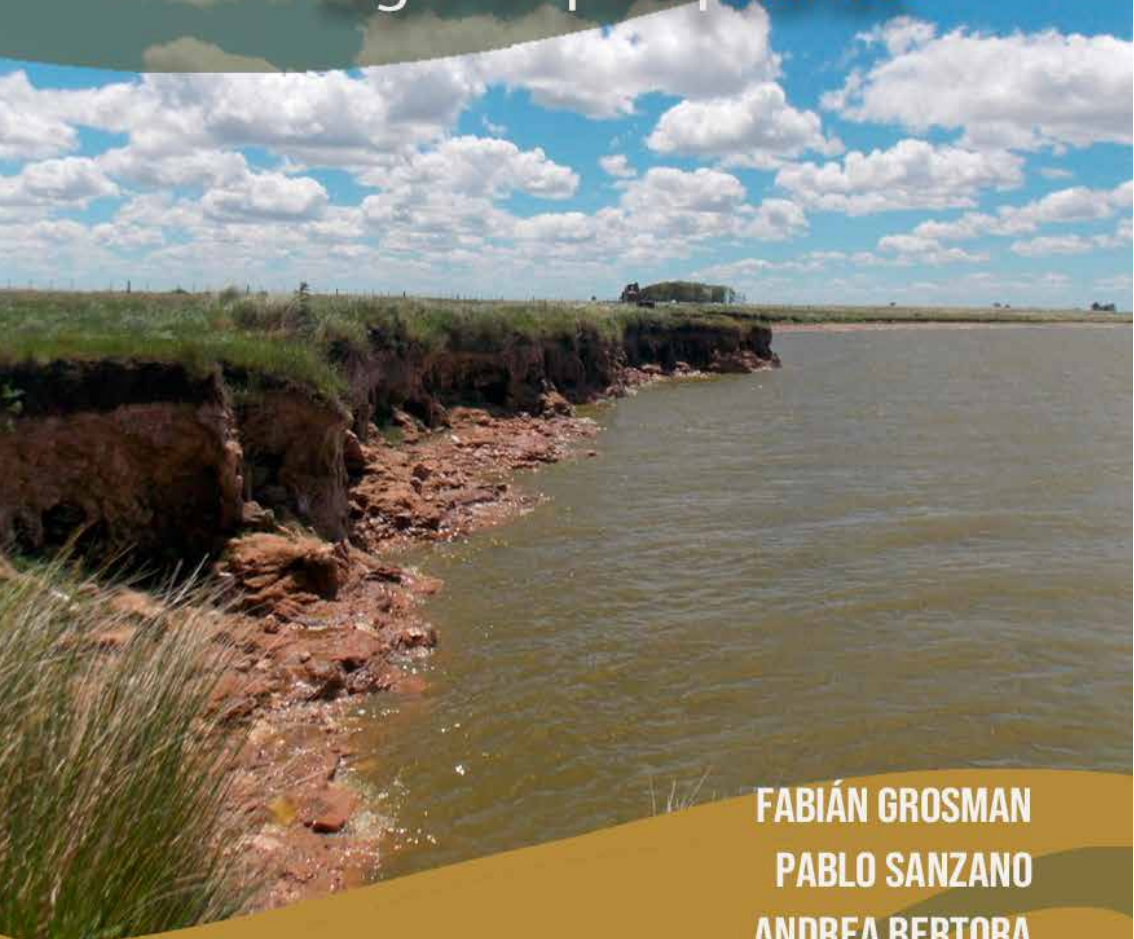


Destino



La Barrancosa.

Una invitación a conocer
lagunas pampeanas.



**FABIÁN GROSMAN
PABLO SANZANO
ANDREA BERTORA**

2019

EDITORES

Destino:

La Barrancosa.

**Una invitación a conocer
lagunas pampeanas.**

Grosman, Fabián

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas / Fabián Grosman ; Pablo Sanzano ; Andrea Bertora; compilado por Fabián Grosman; Pablo Sanzano; Andrea Bertora. - 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-658-495-5

1. Laguna. 2. Desarrollo Rural de la Región Pampeana. I. Grosman, Fabián, comp. II. Sanzano, Pablo, comp. III. Bertora, Andrea , comp. IV. Título. CDD 918.213

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas

Fabian Grosman, Pablo Sanzano y Andrea Bertora, (editores).

Diseño

Maribel Macchione

Fotografías de carátulas

Imágenes de lagunas pampeanas de Paula Mariluis, Florencia Castets y editores

Primera edición

noviembre de 2019

ISBN 978-950-658-495-5

Como citar: Grosman, F., P. Sanzano y A. Bertora (eds.). 2019.

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas.

Participantes

ALFONSO, MARÍA BELÉN.

BAIGÚN, CLAUDIO

BERASAIN, GUSTAVO EMILIO.

BERTORA, ANDREA.

BUSTINGORRY, JOSÉ.

CANZIANI, GRACIELA ANA.

CASTETS, FLORENCIA.

COLASURDO, VIVIANA.

COLAUTTI, DARÍO.

CORTELEZZI, AGUSTINA.

DEL FRESNO, PAMELA.

DEL PONTI, OMAR.

DIOVISALVI, NADIA.

ENTRAIGAS, ILDA.

ESCARAY, ROBERTO.

FERRATI, ROSANA.

FONTANARROSA, M. SOLEDAD.

FUSÉ, VICTORIA SUSANA.

GARCÍA DE SOUZA, JAVIER R.

GEREA, MARINA.

GIANSAnti SPLENDIANI, LORENA.

GLOK GALLI, MELISA.

GÓMEZ ROMERO, FACUNDO.

GROSMAN, FABIÁN.

GUZMÁN, SERGIO ALEJANDRO.

HERRERA, VICTORIA.

IZAGUIRRE, IRINA.

JULIARENA, MARÍA PAULA.

LAGOMARSINO, LEONARDO.

MAESTRI, MARÍA LAURA.

MANCINI, MIGUEL.

MARILUIS, PAULA.

MERLOS, CRISTINA SOLEDAD.

MESSINEO, PABLO.

MIR, FERNANDO CARLOS.

