

Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba)

Martín Novoa^{1,3}✉, Ana Lujan M. de Fabricius¹✉, María Elisa Luque¹ y Daniela M. Lombardo²

¹Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales, ²Departamento de Microbiología e Inmunología, ³CONICET. UNRC. Ruta 36 Km. 601 (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Resumen

Se analizó la densidad y distribución temporal del fitoplancton en el lago Parque Sarmiento, durante el año 2003. Se recolectaron estacionalmente, 24 muestras fitoplanctónicas y 24 bacteriológicas. Se determinaron 109 Bacillariophyceae, 41 Chlorophyceae, 16 Cyanophyceae, 11 Euglenophyceae, 1 Chrysophyceae y 2 Dinophyceae. La densidad osciló entre 210 org/ml en otoño y 11 org/ml en primavera. La máxima diversidad fue 3,30 bits/cel. en primavera. El recuento de bacterias aerobias, anaerobias facultativas mesófilas viables totales y coliformes totales fue: RAT=4x10⁴ UFC/ml en invierno y primavera y de coliformes: NMP/100 ml = 1x10⁶ en primavera. El fitoplancton contribuyó al aumento de biomasa, la asociación florística dominante fue diatomeas-clorofíceas. Los valores de saprobios ubican al agua en los rangos de beta-alfamesosaprobio a polisaprobio. Se evidenciaron diferencias temporales en la abundancia de algunas especies y clases algales. Las variables fisicoquímicas y bacteriológicas influyeron en la variación de dicha abundancia.

Palabras claves: fitoplancton, densidad, lagos urbanos, bacterias

Abstract

Phytoplankton density and temporal distribution at Parque Sarmiento Lake was analyzed in the year 2003. 24 phytoplanktonic and 24 bacteriologic samples were collected seasonally. Thus, 109 Bacillariophyceae, 41 Chlorophyceae, 16 Cyanophyceae, 11 Euglenophyceae, 1 Chrysophyceae and 2 Dinophyceae were obtained. Density ranged between 210 org/ml in fall and 11 org/ml in spring. The greatest diversity showed 3.30 bits/cell in spring. Aerobic, facultative anaerobic total viable mesophilic and total coliform bacteria were: RAT=3.7x10⁴ CFU/ml in winter and spring, with coliforms showing NMP/100 ml = 1.1x10⁶ in spring. Phytoplankton contributed to the biomass increase, with the dominant association being to Diatoms-Chlorophyceae. In relation to saprobian values, the water varied between beta-alphamesosaprobic and polysaprobic. Differences in time were showed for some algal species and classes, with bacteriological, physical and chemical values affecting such abundance changes.

Key words: phytoplankton, density, urban lakes, bacteria

Introducción

Los lagos urbanos han recibido poca atención en los estudios limnológicos y la mayoría de ellos se han investigado parcialmente y pocas veces son considerados como una clase distinta, sin embargo deben ser tratados como tal (García-Gil & Camacho, 2001; Schueler & Simpson, 2001). En estos lagos el proceso de eutrofización se incrementa notablemente como resultante de la mayor incorporación de nutrientes y materia orgánica disuelta y/o particulada (Berner & Berner, 1996). Este rápido y excesivo enriquecimiento de un cuerpo de agua es generalmente de origen antrópico y es así que los lagos de áreas confinadas a zonas urbanas son los más vulnerables.

Dentro de un ciclo anual, las condiciones en un lago se modifican siguiendo un patrón regular, el cual condiciona a que las comunidades algales estén sometidas a una sucesión estacional (Sommer *et al.*, 1986; Moñino-Ferrando *et al.*, 2006). El origen del sistema lenítico, el tamaño, forma y superficie del espejo de agua, profundidad, naturaleza del fondo, radiación solar, estado trófico, como también otras variables fisicoquímicas, son factores que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de distintas especies algales y sus variaciones temporales (Cetin, 2000; Bouterfas *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2007). En los sitios urbanos destinados para recreación es necesario e importante tener un conocimiento más

profundo de la composición fitoplanctónica y bacteriológica que los integran y que permitan proveer datos para el manejo de estos recursos (Novoa *et al.*, 2006). Asimismo es de interés conocer y profundizar en la dinámica y estructura poblacional a fin de dar respuesta a la comunidad de la ciudad de Río Cuarto y su zona de influencia. En este trabajo se plantea analizar en el lago Parque Sarmiento la abundancia y distribución temporo-espacial del fitoplancton durante un ciclo anual y su relación con las variables fisicoquímicas y bacteriológicas

