

## Composición y abundancia del mesozooplankton en una laguna Pampeana (Provincia de Buenos Aires, Argentina)

Carla Alejandra Baleani<sup>1</sup>, María Clara Menéndez<sup>1</sup>, María Belén Alfonso<sup>1</sup>, Claudia Fernanda Fornerón<sup>2</sup> & María Cintia Piccolo<sup>1,3</sup>

1 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET). Florida 8000. Bahía Blanca. Argentina.

2 Instituto de Formación Docente Continua. Colón y Sargento Cabral S/N. 8361. Luis Beltrán, e Instituto de Formación Docente Continua. Av. Berutti 1150. 8138. Río Colorado. Río Negro. Argentina.

3 Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo. 12 de Octubre y San Juan. 8000. Bahía Blanca. Argentina.

### Resumen

Correspondencia

CA. Baleani

E-mail: [cbaleani@iado-conicet.gob.ar](mailto:cbaleani@iado-conicet.gob.ar)

**Recibido:** 5 abril 2017

**Aceptado:** 28 julio 2017

**Publicado on-line:** 3 octubre 2017

El objetivo del estudio fue analizar la composición y abundancia del mesozooplankton en la laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante el invierno y primavera (Hemisferio Sur) de 2010. Las muestras se colectaron mensualmente en tres estaciones, utilizando una red cónica de 200 µm de poro. El zooplankton estuvo representado por siete taxa. La abundancia varió entre 15,9±0,15 (agosto) y 71,7±31,77 ind/L (noviembre). Los grupos mejor representados fueron Copepoda y Cladocera, siendo *Boeckella poopoensis* y *Moina micrura* las especies dominantes respectivamente. Copepoda dominó en los meses más fríos del año mientras que Cladocera, lo hizo sobre fines de primavera. Esto último, podría asociarse a la marcada estacionalidad que experimenta la región.

**Palabras clave:** Mesozooplankton, Laguna Sauce Grande, Argentina.

### Abstract

*Composition and abundance of the mesozooplankton in Sauce Grande shallow lake (Buenos Aires Province, Argentina)*

The aim of this study was to analyze the composition and abundance of mesozooplankton in Sauce Grande shallow lake (Buenos Aires Province, Argentina) in winter and spring-2010 (Southern Hemisphere). Three stations were sampled monthly using a conic net of 200 µm mesh size. Mesozooplankton was represented by seven taxa. Mean abundance ranged from 15.9±0.15 (August) to 71.7±31.77 ind/L (November). Groups best represented were Copepoda and Cladocera, with *Boeckella poopoensis* and *Moina micrura* as dominant species, respectively. While Copepoda dominated in the coldest months of the year, Cladocera was dominant in the late spring. This could be associated with the marked seasonality of the region.

**Key words:** Mesozooplankton, Sauce Grande shallow lake, Argentina.

## Introducción

Las lagunas pampeanas son sistemas someros, con tiempo de residencia del agua variable, naturalmente eutróficos y actualmente bajo estrés ambiental manifiesto, lo que incrementa aún más su contenido de nutrientes (Quirós *et al.* 2002). Debido a su escasa profundidad, estos ambientes resultan altamente sensibles a las variaciones climáticas (Diovisalvi *et al.* 2014). Los cambios en las características hidrológicas de un lago somero condicionan a su vez el desarrollo de las comunidades que residen en ella, a través de modificaciones de los ciclos de abundancia y reproducción, la diversidad, la producción primaria y secundaria y tasas de respiración y descomposición (Vymazal 1994, Sahagian & Melack 1998). El zooplancton representa uno de los principales componentes de las comunidades biológicas de los sistemas acuáticos continentales. En la compleja red trófica de estos ambientes, el zooplancton constituye el principal eslabón entre los productores primarios y los consumidores secundarios. Además, estos organismos reciclan nutrientes y por lo tanto, aportan nitrógeno y fósforo al medio a través de sus productos de excreción (Horne & Goldman 1994). La composición, distribución y abundancia del zooplancton es sumamente sensible a las variaciones de las condiciones físico-químicas del cuerpo de agua, por lo que resultan buenos indicadores de la calidad del agua. Los estudios cualitativos de la comunidad zooplanctónica brindan información sobre las condiciones generales del ambiente y la funcionalidad de la comunidad. Los datos cuantitativos reflejan el grado de productividad del cuerpo de agua y permiten analizar su estado trófico y caracterizar al mismo en cuanto a la calidad y aprovechamiento de sus aguas (Garibotti *et al.* 2009)

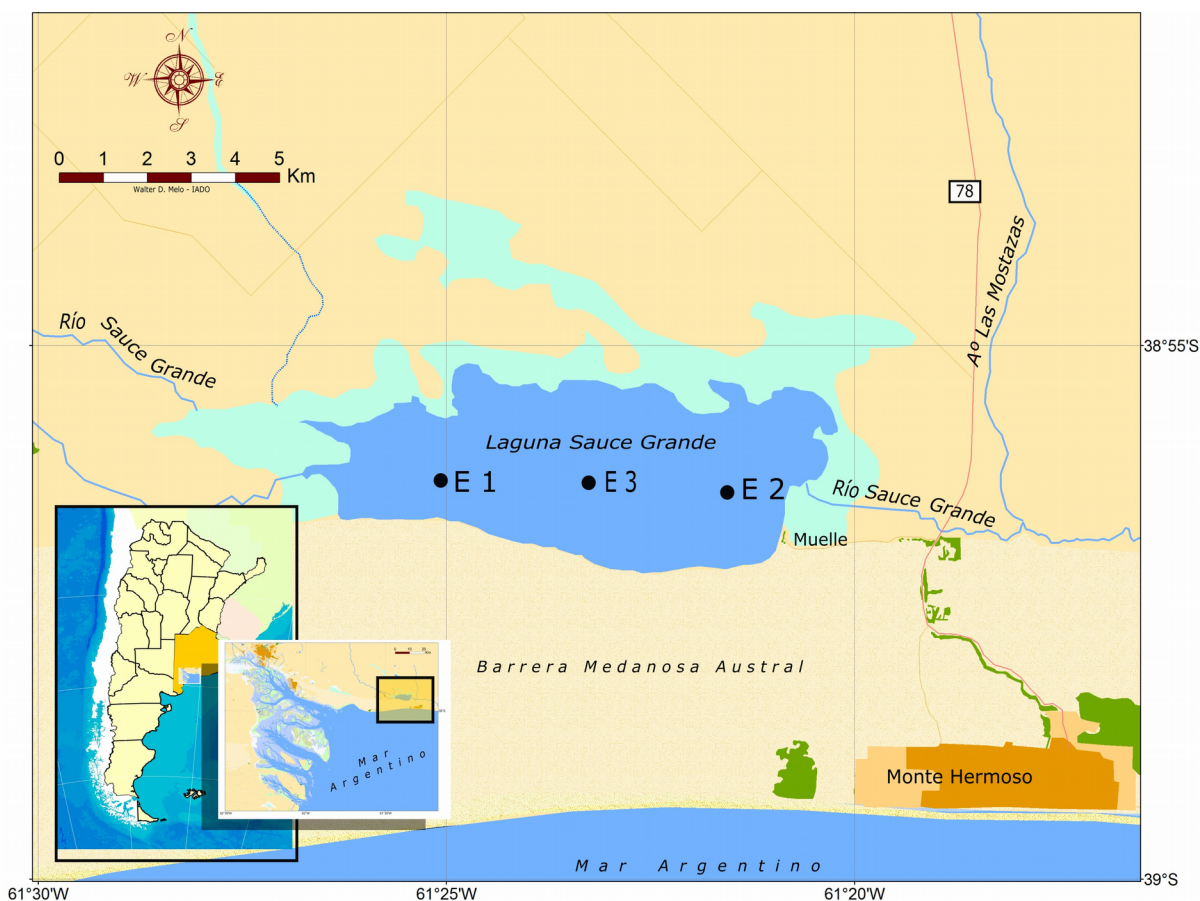
En Argentina, se han llevado a cabo numerosos estudios limnológicos, ecológicos y biogeográficos en lagunas de la región pampeana (e.g. Ringuet *et al.* 1967a, Quirós 2004, Izaguirre *et al.*, 2015). Sin embargo, el conocimiento actual del zooplancton de las lagunas Pampeanas es escaso o fragmentario. Estos estudios se han restringido a la Pampa oriental húmeda (e.g. Claps *et al.* 2004, Garibotti *et al.* 2009) y a la Pampa occidental seca en la provincia de La Pampa (e.g. Echaniz & Vignatti 2002, Echaniz *et al.* 2005). Las investigaciones sobre la diversidad planctónica del cuerpo de agua bajo estudio (laguna

