

# PRODUCTIVIDAD, ESTADO TRÓFICO Y DINÁMICA FITOPLANCTÓNICA EN LA LAGUNA SAUCE GRANDE Y SU AFLUENTE HOMÓNIMO (PCIA. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

NOELIA CONY<sup>1</sup>, NORA FERRER<sup>2</sup>, ANA MARTÍNEZ<sup>3</sup>, EDUARDO CÁCERES<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia

<sup>3</sup> UNS, Departamento de Química

E-mail: noeliacony@hotmail.com

**ABSTRACT.** The shallow lake Sauce Grande is located in the southwest of Buenos Aires province. It is a widening of the Sauce Grande River that flows in and out of the lake. The aim of this study is to estimate for the first time the primary productivity (PP) of this lake and to contrast the physiochemical variables, phytoplankton structure and trophic status with those of its main tributary. Monthly samplings (April-September 2014) were performed in the middle basin of the river and on the coast of the lake. We recorded *in situ* physical and chemical parameters with a multisensor Horiba U-10. Phytoplankton samples were collected with a plankton net for the qualitative study and with plastic bottles for quantitative analysis. The greatest physicochemical differences corresponded to turbidity and conductivity with values of 581.3 NTU and 9 mS/cm for the lake and 17.7 and 1.7, for the river. The average PP in the lake was 252.1 mg C/m<sup>3</sup>.h. Cyanobacteria were the most abundant taxonomic group in both systems, although its abundance was greater in the shallow lake. The Carlson index, based on the concentration of chlorophyll *a* and total phosphorus, identifies the lake as eutrophic, while the river was classified as oligo-mesotrophic according to the same variables. Our results suggest that the Sauce Grande Lake is an autotrophic system with a highly productive metabolism. The remaining production becomes biomass and accumulates within the system, in the form of high levels of phytoplankton abundance, in particular a massive proliferation of Cyanobacteria.

**Keywords:** Pampean region, Sauce Grande shallow lake, primary productivity, trophic state, Cyanobacteria.

**Palabras clave:** Región pampeana; Laguna Sauce Grande, productividad primaria, estado trófico, Cyanobacteria.

## INTRODUCCIÓN

La región pampeana de la República Argentina está constituida por grandes planicies que cubren el área central y nordeste del país, siendo la región geográfica más productiva del mismo (Quirós *et al.*, 2002a). En ella se verifica un importante desarrollo de humedales y de lagos poco profundos o lagunas (Iriondo, 1984, 1989), los que debido a una marcada alternancia de períodos climáticos secos y húmedos poseen características particulares. Estos cuerpos de agua estratifican térmicamente solo por períodos cortos, poseen tiempos de permanencia del agua y salinidades altamente variables y son naturalmente eutróficos

(Quirós & Drago, 1999; Quirós *et al.*, 2002b). Actualmente, estos ambientes, están bajo una marcada presión antrópica, como ser la creciente actividad agrícola-ganadera, erosión de los suelos y sedimentación en los humedales, regulación de los arroyos, canalizaciones y desecamiento de tierras anegadas, lo que incrementa aún más sus contenidos de nutrientes (Quirós *et al.*, 2005).

En la actualidad, las lagunas de la región pampeana están siendo muy estudiadas desde el punto de vista ecológico: se analiza su nivel trófico y cómo variables físicas y químicas (salinidad, turbidez, concentración de sólidos

disueltos, transparencia del agua) y ambientales (calentamiento global, precipitaciones) afectan su funcionamiento y dinámica biótica (Chaparro *et al.*, 2015; de Tezanos Pinto *et al.*, 2015; Diovisalvi *et al.*, 2015; Elisio *et al.*, 2015; Izaguirre *et al.*, 2015; Lagomarsino *et al.*, 2015; O'Farrell *et al.*, 2015).

Por otra parte, en los ecosistemas acuáticos, el estudio de las tasas de producción primaria es de gran importancia, ya que ésta constituye la producción de material orgánico en la parte inicial de la red trófica (Gil-Águilar *et al.*, 2013). En estos sistemas, el fitoplancton juega un rol fundamental. La distribución vertical de la productividad fitoplanctónica está determinada principalmente por la intensidad de la radiación lumínica, la disponibilidad de nutrientes, la transparencia y la mezcla del agua (Estévez, 1998). En ambientes ricos en nutrientes, la limitación a la penetración de la luz por la turbidez es uno de los factores más citados como mecanismo regulador de la producción fitoplanctónica (Cloern, 1996; Santamaría del Ángel *et al.*, 1996; Gameiro *et al.*, 2004). En los lagos poco profundos, la resuspensión de sedimentos por acción del viento juega un papel fundamental en esta limitación lumínica (Lagomarsino *et al.*, 2015). Los productores primarios del fitoplancton son los primeros en reflejar cambios en el ecosistema, los que luego se evidencian en los consumidores y finalmente en los descomponedores (Reynolds, 1984, 1997; Darley, 1987).

Por otro lado, el estado trófico de un cuerpo de agua es una propiedad íntimamente relacionada tanto con la estructura del ecosistema (relación entre sus componentes bióticos y abióticos) como con la influencia antrópica. Al aumentar la concentración de nutrientes se favorece la frecuencia de las floraciones algales, lo que a su vez incrementa la producción primaria. Los estados autotrófico y heterotrófico están definidos por las tasas de fotosíntesis y respiración que involucran los flujos de carbono, y ambos son usados para caracterizar los ecosistemas (Bermejo y González de Zayas, 2011).