MIRANDA, LEANDRO.

PADÍN, DAMIÁN ALBERTO.

PERILLO, GERARDO M. E.

PICCOLO, MARÍA CINTIA.

PRIANO, MARÍA EUGENIA.

QUIROGA, MARÍA VICTORIA.

REQUESENS, EDUARDO.

ROJAS MOLINA, FLORENCIA.

ROSSO, JUAN JOSÉ.

SALINAS, VÍCTOR.

SÁNCHEZ, MARÍA LAURA.

SANZANO, PABLO.

UNREIN, FERNANDO.

VELASCO, CLAUDIA ALEJANDRA.

VITALE, ALEJANDRO.





ÍNDICE

CAPÍTULO

1

El Ángel de La Barrancosa 15
ILDA ENTRAIGAS

2

Las poblaciones indígenas prehispánicas en las lagunas pampeanas. El caso de “La Barrancosa” 18
PABLO G. MESSINEO

3

A la vera de la laguna Barrancosa había un fortín... Investigaciones arqueológicas en Fortín Otamendi (1858- 1869). 32
FACUNDO GÓMEZ ROMERO

4

La vida de una laguna: un ensayo sobre la sucesión ecológica. 48
JUAN JOSÉ ROSSO

5

Lagunas y agroecología. El valor de los cuerpos de agua como factor de agrobiodiversificación regional. 67
CRISTINA S. MERLOS Y EDUARDO REQUESENS

6

Uso de Imágenes Satelitales para el Estudio de las Lagunas Pampeanas. El Caso de La Barrancosa. 77
GRACIELA CANZIANI, FLORENCIA CASTETS, MARÍA L. MAESTRI Y ROSANA FERRATI

7

Utilidad del monitoreo lagunar ambiental con boyas multiparamétricas en la región pampeana: Laguna La Barrancosa 100
MARÍA B. ALFONSO, ALEJANDRO J. VITALE, GERARDO M. E. PERILLO Y MARÍA C. PICCOLO

8

El “ADN” de la laguna La Barrancosa: su origen y características hidrogeoquímicas e isotópicas 114
MELISA GLOK GALLI Y VIVIANA COLASURDO

9

¿Qué son “los nutrientes” en los ecosistemas acuáticos? 126
LEONARDO LAGOMARSINO, JOSÉ BUSTINGORRY Y ROBERTO ESCARAY

10

Contribución natural de la Laguna La Barrancosa a los Gases de Efecto Invernadero: aspectos metodológicos y estudio de las emisiones de metano. 131
VICTORIA S. FUSÉ, M. EUGENIA PRIANO, M. PAULA JULIARENA Y SERGIO A. GUZMÁN

11

Los organismos más diminutos de Laguna La Barrancosa: El picoplancton 144
MARINA GEREÁ, MARÍA V. QUIROGA Y FERNANDO UNREIN

12

Estructura del Fitoplancton de la laguna La Barrancosa 151
IRINA IZAGUIRRE Y MARÍA L. SÁNCHEZ

13

**Animales abundantes y diminutos en la laguna:
el zooplancton.** 164
M. SOLEDAD FONTANARROSA, FLORENCIA ROJAS MOLINA, M. BELÉN ALFONSO,
JAVIER R. GARCÍA DE SOUZA Y NADIA R. DIOVISALVI

14

**Invertebrados acuáticos del fondo
de la laguna La Barrancosa** 174
AGUSTINA CORTELEZZI

15

Los peces de las lagunas de la ecorregión Pampeana 180
DARÍO COLAUTTI, JAVIER GARCÍA DE SOUZA Y CLAUDIO BAIGÚN

16

**Ni Nemo ni Dory, con ustedes: Los peces de la laguna
La Barrancosa** 199
ANDREA BERTORA, PABLO SANZANO Y FABIÁN GROSMAN

17

**Influencia de la temperatura del agua sobre la época de
desove del pejerrey** 212
LEANDRO A. MIRANDA Y PAMELA S. DEL FRESNO

18

**Experiencias de cultivo de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*)
en la Estación Hidrobiológica Chascomús** 224
CLAUDIA A. VELASCO, GUSTAVO E. BERASAIN, DAMIÁN A. PADÍN Y FERNANDO C. MIR

19

**La pesca recreativa-deportiva del pejerrey: una actividad
masiva y dinamizadora** 237
FABIÁN GROSMAN, MIGUEL MANCINI, OMAR DEL PONTI,
PABLO SANZANO Y VÍCTOR SALINAS

20

**Contexto, laguna y territorio. La pesca deportiva en
La Barrancosa.** 255
CRISTINA S. MERLOS Y FABIÁN GROSMAN

21

Aves más notorias de laguna La Barrancosa 265
LORENA GIANSANTI SPLENDIANI Y VICTORIA HERRERA

**Proyecto Argentino de Monitoreo
y Prospección de Ambientes Acuáticos
(PAMPAA)** 284



CAPÍTULO 12



Estructura del fitoplancton de la laguna La Barrancosa

Irina Izaguirre y María L. Sánchez

Introducción

El fitoplancton de las lagunas de la región pampeana ha sido objeto de estudio en numerosas investigaciones previas (e.g. Izaguirre y Vinocur, 1994b; Allende et al., 2009; Casco et al., 2009; Torremorell et al., 2009; Mac Donagh et al., 2009; Iachetti y Llames, 2015; Izaguirre et al., 2015; Sánchez et al., 2015). En algunos de estos trabajos se evidenció que la estructura de esta comunidad está fuertemente influenciada por el estado estable o régimen que presentan las lagunas, es decir si se trata de lagunas claras o turbias. En este sentido, los trabajos de Quirós et al. (2002 y 2006) fueron los primeros en plasmar claramente tres tipos de lagunas pampásicas: claras vegetadas, turbias con elevada biomasa de fitoplancton y turbias inorgánicas. Estos trabajos postulan que históricamente una gran parte de las lagunas de la región habrían sido claras con elevado desarrollo de vegetación arraigada sumergida, pero el incremento de las actividades antrópicas (agricultura, ganadería, canalizaciones, urbanización, etc.) sería la causa del cambio de régimen de la mayoría de las lagunas hacia un estado turbio con mayor biomasa algal. Estudios llevados a cabo mediante imágenes satelitales (Kosten et al., 2012) también mostraron estos cambios, particularmente reportaron que un 68 % de lagunas que eran claras en 1987 se observaban turbias en 2005, y se hipotetizó que el cambio en el uso de la tierra en la región sería la principal causa asociada.

