia en las tres lagunas fue bastante similar, rondando los 100 - 150 ind.l⁻¹. Con respecto a la variación estacional del microzooplancton, PB presentó un pico de abundancia durante el verano (Fig. 5) dado por los rotíferos *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) y *Trichocerca* sp. En QH se registraron dos picos de densidad (Fig. 5), uno en otoño, cuando las especies que alcanzaron mayor número fueron *Brachionus angularis* Gosse, 1851 y *Trichocerca* sp. y otro en verano, cuando la especie más abundante fue *Anuraeopsis fissa* (Gosse 1851). Por el contrario, el microzooplancton de EC presentó

su abundancia máxima en invierno (Fig. 5), dado por el alto número de nauplii y cuando sólo estuvo presente *Brachionus plicatilis* (Müller 1786). El macrozooplancton de las lagunas PB y QH se comportó de una forma similar, ya que, aunque no exactamente en los mismos meses, presentó sus abundancias máximas durante la primavera, con el predominio del cladócero *Ceriodaphnia dubia* Richard, 1895 en PB, y *Alona diaphana* King, 1853 y *Microcyclops anceps* (Richard 1897) en QH. En cambio en EC el macrozooplancton presentó dos picos, uno en otoño y el otro en primavera, dados por la alta abundancia del calanoideo *Boeckella poopoensis* Marsh 1906.

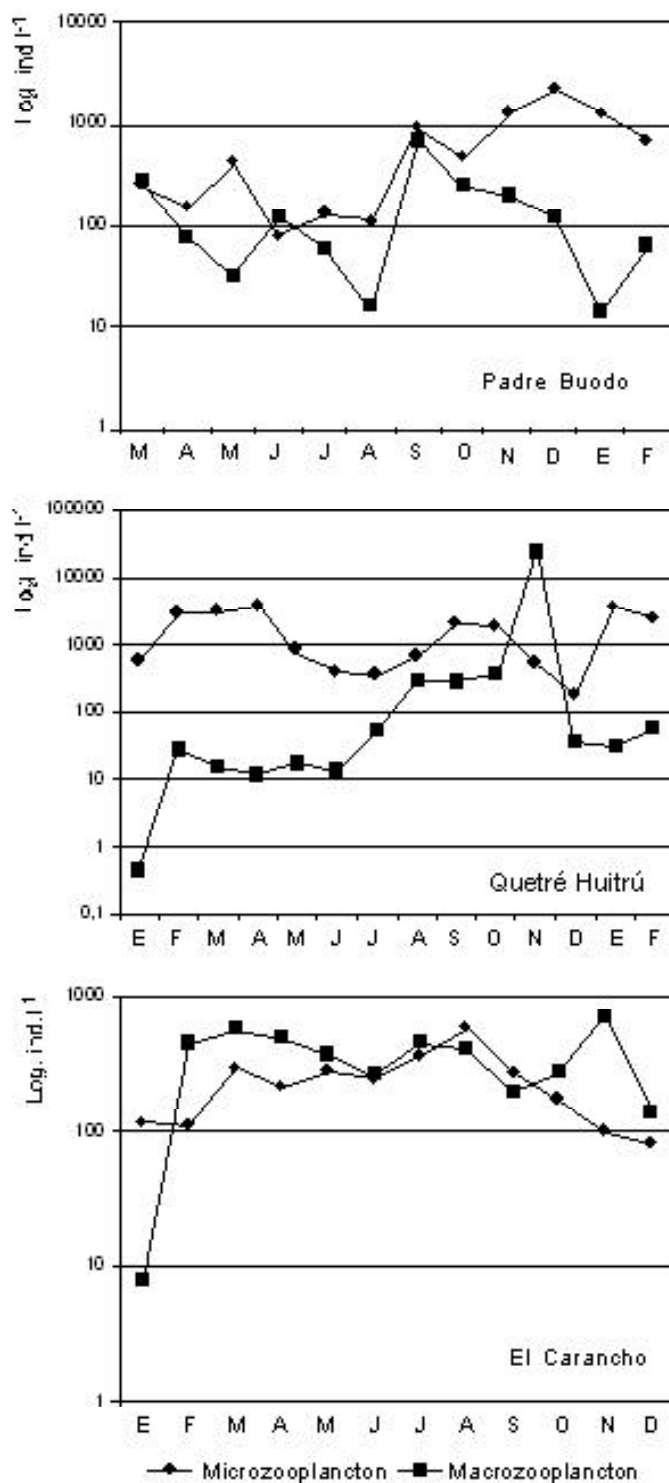


FIGURA 5: Variación anual de la abundancia del zooplankton en las tres lagunas.