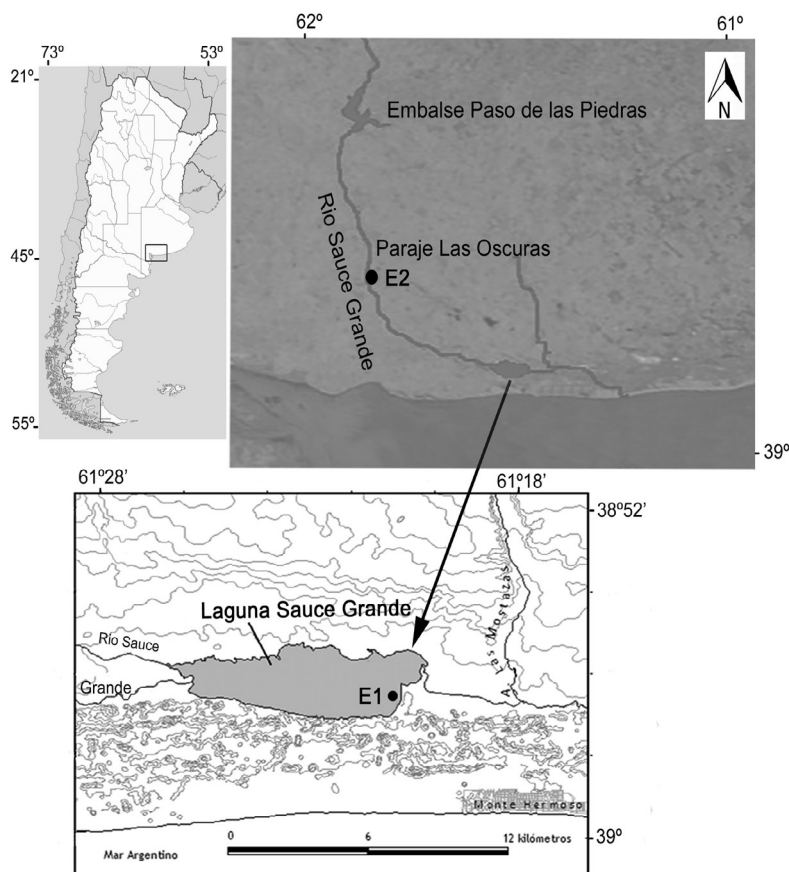
La laguna Sauce Grande es una típica laguna pampeana ubicada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en cercanías de la localidad turística de Monte Hermoso. Su principal afluente, y a la vez efluente, es el río

Sauce Grande, que entra a la laguna desde el oeste y sale por el este, poco antes de su desembocadura en el mar. Esta laguna ha sido definida como un cuerpo lagunar turbio, oligohalino, con pH alcalino, dominado por el fitoplancton (Ferrer *et al.*, 2012) y con una reciente evolución de su estado trófico, desde eutrófico a hipertrófico (Cony *et al.*, 2014). Asimismo se trata de un cuerpo de agua de importancia regional, ya que en él se realizan numerosas actividades recreativas y competitivas, como la pesca deportiva de pejerrey (*Odontesthes bonariensis* Valenciennes, 1835) y deportes náuticos; constituye también un importante reservorio de avifauna. Si bien desde el año 2010 se viene estudiando la microflora de la laguna, su estado trófico y diferentes aspectos ecológicos (Cony, 2010; Ferrer *et al.*, 2012; Cony *et al.*, 2014), no se había abordado, hasta ahora, el estudio de su producción primaria ni el rol que el fitoplancton cumple en el establecimiento de su nivel productivo. Por otra parte, son escasos los trabajos referidos al río Sauce Grande (Zavala y Quattrocchio, 2001; López Cazorla *et al.*, 2003) y, en particular, de su comunidad fitoplanctónica, sólo se conoce parcialmente su flora diatomológica (Vouilloud *et al.*, 2005). Además, no habían sido analizados aspectos ecológicos del fitoplancton (*i.e.* estado trófico, riqueza, composición y dinámica) ni la influencia del aporte de sus aguas a la laguna Sauce Grande. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron realizar la primera estimación de la productividad primaria (PP) de la laguna Sauce Grande, determinar la influencia del río homónimo en características físicas y químicas de esta laguna y en su comunidad fitoplanctónica, y caracterizar el estado trófico de ambos ambientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio comprendió la laguna Sauce Grande y el río homónimo (Figura 1). Estos ambientes se encuentran en la llanura pampeana, entre los 31° y 39° S, en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Desde el punto de vista biogeográfico, la zona se ubica en el límite entre las Provincias Pampeana y del Espinal siendo la vegetación predominante la



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio y los puntos de muestreo: E1, en la laguna Sauce Grande y E2, en el río homónimo.

estepa graminosa (Cabrera, 1976). El clima de la región es templado con veranos e inviernos bien definidos y primaveras y otoños moderados. Los valores medios mensuales de temperatura oscilan entre los 14°C y los 20°C. El valor medio anual de las precipitaciones en el partido de Coronel Dorrego, centro del sudoeste bonaerense, es de 669 mm (Sequeira, 2005), lo que le otorga al clima un carácter subhúmedo (Campo de Ferreras *et al.*, 2004).

La laguna Sauce Grande (38°57' S, 61°24' O) pertenece a la cuenca del río Sauce Grande y se presenta como un gran ensanchamiento de este río, el cual entra a la laguna desde el oeste y sale por el este, poco antes de su desembocadura en el mar (Cony *et al.*, 2014). La laguna posee un área de 21,55 km<sup>2</sup> (Fornerón *et al.*, 2010) y profundidades que oscilan entre 0,60 m y 1,80 m, siendo la profundidad media histórica de 1,40 m (Fornerón, 2013). Por su parte, el río Sauce Grande, es un afluente del Dique Paso de las Piedras, el más importante reservorio de

agua para consumo humano de las ciudades de Bahía Blanca, Punta Alta y su zona de influencia. Nace a 500 msnm en el sistema serrano de Ventania (Provincia de Buenos Aires) y termina en un umbral natural de cierre, lo que le permite mantener cierto nivel de agua y una constante renovación del caudal que baja desde el lago del Dique Paso de las Piedras (Paoloni *et al.*, 1972). La cuenca del río Sauce Grande posee tres partes o secciones diferenciadas: la cuenca alta, la cuenca media y la cuenca baja (Paoloni *et al.*, 1972). La porción estudiada fue la cuenca media, que comprende el recorrido desde la salida del embalse hasta la laguna Sauce Grande y divide al partido de Coronel Dorrego con el partido de Coronel Rosales.

### Diseño de muestreo

Se realizaron muestreos mensuales, durante el período abril-septiembre de 2014, en un punto litoral de la laguna (E1) y en un

punto intermedio de la cuenca media del río (E2), sobre el puente "Las Oscuras" (38°45'47" S, 61°42'44" O), ubicado en la ruta nacional N°3, km 633 (Figura 1). Las muestras destinadas al estudio cualitativo del fitoplancton se tomaron con red de plancton de 30 µm de apertura de malla y se fijaron *in situ* con formaldehído al 4%. Las muestras para el análisis cuantitativo se tomaron de modo subsuperficial con botellas plásticas de 200 ml y fijadas *in situ* con solución de Lugol.