Materiales y métodos

El lago Parque Sarmiento se encuentra localizado a 36° Lat. Sur y 55° Long. Oeste (ciudad de Río Cuarto). El espacio circundante al espejo de agua está forestado con árboles de gran porte (*Platanus* sp., *Pinnus* sp. y *Cupressus* sp.). Los sitios de muestreo seleccionados fueron: 1- Puente Oeste, 2- Puente Centro y 3- Sector Este (Fig. 1, Fotografías 1, 2 y 3)

Para la selección de los puntos se realizó un muestreo previo abarcando el área perimetral y central del lago, el cual permitió agrupar aquellos sitios con similar composición algal y separar aquellos más disímiles que fueron los elegidos para su estudio. La recolección de las muestras se realizó durante 2003, con periodicidad estacional. Se obtuvieron un total de 24 muestras de fitoplancton y 24 para el análisis bacteriológico.

Las muestras fitoplanctónicas fueron recolectadas en recipientes de 5 litros en cada sitio de muestreo a 20 cm de

✉ Autor de correspondencia: Martín Novoa. email: mar_novoa@hotmail.com, Ana Lujan M. de Fabricius. email: analujan@gmail.com

el programa Microsoft Excel y el software SPSS for Windows 11.5 para su análisis estadístico. El nivel de significación utilizado para todos los análisis de tipo estadístico fue de 0,05. Las variables que se consideraron fueron: estación del año, abundancia de las especies y variables físicoquímicas. En primer lugar se analizaron las especies individualmente y a cada taxa se le aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov; la correlación de Pearson se realizó para determinar relaciones entre las variables. La comprobación de la relación de la variable independiente con algunas especies se determinó mediante la aplicación de regresión logística. Se consideraron dos tipos de respuesta para cada especie: "presencia" = 1 y "ausencia" = 0 (Rawlings *et al.*, 1998). El modelo lineal aplicado fue el de Christensen (1997) que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de una de las dos categorías, en este caso presencia, en función del conjunto de variables independientes que pueden ser categóricas o no.

Para determinar la relación entre las especies y las estaciones del año se aplicó análisis de la varianza (ANOVA), test no paramétricos para las que no presentaron estos supuestos de distribución normal (García & López García, 1996), donde la hipótesis nula trabajada fue la independencia de la presencia-ausencia de las especies respecto a las estaciones del año. También se agruparon las especies por clases algales y se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la distribución normal y la Correlación de Pearson para dilucidar asociaciones entre variables bióticas y abióticas con que factores ambientales se vinculan. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis se utilizó para determinar la relación entre las clases algales y las estaciones del año (Rawlings *et al.*, 1998).

Resultados

Variables Físicoquímicas

Se obtuvo una temperatura máxima de 21 °C en verano y una mínima de 6,5 °C en invierno. Con relación al pH esta variable osciló entre 9 en otoño y 7,82 en primavera. La conductividad varió entre 557 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en verano y 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en otoño. La profundidad fue de 115 cm en Puente Centro y 30 cm en el Sector Este y Puente Oeste. En cuanto a la transparencia presentó valores de 30 cm en invierno y primavera, en el sector, Este y Puente Oeste, respectivamente y 115 cm en verano en el Puente Centro (Tabla 1).