Sauce Grande) son muy escasos. Ferrer *et al.* (2012) estudiaron la comunidad fitoplanctónica durante el otoño de 2010. En este trabajo se observó que la laguna posee las características propias de un cuerpo de agua eutrófico, con potencial capacidad de sostener altas densidades fitoplanctónicas y de desarrollar floraciones algales. En un estudio realizado entre abril-2012 y marzo-2013, se evidenció la influencia de la temperatura del agua, la conductividad y la profundidad en la variación temporal de la comunidad fitoplanctónica, clasificando al cuerpo de agua como hipertrófico (Cony *et al.*, 2014). El único antecedente referido a la comunidad del zooplancton corresponde a un trabajo preliminar de Alfonso (2013), quien describe la dinámica de la comunidad para el otoño de 2010. Esta autora observó la dominancia de tres especies de crustáceos planctónicos: *Boeckella poopoensis* Marsh, 1906, *Acanthocyclops robustus* (Sars G.O., 1863) y *Moina micrura* Kurz, 1874. El objetivo del presente trabajo consistió en analizar la composición y abundancia del mesozooplancton de la laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante el invierno (junio, julio y agosto) y primavera (septiembre, octubre y noviembre) de 2010. En relación al área de estudio propuesta y a la temática que se presenta, este trabajo constituye el primer antecedente de relevancia para la región.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La laguna Sauce Grande (38°55'57.63" Sur, 61°22'45.05" Oeste) se localiza al Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, dentro del partido de Monte Hermoso (Fig. 1). Es un cuerpo de agua originado por el embalsado natural del agua de escorrentía, condicionado por la presencia de la Barrera Medanosas Austral. La laguna es una cubeta ovoide, alargada en sentido Este-Oeste, con una superficie aproximada de 23 km<sup>2</sup> y profundidades que varían entre 0,60 y 1,80 m, dependiendo de los ciclos de sequía-humedad que experimenta la región (Fornerón *et al.* 2010a). Posee como único afluente al río Sauce Grande, el cual descarga sus aguas en la laguna antes de su desembocadura en el Océano Atlántico (Fig. 1). La conexión entre la laguna y el océano puede interrumpirse en condiciones de sequía, situación que se evidenció durante el período de estudio (Fornerón 2013). Sus costas son bajas, de tosca con suaves declives,



**Figura 1.** Localización de la Laguna Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina) y de las estaciones de muestreo (E1, E2, E3).

**Figure 1.** Location of Sauce Grande Shallow lake (Buenos Aires, Argentina) and the sampling stations (E1, E2, E3).

fangosas y con juncuales emergentes raleados (Fornerón *et al.* 2010a). La laguna Sauce Grande corresponde a una típica laguna pampeana polimíctica, con escasa profundidad y estratificación térmica; altos niveles de turbidez y una gran carga de materia orgánica a pesar de ser rica en oxígeno disuelto. Según su contenido salino, se la clasifica como oligohalina (<5 g/L) (Fornerón *et al.* 2010a). En este cuerpo de agua se desarrollan numerosas actividades recreativas, siendo uno de sus principales atractivos la pesca deportiva del pejerrey (*Odontesthes bonariensis* Valenciennes, 1835) (Fernández 2003). El clima de la región es templado con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados. La temperatura media mensual varía entre 14 y 20 °C y las precipitaciones anuales entre 500 y 650 mm, con una estacionalidad marcada (otoño y primavera lluviosos e inviernos secos).

#### Métodos de muestreo y laboratorio

Se realizaron seis campañas de muestreo con frecuencia mensual, entre junio y noviembre de 2010. Se seleccionaron tres estaciones (E) de

muestreo: (E1) en la salida del río Sauce Grande al mar (38°56,281' Sur, 61°24,816' Oeste), (E2) en la entrada del río a la laguna (38°56,015' Sur, 61°20,797' Oeste) y (E3) en la zona más profunda de la misma (38°56,347' Sur, 61°22,838' Oeste) (Fig. 1). La selección de los sitios se basó en el análisis morfométrico de la laguna realizado por Fornerón *et al.* (2010a), en el cual se tuvo en cuenta el ingreso de agua dulce proveniente del río Sauce Grande, la batimetría de la laguna y el nivel natural de cierre.

En cada una de las estaciones se midió *in situ* la temperatura del agua, oxígeno disuelto, turbidez, pH, salinidad y conductividad eléctrica, utilizando una sonda multisensor Horiba U-10. Considerando que la laguna posee mezcla vertical durante todo el año (Fornerón 2013), los datos superficiales fueron considerados como representativos de la columna de agua. La transparencia del agua se determinó con disco Secchi. Se colectaron muestras de agua para la determinación de la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, nitritos y fosfatos), clorofila-*a* (Clo-*a*), feopigmentos (Feo), materia orgánica particu-

lada (MOP) y material particulado en suspensión (MPS). El estado trófico de la laguna se determinó a partir del índice de estado trófico (TSI) de Carlson (1977):

$$TSI_{ci} = 10 (2.46 + (\ln Clo-a / \ln 2.5))$$

Clo-*a*: clorofila-*a* en superficie (µg/L)

Este índice puede variar entre 0 y 100, siendo: <30 oligotrófico; 30-60 mesotrófico; 60-90 eutrófico; >90 hipereutrófico.