FIGURE 5: Annual variation of zooplankton abundance in the three lakes.

TABLA II: Contenido iónico de las tres lagunas.

TABLE II: Ionic content of the three shallow lakes.

Contenido iónico	Padre Buodo	Quetré Huitrú	El Carancho
NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	10,5	11,1	9,7
Alcalinidad total (mg.l ⁻¹)	1064	434	2940
Dureza (mg.l ⁻¹)	270	340	2940
CO ₃ ⁼ (mg.l ⁻¹)	0	60	428
CO ₃ H ⁻ (mg.l ⁻¹)	1064	374	952
Cl ⁻ (mg.l ⁻¹)	78	125	10360
SO ₄ ⁼ (mg.l ⁻¹)	205	95	1900
Ca ⁺⁺ (mg.l ⁻¹)	108	136	1177
Mg ⁺⁺ (mg.l ⁻¹)	39	50	427
Na ⁺ (mg.l ⁻¹)	354	212	5960
K ⁺ (mg.l ⁻¹)	8,3	6,5	65

TABLA III: Composición de especies del zooplancton de las tres lagunas (f = frecuencia, porcentaje de las muestras en que se halló; a = abundancia media en las muestras)

TABLE III: Species composition of the zooplankton of the three shallow lakes (f = frequency, percentage of the samples where each species was found; a = mean abundance in the samples).

	Padre Buodo		Quetré Huitrú		El Carancho	
	f (%)	a (ind.l ⁻¹)	f (%)	a (ind.l ⁻¹)	f (%)	a (ind.l ⁻¹)
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1895	100	87,9	57	40,2		
<i>Daphnia spinulata</i> Birabén, 1917	50	44,3	21	20,7		
<i>D. obtusa</i> Kurz, 1874			14	60,2		
<i>D. menucoensis</i> Paggi, 1996					92	50,7
<i>Pleuroxus</i> cfr. <i>aduncus</i> (Jurine, 1820)			14	154,2		
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)	8	0,2	7	7,5		
<i>Alona diaphana</i> King, 1853	75	4,8	100	86,2		
<i>Chydorus</i> cfr. <i>sphaericus</i> (Müller, 1785)	8	0,1	29	8,3		
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	33	2	7	2,8		
<i>M.</i> cfr. <i>eugeniae</i> Olivier, 1954					100	54,3
<i>Macrothrix</i> sp.	50	1,2	21	0,6		
<i>Latonopsis occidentalis</i> Birge, 1891			7	2,3		
<i>Simocephalus vetulus</i> Schoedler, 1858	8	0,3				
<i>Microcyclops anceps</i> (Richard, 1897)	92	25,8	79	160,2		
<i>Metacyclops mendocinus</i> (Wierzejski, 1892)	67	12,6	57	5,8	8	3,8
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)	17	12,2				
<i>Boeckella gracilis</i> (Daday, 1902)	83	11,2	57	8,8		
<i>B. poopoensis</i> Marsh, 1906					100	247,9
<i>Cletocamptus deitersi</i> (Richard, 1897)					92	11,8
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller, 1786	92	12,4	86	113,5	92	21,4
<i>B. angularis</i> Gosse 1851	58	48,9	50	430,7		

Continuación Tabla III.