### Variables físicas y químicas

Tanto en el río como en la laguna se registraron *in situ* la temperatura del agua (°C), la turbidez (UNT), el pH, la conductividad (mS/cm) y la salinidad (UPS), mediante un multisensor Horiba U-10. También se tomaron muestras para determinar la concentración de clorofila *a*, de acuerdo al método espectrofotométrico recomendado por APHA (1998). El estado trófico de la laguna se estableció mediante la aplicación del Índice de Estado Trófico de Carlson (Carlson, 1977) utilizando los valores de concentración de clorofila *a* en superficie (TSI (Cl *a*)) y la concentración de fósforo total (TSI (PT)). La determinación del estado trófico del río, con las mismas variables, se basó en los trabajos de Dodds *et al.* (1998) y Van Nieuwenhuysse & Jones (1996). Ambos ambientes se caracterizaron respecto a su concentración salina siguiendo a Ringuelet *et al.* (1967).

La estimación de la productividad primaria fitoplanctónica se realizó solo en el sitio E1, donde se incubaron *in situ* botellas claras y oscuras por duplicado, en botellas vidrio de borosilicato de 300 ±5 ml con tapa esmerilada durante dos horas, incluyendo al mediodía solar. Luego, fueron fijadas *in situ* con sulfato manganoso y solución alcalina de yoduros según el método de Winkler, y transportadas al laboratorio en condiciones de baja temperatura y oscuridad. Se empleó espectrofotometría para cuantificar las diferencias en las concentraciones de oxígeno disuelto, según Labasque *et al.* (2004). Para la conversión a mg C/m<sup>3</sup>.h se utilizó el factor 0,312 (Ramírez y Alcaráz, 2002). Se analizaron las relaciones de: producción/respiración (P/R), respiración/biomasa (R/B) y eficiencia fotosintética (P/B), donde B se refiere a la biomasa fitoplanctónica estimada en térmi-

nos de concentración de clorofila *a*.

### Muestras biológicas

Para las determinaciones taxonómicas, las muestras se observaron con microscopios ópticos Leitz SM Luxy Zeiss Axiolab con contraste de fases y fluorescencia, con equipo fotográfico incorporado. Para la identificación se consultó bibliografía especializada (Bourrelly, 1966; Hindák, 1977, 1984, 1988, 1990; Komárek & Fott, 1983; Komárek & Anagnostidis, 1999, 2005) y estudios similares en lagunas pampeanas (Guarrera *et al.*, 1968, 1972). Para la observación de diatomeas se eliminó la materia orgánica mediante oxidación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y calor. Se realizaron preparados permanentes con resina tipo Naphrax para su análisis bajo microscopio óptico y preparados convencionales para microscopía electrónica de barrido, a fin de lograr la identificación a nivel de especie, siguiendo a Krammer & Lange-Bertalot (1986) y Simonsen (1987), entre otros.

Los recuentos se efectuaron de manera diferencial para las muestras de la laguna y el río. En el primer caso, se utilizó una cámara de recuento tipo Sedgwick-Rafter (1 ml de capacidad) y se siguió el método de Mc Alice (1971); mientras que para las muestras del río se utilizó una cámara de sedimentación de 10 ml y se siguió el método de Utermöhl (1958). En ambos casos se utilizó un microscopio zinvertido Nikon Eclipse TE 300, con cámara Nikon Digital Sight DS-U2 incorporada. Los resultados de abundancia se expresaron en células/ml. Se calculó el biovolumen que considera el volumen de las formas dimensionales de los organismos en combinación con el conteo al microscopio (Vörös & Padisák, 1991). Para el volumen celular (µm<sup>3</sup>/ml) se asignó una forma geométrica conocida a cada especie, de acuerdo a Hillebrand *et al.* (1999).

### Análisis estadístico

Para establecer la significancia de la variación temporal y espacial de características fisicoquímicas y abundancia fitoplanctónica registradas en el río y la laguna se efectuó un análisis de varianza, previa constatación de los supuestos requeridos. Además, con el fin de determinar qué variables físicas y químicas

**Tabla 1.** Valores promedio mensual ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (DS), mínimo y máximo de las variables físicas y químicas registradas en la laguna Sauce Grande y en el río homónimo durante el período abril-septiembre de 2014.

	Laguna Sauce Grande				Río Sauce Grande			
	$\bar{X}$	DS	Mínimo	Máximo	$\bar{X}$	DS	Mínimo	Máximo
pH	9,6	0,4	9,1	10,0	8,7	0,5	8,2	9,4
Conductividad (mS/cm)	9,0	3,3	5,7	15,0	1,7	0,1	1,5	1,8
Salinidad (UPS)	0,5	0,2	0,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,1
Temperatura agua (°C)	10,8	4,6	5,0	17,0	10,6	3,3	6,9	14,8
Turbidez (UNT)	581,3	65,1	456,0	632,0	17,7	4,3	11,0	22,1
Profundidad (m)	0,5	0,0	0,5	0,6	0,9	0,3	0,6	1,2
Oxígeno disuelto (mg/L)	11,0	0,8	10,4	12,5	9,7	1,0	8,3	11,2
Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	49,6	19,6	28,3	80,2	2,4	0,8	1,2	3,2
Fósforo total (mg/m <sup>3</sup> )	61,1	28,9	38,1	118,1	31,6	15,3	6	46

del ambiente afectan la productividad de la laguna y la abundancia fitoplanctónica en el río Sauce Grande, se realizaron correlaciones de Spearman entre los factores bióticos y abióticos. En ambos análisis, se utilizó el programa InfoStat versión estudiantil (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS

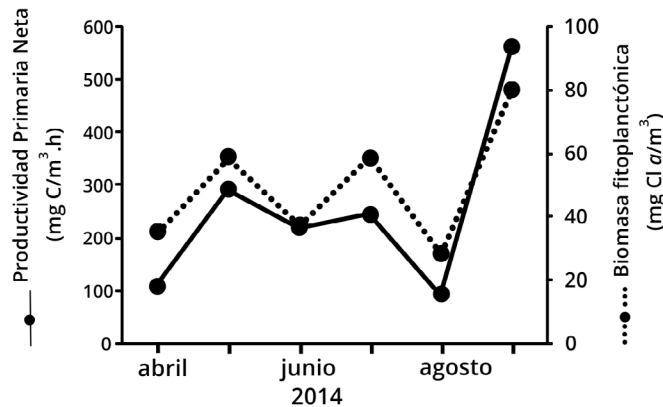
Variables físicas y químicas

Los parámetros físicos y químicos registrados tanto en el río como en la laguna Sauce Grande (Tabla 1) evidenciaron diferencias entre ambos ambientes, fundamentalmente en el pH ( $p < 0,01$ ;  $F = 13,6$ ), conductividad ( $p < 0,01$ ;  $F = 29,04$ ), salinidad ( $p < 0,01$ ;  $F = 27,4$ ), turbidez ( $p < 0,01$ ;  $F = 447,2$ ) y profundidad ( $p < 0,01$ ;  $F = 10,3$ ). La laguna Sauce Grande se caracteriza como