Bacterias

En otoño los menores valores de bacterias aerobias y anaerobias facultativas mesófilas viables totales (RAT) (1×10^3 UFC/ml) y coliformes totales (CT) (1×10^2 NMP/ml) se dieron en el sector Este y los máximos registros se obtuvieron en Puente Oeste. En las muestras de invierno el valor mínimo de UFC/ml fue de 3×10^3 y el máximo de coliformes con 9×10^2 NMP/ml se registraron en el mismo sitio de muestreo (sector Este). Durante el muestreo de primavera los máximos valores de bacterias anaerobias facultativas y mesófilas viables (4×10^4 UFC/ml) y coliformes (1×10^3 NMP/ml) se registraron en Puente Oeste. En verano se obtuvieron valores máximos de 1×10^4 UFC/ml de bacterias aerobias y anaerobias facultativas mesófilas viables totales en el sector Este y el recuento de coliformes llegó a 5×10^3 NMP/ml

Tabla 1. Valores físicoquímicos estacionales durante el año 2003.

	Puente Oeste	Puente Centro	Sector Este
Otoño			
Temperatura °C	17,5	18	20
pH	8,8	8,9	9,0
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	408,774	399,572	388
Profundidad cm	45	100	40
Transparencia cm	45	90	40
Invierno			
Temperatura °C	6,5	7	8
pH	8,3	8,4	8,5
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	492	479	461
Profundidad cm	35	105	30
Transparencia cm	35	105	30
Primavera			
Temperatura °C	20	19	19
pH	7,8	8,0	8,4
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	429	431	528
Profundidad cm	30	115	45
Transparencia cm	30	105	45
Verano			
Temperatura °C	20	19	21
pH	8,2	8,3	8,4
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	418	431	557
Profundidad cm	33	115	50
Transparencia cm	33	115	50

Tabla 2. Recuento de bacterias aerobias y anaerobias facultativas mesófilas viables totales (UFC/ml) y coliformes totales (NMP/ml). Referencias: RAT: bacterias aerobias y anaerobias facultativas mesófilas viables totales. UFC: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro. CT: coliformes totales. NMP/ml: Número Mas Probable por mililitro.

		RAT (UFC/ml)	CT (NMP/ml)
OTOÑO	Puente Oeste	$0,5 \times 10^2$	$0,40 \times 10^2$
	Puente Centro	$2,4 \times 10^2$	$0,40 \times 10^2$
	Sector Este	1×10^3	$1,1 \times 10^2$
INVIERNO	Puente Oeste	$8,5 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$
	Puente Centro	$3,7 \times 10^4$	$2,3 \times 10^2$
	Sector Este	3×10^3	$9,3 \times 10^2$
PRIMAVERA	Puente Oeste	$3,7 \times 10^4$	$1,1 \times 10^3$
	Puente Centro	$1,5 \times 10^3$	4×10^2
	Sector Este	$1,5 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$
VERANO	Puente Oeste	$3,8 \times 10^3$	$4,6 \times 10^2$
	Puente Centro	$1,8 \times 10^3$	$2,1 \times 10^2$
	Sector Este	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$

Tabla 3. Lista taxonómica de las especies contadas en el Parque Sarmiento.