	Padre Buodo		Quetré Huitrú		El Carancho	
	f (%)	a (ind.l ⁻¹)	f (%)	a (ind.l ⁻¹)	f (%)	a (ind.l ⁻¹)
<i>B. pterodinooides</i> Rousselet 1913	42	6,9	21	2,9		
<i>B. havanaensis</i> Rousselet 1913	17	5	43	202,3	8	0,5
<i>B. dimidiatus</i> Bryce 1931	17	48,8			33	6,9
<i>B. quadridentatus</i> Hermann 1783	25	14	29	14,3	8	1,8
<i>B. caudatus</i> Barrois & Daday 1894	33	13,1	29	4,8		
<i>Brachionus</i> sp. ₁			21	99,6		
<i>Brachionus</i> sp. ₂			14	9,4		
<i>Lepadella patella</i> (Müller 1773)	75	5,1	86	73,2	17	6,5
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)	75	156,3	64	79,1	17	0,4
<i>Hexarthra</i> sp.	25	7,4	14	11,8		
<i>Polyarthra</i> sp.	92	58,8	50	88,4		
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	8	5,8	14	2168,1		
<i>Colurella</i> sp. ₁			29	133,9		
<i>Colurella</i> sp. ₂	17	15,1	7	88,8		
<i>Trichocerca</i> sp. ₁			64	108,3		
<i>Trichocerca</i> sp. ₂	83	132,5	50	67,1		
<i>Keratella tropica</i> (Apstein 1907)	75	5,1			25	8,55
<i>K. morenoi</i> Modenutti 1998			57	227,8		
<i>Testudinella patina</i> (Hermann 1783)	58	5,1	29	4,37		
<i>Lecane bulla</i> (Gosse 1851)	25	12,1	50	103		
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg 1832)			21	38,6		
<i>L. thalera</i> (Harring & Myers 1926)					25	3,2
<i>Lecane</i> sp. ₁	25	6,9	64	159,3		
<i>Lecane</i> sp. ₂	17	6,3	57	35,9		
<i>Lecane</i> sp. ₃	17	87,8				
<i>Monommata</i> sp.			86	57,8		

En las tres lagunas se verificó la presencia de *J. multidentata*. Como en EC, sólo se registraron peces el último mes de muestreo (diciembre de 2002) y la fracción dominante del plancton fue el macrozooplankton, a efectos de determinar el tipo de alimentación de los peces en ese momento, se realizó el análisis de los tractos digestivos de 8 ejemplares capturados, los que mostraron el consumo de *B. poopoensis* y *Moina eugeniae* Olivier 1954.

DISCUSION

La diferencia en el contenido de sales de las tres lagunas, medido a lo largo del período de estudio,

fue grande, ya que QH sólo alcanzó el 4% y PB el 8% del contenido salino total de EC.

La relación inversa que se registró entre salinidad y riqueza específica ($r = -0,81$), coincide con lo registrado por varios autores para distintos cuerpos de agua (Timms 1993, Williams 1998, José de Paggi 1989).

Considerando la totalidad de los grupos taxonómicos, las 3 lagunas compartieron sólo 6 especies, lo que representa el 13% del total. La afinidad faunística expresada mediante los índices de similitud, tanto el cualitativo de Jaccard como el cuantitativo de Sørensen, señalaron un agrupamiento entre PB y QH, las lagunas de menor salinidad y mayor nivel trófico.

Con respecto a los microcrustáceos, se verificaron dos agrupamientos definidos. La laguna más salada (EC) mostró la presencia casi constante de un ensamble de cuatro especies típicamente halófilas (Timms 1987, Williams 1998, Halse *et al.* 1998), *M. eugeniae*, *Daphnia menucoensis*, *B. poopoensis* y *Cletocamptus deitersi* (Richard 1897), no habiéndoselas registrado en las otras lagunas. Esta situación contrastó con la verificada en las dos lagunas subsalinas, que compartieron 10 especies de crustáceos entre ellas, ninguna de las cuales se registró en la de mayor salinidad (Tabla III), siendo las dominantes en éstas, *C. dubia*, *Daphnia spinulata* Birabén, 1917, *A. diaphana*, *M. anceps*, *Metacyclops mendocinus* (Wierzejski 1892) y *Boeckella gracilis* Daday, 1902. Debido a que estas últimas especies también fueron registradas en otros ambientes de La Pampa de salinidades algo mayores (Echaniz & Vignatti 1996, Pilati 1997, 1999), aunque situados en el intervalo hiposalino (Hammer 1986), puede considerarse que pertenecen al grupo definido por Timms (1993) como especies típicamente de agua dulce, pero tolerantes a la salinidad. Las tres lagunas sólo compartieron la presencia de *M. mendocinus*, aunque en EC su registro fue puntual, en una sola ocasión con densidad poblacional muy baja, en coincidencia con el momento en que la laguna presentó la menor salinidad de todo el período de estudio (16 g.l⁻¹).