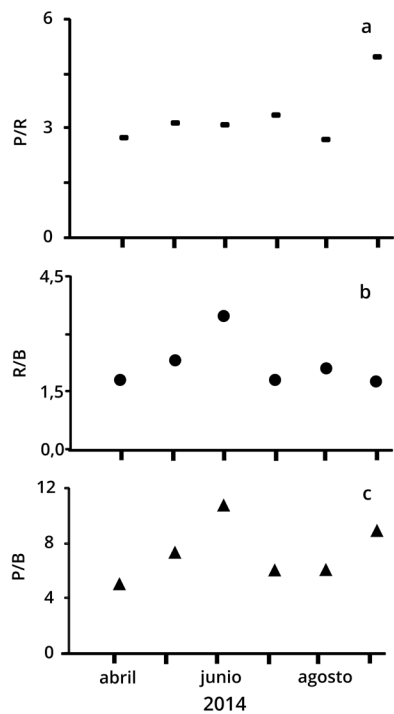
oligohalina (0,5-5,0 g/L), mientras que el río se define como hipohalino ( $< 0,5$  g/L). Los registros promedio de oxígeno disuelto (OD) (Tabla 1) en el agua representan un porcentaje de saturación de oxígeno de 103% y 86,5%, respectivamente.

En función a los valores de CI *a* y de PT registrados en la laguna (Tabla 1), el TSI (CI *a*) osciló entre 72 y 82, con un valor promedio de 77, mientras que el TSI (PT) varió entre 57 y 73, con una media de 62, lo que permitió caracterizar a la laguna como eutrófica en base a ambos parámetros. En el río Sauce Grande, los valores de CI *a* y de PT lo sitúan en el límite entre oligotrófico-mesotrófico.

Durante el período estudiado en la laguna Sauce Grande, los valores máximos de la productividad primaria neta (PPN), la productividad primaria bruta (PPB) y la respiración (R) se registraron en septiembre,



**Figura 2.** Variación de la PPN y la biomasa fitoplanctónica en términos de concentración de clorofila *a* para la laguna Sauce Grande, durante el período abril-septiembre de 2014.



**Figura 3.** Variación promedio de la relación a) pro-ducción-respiración (P/R), b) respiración-biomasa (R/B) y c) eficiencia fotosintética (P/B).

uno de los meses más cálidos del periodo estudiado (Tabla 2). La variación de la PPN en el período estudiado siguió la misma tendencia que la biomasa fitoplanctónica en términos de concentración de clorofila *a* (Figura 2). La relación promedio de P/R fue de 2,9; la R/B de 1,9 y la eficiencia fotosintética (P/B) de 6,3 (Figura 3, Tabla 2).

Fitoplancton

Cualitativamente se identificaron representantes de las mismas divisiones, en

ambos ambientes, aunque la riqueza de cada grupo fue diferente. En la laguna Sauce Grande se identificaron 54 taxones, de los cuales 23 correspondieron a Chlorophyta (43%), 20 a Bacillariophyta (37%), 10 a Cyanobacteria (18%) y 1 (2%) a Ochrophyta. Se destaca la presencia de taxones como *Chlamydomonas* sp. y *Ochromonas* sp., sin citas previas para este ambiente. Por su parte, en el río Sauce Grande, la riqueza fue de 38 taxones identificados, siendo Bacillariophyta el grupo más diverso con 22 taxones (58%), seguido por Chlorophyta con 8 taxones identificados (21%), Cyanobacteria con 6 (16%) y Ochrophyta y Dinophyta con 1 taxón identificado (2,5%) para cada uno (Tabla 3). Se destaca la presencia exclusiva en el río de *Peridinium* sp. y de numerosas diatomeas (*i.e.* *Asterionella* sp., *Chaetoceros muelleri*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *C. placentula* var. *lineata*, *Navicula* aff. *gregaria*, *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp., *Surirella brebissonii* (Tabla 3).

Los valores de abundancia fitoplanctónica total en el río y la laguna Sauce Grande mostraron diferencias altamente significativas ( $p<0,01$ ;  $F=296,12$ ), y no se hallaron diferencias en los valores medios registrados entre los meses estudiados ( $p>0,1$ ;  $F=0,99$ ). En ambos ambientes Cyanobacteria fue el grupo más abundante. En la laguna Sauce Grande la abundancia fitoplanctónica osciló entre  $8,12 \times 10^5$  y  $1,22 \times 10^6$  cél./ml para junio y septiembre de 2014, respectivamente (Figura 4). Cyanobacteria registró una abundancia máxima de  $1,07 \times 10^6$  cél./ml en mayo y septiembre de 2014, representando el 96 y 88% de la abundancia total en ambos meses. En el río Sauce Grande, los valores disminuyeron notoriamente, siendo los valores extremos de 21 y 62 cél./ml para julio y mayo de 2014, respectivamente. Cyanobacteria registró

**Tabla 2.** Variación promedio mensual ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (DS), mínimo y máximo de los parámetros (Biomasa: B, productividad primaria neta: PPN, respiración: R y productividad primaria bruta: PPB) y relaciones de productividad primaria para la laguna Sauce Grande en el período abril-septiembre de 2014.

	$\bar{X}$	DS	Mínimo	Máximo
B (mg/m³)	49,6	19,6	28,3	80,2
PPN (mg C/m³.h)	252,1	170,1	90,9	561,1
R (mg C/m³.h)	95,6	54,9	63,3	141,8
PPB (mg C/m³.h)	341,4	239,2	172,8	702,9
Relación PPB/R	2,9	1,6	2,7	5,0
Relación R/B	1,9	1,1	1,8	3,5
Eficiencia fotosintética (PPB/B)	6,3	3,7	4,9	10,7