Las muestras de mesozooplancton se colectaron con una red cónica de 200 µm de abertura de malla, mediante arrastres horizontales sub-superficiales de 5 minutos de duración a una velocidad aproximada de 2 nudos. Sólo los individuos de mayor talla entre los microcrustáceos integrantes del mesozooplancton (adultos y últimos estadios inmaduros) son retenidos con este tipo de arrastre. Para la estimación del volumen filtrado, se utilizó un flujómetro mecánico General Oceanics®. Las muestras se fijaron inmediatamente con formaldehído al 4%.

La concentración de Clo-*a* y Feo se determinó de acuerdo al método espectrofotométrico recomendado por APHA (1998). Este método consiste en una extracción de los pigmentos con solvente orgánico (acetona 90%) y el agregado de HCL 0.1N para obtener la lectura de los feopigmentos. La concentración final de MPS se determinó por diferencia de peso, se filtraron con equipo *Millipore*® y bomba de vacío (30 cm Hg). Se utilizaron filtros de nitrato de celulosa (0,45 µm) previamente secados en estufa a 60±5 °C y pesados con balanza analítica. El contenido de MOP se determinó siguiendo el método sugerido por Strickland & Parsons (1968), el cual consiste en la oxidación húmeda de la materia orgánica utilizando dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en medio ácido. La determinación de nutrientes se realizó mediante las siguientes técnicas: Eberlein & Kattner (1987) (fosfatos), Grasshoff (1969) (nitratos), Grasshoff *et al.* (1983) (nitritos). El mesozooplancton se analizó cualitativa y cuantitativamente. Para el análisis cualitativo se realizaron observaciones con microscopio binocular convencional y/o microscopio estereoscópico, con el fin de identificar taxonómicamente a los organismos presentes en las muestras (Goulden, 1968; Bayly, 1992; Korovchinsky, 1992; Kotov, 2009). Para el análisis cuantitativo, se procedió al homogeneizado de cada muestra con una varilla de vidrio y posterior recuento de los organismos presentes en la misma.

Se utilizaron cámaras de recuento tipo Bogorov, en las cuales se realizó el conteo de individuos manualmente y el número de alícuotas por muestra se estimó de acuerdo a Cassie (1971).

Para el análisis estadístico de los resultados se aplicó un Análisis de Escalamiento No Métrico Multidimensional (NMDS), con el objetivo de representar gráficamente las similitudes entre las muestras obtenidas en cada fecha. Este método de ordenación no asume linealidad entre las variables y es adecuado para el estudio de todas las comunidades biológicas (Clarke & Warwick 1994). Paralelamente, se realizó un análisis de similitud de una vía (ANOSIM) con el fin de testear si la estructura de la comunidad difirió significativamente entre los grupos determinados en el NMDS. El programa estadístico utilizado fue el Primer-E v. 5. Por último, se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman (R) entre las variables analizadas (Sokal & Rohlf 1995, Zar 1996).

## Resultados

### Características físico-químicas del cuerpo de agua

Durante el período de estudio, la profundidad de la laguna fluctuó entre 0,9 y 1,30 m. La temperatura media del agua mostró una clara disminución de junio (9,56±0,23°C) a agosto (4,13±0,15°C), para luego aumentar hasta un máximo de 15,4°C en noviembre. La salinidad (0,335±0,023) y la conductividad (6,39±0,43 mS/cm) fueron levemente mayores durante los meses de invierno y menores en la primavera. El valor promedio de oxígeno disuelto fue 10,91±1,59 mg/L, siendo el máximo valor registrado de 13,15 mg/L para la E2 en agosto y el mínimo, de 8,32 mg/L para la E1 en noviembre. El pH no mostró variaciones significativas, siendo su valor promedio 9,07±0,05. Con respecto a la turbidez el mínimo valor registrado fue de 206 UNT en la E2 en agosto y el máximo, de 766 UNT en la E3 en noviembre de 2010. La concentración de MPS varió entre 230 mg/L en agosto y 400 mg/L en octubre. La lectura del disco de Secchi mostró valores bajos en todos los casos, con un promedio de 11,6 cm. La concentración promedio de Clo-*a* varió entre 103,7±31,59 en septiembre y 130,5±44,44 µg/L en octubre, y la de Feo entre 12,2±11,43 en octubre y 50,3±23,45 µg/L en julio. En cuanto al índice del Estado Tró-

fico de Carlson, los resultados arrojaron un valor máximo de 77,76 en octubre y un mínimo de 75,25 en septiembre, clasificando a la laguna Sauce Grande como un cuerpo de agua eutrófico.

Con respecto al MOP, las concentraciones promedio resultaron elevadas, variando entre  $19,45 \pm 7,6$  y  $26,9 \pm 4,16$  mgC/L. En cuanto a los nitritos, estos mostraron un valor mínimo de 0,1  $\mu\text{mol/L}$  en la E3 en noviembre y un máximo de 1,1  $\mu\text{mol/L}$  en la E2 en agosto. Las concentraciones fueron mayores en agosto y septiembre, ambos casos en la E2. Los nitratos variaron entre 0,2  $\mu\text{mol/L}$  en la E2 en octubre y 4,8  $\mu\text{mol/L}$  en la E3 en junio. Las concentraciones resultaron mayores en los meses de invierno, para luego disminuir durante la primavera. Los fosfatos fluctuaron entre 0,8  $\mu\text{mol/L}$  en la E3 en septiembre y 7,7  $\mu\text{mol/L}$  en la E3 en noviembre. En cuanto a las concentraciones promedio, el máximo valor registrado fue de 3,3  $\mu\text{mol/L}$  en el mes de noviembre (Tabla 1). Con respecto a la variación espacial de los parámetros mencionados anteriormente, no se observaron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo.