De las 28 especies de rotíferos, las tres lagunas compartieron sólo 5, siendo *B. plicatilis* la de presencia más constante, evidenciando su amplia tolerancia a la salinidad (Echaniz *et al.* 2005). La extendida presencia de especies de este género es una evidencia de la eutrofia de las tres lagunas (Karabin 1985). *Lepadella patella* (Müller 1773) y *F. longiseta*, si bien se encontraron en los tres ambientes, fueron mucho más abundantes y de presencia más constante en los subsalinos. La única especie registrada exclusivamente en la laguna de mayor salinidad fue *Lecane thalera* (Harring & Myers 1926).

Aunque las tres lagunas estudiadas se hallan en regiones con intensidad 1 del uso de la tierra (Quirós *et al.* 2002), que implica un uso limitado a la agricultura sin empleo de fertilizantes y ganadería extensiva, y una de ellas (QH) está influida por los aportes pluviales de la ciudad aledaña, los valores de nitrato registrados en todos los casos (Tabla II) fueron superiores a 5 mg.l⁻¹, lo que las ubica como lagos eutróficos (Vollenweider 1968). Por otro lado,

tomando en cuenta el valor de los índices de estado trófico calculados en base a la profundidad de lectura del disco de Secchi (Karabin 1985), las tres lagunas también evidenciaron un alto grado de eutrofización, siendo politróficas las subsalinas (PB: 73,2 y QH: 75,6), y eutrófica la hipo-mesosalina (EC: 61,1).

La mayor abundancia total del zooplancton y la presencia de cianofitas que se registraron en PB y QH también indicaron la mayor productividad de ambas y su estado trófico más alto (Wetzel 2001, Kalff 2002). Los valores obtenidos del cálculo de la relación $Z_m/Z_{fót}$ (Quirós 2002) permitieron clasificar a PB y QH como lagunas turbias (Jeppesen 1998, Scheffer 1998, Scheffer *et al.* 1993). Las floraciones de cianofitas que se produjeron durante los meses más cálidos, sumado a la depredación por peces en el caso de QH, podría explicar la exclusión en estas lagunas de especies de crustáceos de talla grande, especialmente entre los cladóceros (DeMott *et al.* 2001), lo que redundaría en el mantenimiento del estado turbio.

En cambio, la mayor transparencia promedio de EC y el valor $Z_m/Z_{fót}$ calculado, permiten caracterizarla como una laguna clara (Scheffer 1998, Jeppesen 1998). La menor abundancia relativa del zooplancton total la ubica además como la menos productiva de las tres. En esta laguna, la ausencia de peces planctívoros durante 11 meses permitió el desarrollo del macrozooplancton, que fue proporcionalmente más abundante que el microzooplancton. La ausencia de depredación permite que se imponga la superioridad competitiva de los microcrustáceos sobre los rotíferos, situación que ha sido verificada por diversos autores (Brooks & Dodson 1965, MacIssac & Gilbert 1991) y comprobada en algunos estudios experimentales que han demostrado la exclusión competitiva de los rotíferos de los géneros *Brachionus* y *Keratella* por *Daphnia pulex* Leydig, 1860 (Gilbert 1985, 1988). La ausencia de depredadores vertebrados en esta laguna permitió que el macrozooplancton estuviera integrado por especies herbívoras de talla grande como *D. menucoensis* y *B. poopoensis*. Aunque se ha verificado que algunas especies argentinas de *Boeckella* pueden alimentarse de ciliados (Balseiro *et al.* 2001), rotíferos y nauplios (Balseiro & Modenutti 1998, Izaguirre *et al.* 2003), las especies del subgénero *Boeckella* en el que se encuentra esta especie (Battistoni 1998), se alimentan principalmente de algas de menos de 20 micrómetros

(Modenutti *et al.* 1998), situación que también se verificó en EC (Echaniz *et al.* 2006).