**Tabla 3.** Taxones identificados en la laguna Sauce Grande y en el río homónimo durante el período estudiado.

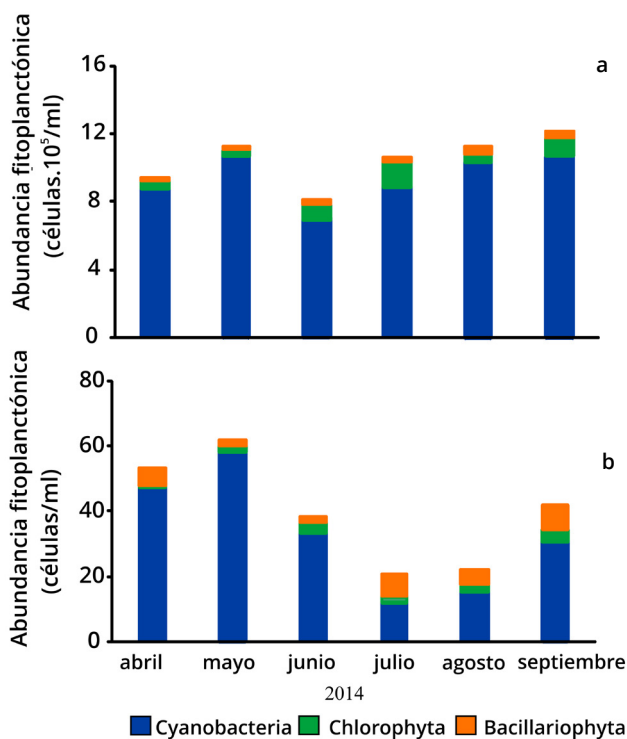
TAXONES IDENTIFICADOS	LAGUNA	RIO
<b>Chlorophyta</b>		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	x	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	x	x
<i>Closterium</i> cf. <i>gracile</i> Brébisson ex Ralfs	x	
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	x	x
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> var. <i>minutum</i> Deflandre	x	
<i>Eutetramorus</i> cf. <i>fotii</i> (Hindák) Komárek	x	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	x	x
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	x	x
<i>M. tortile</i> (West & West) Komárková-Legnerová	x	x
<i>Oocystella marsonii</i> (Snow) Hindák	x	
<i>Oocystis borgei</i> Snow	x	
<i>O. eremosphaeria</i> Smith	x	
<i>Oocystis</i> sp.	x	
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Meneghini	x	
<i>P. duplex</i> Meyen	x	
<i>Planctonema lauterbornii</i> Schmidle	x	x
<i>Quadricoccus ellipticus</i> Hortobágyi	x	
<i>Scenedesmus nanus</i> Chodat	x	
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) de Brebisson	x	
<i>Schoederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	x	x
<i>Tetraedron minimun</i> (Braun) Hansgirg	x	
<i>T. muticum</i> (Braun) Hansgirg	x	x
<i>Tetrastrum staurogenieforme</i> (Schröder) Lemmermann	x	
<b>Cyanobacteria</b>		
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & West	x	
<i>A. holsatica</i> (Lemmermann) Cronberg et Komárek	x	
<i>A. nubilum</i> Komárek et Kling	x	x
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann	x	x
<i>C. vacuolatus</i> Skuja	x	x
<i>Cyanodictyon planctonicum</i> Meyer	x	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	x	x
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek	x	
<i>Synechocystis salina</i> Wislouch	x	x
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek	x	x
<b>Dinophyta</b>		
<i>Peridinium</i> sp.		x
<b>Bacillariophyta</b>		
<i>Amphiprora</i> sp.	x	x
<i>Asterionella</i> sp.		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	x	
<i>Campylodiscus</i> sp.	x	x
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann		x
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow		x
<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) van Heurck		x
<i>Craticula</i> aff. <i>accomoda</i> (Hustedt) Mann	x	x
<i>Cyclotephanos</i> cf. <i>patagonicus</i> Guerrero & Echenique	x	
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	x	x
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	x	x
<i>G. aff. olivaceum</i> (Hornemann) Kützing	x	x
<i>Hippodonta</i> sp.	x	x
<i>Navicula</i> aff. <i>gregaria</i> Donkin		x
<i>N. aff. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	x	x
<i>Navicula</i> sp.	x	x
<i>Nitzschia</i> sp.		x
<i>Pinnularia</i> sp.		x
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i> (Pantocsek) Hartley	x	
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 1	x	x
<i>Pseudostaurosira</i> sp. 2	x	x
<i>Rhopalodia</i> aff. <i>gibberula</i> (Ehrenberg) Müller	x	
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	x	
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot		x
<i>S. striatula</i> Turpin	x	x
<i>Thalassiosira patagonica</i> Maidana	x	x
<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	x	x
<i>T. levidensis</i> W.Smith	x	
<b>Ochrophyta</b>		
<i>Ochromonas</i> sp.	x	x

un máximo de abundancia de 58 cél./ml en julio de 2014, concentrando el 88% de la abundancia total (Figura 4). En ambos ambientes, las especies dominantes fueron *Aphanocapsa nubilum* y *Synechocystis salina*.

En lo que respecta al biovolumen fitoplanctónico, tanto en el río como en la laguna, Bacillariophyta fue el grupo taxonómico dominante, aunque la magnitud de los valores se mostró diferente en ambos ambientes ( $p < 0,01$ ;  $F = 64,4$ ) no se hallaron diferencias entre los meses analizados ( $p > 0,1$ ;  $F = 1,001$ ). En el río, el biovolumen osciló entre  $680 \mu\text{m}^3/\text{ml}$  en junio de 2014 y  $7.776 \mu\text{m}^3/\text{ml}$  en septiembre de 2014. En este último mes, las diatomeas concentraron el 95% del biovolumen total ( $7.400 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ ), siendo *Amphiprora* sp., *C. placentula* var. *euglypta*, *C. placentula* var. *lineata*, *Gyrosigma* sp., *Navicula* sp. y *Pseudostaurosira* sp. 2 los que más aportaron. En la laguna Sauce Grande, los valores variaron entre  $9 \times 10^6$  y  $2 \times 10^7 \mu\text{m}^3/\text{ml}$  en mayo y septiembre de 2014, respectivamente. Bacillariophyta constituyó el 51% del biovolumen

total ( $1,1 \times 10^7 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) y *Staurosira construens* fue la diatomea dominante.

En términos generales, los diferentes parámetros de PP se mostraron relacionados negativamente con la turbidez, conductividad, salinidad, pH y el OD (Tabla 4), mientras se evidenció una relación positiva con la concentración de Cl a (Figura 2). Además, esta última variable, se correlacionó negativamente con la turbidez del sistema y el OD. El biovolumen fitoplanctónico se relacionó significativamente con la temperatura (relación positiva) y con el OD (relación negativa). La abundancia fitoplanctónica (cél./ml) mostró correlación positiva con la PPB, PPN y R, mientras que con el pH, turbidez, conductividad y salinidad fue negativa muy significativa (Tabla 4). En el río, se determinó una correlación altamente significativa y negativa entre la abundancia fitoplanctónica y la profundidad ( $r_s = -0,8$ ,  $p < 0,01$ ) y con el OD ( $r_s = -0,9$ ,  $p < 0,01$ ). La turbidez y el biovolumen se relacionaron positiva y significativamente ( $r_s = 0,71$ ,  $p < 0,05$ ). La



**Figura 4.** Abundancia fitoplanctónica (cél./ml) de los grupos representados en la laguna Sauce Grande (a) y río homónimo (b) durante el período abril-septiembre de 2014.