### Abundancia y composición del mesozooplancton

El mesozooplancton de la laguna Sauce Grande estuvo representado por un total de siete taxa. Tres de ellos pertenecientes a la subclase Copepoda: *Boeckella poopoensis* Marsh, 1906, *Acanthocyclops robustus* G.O. Sars, 1863 y Harpacticoida no identificados. El resto de los taxa pertenecieron al suborden Cladocera: *Moina micrura* Kurz, 1874, *Ceriodaphnia dubia* Richard, 1895, *Daph-*

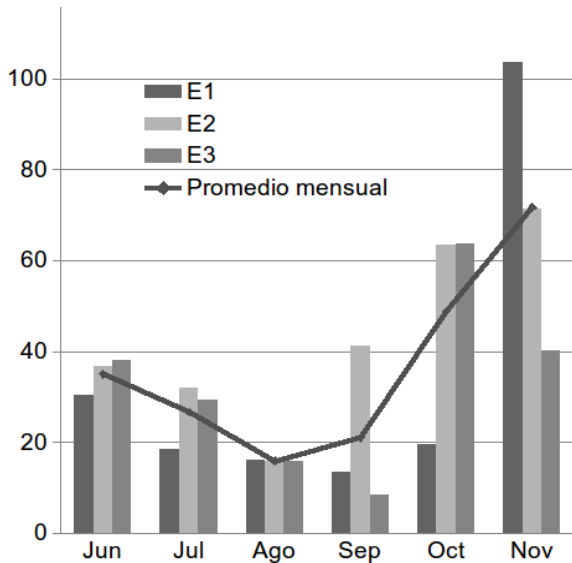
*nia spinulata* Birabén, 1917 y *Leydigia louisii* Jenkin, 1934. *B. poopoensis* y *A. robustus* fueron registrados durante todo el período y en las tres estaciones (100% ocurrencia). *M. micrura* presentó una ocurrencia del 94%, *C. dubia* y *D. spinulata* del 89% y *L. louisii* del 72%. Los copépodos harpacticoides fueron el taxón con menor frecuencia de ocurrencia (28%) y sólo se observaron en la E2 en julio, en la E3 en agosto, y durante los meses de octubre y noviembre (en todas las estaciones).

La abundancia promedio mensual del mesozooplancton varió entre  $15,9 \pm 0,15$  y  $71,7 \pm 31,77$  ind/L (Fig. 2), con una clara disminución en los meses de invierno y un aumento en la primavera, hasta alcanzar un máximo en noviembre (103,9 ind/L). Durante el período de estudio no se observó una variación espacial significativa en la abundancia del mesozooplancton total (Fig. 2). El grupo mejor representado fue el de los copépodos (Fig. 3). *B. poopoensis* (Calanoida) presentó las mayores abundancias y fue la especie dominante, seguida por *A. robustus* (Cyclopoida) como subdominante (Fig. 4). Los cladóceros resultaron el segundo grupo mejor representado, siendo *M. micrura* la especie más abundante (Fig. 4). Entre junio y octubre de 2010 se evidenció una clara dominancia de los Calanoida (Figura 3). Llamativamente, la abundancia de los Cyclopoida disminuyó en el mismo sentido (Fig. 3). En el caso de los cladóceros, se observó un muy leve incremento desde junio a octubre para luego aumentar abruptamente y resultar dominantes en el mes de noviembre, mientras disminuían los calanoideos (Fig. 3).

VARIABLES	PROMEDIO (MINIMO-MAXIMO)					
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Temp (°C)	9,6 (9,3-9,7)	8,0 (7,6-8,4)	4,1 (4-4,3)	10,5 (10,3-10,6)	13,9 (13,7-14,1)	15,1 (14,8-15,4)
Cond (mS/cm)	6,7 (6,6-6,8)	6,8 (6,7-6,84)	6,8 (6,8-6,8)	6,0 (5,9-6,0)	6,1 (6,0-6,1)	6,0 (6,0-6,1)
Turb (UNT)	652 (620-680)	506 (459-655)	405 (560-640)	620 (460-750)	770 (733-807)	708 (679-766)
Salinidad	0,34 (0,34-0,35)	0,35 (0,35-0,36)	0,35 (0,35-0,36)	0,31 (0,31-0,31)	0,34 (0,33-0,35)	0,3 (0,3-0,31)
OD (mg/L)	12,1 (11,81-12,45)	11,3 (11,15-11,59)	12,7 (12,35-13,15)	10,3 (10-10,52)	9,4 (9,33-9,43)	8,6 (8,3-8,9)
Secchi (cm)	10 (10-10)	10 (10-10)	15 (15-15)	10 (10-10)	10 (10-10)	15 (15-15)
MPS (mg/L)	300 (280-320)	250 (270-230)	230 (250-210)	350 (360-340)	400 (430-370)	340 (360-320)
MOP (mgC/L)	26,9(31,6-24)	20,5(17,7-25,4)	26,1(19,8-31,2)	21,6(11-30,6)	19,4(10,9-25,4)	20,2(16-24)
Clo-a ( $\mu\text{g/L}$ )	127,4(112,5-142,7)	110,4(77,5-129,8)	107,2(68,1-164,6)	115,1(69,1-131)	130,5(83,2-171,3)	111,4(101,5-126)
Feo ( $\mu\text{g/L}$ )	30,5 (12,2-60,2)	50,3 (34,8-77,2)	23,5 (9,95-33,6)	43,3 (26,9-56,3)	12,2 (3,2-25,1)	13,7 (1,2-25,4)
Nitritos ( $\mu\text{mol/L}$ )	0,2 (0,2-0,2)	0,3 (0,2-0,4)	0,7 (0,6-1,1)	0,7 (0,6-1,1)	0,3 (0,2-0,5)	0,2 (0,1-0,2)
Nitratos ( $\mu\text{mol/L}$ )	3,4 (1,5-4,8)	1,1 (0,3-2,2)	2,5 (1,6-3,7)	1 (0,3-1,6)	1,1 (0,2-1,6)	0,8 (0,6-1)
Fosfatos ( $\mu\text{mol/L}$ )	1 (1-1,1)	2,7 (2,1-3,5)	1,7 (1-3)	1,5 (0,8-2,5)	1,4 (0,8-2,2)	3,3 (1-7,7)

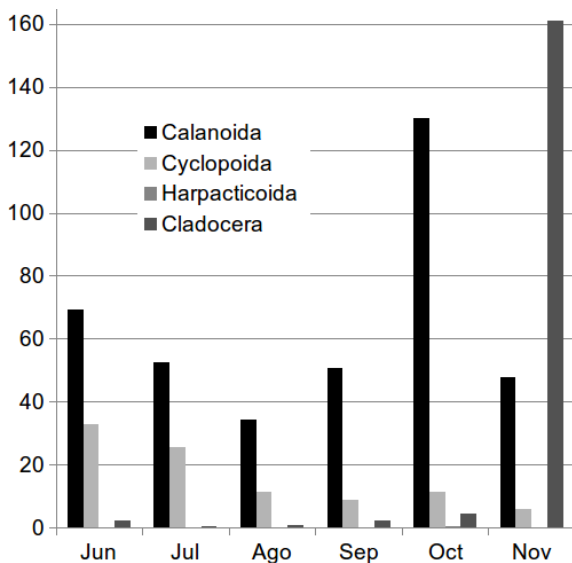
**Tabla 1.** Variables limnológicas medidas in situ en la laguna Sauce Grande entre junio y noviembre de 2010. **Cond:** Conductividad; **Temp:** Temperatura; **Turb:** Turbidez; **OD:** Oxígeno disuelto; **MPS:** Material particulado en suspensión; **MOP:** Materia orgánica particulada; **Feo:** Feopigmentos.