Clase CYANOPHYCEAE	Familia OOCYSTACEAE	Clase EUGLENOPHYCEAE
Familia CHROOCOCCACEAE	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (West & West) G.S. West	Familia EUGLENACEAE
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Naegeli	<i>Cerasterias staurastroides</i> West & West	<i>Euglena acus</i> Ehrenberg
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Naegeli	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Moebius	<i>Euglena oxyurus</i> Schmarida
<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korschikov) Hindák	<i>Euglena limnophila</i> Lemmermann
<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur. In Brébisson) Komárkova-Legnerová	<i>Euglena</i> sp.
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing	<i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárkova-Legnerová	<i>Phacus acuminatus</i> Stokes
<i>Microcystis flos aquae</i> (Wittr.) Kirchner	<i>Oocystis</i> sp.	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin
	<i>Selenastrum gracile</i> Reinsh	<i>Phacus longicauda</i> var. <i>insecta</i> Hüber-Pestalozzi
Familia NOSTOCACEAE		<i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortzow
Anabaena sp.		<i>Phacus</i> sp.
<i>Aphanizomenon flos aquae</i> (L.) Ralf		<i>Trachelomonas</i> sp.
	Familia SCENEDESMACEAE	
Familia OSCILLATORIACEAE	<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dangeard) Senn	Clase XANTOPHYCEAE
<i>Oscillatoria annae</i> Van Goor	<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>Cubanum</i> Komárek	Clase BACILLARIOPHYCEAE
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh	<i>Coelastrum</i> sp.	Orden CENTRALES
<i>Oscillatoria nigra</i> Vaucher	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	Familia THALASSIOSIRACEAE
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) West & West	<i>Aulacoseira granulata</i> (ehrenberg) Simonsen
<i>Oscillatoria sancta</i> (Kützing) Gomont	<i>Scenedesmus arcuatus</i> Lemmermann	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustisima</i> Müller
<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh	<i>Scenedesmus bicaudatus</i> var. <i>brevicaudatus</i> Hortobágyi	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	<i>Scenedesmus brevispina</i> (G.M. Smith) Chodat	<i>Cyclotella</i> sp.
<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	
<i>Spirulina</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.	Familia MELOSIRACEAE
		<i>Melosira varians</i> Agardh
Clase CHLOROPHYCEAE		
Familia CHLAMYDOMONADACEAE	Familia HYDRODICTIACEAE	Orden PENNALES
<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	Familia DIATOMACEAE
<i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracilimum</i> West & West	<i>Diatoma vulgare</i> Bory
	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>clathratum</i> (A. Braun) Langerheim	<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow
Familia CHROOCOCCACEAE	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	<i>Fragillaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Actinastrum cerastioides</i> (Tschourina) Comas		<i>Fragillaria parasitica</i> (W. Smith) Grunow
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagergheim	Familia ZIGNEMATAACEAE	<i>Fragillaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> Grunow
<i>Schroederia juday</i> G. M Smith	<i>Mougeotia</i> sp.	<i>Fragilaria</i> sp.
<i>Characium limneticum</i> Lemmermann		<i>Synedra acus</i> Kützing Genus
<i>Schroederia antillarum</i> Comas	Familia DESMIDIACEAE	<i>Synedra gouldarii</i> Brébisson
<i>Schoederia setigera</i> (Schroeder) Lemmermann	<i>Closterium acerosum</i> (Schrank) Ehrenberg	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	<i>Pleurotaenium trabecula</i> (Ehrenberg) Naegeli	
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg	<i>Staurastrum chaetopus</i> Hinode	Familia ACHNANTHACEAE
<i>Tetraedron hastatum</i> (Reinsch) Hansgirg	<i>Staurastrum</i> sp.	<i>Achnanthes biasoletiana</i> Grunow
<i>Tetraedron regulare</i> Kützing		<i>Achnanthes clevei</i> Grunow
<i>Tetraedron trigonum</i> (Naegeli) Hansgirg		<i>Achnanthes exigua</i> Grunow
<i>Tetraedron</i> sp.		<i>Achnanthes helvetica</i> (Husted) Lange-Bertalot

<i>Achnanthes hungarica</i> (Grunow) Grunow
<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck
Familia NAVICULACEAE
<i>Amphipleura lindehimeri</i> Grunow
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer
<i>Cymbella affinis</i> Kützing
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck
<i>Gomphoneis</i> sp.
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema affine</i> Kützing
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst
<i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grunow) Ross
<i>Navicula capitato radiata</i> (Cleve) Germain
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing
<i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing
<i>Navicula exigua</i> var. <i>capitata</i> Patrick
<i>Navicula goeppertiana</i> (Bleisch) H. L. Smith
<i>Navicula gottlandica</i> Grunow

<i>Navicula guatemalensis</i> var. <i>pampeana</i> (Frenguelli) Frenguelli
<i>Navicula kotschy</i> Grunow
<i>Navicula menisculus</i> var. <i>upsaliensis</i> Grunow
<i>Navicula mutica</i> Kützing
<i>Navicula notha</i> Wallace
<i>Navicula radiosa</i> Kützing
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing
<i>Navicula rhyncocephala</i> var. <i>amphiceros</i> (Kützing) Grunow
<i>Navicula rhyncocephala</i> var. <i>germanii</i> (Wallace) Patrick
<i>Navicula salinarum</i> Grunow
<i>Navicula tripunctata</i> (O. F.Müller) Bory
<i>Navicula veneta</i> Kützing
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg
<i>Navicula</i> sp.
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve
<i>Neidium iridis</i> var. <i>subundulatum</i> (Cleve-Euler) Reimer
<i>Pinnularia abaujensis</i> (Pantocsek) Ross
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith
<i>Pinnularia breviscostata</i> Cleve
<i>Pinnularia dactylus</i> Ehrenberg
<i>Pinnularia divergentissima</i> (Grunow) Cleve
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg
<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve
<i>Pinnularia maior</i> (Kützing) Rabenhorst
<i>Pinnularia mesogongyla</i> Ehrenberg
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg
<i>Pinnularia</i> sp.
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot
<i>Stauronesis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg

Familia EPITHEMIACEAE
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson
<i>Epithemia sorex</i> Kützing
<i>Epithemia</i> sp.
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller
Familia NITZSCHIACEAE
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin
<i>Denticula elegans</i> Kützing
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow
<i>Nitzschia capitellata</i> Hüstedt
<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith
<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow
<i>Nitzschia levidensis</i> (W. Smith) Grunow
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith
<i>Nitzschia littoralis</i> Grunow
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo
<i>Nitzschia pusilla</i> Grunow
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith
<i>Nitzschia tropica</i> Hüstedt
<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot
<i>Nitzschia</i> sp.
Familia SURIRELLACEAE
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith
<i>Surirella angusta</i> Kützing
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing
<i>Surirella tenera</i> Gregory

en Puente Oeste (**Tabla 2**).

Fitoplancton

Variación estacional de la densidad

Se determinaron 109 Bacillariophyceae, 41 Chlorophyceae, 16 Cyanophyceae, 11 Euglenophyceae, 1 Chrysophyceae y 2 Dinophyceae (**Tabla 3**). La densidad fitoplanctónica total fue más elevada en verano y mientras que la más baja se registró en primavera. La densidad por sitio de muestreo alcanzó un pico máximo de 209 org/ml en otoño en el sector Este y un mínimo

de 10.93 org/ml en primavera en el sitio Puente Centro (**Tabla 4, Fig. 2**).

La clase Bacillariophyceae fue la más abundante a lo largo de todo el año y registró la máxima densidad en otoño, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen fue la especie que aportó el mayor número de organismos (**Fig. 3a**). Las Chlorophyceae fueron más abundantes en otoño, *Sphaerocystis shroeteri* Chodat registró la mayor densidad (**Fig. 3b**). Las Cyanophyceae presentaron especies con baja densidad durante todo el año (**Fig. 3c**). En verano, la clase Euglenophyceae se caracterizó por una escasa densidad y apariciones esporádicas; especies de *Peranema*, *Phacus* y *Euglena* contribuyeron a una mayor biomasa en otoño

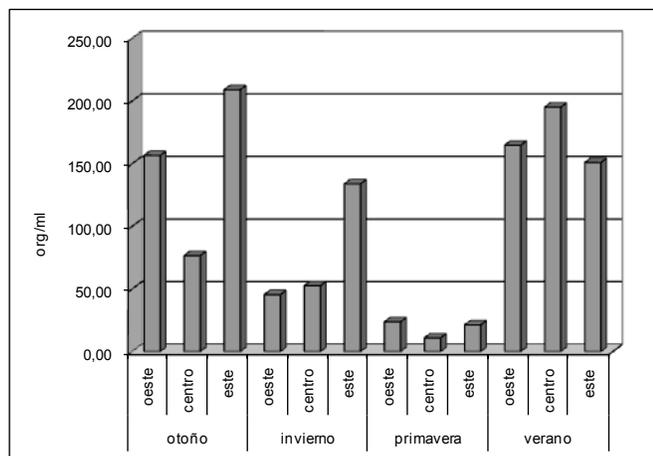


Figura 2. Variación estacional de la densidad fitoplanctónica total por sitio de muestreo. Referencias: oeste: Puente Oeste; oeste, centro: Puente Centro, este: Sector Este.

(Fig. 3d). La clase Dinophyceae se caracterizó por una baja densidad de organismos a lo largo del año (Fig. 3e).