En relación al fitoplancton, los primeros trabajos en evidenciar las diferencias en la estructura de la comunidad entre lagunas claras vegetadas y turbias de la región pampeana fueron los de Izaguirre y Vinocur (1994a y 1994b), revelando que las lagunas claras vegetadas presentaban una abundancia significativamente menor de fitoplancton, mayor diversidad y mayor proporción de nano-fitoplancton; asimismo se caracterizaban por la ausencia de floraciones algales en el período cálido. Posteriormente, el trabajo de Allende et al. (2009), además de lagunas claras vegetadas y turbias con elevada biomasa de fitoplancton, incluyó a cuerpos de agua turbios inorgánicos; los resultados mostraron diferencias en la estructura de la comunidad y en la productividad primaria entre las lagunas. Izaguirre et al. (2012) mostraron las diferencias en la diversidad funcional del fitoplancton entre los tres estados mencionados de lagunas, comparando tres clasificaciones funcionales distintas de esta comunidad.

Actualmente la mayoría de las lagunas de la región pampeana, de características eutróficas, tienen una elevada biomasa de fitoplancton con tendencia al desarrollo de floraciones algales, principalmente en el período cálido (Izaguirre et al., 2012 y 2015). Por otro lado, se ha demostrado que existe un sinergismo entre la eutrofización cultural y el aumento de temperatura debido al cambio climático, lo que potenciaría el desarrollo de floraciones fitoplanctónicas, particularmente de cianobacterias (e.g. Paerl y Huisman, 2009; Moss et al., 2011; Paerl y Paul, 2012; Paerl, 2017). Otros dos factores que influyen en la estructura de las comunidades algales de las lagunas de la región son el grado de conectividad con ambientes lóticos y las fluctuaciones hidrológicas (Solari y Mac Donagh, 2014).

Los primeros resultados obtenidos en relación al fitoplancton en el proyecto PAMPAA, en el cual se analizaron lagunas ubicadas a lo largo de un gradiente latitudi-

nal y geográfico de humedad, revelaron que las floraciones fitoplanctónicas estivales persisten hasta el otoño en varios cuerpos de agua, y que la estructura de la comunidad está influenciada por la transparencia del agua, la conductividad y variables asociadas al grado trófico (Izaguirre et al., 2015). Asimismo, este trabajo puso de manifiesto la importancia de las fluctuaciones hidrométricas en las lagunas. Por otro lado, al realizar un meta-análisis de cianobacterias de la Argentina se obtuvo que muchas de las lagunas pampeanas estudiadas en el mismo proyecto presentaban floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas (O'Farrell et al., 2019), habiéndose determinado la presencia de microcistinas en varias muestras. Por lo tanto, debido a la importancia de las lagunas como recursos acuáticos claves en la región es crucial el monitoreo del fitoplancton, particularmente de las especies que producen floraciones.

En lo que respecta a la laguna La Barrancosa, no se registran trabajos publicados sobre la ecología del fitoplancton. Grosman y Sanzano (2008) en base a la concentración de clorofila a fitoplanctónica y nutrientes la caracterizaron como eutrófica y turbia, condición compartida con otras lagunas cercanas incluidas en el trabajo. Plastani et al. (2019) llevaron a cabo un trabajo paleolimnológico en el cual analizaron en los testigos extraídos del fondo de la laguna los pigmentos fotosintéticos como indicadores biológicos. Surge de los resultados que los cambios más importantes estarían asociados a la variabilidad hidrológica y a actividades antrópicas que incrementaron la eutrofización del cuerpo de agua. Los cambios sedimentológicos, geoquímicos y de variables biológicas indican que la eutrofización se aceleró a partir de la década del 90; los estudios mostraron incrementos más notorios de algunos pigmentos asociados a las cianobacterias en los últimos años.

En este capítulo se evalúa la estructura del fitoplancton de la laguna La Barrancosa, a partir de la densidad y biovolumen, composición de grupos algales, diversidad de especies y de grupos funcionales.

Materiales y métodos

El estudio cubrió un período de tres años consecutivos (2014 - 2016) evaluándose la estructura de la comunidad estacionalmente conformando un total de 12 muestras para análisis cuali y cuantitativos; las primeras se obtuvieron con red de fitoplancton de 20 µm de poro y se fijaron con formol al 2-4%. Para los análisis cuantitativos se recolectaron muestras de agua en botellas de plástico y se fijaron con lugol acidificado al 1%. Las muestras se conservaron en frío y oscuridad.

Los recuentos se realizaron bajo microscopio invertido siguiendo la metodología de Utermöhl (1958). Los organismos se determinaron hasta el más detallado nivel taxonómico posible, para lo cual se utilizó literatura adecuada para cada grupo algal y se tomaron imágenes de especímenes con una cámara fotográfica adosada al instrumental óptico. Una vez obtenidas las abundancias de los distintos taxones se procedió a determinar el biovolumen de cada uno de ellos, para lo cual se realizó la aproximación de cada célula a una figura geométrica utilizando las fórmulas propuestas en Hillebrand et al. (1999). Se clasificaron los organismos en los distintos grupos funcionales de acuerdo a 3 clasificaciones: Reynolds et al. (2002) actualizada por Padisák et al. (2009), Salmaso y Padisak (2007) y Kruk et al. (2010).

Se calcularon también la riqueza (S), la equitatividad y el índice de diversidad de Shannon-Weaver. Se determinaron cuáles fueron los taxones dominantes en cada uno de los muestreos. Los datos físicos y químicos utilizados proceden del proyecto PAMPAA.