**Table 1.** Limnological variables measured in situ in Sauce Grande shallow lake between June and November 2010. **Cond:** Conductivity; **Temp:** Temperature; **Turb:** Turbidity; **OD:** Dissolved Oxygen; **MPS:** Suspended particulate matter; **MOP:** Particulate organic matter **Feo:** Feopigments.



**Figura 2.** Abundancia total mensual (ind/L) de macrozooplankton por estación de muestreo (E1, E2, E3) y promedio mensual durante el período de estudio en la Laguna Sauce Grande.

**Figure 2.** Monthly total abundance (ind/L) of macrozooplankton per sampling station (E1, E2, E3) and monthly average during the study period in Sauce Grande shallow lake.

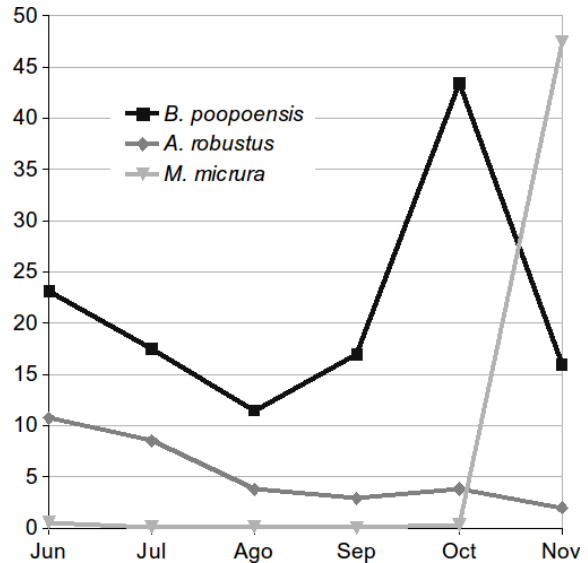


**Figura 3.** Abundancia total mensual (ind/L) de los grupos taxonómicos más representativos del macrozooplankton registrados en la laguna Sauce Grande entre junio y noviembre de 2010.

**Figure 3.** Monthly total abundance (ind/L) of the most representative taxonomic groups of the macrozooplankton recorded in Sauce Grande shallow lake between June and November 2010.

### Análisis estadístico: relación entre variables

El análisis de agrupamientos (NMDS) mostró con claridad la formación de dos grupos principales en la laguna Sauce Grande. El grupo 1 (G1) estuvo representado por una gran proporción de muestras, particularmente aquellas obtenidas entre ju-

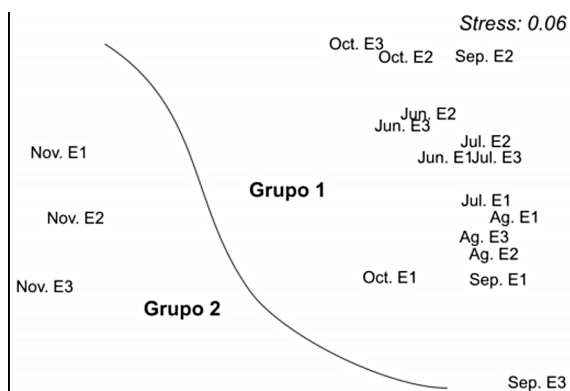


**Figura 4.** Abundancia promedio mensual (ind/L) de los principales taxa de macrozooplankton hallados en la laguna Sauce Grande entre junio y noviembre de 2010.

**Figure 4.** Monthly average abundance (ind/L) of the main macrozooplankton taxa found in Sauce Grande shallow lake between June and November 2010.

nio y octubre de 2010 (Fig. 5). Dentro del G1, no se distinguió una relación espacial clara entre las estaciones de muestreo, así como tampoco un patrón temporal marcado (Fig. 5). Sin embargo, las muestras correspondientes a los meses de invierno (junio, julio y agosto) mostraron mayor similitud entre sí que las correspondientes a la primavera temprana (septiembre, octubre) (Fig. 5). El grupo 2 (G2) discriminó con claridad a las muestras obtenidas en el mes de noviembre, evidenciado una separación temporal entre las muestras de invierno-primavera temprana y las de primavera tardía. Por su parte, el ANOSIM indicó que los grupos obtenidos a partir del NMDS resultaron significativamente diferentes entre sí (ANOSIM global  $R = 0,98$ ,  $p < 0,1$ ). *B. poopoensis* resultó el taxón que mejor tipificó al G1 (49,79), seguido por *A. robustus* (27,23). El G2, en cambio, estuvo representado principalmente por *M. micrura* (47,46) y en menor medida por *B. poopoensis* (15,93) y *C. dubia* (6,05) (Análisis SIMPER, Tabla 2).

El análisis de correlación de Spearman (Tabla 3) presentó correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la temperatura del agua y el MPS ( $r = 0,849$ ), así como con la abundancia del mesozooplankton ( $r = 0,849$ ). Por otra parte, la temperatura mostró una correlación negativa con los Feo ( $r = -0,829$ ) y con el oxígeno disuelto ( $r = -0,943$ ). Por último, los Feo se relacionaron negativamente con la turbidez ( $r = -0,943$ ).



**Figura 5.** Análisis de Escalamiento Multidimensional (NMDS) del zooplankton registrado en tres estaciones de muestreo de la laguna Sauce Grande entre junio y noviembre de 2010.

**Figure 5.** Multidimensional Scaling Analysis (NMDS) of the zooplankton recorded at three sampling stations of the Sauce Grande shallow lake between June and November 2010.

Taxón	Grupo 1 (80,87)	Grupo 2 (87,82)
<i>Boeckella poopoensis</i>	49,79	15,93
<i>Acanthocyclops robustus</i>	27,23	
<i>Moina micrura</i>		47,46
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		6,05
<b>Total</b>	<b>95,23</b>	<b>90,07</b>

**Tabla 2.** Análisis SIMPER (cut-off 90%) para las abundancias de macrozooplankton por grupo determinado a partir del NMDS. Se muestra el porcentaje de contribución de cada taxón a la similitud promedio dentro de los grupos 1 y 2.

**Table 2.** SIMPER analysis (cut-off 90%) for the macrozooplankton abundances per group determined from the NMDS. The contribution rate of each taxon to the average similarity within groups 1 and 2 is shown.