**Tabla 4.** Matriz de correlaciones de las variables físicas, químicas y los parámetros de productividad primaria (productividad primaria neta: PPN, productividad primaria bruta: PPB y respiración: R) de la laguna Sauce Grande. Nótese que se presentan las relaciones con nivel de significación  $p<0,05$  y  $p<0,01$  (negrita).

	PPN	R	PPB	pH	Conductividad	Salinidad	Temperatura	Turbidez	Oxígeno disuelto
R	0,90								
PPB	0,90	1,00							
pH		-0,82	-0,82						
Conductividad		-0,70	-0,70	0,59					
Salinidad		-0,89	-0,89	0,68	0,93				
Turbidez	-0,60	-0,60							
Profundidad				0,67			-0,65		
Oxígeno disuelto	-0,60							0,70	
Clorofila <i>a</i>	0,94	0,70	0,70					-0,71	-0,70
Biovolumen							0,71		-0,70
Células/ml	0,60	0,70	0,70	-0,79	-0,77	-0,65		-0,60	

concentración de Cl *a* mostró una correlación positiva y significativa con el OD ( $r_s=0,6$ ,  $p<0,05$ ), mientras que con la salinidad fue positiva y altamente significativa ( $r_s=0,83$ ,  $p<0,01$ ). Además la profundidad y el OD mostraron entre sí una relación altamente significativa y positiva ( $r_s=0,87$ ,  $p<0,01$ ).

### DISCUSIÓN

En los sistemas acuáticos, la importancia del estudio de la productividad primaria reside en el conocimiento de la tasa de incorporación del carbono inorgánico por parte del fitoplancton, como primer eslabón de la trama trófica en estos ambientes (Roldán y Ramírez, 2008; Montoya y Aguirre, 2010; Gil-Águilar *et al.*, 2013).

Quirós *et al.* (2005) manifiestan que el efecto en la resuspensión del sedimento por acción del viento es un factor de importancia en el funcionamiento de las lagunas pampeanas, debido principalmente a su baja profundidad media. En este sentido, James *et al.* (2004) mencionan que la turbulencia impulsada por el viento se considera con frecuencia un factor clave en muchos lagos poco profundos, especialmente en aquellos carentes de vegetación acuática sumergida, tal como ocurre en el sitio E1 de la laguna estudiada. Lagomarsino *et al.* (2015) señalan que una pequeña turbulencia puede ser suficiente para retrasar la sedimentación de las células de fitoplancton y otras partículas, afectando la producción primaria y las tasas

de crecimiento, así como la cantidad de luz bajo el agua. Estas ideas se relacionan con el concepto de turbidez en el sistema. Dada la elevada abundancia fitoplanctónica registrada en el período estudiado, se esperaría que la turbidez en la laguna Sauce Grande fuera de naturaleza orgánica, como en 2012 (Cony *et al.*, 2014). Sin embargo, esta variable presentó una correlación negativa tanto con la abundancia fitoplanctónica como con la concentración de clorofila *a*. En relación a ello, podría especularse que la turbidez del sistema tendría, además, un componente de naturaleza inorgánica, atribuible a la resuspensión de los sedimentos por acción del viento, en vista de su carácter somero. Así, el factor “viento”, no evaluado en este estudio, y sus implicancias en la turbidez del sistema, debiera ser considerado en futuras investigaciones. Por otra parte, se evidenció falta de correlación entre la abundancia fitoplanctónica y la concentración de Cl *a*, sugiriendo que el componente orgánico de la turbidez del sistema estaría subestimado. En relación a esto, Ramírez y Alcaráz (2002) mencionan el efecto que tiene el tamaño celular en la dispersión de la luz incidente y la transparencia del cuerpo de agua. Estos autores señalan que esta dispersión es mayor cuanto menor es el tamaño de las células de la comunidad, siendo mayor la sensibilidad del disco de Secchi. Además, las células de pequeño tamaño, tales como las cianobacterias dominantes en el período estudiado (*i.e.* *A. nubilum* y *S. salina*), aportan

mucha clorofila al sistema. En este sentido, podría especularse que la presencia de ácidos húmicos u otros componentes, orgánicos o inorgánicos, podrían estar interfiriendo en el método espectrofotométrico de *Cl a* (Hernández *et al.*, 2011) y podrían estar limitando y subestimando la cuantificación del pigmento. Los parámetros de PP (PPN, PPB y R) se relacionaron positivamente tanto con la abundancia fitoplanctónica como con la concentración de *Cl a*. Además, la variación de la PPN en el período estudiado siguió la misma tendencia que la biomasa fitoplanctónica, en términos de concentración de *Cl a*. De estas relaciones surge que, para la laguna Sauce Grande, el principal productor de carbono orgánico es el fitoplancton, dada su prevalencia como factor dominante en la columna de agua del sistema. Margalef (1983) menciona que en lagos de agua dulce, el fitoplancton de pequeño tamaño, como el dominante en el sistema estudiado, contribuye de manera excesiva a la clorofila y más aún a la producción. De acuerdo con Ramírez y Alcaráz (2002), los valores más altos que la unidad para las relaciones P/R y R/B indican la existencia de un desbalance entre la fotosíntesis y respiración del sistema, siendo un desbalance positivo hacia una producción neta superior al gasto, que queda disponible para los diferentes niveles tróficos de la trama. La eficiencia o productividad (P/B) indicaría una alta eficacia del fitoplancton, de acuerdo a los valores considerados por Margalef (1983). Es por ello, que los resultados de esta investigación sugieren que la laguna Sauce Grande es un sistema con metabolismo de tipo autotrófico y en el que la energía disponible para los demás grupos tróficos es producida dentro del sistema. En este cuerpo de agua, la producción sobrante se convierte en biomasa y se acumula dentro del mismo, en forma de una alta abundancia fitoplanctónica, en especial de pequeñas cianobacterias con mayor contenido relativo de clorofila y una tasa de renovación elevada, que aportan significativamente a la producción. Sin embargo, las mismas cianobacterias responsables en gran medida de la elevada PP, serían responsables también, como ya se señalara, de la turbidez de las aguas y de la dispersión de la luz, por lo que podrían convertirse en un factor limitante para la producción de carbono orgánico en caso de

que su abundancia continuara aumentando. Por otra parte, los elevados valores de pH, las altas concentraciones iónicas y el elevado valor de OD, se relacionaron negativamente con las fracciones de la PP. En este sentido, se debe tener presente que la alta tasa fotosintética puede elevar la fotorrespiración y disminuir la producción, ya que provoca un déficit de CO<sub>2</sub> libre, efecto más comúnmente observado para lagos eutróficos (Esteves, 1998). Además, en los lagos muy someros de aguas eutrofizadas existe una respiración microbiana, representada principalmente por bacterias pequeñas (< 1 µm). Estas circunstancias podrían explicar las relaciones inversas señaladas, y deberían tomarse en cuenta en próximos estudios.