Resultados

Se registraron en total 52 especies (Tabla 1), variando la riqueza entre 11 a 26 acorde a la muestra. La equitatividad fluctuó entre 0,185 y 0,489; la diversidad tuvo un rango entre 1,03 y 2,13; las variaciones temporales observadas en los dos primeros parámetros explicarían el patrón estacional en la diversidad (Figura 1). La densidad total de fitoplancton varió entre 70.866 y 397.293 ind/ml, correspondiendo estos valores a otoño de 2014 y de 2016, respectivamente (Figura 2).

Tabla 1. Lista de especies registradas en el fitoplancton de La Barrancosa en el período 2014-2016

Cyanobacteria	Chlorophyta
<i>Anabaenopsis jenkinsii</i>	<i>Ankistrodesmus spiralis</i>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>
<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Cosmarium laeve</i>
<i>Chroococcus</i> cf. <i>limneticus</i>	<i>Cosmarium</i> cf. <i>praecisum</i> var. <i>suecicum</i>
<i>Eucapsis</i> sp.	<i>Dictyosphaerium chlorelloides</i>
<i>Merismopedia minima</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Phormidium</i> sp.	<i>Franceia ovalis</i>
<i>Planktolingbya contorta</i>	<i>Fusola viridis</i>
<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i>	<i>Lagerheimia genevensis</i>
	<i>Lobocystis planctonica</i>
Bacillariophyceae	<i>Monoraphidium contortum</i>
<i>Anomooneis sphaerophora</i>	<i>Monoraphidium griffithii</i>
<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Monoraphidium komarukovae</i>
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Monoraphidium minutum</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Monoraphidium subclavatum</i>
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
<i>Nitzschia palea</i>	<i>Oocystis marssonii</i>
<i>Nitzschia sigma</i>	<i>Oocystis parva</i>
<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Oocystis solitaria</i>
<i>Rophalodia biceps</i>	<i>Pediastrum boryaman</i>
<i>Surirella ovata</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
Euglenophyceae	<i>Scenedesmus opoliensis</i>
<i>Euglena</i> cf. <i>oxyuris</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Euglena</i> sp.	<i>Schroederia setigera</i>
<i>Phacus pseudonordestii</i>	<i>Sphaerocystis schroeterii</i>
<i>Phacus</i> sp.	<i>Tetraedron minimum</i>
Cryptophyceae	
<i>Cryptomonas erosa</i>	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	

En cuanto al biovolumen algal, los mayores valores se registraron en primavera 2014 ($9,30 \times 10^8 \mu\text{m}^3/\text{ml}$) y verano 2016 ($4,56 \times 10^8 \mu\text{m}^3/\text{ml}$), mientras que en otoño 2015 se observó el menor valor del período analizado ($3,81 \times 10^8 \mu\text{m}^3/\text{ml}$); al igual que para la densidad, se aprecia claramente un patrón estacional asociado a la temperatura, con una mayor biomasa en el período cálido y notorias disminuciones en otoño/invierno.

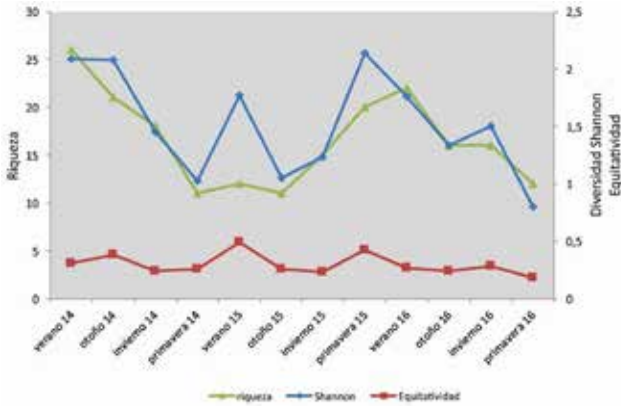


FIGURA 1. VARIACIÓN DE LA RIQUEZA, DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD EN LA LAGUNA LA BARRANCOSA.

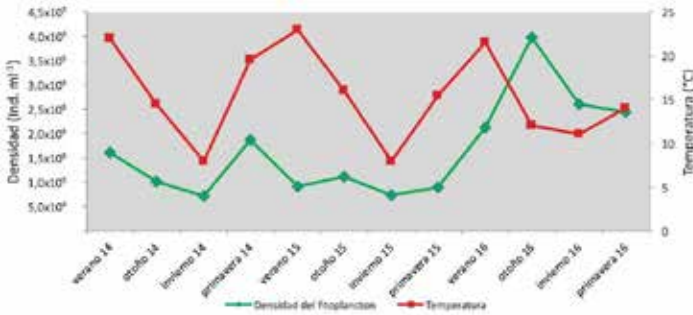


FIGURA 2. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA DENSIDAD FITOPLANCTÓNICA TOTAL Y DE LA TEMPERATURA.

La dinámica temporal del fitoplancton siguió un patrón similar al de la variación de la temperatura, con mayores densidades en los períodos más cálidos y menores en invierno (Figura 2). Para el biovolumen se aprecia el mismo patrón estacional asociado a la temperatura, con una mayor biomasa en el período cálido y notorias disminuciones en otoño/invierno (Figura 3), obteniéndose una correlación positiva significativa entre ambas variables ($r=0,60$; $p=0,038$).

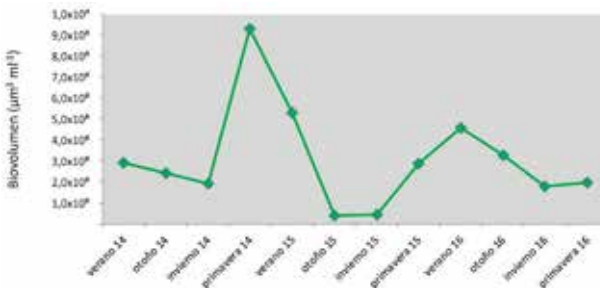


FIGURA 3. VARIACIÓN ESTACIONAL DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO TOTAL.