Variables	T°	pH	OD	Cnd	MPS	Clo-a	Nitritos	Nitratos	Fosfatos	MOP	Feo	Turb	Ab
T°	1												
pH	0,371	1											
OD	-0,943 (**)	-0,429	1										
Cnd	-0,486	-0,543	0,543	1									
MPS	0,829 (*)	0,029	-0,771	-0,257	1								
Clo-a	-0,029	-0,143	0,143	0,371	0,429	1							
Nitritos	-0,200	-0,143	0,086	-0,429	0,143	0,257	1						
Nitratos	-0,086	-0,771	0,143	0,771	0,086	0,086	-0,429	1					
Fosfatos	0,029	0,657	-0,314	-0,429	-0,200	-0,429	0,143	-0,543	1				
MOP	-0,486	-0,714	0,714	0,600	-0,200	0,429	-0,029	0,486	-0,886	1			
Feo	-0,829 (*)	0,143	0,657	0,200	-0,771	-0,029	0,257	-0,314	0,486	-0,029	1		
Turb	0,657	-0,314	-0,486	-0,143	0,543	-0,200	-0,314	0,429	-0,543	0,143	-0,943 (**)	1	
Ab	0,829 (*)	0,200	-0,771	-0,086	0,543	-0,257	-0,657	0,314	-0,029	-0,371	-0,771	0,714	1

**Tabla 3.** Análisis de correlación de Spearman entre las principales variables físico-químicas y biológicas en la laguna Sauce Grande. \*Correlación significativa (p<0,05). \*\*Correlación altamente significativa (p<0,01). T°: temperatura del agua en °C; OD: oxígeno disuelto; Cnd: conductividad; MPS: material particulado en suspensión; Clo-a: clorofila-a; MOP: materia orgánica particulada; Feo: feopigmentos; Turb: turbidez; Ab: abundancia.

**Table 3.** Spearman correlation analysis between the main physical-chemical and biological variables in Sauce Grande Shallow lake. \*Significant correlation (p <0.05). \*\*Highly significant correlation (p <0.01). T°: water temperature in °C; DO: dissolved oxygen; Cnd: conductivity; MPS: suspended particulate matter; Clo-a: chlorophyll-a; MOP: particulate organic matter; Feo: feopigments; Turb: turbidity; Tb: abundance.

## Discusión

La Laguna Sauce Grande comparte las características típicas de las lagunas pampásicas, como su escasa profundidad y mezcla constante (Ringuelet *et al.* 1967b) así como su elevada turbidez y carácter oligohalino, con una salinidad promedio de 0,335. En sistemas someros la turbidez se encuentra fuertemente influenciada por la acción del viento, el cual genera una continua resuspensión de los sedimentos en la columna de agua (Margalef 1983). La turbidez podría relacionarse también con una alta biomasa fitoplanctónica (Ferrer *et al.* 2012). Las altas concentraciones de MPS registradas durante este estudio (así como los bajos valo-

res de Secchi) nos permiten inferir su condición de laguna turbia, lo cual coincide con lo observado en otras lagunas de llanura de zonas templadas (e.g. Echaniz *et al.* 2009, Diovisalvi *et al.* 2010). Históricamente, la profundidad media de la laguna Sauce Grande fue cercana a los 3 m (Fornerón *et al.* 2010b), sin embargo, durante el período de estudio no superó 1,30 m. Esta disminución en la profundidad podría ser producto de la sequía que experimentó la región durante los años 2008 y 2009 (Fornerón 2013), lo cual pudo haber incrementado la concentración del material particulado en la columna de agua. Con respecto a la concentración de oxígeno, éste no sería un factor limitante durante el período estudiado. La elevada con-

centración de Clo-*a* y los valores obtenidos a través del índice de estado trófico de Carlson, reflejan el carácter eutrófico de la laguna Sauce Grande, lo cual también se evidencia a través del contenido de nutrientes en dicho cuerpo de agua.

La riqueza específica resultó baja en la laguna Sauce Grande, similar a lo mencionado para otros lagos hipohalinos de la región (Echaniz *et al.* 2012, Vignatti *et al.* 2012b). De los siete taxa registrados, dos especies de copépodos (*B. poopoensis* y *A. robustus*) y una de cladóceros (*M. micrura*) resultaron dominantes y representativas de la comunidad. Esta situación coincide con lo ya indicado por Alfonso (2013) en un estudio restringido a los meses del otoño de 2010, en el cual se observa la dominancia de los cladóceros en marzo y como fue cambiando esa dominancia gradualmente por los copépodos hacia el mes de mayo. Las abundancias registradas en la laguna Sauce Grande fueron menores a las mencionadas para otros cuerpos de agua hipohalinos de la región (Echaniz *et al.* 2009, Arora & Mehra 2009, Echaniz *et al.* 2012). Se destaca la presencia de *B. poopoensis*, especie característica en cuerpos de agua de salinidad elevada, coexistiendo con especies típicas de baja salinidad (e.g. Echaniz *et al.* 2009, Cabrera *et al.* 2013). Este copépodo es definido como "tolerante a la salinidad" y es común en lagos y lagunas salinos (5 a 90 g/L) (Menu-Marque *et al.* 2000). *B. poopoensis* resulta también dominante en otras lagunas pampeanas (e.g. El Carancho, Calderón), pero con abundancias mayores a las registradas en este estudio (e.g. Garibotti *et al.* 2009, Echaniz *et al.* 2015, Vignatti *et al.* 2016). Garibotti *et al.* (2009) también reportó abundancias mayores a las registradas en el presente trabajo, aunque el período de muestreo correspondió a la primavera del 2006. El copépodo omnívoro *A. robustus* es considerado como típico de sistemas eutróficos (Lacroix & Lescher-Moutoué 1991), con alta carga de nutrientes (Caramujo & Boavida 1999). Esta especie ha sido reportado como dominante en otras lagunas de la región (e.g. Chascomús, Don Tomás) (e.g. Diovisalvi *et al.* 2010, Echaniz *et al.* 2012) y se ha mencionado en estudios previos en la laguna Sauce Grande (Alfonso 2013). Con excepción de *D. spinulata*, la cual es comúnmente observada al sur de América del Sur y es considerada como típica de aguas hipohalinas frías de la Argentina (Olivier 1962), los cladóceros hallados durante este estudio representan especies típicas

de lagos de la región central de Argentina, caracterizados por salinidades intermedias a bajas (Ringuelet *et al.* 1967b, Echaniz & Vignatti 2010). Por otro lado, *D. spinulata* también puede detectarse, como en este caso, en entornos oligohalinos (Hoffmeyer 2004). El cladóceros más abundante y representativo fue *M. micrura*, comúnmente mencionada como taxón cosmopolita, de alta plasticidad ecológica y morfológica (Bonou & Saint-Jean, 1998, Petrusek *et al.* 2004).