El predominio de una asociación de especies zooplanctónicas de gran tamaño tiene como consecuencia una mayor transparencia del agua. Esta situación difiere de lo propuesto por Scheffer (1998), quien postuló que debido a que las especies de *Daphnia*, principales responsables de la claridad del

agua por su eficiencia de filtrado, no son tolerantes a la salinidad, los lagos someros salinos son usualmente turbios. En EC existe una situación inversa, es la laguna más transparente a pesar de su salinidad elevada, ya que en ella se registró la presencia constante de *D. menucoensis* (Echaniz *et al.* 2006), especie típica de ambientes salinos temporarios de la Patagonia (Paggi 1996, 1998).

TABLA IV. Valores medios anuales de densidad (ind. l⁻¹) del micro-macrozooplankton.

TABLE IV. Mean values of density (ind. l⁻¹) of micro-macrozooplankton.

		Microzooplankton		Macrozooplankton		Abundancia total
		Rotíferos	Nauplii	Copéodos (adultos + copepoditos)	Cladóceros	
Padre Buodo	X	402,17	231,18	43,4	114,95	791,7
	SD	575,17	169	41	186,97	674,6
Quetré Huitrú	X	1408,53	309,21	150,16	147,54	2015,44
	SD	1465,77	502,93	369,24	400,82	1352,74
El Carancho	X	26,13	208,76	259,03	100,75	594,7
	SD	53,6	150,2	145,44	101,87	261,3

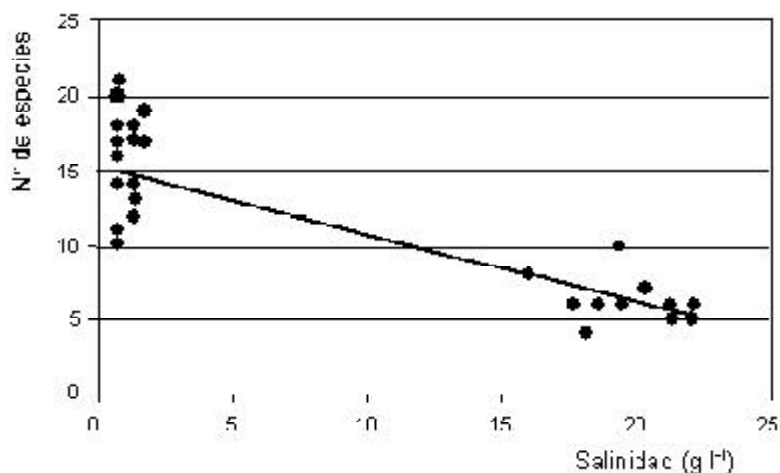


FIGURA 6: Relación entre el número de especies registrado y la salinidad.

FIGURE 6: Relation among species number registered and salinity.

Las asociaciones zooplanctónicas registradas estarían determinadas en primera instancia por la salinidad, sobre todo la de la laguna hipomesosalina, pero en las subsalinas, el efecto combinado de la presencia de peces planctívoros y de cianofitas filamentosas (QH y PB) tiene un fuerte efecto sobre el espectro de tallas, excluyendo la presencia de los grandes herbívoros, sobre todo las especies de *Daphnia* de gran talla, ya sea por de-

predación o interferencia mecánica (DeMott *et al.* 2001), resultando en una comunidad zooplanctónica dominada por rotíferos y cladóceros de pequeño tamaño, los que son menos vulnerables a las interferencias alimentarias al ser capaces de alimentarse de detritos y partículas del tamaño de bacterias (Pereira *et al.* 2002). En estos casos, la ausencia de los filtradores eficientes contribuyó a mantener el carácter turbio de estas dos lagunas.

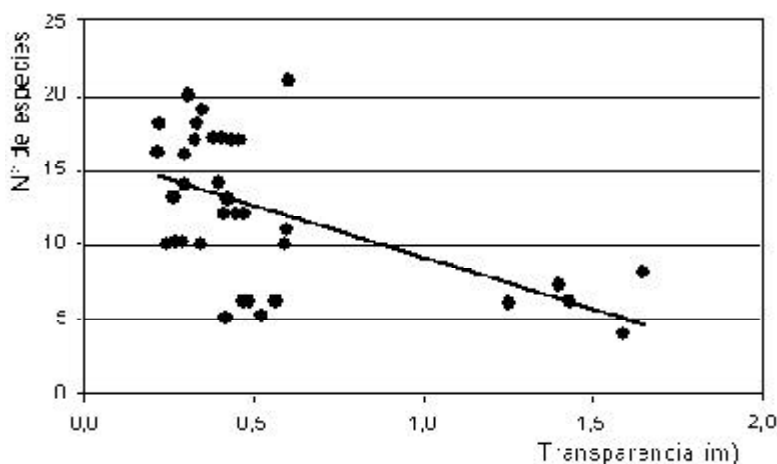


FIGURA 7: Relación entre el número de especies registrado y la transparencia del agua.