Las concentraciones de clorofila fitoplanctónica evaluadas en el marco del proyecto PAMPAA, también muestran la elevada biomasa algal, ya que los valores en las fechas analizadas variaron entre 66 y 278 $\mu\text{g/L}$ (con la mayor parte de los valores por encima de 130 $\mu\text{g/L}$), lo que es indicativo de un estado netamente eutrófico. Asimismo, la condición turbia de la laguna se evidencia a partir de los valores del Secchi que variaron entre 15 y 44 cm para los mismos muestreos.

En lo que respecta a los grandes grupos fitoplanctónicos, en términos de densidad (Figura 4a), las cianobacterias fueron notoriamente dominantes hasta el verano 2016, variando a lo largo de todo el período estudiado entre 7480 y 160.236 ind/ml. Entre el otoño y la primavera de 2016 las clorofitas superaron en porcentaje a las cianobacterias, alcanzando su mayor contribución en la primavera 2016; la densidad de este grupo varió entre 5980 y 248.031 ind/ml para todo el período considerado. El tercer grupo en importancia de acuerdo a la densidad fue el de las diatomeas, las que variaron entre 1575 y 40.787 ind/ml. Considerando el biovolumen (Figura 4b), si bien las cianobacterias también fueron dominantes en muchas fechas de muestreo, se aprecia una contribución mayor de las clorofitas en otoño/invierno 2015, otoño/invierno 2016 y primavera 2016 (en esta fecha de muestreo superaron un 90% del biovolumen total de fitoplancton).

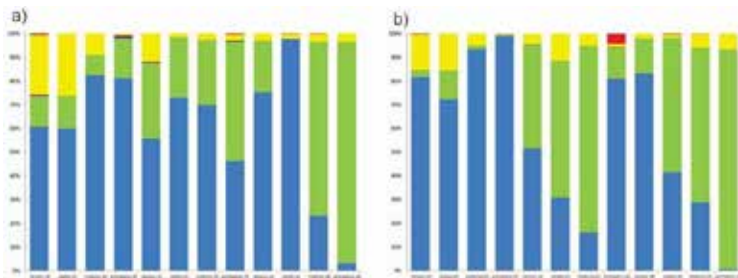


FIGURA 4. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PROPORCIÓN RELATIVA DE LOS GRUPOS FITOPLANCTÓNICOS: a) DENSIDAD; b) BIOVOLUMEN. CIANOFITAS EN AZUL, CLOROFITAS EN VERDE, CRIPTOFITAS EN VIOLETA, DIATOMEAS EN AMARILLO Y EUGLENOFITAS EN ROJO.

Entre las especies dominantes en densidad se destacaron tres cianobacterias: *Aphanocapsa delicatissima* (con picos en primavera 2014 y verano 2016), *Planktolyngbya contorta* (con picos en verano 2014/otoño 2015 y verano/otoño 2016) y *Aphanothece* sp. (con un pico en verano 2015). Por otro lado, una pequeña desmidiacea, *Cosmarium* cf. *praecisum* var. *suecicum*, y *Monoraphidium komarkovae* presentaron picos de densidad en 2016. Otras especies frecuentemente registradas, relativamente abundantes en el período estudiado, fueron: *Monoraphidium griffithii*, *Oocystis lacustris*, *Tetraedron minimum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia palea*, *Navicula* sp., *Cryptomonas marssonii* y *Anabaenopsis elenkinii* (Figura 5a).

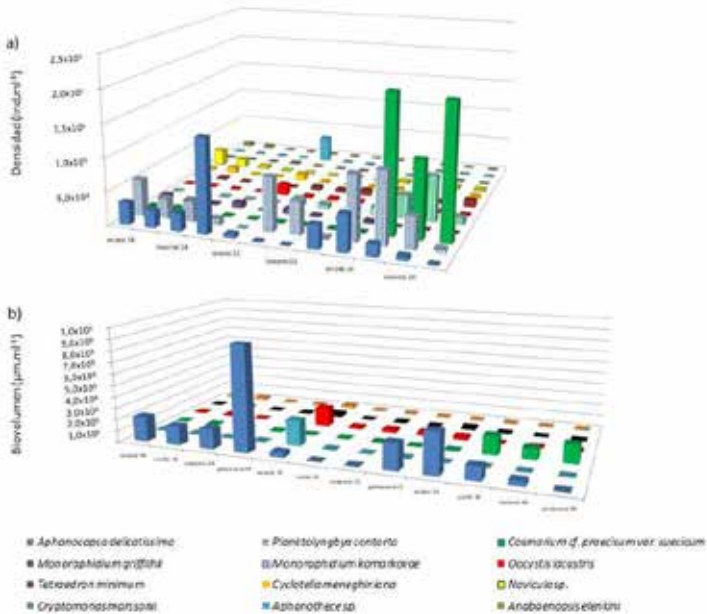


FIGURA 5. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LAS ESPECIES DOMINANTES Y MÁS ABUNDANTES: A) DENSIDAD; B) BIOVOLUMEN.

En lo que respecta al biovolumen (Figura 5b) las dominantes fueron *Aphanocapsa delicatissima*, *Cosmarium cf. praecisum* var. *suecicum*, *Aphanothece* sp. y *Oocystis lacustris*. También estuvieron relativamente bien representadas en biovolumen en algunas fechas *Oocystis marssonii* y *Cyclotella meneghiniana*, mientras que otras especies que resultaron abundantes en densidad no contribuyeron significativamente a la biomasa.

En la Tabla 2 se indican los grupos funcionales fitoplanctónicos correspondientes a las especies dominantes o más abundantes de acuerdo a las clasificaciones de Reynolds et al. (2002) actualizada por Padisák et al. (2009), Salmaso & Padisák (2007) y Kruk et al. (2010), y se señalan las principales características de cada grupo. En este capítulo decidimos ilustrar únicamente la variación estacional de los grupos correspondientes a la clasificación de Kruk dado que ésta es más simple y por lo tanto resulta relativamente más sencilla para ser utilizada en estudios de monitoreo. De acuerdo a esta clasificación los grupos dominantes en densidad (Figura 6a) fueron: el grupo VII que incluye especies mucilaginosas coloniales; el grupo IV que reúne organismos de tamaño medio sin rasgos especializados; el grupo VI que incluye organismos no flagelados con exoesqueleto de Si (diatomeas) y el grupo I que está constituido por especies pequeñas con alta relación S/V. Además, cabe mencionar que el grupo III, representado principalmente por *Anabaenopsis elenkini*, presentó una densidad considerable en verano/otoño de 2014.