En el río Sauce Grande, la existencia de una relación altamente significativa y negativa entre la abundancia fitoplanctónica y la profundidad sugiere que la distribución del fitoplancton sería superficial. Además, existe un componente positivo entre la profundidad y el OD, lo que indicaría que no existirían condiciones anaeróbicas en la zona profunda del río, probablemente gracias al flujo y la turbulencia que se produce en los cursos de agua generando su reoxigenación (Margalef, 1983). Por último, el OD se relacionó positivamente con la concentración de *Cl a*, lo cual pondría de manifiesto el papel de las microalgas (potamoplancton) en la productividad del río. El río presentó un nivel de eutrofia en el límite de oligo-mesotrófico (Dodds *et al.*, 1998). La correlación significativa ( $r_s=0,81$ ;  $p < 0,05$ ) entre la concentración de *Cl a* y PT coincide con lo señalado para otros ríos templados, y sería la concentración de PT una fuente confiable para la determinación de biomasa para este tipo de ríos (Van Nieuwenhuysse & Jones, 1996).

El río y la laguna Sauce Grande evidenciaron diferencias, tanto en características biológicas como en variables físicas y químicas. Las mismas podrían deberse al escaso aporte de agua del río a la laguna durante el período estudiado, lo que pone de manifiesto, además, la elevada dependencia de la laguna Sauce Grande de las precipitaciones *in situ*. Sin embargo, en un período posterior al presentado en este trabajo, y cuyos datos aún no han sido publicados, se observaron similitudes entre ambos ambientes, que podrían atribuirse a un aumento de la descarga de agua del río en la laguna.

## AGRADECIMIENTOS

El financiamiento de este trabajo fue realizado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y la Universidad Nacional del Sur (UNS), PGI UNS (Cód. 24/B196).

## REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA).** (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington DC.
- Bermejo, M.G. y González de Zayas, R. (2011).** Productividad primaria en Laguna Larga, Cayo Coco, Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 3: 31-41.
- Bourrelly, P. (1966).** Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique, Saint-André-des Arts, Paris.
- Cabrera, A. (1976).** Regiones Fitogeográficas Argentinas. Buenos Aires, Argentina: Ed. Acme S.A.C.I.
- Campo de Ferreras, A., Capelli de Steffens, A. y Diez, P. (2004).** El clima del Sudoeste Bonaerense. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Carlson, R. (1977).** A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*, 22 (2): 361-369.
- Chaparro, G., Fontanarrosa, M.S., Cataldo, D. & O'Farrell, I. (2015).** Hydrology driven factors might weaken fish predation effects on zooplankton structure in a vegetated warm temperate floodplain lake. *Hydrobiologia*, 752: 187-202.
- Cloern, J.E. (1996).** Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Revue of Geophysics*, 34: 127-168.
- Cony, N.L. (2010).** Estudio del fitoplancton de la Laguna Sauce Grande, Provincia de Buenos Aires. Tesina de Grado. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Cony, N.L., Ferrer, N.C. y Cáceres, E.J. (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.
- Darley, W.M. (1987).** *Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico*. México: Ed. Limusa.
- De Tezanos Pinto, P., Lombardo, R., O'Farrell, I. & Izaguirre, I. (2015).** Drivers shaping phytoplankton diversity and composition in a humid Pampas floodplain lake (Natural Reserve). *Hydrobiologia*, 752: 77-89.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, W.C. (2008).** InfoStat (Versión 2008). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Diovisalvi, N., Bohn, V.Y., Piccolo, M.C., Perillo, G.M. E., Baigún, C. & Zagarese, H.E. (2015).** Shallow lakes from the Central Plains of Argentina: an overview and worldwide comparative analysis of their basic limnological features. *Hydrobiologia*, 752: 5-20.
- Dodds, W.K., Jones, J.R. & Welch, E.B. (1998).** Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water Research*, 32(5): 1455-1462.
- Elisio, M., Vitale, A. & Miranda, L.A. (2015).** Influence of climate variations on Chascomús shallow lake thermal conditions and its consequences on the reproductive ecology of the Argentinian Silverside (*Odontesthes bonariensis*, Actinopterygii, Atherinopsidae). *Hydrobiologia*, 752: 155-166.
- Esteves, F. (1998).** *Fundamentos de Limnología*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda.
- Ferrer, N.C., Cony, N.L., Fornerón, C.F. y Piccolo, M.C. (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, C.F. (2013).** Hidrografía de la Laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires) en época de sequía. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía, Bahía Blanca.
- Fornerón, C.F., Piccolo, M.C., Cony, N.L. y Ferrer, N.C. (2010).** Hidrografía de la Laguna Sauce Grande durante el otoño de 2010 (Provincia de Buenos Aires). *Contribuciones*