FIGURE 7: Relation among species number registered and water transparency.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Néstor H. Fuentes, propietario del establecimiento en que está ubicada la laguna El Carancho y a los revisores anónimos que con su trabajo enriquecieron esta contribución.

BIBLIOGRAFIA

- BALSEIRO, E. & B. MODENUTTI. 1998. Pelagic communities and ecosystem processes in Andean Patagonian lakes. *Ecología Austral* 8 (2): 183-89.
- BALSEIRO, E., B. MODENUTTI & C. QUEIMALIÑOS. 2001. Feeding of *Boeckella gracilipes* (Copepoda, Calanoida) on ciliates and phytoflagellates in a ultraoligotrophic Andean lake. *Journal of Plankton Research* 23: 849-857.
- BATTISTONI, P. 1998. Copepoda. En: Biodiversidad de Artrópodos Argentinos (Eds. S. Coscarón & J.J. Morrone), pp. 519-530. Ediciones Sur, La Plata.
- BROOKS, J. & S. DODSON. 1965. Predation, body size and composition of plankton. *Science* 150 (3692): 28-35.
- CARLSON, R. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- DEMOTT, W., R. GULATI & E. VAN DONK. 2001. *Daphnia* food limitation in three hypereutrophic Dutch lakes: Evidence for exclusion of large bodies species by interfering filaments of cyanobacteria. *Limnology and Oceanography* 46(8): 2054-2060.
- DEVORE, J. 2001. Probabilidad y Estadística para Ingenieros y Ciencia. Editorial Thomson Learninc. 762 pp.
- ECHANIZ, S. & A. VIGNATTI. 1996. Cladóceros limnéticos de la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam* 9 (1): 65-80.
- ECHANIZ, S. & A. VIGNATTI. 2001. Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros (Crustacea: Anomopoda y Ctenopoda) planctónicos y química del agua de la laguna Don