Tabla 2. Grupos funcionales fitoplanctónicos de las especies dominantes o más abundantes según las tres clasificaciones funcionales.

Especie	Grupos funcionales Reynolds et al. (2002), Padraik et al. (2008)	Grupos morfo-funcionales Sarmas & Padraik (2007)	Grupos funcionales basados en características morfológicas (MFC) Kruk et al. (2010)
	características	características	características
<i>Anabaena cylindrica</i>	H1	diatomeas del grupo de las isotomas	Organismos filamentosos grandes con aeróticos - algunos pueden fijar N
<i>Chlorella deformans</i>	K	diatomeas coloniales sin isotomas	Organismos coloniales multicelulares
<i>Chlorella sp.</i>	K		
<i>Coelastrum cf. pseudum var. pseudum</i>	N	pequeñas isotomas unicelulares	Organismos de tamaño medio sin aeróticos (filamentos)
<i>Cryptomonas marssonii</i>	F	organismos unicelulares pequeños potencialmente mixotróficos	Organismos flagelados unicelulares de tamaño medio a grandes
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	C	pequeñas isotomas ópticas	Organismos no flagelados con ecosistema de N (diatomeas)
<i>Microcystidium pusillum</i>	X1	pequeñas diatomeas unicelulares	
<i>Microcystidium lamellosum</i>	X1		
<i>Microcystis sp.</i>	D	pequeñas diatomeas pennadas	
<i>Microcystis palea</i>	D	diatomeas pennadas grandes	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	F	diatomeas pennadas coloniales	
<i>Microcystis laxissima</i>	S1	diatomeas filamentosas flageladas	
<i>Microcystis minimum</i>	D		Organismos pequeños con elevada relación S:V

Si tenemos en cuenta el biovolumen (Figura 6b), los únicos dos grupos bien representados en las fechas analizadas fueron el VII (dominante hasta el verano de 2016) y el IV (con clara dominancia de otoño a primavera 2016).

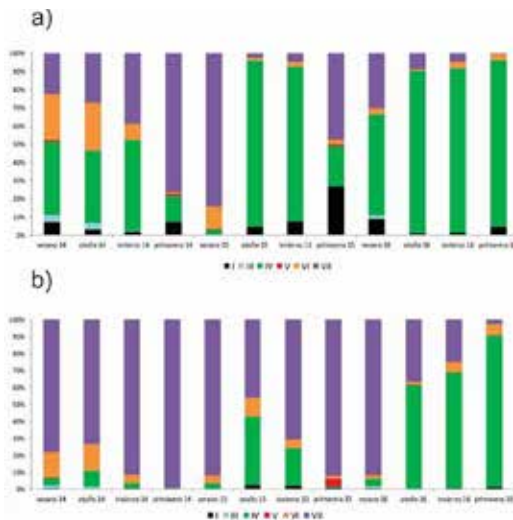


FIGURA 6. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS GRUPOS MORFO-FUNCIONALES FITOPLANCTÓNICOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE KRUK ET AL. (2010): A) DENSIDAD; B) BIOVOLUMEN.

De acuerdo a la clasificación de Reynolds dominaron o fueron relativamente abundantes 10 grupos funcionales (codones): C, D, F, G, H1, K, N, S1, X1, Y. La mayoría de estos grupos funcionales son característicos de ambientes eutróficos, turbios y someros; en particular S1 incluye cianobacterias adaptadas a bajas intensidades de luz.

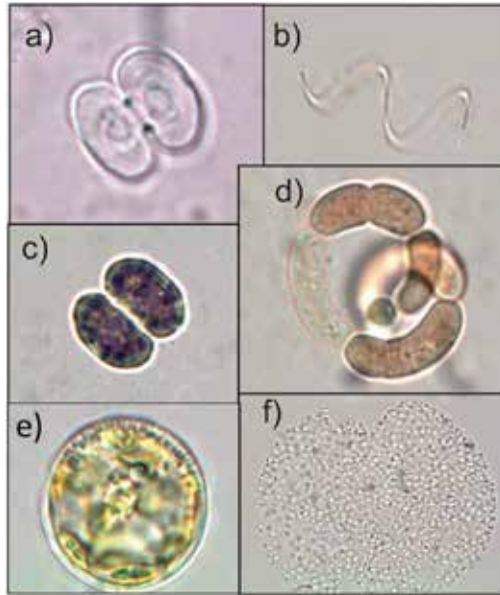


FIGURA 7. FOTOGRAFÍAS DE ALGUNAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA LAGUNA LA BARRANCOSA ENTRE 2014 Y 2016: A) *COSMARIUM* CF. *PRAECISUM* VAR. *SUECICUM*; B) *PLANKTOLYNGBYA* *CONTORTA*; C) *COSMARIUM* *LAEVE*; D) *ANABAENOPSIS* *ELENKINII*; E) *CYCLOTELLA* *MENEGHINIANA*; F) *APHANOCAPSA* *DELICATISSIMA*.

En relación a la clasificación de Salmaso y Padisák (2007), también se registraron 10 grupos dominantes o abundantes (2d, 5a, 5c, 5e, 6b, 7a, 7b, 9a, 9b, 11b), cuyas características principales se indican en la tabla 2.

La Figura 7 muestra fotografías de algunas de las especies más representativas presentes en el fitoplancton de La Barrancosa.

Discusión

La laguna La Barrancosa muestra características típicas de una laguna turbia con alta biomasa de fitoplancton y con una estructura de esta comunidad acorde a lo que fuera tipificado en trabajos previos para la región para este tipo de ambientes (Izaguirre y Vinocur 1994a; Allende et al., 2009). Los valores de biomasa algal estimada a partir del biovolumen y concentración de clorofila indican claramente que la laguna se encuentra en un estado eutrófico, tal como fuera descrito en el trabajo de Grosman y Sanzano (2008). Los análisis de correlación mostraron que la biomasa algal estuvo positivamente correlacionada con la temperatura, mientras que esta relación no fue significativa para la densidad, ya que en algunos casos se registraron abundancias elevadas de algas relativamente pequeñas (particularmente desde otoño a primavera de 2016).