En sistemas acuáticos donde peces planctívoros (como el pejerrey *O. bonariensis*) dominan la ictiofauna pelágica, la comunidad del zooplancton se caracteriza por el predominio de taxones de reducido tamaño (De Mott *et al.* 2010), similar a lo observado en el presente estudio. La presión de pastoreo ejercida por la población de pejerreyes es alta debido a que durante los estadios larvales y juveniles, su dieta consiste principalmente en cladóceros planctónicos de talla grande y secundariamente, en copépodos adultos (calanoideos y ciclopoideos) (Grosman & González Castelain 1996, Grosman *et al.* 2002). Estos resultados coinciden con los reportados para otras lagunas someras de la región (e.g. Echaniz *et al.* 2010, Diovisalvi *et al.* 2014). A modo de ejemplo, en la laguna Chascomús (localizada al este de la Región pampeana), la composición del zooplancton varía temporalmente en asociación a la presión de pastoreo ejercida por el pejerrey: cladóceros de talla grande en períodos de baja abundancia de peces y cladóceros de talla pequeña asociados con abundancias elevadas de los mismos (Diovisalvi *et al.* 2014). La dominancia de organismos planctónicos de talla pequeña, caracterizados por una baja eficiencia de filtración (Jeppesen *et al.* 2007b, Echaniz *et al.* 2010), podría a su vez explicar en parte los altos valores de turbidez (alta biomasa fitoplanctónica) registrados en la laguna bajo estudio.

## Conclusión

Considerando su carácter somero y homogeneidad, la laguna Sauce Grande puede caracterizarse como un ejemplo típico de laguna Pampeana (Ringuelet *et al.* 1972). Los resultados obtenidos evidencian que la comunidad del zooplancton de la laguna Sauce Grande estuvo principalmente representada por dos especies de copépodos (*B. poopoensis*, *A. robustus*) y una de cladóceros (*M. micrura*). Los copépodos dominaron en los meses más fríos del año, mientras que los cladóceros lo



hicieron sobre fines de la primavera. Esto último, podría asociarse a la marcada estacionalidad que experimenta la región (asociado a los cambios de temperatura). A su vez, los elevados niveles de turbidez registrados en esta laguna y la presencia de peces planctófagos (pejerrey) condicionarían la composición de cladóceros. Durante el presente trabajo, el zooplankton no mostró un patrón espacial claro. El carácter somero de la laguna, la morfología de su cuenca (plana y libre de obstáculos) y la acción del viento favorecerían la permanente mezcla de la masa de agua determinando así, la distribución homogénea del plancton, tanto vertical como horizontal.

## Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo en parte con la ayuda de una subvención del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global crn3038 (IAI), el cual es apoyado por National Science Foundation, EE.UU. (subvención GEO-1128040), también por el Instituto Interamericano para la investigación del cambio global crn3038 (IAI) (US NSF subsidio GEO-1128040). Los autores agradecen al Dr. Walter Melo la realización y diseño de los mapas de la laguna Sauce Grande.