- Tomás (La Pampa, Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam 12: 23-35.
- ECHANIZ, S. & A. VIGNATTI. 2002. Variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos (Crustacea: Branchiopoda) de una laguna de elevada salinidad (La Pampa, Argentina). Neotrópica 48: 11-17.
- ECHANIZ, S., A. VIGNATTI, S. JOSÉ DE PAGGI & J. PAGGI. 2005. Riqueza y composición del zooplankton de lagunas saladas de Argentina. Revista FABICIB 9: 25-39.
- ECHANIZ, S., A. VIGNATTI, S. JOSÉ DE PAGGI, J. PAGGI & A. PILATI. 2006. Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. International Review of Hydrobiology 91 (1): 86 - 100.
- GHEDETTI, M. 1998. Phylogeny and Classification of the Anablepidae (Teleostei: Cyprinodontiformes). En: Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. (Eds. Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M. y Lucena, C.A.S), pp. 561-582. Edipucrs, Porto Alegre.
- GIAI, S. & J. TULLIO. 1998. Características de los principales acuíferos de la Provincia de La Pampa. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. 12: 51-68.
- GILBERT, J. 1985. Competition between rotifers and *Daphnia*. Ecology 66: 1943-1950.
- GILBERT, J. 1988. Suppression of rotifer populations by *Daphnia*: A review of the evidence the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. Limnology and Oceanography 33: 1286-1303.
- HALSE, S., R. SHIELD & W. WILLIAMS. 1998. Aquatic invertebrates of Lake Gregory, northwestern Australia, in relation to salinity and ionic composition. Hydrobiologia 381: 15-29.
- HAMMER, U. 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 616 pp.
- IRIONDO, M. 1989. Quaternary lakes of Argentina. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 70:81-88.
- IZAGUIRRE, I., L. ALLENDE & M. MARINONE. 2003. Comparative study of the planktonic communities of three lakes of contrasting trophic status at Hope Bay (Antarctic Peninsula). Journal of Plankton Research 25:1079-1097.
- JEPPESEN, E. 1998. The ecology of shallow lakes- trophic interactions in the pelagial. DSc. dissertation. National Environmental Research Institute. Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report 247. 420 pp.
- JOSÉ DE PAGGI, S. 1989. Rotíferos de algunas provincias del Noroeste de Argentina. Revista de Hydrobiología Tropical 22: 223-238.
- KALFF, J. 2002. Limnology. Inland Water System. Prentice Hall. 592 pp.
- KARABIN, A. 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria, Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features. Ekologia Polska 33: 567-616.
- MACISAAC, H. & J. GILBERT. 1991. Discrimination between exploitive and interference competition between Cladocera and *Keratella cochlearis*. Ecology 72: 924-934.
- MAGURRAN, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Chapman & Hall, London. 179 pp.
- MODENUTTI, B., E. BALSEIRO, M. DEL C. DIEGUEZ, C. QUEIMALINOS & R. ALBARIÑO. 1998. Heterogeneity of fresh-water Patagonia ecosystems. Ecología Austral 8(2): 155-165.
- MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis S.E.A., vol. I. Zaragoza. 84 pp.
- PAGGI, J. 1996. *Daphnia (Ctenodaphnia) menucoensis* (Anomopoda; Daphniidae) a new species from athalassic saline waters in Argentina. Hydrobiologia 319 (2): 137-147.
- PAGGI, J. 1998. Cladocera (Anomopoda y Ctenopoda). En: Biodiversidad de Artrópodos Argentinos (Eds. S. Coscarón & J.J. Morrone), pp. 507 - 518. Ediciones Sur, La Plata.
- PEREIRA, R., A. SOARES, R. RIBEIRO & F. GONCALVES. 2002. Assessing the trophic state of Linhos lake: A first step towards ecological rehabilitation. Journal of Environmental Management 64: 285-297.
- PILATI, A. 1997. Copépodos calanoideos de la Provincia de La Pampa. Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam 9 (2): 57-67.
- PILATI, A. 1999. Copépodos ciclopoideos en la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam 10 (1): 29-44.
- PONCE DE LEÓN, E. 1998. Evapotranspiración. En: El agua en La Pampa (Eds. Fundación Chadileuvú), pp 31-42. Fondo Editorial Pampeano, Santa Rosa.
- QUIRÓS, R. 1997. Classification and state of the environment of the Argentinean lakes. En: Study report for the lake environment conservation in developing countries: Argentina (Ed. ILEC Workshop on Better Management of the Lakes of Argentina), pp. 29-50. San Martín de Los Andes, Argentina.
- QUIRÓS, R., A. RENNELLA, M. BOVERI, J. ROSSO & A. SOSNOVSKY. 2002. Factores que afectan la estructura y funcionamiento de las lagunas pampeanas. Ecología Austral 12: 175-185.
- ROBERTO, Z., G. CASAGRANDE & E. VIGLIZZO. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Centro Reg. La Pampa-San Luis, INTA. Publ. N° 12. 25 pp.
- SCHAEFFER, M. 1998. Ecology of Shallow Lakes. Chapman & Hall, London. 357 pp.
- SCHAEFFER, M., S. HOSPER, M. MEIJER, B. MOSS & E. JEPPESEN. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. Trends on Ecology and Evolution 8: 275-279.
- TIMMS, V. 1987. Limnology of Lake Buchanan, a tropical saline lake, and associated pools, of north Queensland. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 38: 877-884.

- TIMMS, V. 1993. Salines Lakes of Paroo, Inland New South Wales. Australia. *Hydrobiologia* 267: 269-289.
- VIGNATTI, A. & S. ECHANIZ. 1999. Presencia de *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *menucoensis* Paggi, 1996 en la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam* 10(1): 21-27.
- VOLLENWEIDER, R. 1968. Scientific fundamentals of lake and streams eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Technical Report DAS/DSI/68.27.OECD. Paris. 274 pp.
- WETZEL, R. 2001. *Limnology. Lakes and rivers ecosystems*. Academic Press. 1006 pp.
- WILLIAMS, W. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia* 381: 191-201.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 663 pp.

Fecha de recepción: 28.12.05
Fecha de aceptación: 11.05.07