En esta laguna las cianobacterias fueron dominantes en gran parte de los muestreos analizados, mostrando mayor biomasa en los períodos cálidos. También pudimos comprobar que las especies dominantes de cianobacterias en algunos casos alcanzaron abundancias elevadas también en otoño, confirmando observaciones realiza-

das en otros cuerpos de agua de la región en los que se ha visto la persistencia de floraciones hasta la época otoñal (Izaguirre et al., 2015). Cabe señalar que algunas de las cianobacterias registradas en este cuerpo de agua son potencialmente tóxicas. En particular se han reportado toxinas para especies de los géneros *Anabaenopsis*, *Planktolyngbya* y *Aphanocapsa* (Giannuzzi, 2011; Kjellström-Hoel, 2016; Meriluoto et al., 2017), por lo cual sería importante realizar determinaciones de las toxinas en este cuerpo de agua para evaluar el riesgo real.

Los grupos funcionales fitoplanctónicos dominantes registrados en esta laguna según la clasificación de Reynolds en su gran mayoría son típicos de ambientes eutróficos, turbios, someros y mezclados, características que corresponden al cuerpo de agua estudiado. Particularmente, entre las cianobacterias dominantes, se registró *Planktolyngbya contorta*, una especie incluida en el codón S1, cuyos rasgos le confieren adaptabilidad a vivir en ambientes mezclados, turbios y con deficiencia de luz (Mantzouki et al., 2016). Por otro lado, las especies *Aphanocapsa delicatissima* y *Aphanothece* sp. son cianobacterias coloniales del orden Chroococcales incluidas en el codón K, un grupo característico de ambientes someros y ricos en nutrientes. En los muestreos de otoño, invierno y primavera 2016, los grupos funcionales dominantes (X1 y N) mostraron una elevada densidad pero por su pequeño tamaño contribuyeron en menor proporción al biovolumen total; estos grupos son típicos de ambientes mesotróficos (N) y eutróficos a hipereutróficos (X1).

Los grupos morfo-funcionales propuestos por Salmaso y Padisák (2007) se basan en los principales rasgos morfológicos y funcionales propuestos por Weithoff (2003): tamaño, fijación de N, demanda por sílice (Si), fagotrofia, motilidad y forma. De acuerdo a esta clasificación algunos de los grupos dominantes en la laguna La Barrancosa presentan pequeño tamaño (pequeñas colonias gelatinosas, organismos unicelulares, filamentos delgados), lo que les proporciona una ventaja en ambientes con limitación de luz. Por otro lado, también fueron abundantes algunas diatomeas céntricas o pennadas, que requieren Si, y suelen ser un componente típico de ambientes bien mezclados (Reynolds et al., 1994).

De acuerdo a la clasificación de Kruk et al. (2010), los grupos dominantes en biovolumen fueron el VII y el IV. El grupo VII (algas coloniales mucilaginosas) incluye organismos típicamente K-estrategas, con baja susceptibilidad a la herbivoría, que pueden regular su flotabilidad y algunas especies incluidas en este grupo pueden producir toxinas. El grupo IV reúne organismos de tamaño medio sin rasgos especializados con una amplia variedad de características ecológicas, y en general suelen tener mayor susceptibilidad a ser pastoreados. Si bien esta clasificación es menos sensible que las dos anteriores por reunir en algunos de los grupos taxones muy disímiles, se basa en características morfológicas que son relativamente sencillas de evaluar por personas que no son expertas en taxonomía y ecología del fitoplancton, y por lo tanto resulta una herramienta útil en programas de monitoreo de ambientes acuáticos. Por ejemplo, un incremento en la abundancia de grupos funcionales que incluyen organismos formadores de floraciones potencialmente tóxicas (como el VII o el III) podría estar indicando una situación de alerta.

Las lagunas pampeanas son ecosistemas acuáticos de una gran relevancia para la región y son sumamente numerosas. Se han contabilizado más de 13.800 lagunas con una superficie mayor a 10 ha y unas 146.000 considerando también las de menor tamaño (Geraldí et al., 2011). Constituyen verdaderos núcleos de biodiversidad en

el paisaje pampeano y prestan importantes servicios ecosistémicos, entre ellos, la pesca comercial y deportiva, la recreación, la recepción de efluentes, la provisión de agua y la regulación climática (Grosman, 2008). El fitoplancton es un eslabón clave en la trama trófica de estos sistemas y la eutrofización debida a una actividad humana inapropiada conduce a alteraciones en la estructura de esta comunidad, que en la mayoría de los casos culmina con el desarrollo de floraciones de algunas especies que pueden persistir en el cuerpo de agua por períodos muy prolongados. Como se ha mencionado, algunas de estas especies, particularmente de cianobacterias, son capaces de producir toxinas y por lo tanto afectan gravemente la calidad del recurso acuático. Este estudio preliminar sobre el fitoplancton de la laguna La Barrancosa evidenció una elevada biomasa algal, la dominancia de cianobacterias en gran parte del período estudiado con algunas especies potencialmente tóxicas, y en general una estructura conformada por grupos funcionales fitoplanctónicos típicos de ambientes eutróficos y turbios. En este sentido, es crucial el monitoreo del fitoplancton conjuntamente con el de otras comunidades acuáticas de esta laguna, y para estos fines el análisis de la diversidad funcional y de las especies dominantes resulta muy apropiado.

Bibliografía

Allende, L., Tell, G., Zagarese, H., Torremorell, A., Pérez, G., Bustingorry, J., Escaray, R. y Izaguirre, I. 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). *Hydrobiologia*, 624: 45-60.

Casco, M. A., Mac Donagh, M. E., Cano, M. G., Solari, L. C., Claps, M. C. y Gabellone, N. A. 2009. Phytoplankton and epipelon responses to clear and turbid phases in a seepage lake (Buenos Aires, Argentina). *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 94: 153-168.