- Científicas Sociedad Argentina de Estudios Geográficos-GAEA, 462(22): 197-206.
- Gameiro, C., Cartaxana, P., Cabrita, M.T. & Brotas, V. (2004).** Variability in chlorophyll and phytoplankton composition in an estuarine system. *Hydrobiologia*, 525: 113-124.
- Gil-Águilar, J., Labastida-Estrada, E., Mineros-Ramírez, R., Ramírez-Pérez, E. y Romero, R.M. (2013).** Estimación de la producción primaria y biomasa del fitoplancton y su relación con algunas condiciones ambientales en la Laguna de Chautengo, Guerrero (Febrero de 2009). *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 2(4): 1-16.
- Guarrera, S.A., Cabrera, S., López, E. y Tell, G. (1968).** Fitoplancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires I. Área de la Pampa deprimida. *Revista Museo de La Plata (Nueva Serie) (Bot.)*, 10 (49): 223-331.
- Guarrera, S.A., Malacalza, L. y López, F.P. (1972).** Fitoplancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie) (Bot.)*, 67: 161-222.
- Hernández, E., Aguirre, N.J. y Palacio, J.A. (2011).** Relación entre la determinación del pigmento Clorofila a y el Biovolumen geométrico algal en un lago de planicie de inundación (Ciénaga Ayapel, Córdoba-Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 60: 159-169.
- Hillebrand, H., Dürselen, C.D., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T. (1999).** Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35(2): 403-424.
- Hindák, F. (1977).** Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). I. Biologické Práce.
- Hindák, F. (1984).** Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). III. Biologické Práce.
- Hindák, F. (1988).** Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV. Biologické Práce.
- Hindák, F. (1990).** Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) V. Biologické Práce.
- Iriondo, M. (1984).** The Quaternary of northeastern Argentina. En: J Rabassa (Ed). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, Volumen 2(4). (pp. 51-78).
- Iriondo, M. (1989).** Quaternary lakes of Argentina. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 70(1): 81-88.
- Izaguirre, I., Sánchez, M.L., Schiaffino, M.R., 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 489 shallow lakes? *Hydrobiologia*, 752: 47-64.
- James, W.F., Best, E.P. & Barko, J.W. (2004).** Sediment resuspension and light attenuation in Peoria Lake: can macrophytes improve water quality in this shallow system? *Hydrobiologia*, 515: 193-201.
- Komárek, J. & Fott, B. (1983).** Das Phytoplankton des Süßwasser Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u Obermiller) Stuttgart, Germany.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999).** Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Gustav Fischer. Jena Stuttgart- Lübeck- Ulm.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005).** Süßwasserflora von Mitteleuropa Cyanoprokaryota. 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. Büdel, B.; Krienitz, L.; Gärtner, G. y M Schagerl.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986).** Bacillariophyceae I. Fischer Verlag, New York.
- Labasque, T., Chaumery, C., Aminot, A. & Kergoat, G. (2004).** Spectrophotometric Winkler determination of dissolved oxygen: reexamination of critical factors and reliability. *Marine Chemistry*, 88: 53-60.
- Lagomarsino, L., Diovisalvi, N., Bustingorry, J., Escaray, R. & Zagarese, H.E. (2015).** Diel patterns of total suspended solids, turbidity, and water transparency in a highly turbid, shallow lake (Laguna Chascomús, Argentina). *Hydrobiologia*, 752: 21-31.
- López Cazorla, A., Durán, W. y Tejera, L. (2003).** Alimentación de la ictiofauna del río Sauce Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Biología Acuática*, 20: 73-79.
- Margalef, R. (1983).** Limnología. Barcelona: Ed. Omega.
- Mc Alice, B.J. (1971).** Observations on the small-scale distributions of estuarine phytoplankton. *Marine Biology*, 7: 100-111.
- Montoya, Y. y Aguirre, N. (2010).** Dinámica de la producción primaria fitoplanctónica en un

- lago tropical (ciénaga Escobillitas) a lo largo del pulso de inundación. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 55: 76-89.
- O'Farrell, I., Vinocur, A. & de Tezanos Pinto, P. (2015).** Long-term study of bloom-forming cyanobacteria in a highly fluctuating vegetated floodplain lake: a morpho-functional approach. *Hydrobiologia*, 752: 91-102.
- Paoloni, J.D., Tujchneider, O.C. y Luque, J.A. (1972).** Caracterización hidrológica de la cuenca del Río Sauce Grande en primera fase. *Investigaciones Agropecuarias INTA*, V (IX): 1-20.
- Quirós, R. & Drago, E. (1999).** The environmental state of Argentinean lakes: an overview. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 4: 55-64.
- Quirós, R., Rennella, A.M., Boveri, M.B., Rosso, J.J. y Sosnovsky, A. (2002a).** Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12: 175-185.
- Quirós, R., Rosso, J.J., Rennella, A.M., Sosnovsky, A. y Boveri, M.B. (2002b).** Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia*, 27(11): 584-591.
- Quirós, R., Boveri, M.B., Petracchi, C.A., Rennella, A., Rosso, J.J., Sosnovsky, A. y von Bernard, H. (2005).** Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. En: Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T. & Sidagis Galli, C. (Eds.). *Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle*. Instituto Internacional de Ecologia, Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, Academia Brasileira de Ciências, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Inter-Academy Panel on International Issues, InterAmerican Network of Academies of Sciences, (pp 1-16). Brasil.
- Ramírez, J.J. y Alcaráz, H. (2002).** Dinámica de la producción primaria fitoplanctónica en un sistema eutrófico tropical: Laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Caldasia*, 24: 411-423.
- Reynolds, C.S. (1984).** *The Ecology of Freshwater phytoplankton*. Cambridge University.
- Reynolds, C.S. (1997).** *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Oldendorf (Germany): Ed. Ecology Institute ECI.
- Ringuelet, R.A., Salibián, A., Claverie, E. y Ilhero, S. (1967).** *Limnología química de las lagunas pampásicas* (Provincia de Buenos Aires). *Physis*, 27(74): 201-221.
- Roldán, G.E. y Ramírez, J.J. (2008).** *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.
- Santamaría del Ángel, E., Millán-Núñez, R. y De la Peña-Nettel, G. (1996).** Efecto de la turbidez en la productividad primaria en dos estaciones en el área del delta del Río Colorado. *Ciencias Marinas*, 22: 483-493.
- Sequeira, M. (2005).** Régimen pluviométrico. En: Paoloni, J. D. y González Uriarte, M., (Eds.). *Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego* (Provincia de Buenos Aires), 1ra Edición. (108 pp). Bahía Blanca: EdiUns.
- Simonsen, R. (1987).** *Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt*. J. Cramer, Berlin & Stuttgart.
- Utermöhl, M. (1958).** Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. (For the perfection of quantitative phytoplankton methodology). *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9: 1-38.
- Van Nieuwenhuysse, E.E. & Jones, J.R. (1996).** Phosphorus-chlorophyll relationships in temperate streams and its variation with stream catchment area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(1): 99-105.
- Vörös, L. & Padisák, J. (1991).** Phytoplankton biomass and chlorophyll-a in some shallow lakes in central Europe. *Hydrobiologia*, 215 (2): 111-119.
- Vouilloud, A.A., Sala, S.E. y Sabbatini, M.R. (2005).** Diatomeas perifíticas de la cuenca del río Sauce Grande (Buenos Aires, Argentina). *Iheringia*, 60(1): 77-89.
- Zavala, C. y Quattrocchio, M. (2001).** Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56(1): 25-37.