## Referencias

- Alfonso MB. 2013. Estudio preliminar de la comunidad zooplanctónica de la Laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Tesis de grado. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional del Sur.
- APHA-AWWA-WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Clesceri LS, Greenberg AE & Eaton AD (eds.), 20th Edition. Washington. American Public Health Association.
- Arora J, Mehra NK. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in a shallow eutrophic, man-made hyposaline lake in Delhi (India): role of environmental factors. *Hidrobiologia* 626(1): 27-40.
- Bayly IAE. 1992. The Non-Marine Centropagidae (Copepoda: Calanoida) of the world. In: Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 2. Dumond, H. J. (coord.): 1-30. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Bonou CA. & Saint-Jean L. 1998. The regulation mechanisms and yield of brackish water populations of *Moina micrura* reared in tanks. *Aquaculture* 160: 69-79.
- Cabrera G, Vignatti A, Salinas V, Echaniz S & Mancini M. 2013. Preliminary Zooplankton Study of Six "Mercedinas" Lakes (San Luis, Argentina). *Research in Zoology* 3: 67-74.
- Caramujo MJ & Boavida MJ. 1999. Characteristics of the reproductive cycles and development times of *Copidodiaptomus numidicus* (Copepoda: Calanoida) and *Acanthocyclops robustus* (Copepoda: Cyclopoida). *Journal of Plankton Research* 21: 1765-1778.
- Carlson RE. 1977. A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography* 22(2): 361-369.
- Cassie R. 1971. Sampling and statistics. En: Edmonson WT & Winberg GG (Eds.). A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters, IBP Handbook 17. Oxford: Blackwell, Science Publishers, pp. 174-209.
- Claps MC, Gabbellone NA & Benítez HH. 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio-temporal variations. *International Journal of Limnology* 40: 201-210.
- Clarke KR & Warwick RM. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. UK: Natural Environment Research Council, Plymouth Marine Laboratory. Complex Palearctic. *Limnology Oceanography* 56 (2012): 1838-1845.
- Cony NL, Ferrer NC & Cáceres EJ. 2014. Evolución del estado trófico y estructura del fitoplancton de un lago somero de la región pampeana: laguna Sauce Grande (Pcia. de Buenos Aires, Argentina). *Biología Acuática* 30: 79-91.
- DeMott WR, McKinney EN & Tessier AJ. 2010. Ontogeny of digestion in *Daphnia*: implications for the effectiveness of algal defenses. *Ecology* 91: 540-548. doi: 10.1890/08-2103.1
- Diovisalvi N, Berasain G, Unrein F, Colautti D, Fermani P, Llamas M, Torremorell A, Lagomarsino L, Pérez G, Escaray R, Bustingorry J, Ferraro M & Zagarese H. 2010. Chascomús: estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología Austral* 20: 115 - 127.
- Diovisalvi N, Bohn V, Piccolo MC, Perillo GME & Zagarese HE. 2014. Shallow-lakes from the Central Plains of Argentina: An overview and worldwide comparative analysis of their basic limnological features. *Hydrobiologia* 752: 5-20.
- Eberlein K & Kattner G. 1987. Automatic method for the determination of orthophosphate and total dissolved phosphorous in the marine environment. *Fresenius Z. (ed.), Analytical Chemistry* 326: 354-357.
- Echaniz SA & Vignatti AM. 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 SA & Vignatti AM. 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: 133-141.
- Echaniz S, Vignatti AM, José de Paggi S & Paggi JC. 2005. Riqueza y composición del zooplankton de lagunas saladas de la región pampeana argentina. *Revista FABICIB* 9: 25-39.
- Echaniz SA, Vignatti AM & 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 SA, Vignatti AM, José de Paggi S & Cabrera G. 2010. El modelo de estados alternativos de lagos someros en La Pampa: comparación de Bajo de Giuliani y El Carancho. *La Pampa: Congreso Pampeano del Agua. Gobierno de la Provincia de LA PAMPA*, pp. 45-53.
- Echaniz SA, Vignatti MA, Cabrera GC & José de Paggi SB. 2012. Zooplankton richness, abundance and biomass of two hypertrophic shallow lakes with different salinity in central Argentina. *Biota Neotrópica* 12: 41-48.
- Echaniz S, Cabrera G & Vignatti A. 2015. The Ecology of the Saline Lakes in the Semiarid Pampa Central (Argentina): Limnologic Characterization and Zooplankton of Utracán. *Advances in Life Sciences* 5(3): 64-72.
- Fernández C. 2003. Calidad bacteriológica en aguas recreativas de la laguna Sauce Grande. Tesis de grado. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional del Sur.
- Ferrer NC, Cony NL & Piccolo MC. 2012. Caracterización del fitoplancton y estado Trófico de la laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) en el Otoño de 2010. *Biología Acuática* 27: 129-141.
- Fornerón CF. 2013. Hidrografía de la laguna Sauce Grande (provincia de Buenos Aires) en época de sequía. Tesis de Doctorado en Geografía. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur.
- Fornerón CF, Piccolo MC & Carbone ME. 2010a. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). *Revista Huellas* 14: 11-30.
- Fornerón CF, Piccolo MC, Cony NL & Ferrer NC. 2010b. Hidrografía de la laguna Sauce Grande durante el otoño de 2010 (Provincia de Buenos Aires). *GAEA* 22: 197-206.
- Garibotti EP, Cervellini M & Piccolo MC. 2009. Microcrustáceos planctónicos y características limnológicas de dos lagunas pampeanas (Buenos Aires, Argentina). *Limnética* 28: 91-104.
- Goulden CE. 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. *Transactions of the American Philosophical Society* 58 (6): 1-101.
- Grasshoff K. 1969. Un sistema de canal múltiple para análisis de nutrientes en aguas de mar con record de datos analógicos y digitales. *Avances en análisis automáticos. Technicon International Symposium, Chicago*, in Treguer P & Le Corre P (eds.) (1975) *Manuel D'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'autoanalyseur II Technicon*. Brest: Université de Bretagne Occidentale.
- Grasshoff K., Ehrhardt M & Kremling K (eds.). 1983. *Methods of seawater analysis*. Weinheim: Verlag Chemie.
- Grosman F & González Castelain J. 1996. Experiencias de alimentación y crecimiento con alevines de pejerrey (*Odontheistes bonariensis*) dirigidas a optimizar la siembra. *Revista Ictiología* 4: 5-10.
- Grosman F, Sanzano P & Agueria D. 2002. Aspectos bioecológicos del pejerrey *Odontheistes bonariensis* de la laguna de Monte. *Revista del Museo Argentino Ciencias Naturales* 4: 13-23.
- Hoffmeyer MS. 2004. Decadal change in zooplankton seasonal succession in the Bahía Blanca estuary, Argentina, following introduction of two zooplankton species. *Journal of Plankton Research* 26 (2): 181-189.
- Horne AJ & Goldman CR. 1994. *Limnology* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Izaguire I, Sánchez ML, Schiaffino MR, O'Farrell I, Huber P, Ferrer N, Zunino J, Lagomarsino L & Mancini M. 2015. Which environmental factors trigger the dominance of phytoplankton species across a moisture gradient of shallow lake? *Hydrobiologia* 752: 47-64.
- Jeppesen EM, Meerhoff B, Jacobsen R, Hansen M, Søndergaard JP, Jensen TL, Lauridsen T, Mazzeo N & Branco CWC. 2007b. Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation-the successful strategy varies with lake size and climate. *Hydrobiologia* 581: 269-285.
- Korovchinsky NM. 1992. *Sididae & Holopediidae (Crustacea: Daphniiformes)*. SPB Academic Publishing.
- Kotov AA. 2009. A revisión of *Leydigia* Kurz, 1985 (Anomopoda, Cladocera, Branchiopoda), and sub-generic differentiation within the genus. *Zootaxa* 2082: 1-68.
- Lacroix G & Lescher-Moutoué F. 1991. Interaction effects of nutrient loading and density of young-of-the-year cyprinids on eutrophication in a shallow lake: an experimental mesocosm study. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia Dott Marco de Marchi* 48: 53-74.
- Margalef R. 1983. *Limnología*. Barcelona: Ed. Omega.
- Menu-Marque S, Morrone JJ & 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.
- Olivier SR. 1962. Los cladóceros argentinos. Con claves de las especies, notas biológicas y distribución geográfica. *Revista del Museo de La Plata (N.S.)* 7(56): 173-269.
- Petrusek A, Černý M & Audenaert E. 2004. Large intercontinental differentiation of *Moina micrura* (Crustacea: Anomopoda): one less cosmopolitan cladoceran?. *Hydrobiologia* 526: 73-81.
- Quirós R. 2004. Sobre la Morfología de las Lagunas Pampeanas. *Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática* 3: 1-15.
- Quirós R, Rennella AM, Boveri Rosso J & Sosnovsky A. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12: 175-185.
- Ringuelet RA. 1972. *Ecología y biocenología del hábitat lagunar o lago de tercer orden de la Región Neotrópica templada (Pampasia sudoriental de la Argentina)*. *Physis* 21 (82): 5575.
- Ringuelet RA, Moreno I & Feldman E. 1967a. El Zooplankton de las lagunas de la Pampa Deprimida y otras aguas superficiales de la Llanura Bonaerense (Argentina). *Physis* 27: 187-200.
- Ringuelet RA, Salibián A, Clavérie E & Ilhero S. 1967b.

- Limnología química de las lagunas pampásicas (provincia de Buenos Aires). *Physis* 27 (74): 201-221.
- Sahagian D & Melack J. 1998. Global Wetland Distribution and Functional Characterisation: Trace Gases and the Hydrologic Cycle. Report from the Joint GAIM, BAHC, IGBP-DIS, IGAC, and LUCC Workshop, Santa Barbara, CA, USA: IGBP Report.
- Sokal RR & Rohlf FJ. 1995. *Biometry*. New York: Freeman.
- Strickland JD & Parsons TR. 1968. Determination of Particulate Organic Carbon. En: Strickland J.D. & Parsons T.R. (Eds.). *A practical handbook of seawater analysis*, Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa: The Alger Press, pp. 207-211.
- Vignatti A, Festa R, Cabrera G & Echaniz S. 2012b. Comparación luego de una década de parámetros limnológicos, riqueza y abundancia del zooplankton de una laguna salina de la provincia de La Pampa. *BioScriba* 5: 23-35.
- Vignatti AM, Cabrera GC & Echaniz SA. 2016. Biology of *Boeckella poopoensis* Marsh, 1906 (Copepoda, Calanoida) in natural conditions in temporary saline lakes of the central Argentina. *Biota Neotropica*, 16, 2: e20150063.
- Vymazal J. 1994. *Algae and element cycling in wetlands*. Florida, USA: CRC Press.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical analysis*. Third edition. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall International.