Geraldi, A. M., Piccolo, M. C. y Perillo, G. M. E. 2011. El rol de las lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano. *Ciencia Hoy*, 21: 9-14.

Giannuzzi, L. 2011. Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud. Ministerio de Salud de la Nación, Buenos Aires.

Grosman, F. 2008. Una invitación a conocer nuestras lagunas pampeanas. En: F. Grosman (comp.) *Espejos en la llanura: Nuestras lagunas de la región pampeana*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil. 19-38.

Grosman, F. y Sanzano, P. 2008. Cada Laguna con su Propia Historia. Variaciones Espacio-temporales. En: F. Grosman (comp.). *Espejos en la llanura: Nuestras lagunas de la región pampeana*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil. 67-76.

Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U., y Zohary, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of phycology*, 35: 403-424.

Iachetti, C. M. y Llames, M. E. 2015. Light limitation helps stabilize the phytoplankton assemblage steady-state in a temperate and highly turbid, hypertrophic shallow lake (Laguna Chascomús, Argentina). *Hydrobiologia*, 752: 33-46.

Izaguirre, I. y Vinocur, A. 1994 a. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiologia*, 277: 49-62.

Izaguirre, I. y Vinocur, A. 1994 b. Algal assemblages from shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina). *Hydrobiologia*, 289: 57-64.

Izaguirre, I., Allende, L., Escaray, R., Bustingorry, J., Pérez, G. y Tell, G. 2012.

Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. *Hydrobiologia*, 698: 203-216.

Izaguirre, I., Sánchez, M. L., Schiaffino, M. R., O'Farrell, I., Huber, P., Ferrer, N., Zunino, J., Lagomarsino, L. y Mancini, M. 2015. Which environmental factors trigger the dominance of phytoplankton species across a moisture gradient of shallow lakes? *Hydrobiologia*, 752(1), 47-64.

Kjellström-Hoel, K. 2017. Harmful cyanobacteria and its toxic metabolites microcystin and saxitoxin in freshwater lakes of Southeast Norway. Master Thesis, University College of Southeast Norway Faculty of Arts and Sciences.

Kosten, S., Vernooij, M., Van Nes, E. H., Sagrario, M. D. L. A., Clevers, J. G. y Scheffer, M. 2012. Bimodal transparency as an indicator for alternative states in South American lakes. *Freshwater Biology*, 57: 1191-1201.

Kruk, C., Huszar, V. L., Peeters, E. T., Bonilla, S., Costa, L., Lürling, M., Reynolds, C. y Scheffer, M. 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater biology*, 55: 614-627.

Mac Donagh, M. E., Casco, M. A., Cano, M. G., Solari, L. C., Claps, M. C. y Gabbellone, N. A. 2009. Fitoplancton, epipelón, materia orgánica y fósforo de una laguna arrea en relación a fases claras y turbias. *Biología Acuática*, 26: 133-142.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Malden.

Mantzouki, E., Visser, P. M., Bormans, M. y Ibelings, B. W. 2016. Understanding the key ecological traits of cyanobacteria as a basis for their management and control in changing lakes. *Aquatic ecology*, 50: 333-350.

Meriluoto, J., Spoof, L., Codd, G. A. 2017. *Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester West Sussex.

Moss, B., Kosten, S., Meerhoff, M., Battarbee, R. W., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., De Meester, L., Paerl, H. y Scheffer, M. 2011. Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters*, 1: 101-105.

O'Farrell, I., Motta, C., Forastier, M., Polla, W., Otaño, S., Meichtry, N., Dervercelli, M. y Lombardo, R. 2019. Ecological meta-analysis of bloom-forming planktonic Cyanobacteria in Argentina. *Harmful Algae*, 83: 1-13.

Padisák, J., Crossetti, L. O. y Naselli-Flores, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621: 1-19.

Paerl, H. W. 2017. Controlling cyanobacterial harmful blooms in freshwater ecosystems. *Microbial biotechnology*, 10: 1106-1110.

Paerl, H. W. y Huisman, J. 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental microbiology reports*, 1: 27-37.

Paerl, H. W. y Paul, V. J. 2012. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water research*, 46: 1349-1363.

Plastani, M. S., Laprida, C., Montes de Oca, F., Massaferro, J., Panarello, H. O., Ramón Mercau, J. y Lami, A. 2018. Recent environmental changes inferred from sediments in a shallow lake of the Argentinian pampas. *Journal of Paleolimnology*, 61: 37-52.

Quirós, R., Boveri, M. B., Petracchi, C. A., Renella, A. M., Rosso, J. J., Sosnovsky, A. y von Bernard, H. T. 2006. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. En: J. G. Tundisi, T. Matsumura-Tundisi y C. Sidagis Galli (eds) *Eutrofização América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle*. IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas. São Carlos. 1-16.

Quirós, R., Renella, A. M., Boveri, M. B., Rosso, J. J. y Sosnovsky, A. 2002.

Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12: 175-185.

Reynolds, C. S., Descy, J-P. y Padisák, J. 1994. Are phytoplankton dynamics in rivers so different from those in shallow lakes? *Hydrobiologia*, 289: 1-7.

Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. y Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research*, 24: 417-428.

Salmaso, N. y Padisák, J. 2007. Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia*, 578: 97-112.

Sánchez, M. L., Lagomarsino, L., Allende, L., y Izaguirre, I. 2015. Changes in the phytoplankton structure in a Pampean shallow lake in the transition from a clear to a turbid regime. *Hydrobiologia*, 752: 65-76.

Solari, L. y Mac Donagh, M. E. 2014. Lotic and lentic environments of the Pampean Plain. *Advances in Limnology*, 65: 143-165.

Torremorell, A., Llamas, M. E., Pérez, G. L., Escaray, R., Bustingorry, J. y Zagarese, H. 2009. Annual pattern of phytoplankton density and primary production in a large, shallow lake: the central role of light. *Freshwater Biology*, 54: 437-449

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart.

Weithoff, G. 2003. The concepts of 'plant functional types' and 'functional diversity' in lake phytoplankton – a new understanding of phytoplankton ecology? *Freshwater Biology*, 48: 1669-1675.