Durante otoño en el sitio Puente Oeste las especies con mayor densidad fueron: *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (105 org/ml), *Sphaerocystis Schroeteri* Chodat con 16.48 org/ml y *Microcystis aeruginosa* Kützing con 10.47 org/ml, mientras que las euglenophyceae no fueron abundantes en el sector Este con 19.37 org/ml. En invierno *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen nuevamente aportó a la mayor biomasa con 36.98 org/ml en el sitio Puente Oeste, mientras que en el sector Este fue *Navicula* sp. (8.39 org/ml). De las Cyanophyceae el género predominante en el sector Este fue *Oscillatoria* con las especies *O. annae* Van Goor (13.26 org/ml) y *O. subbrevis* Schmidle (57.78 org/ml), mientras que en el sitio Puente Centro prevalecieron *O. limosa* Agardh (10.74 org/ml) y *O. tenuis* Agardh (19.26 org/ml). En primavera la densidad algal fue muy baja, no superó los 10.83 org/ml, prevaleció en densidad *Aulacoseira granulata*. En verano, diatomeas, cianofíceas y euglenales fueron abundantes en todos los sitios de muestreo, por ejemplo *Aulacoseira granulata* con 14.67 org/ml en el sitio Puente Oeste, 31.60 org/ml en el Puente Centro y 21.33 org/ml en el sector este; *Oscillatoria limosa* 24.43 y 17.96 org/ml en los sitios Puente Oeste y Sector Este respectivamente y *O. tenuis* con 46.31 org/ml en el Puente Oeste. Las euglenophyceae no registraron densidades de 57.24 org/ml en Puente Oeste; 107.31 org/ml en el Puente Centro y 78.93 org/ml en el sitio sector Este (Fig. 4).

Variación estacional de la Diversidad y Equitatividad

El índice de diversidad osciló entre H: 3.302 bits/cel en primavera en el sitio Puente Centro y H: 1.336 bits/cel invierno en el sitio Puente Oeste. La equitatividad presentó un rango de variación entre 0.79 en primavera en el sitio Puente Centro y 0.32 en invierno en el sitio Puente Oeste. (Fig. 5 a y b).

Variación estacional del Índice de Saprobiidad

En otoño el índice de saprobiidad registró un máximo de S: 3.54 en el Puente Centro y un mínimo de S= 3 en el sector Este. En invierno los valores máximos y mínimos se registraron en los

mismos sitios respectivamente: S: 3.37 y S: 2.88. En primavera fueron ligeramente menores, un valor máximo S: 3.04 en el Sector Este y un mínimo S: 2.88 en el Puente Centro, mientras que en verano osciló entre un máximo S: 3.72 en el Puente Centro y un mínimo S: 3.44 en el Sector Este (Tabla 5). Estos valores corresponden a aguas con contaminación fuerte y muy fuerte: alfamesosaprobias y polisaprobias y moderada: beta-alfamesosaprobias.

Análisis estadístico

Pruebas estadísticas individuales por especie

Con respecto a los resultados de la prueba del supuesto de normalidad: Kolmogorov-Smirnow para las especies vs estaciones del año, se obtuvo que sólo cinco especies tenían esta distribución: *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* Müller, *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst, *Melosira varians* Agardh, *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg y *Nitzschia sigma* (Kützing) W. Smith. Con las variables que no cumplieron con el supuesto de normalidad ($p < 0,05$) se aplicaron pruebas no paramétricas (χ^2 de Pearson). De la aplicación del χ^2 se comprobó que las especies *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing, *Cymbella cymbiformis* Agardh, *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith y *Oscillatoria limosa* Agardh presentaron diferencias significativas a lo largo de las cuatro estaciones.

Según la prueba de Correlación de Pearson, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* se correlacionó con la temperatura y profundidad ($p < 0,05$) y la especie *Navicula viridula* con la profundidad ($p: 0,024$).

De la aplicación del análisis de Regresión Logística *Cocconeis placentula* ($p: 0,019$) se relacionó con el pH, mientras que con la conductividad se relacionaron el grupo de diatomeas no determinadas ($p= 0,041$), *Gyrosigma acuminatum* ($p: 0,04$), *Craticula cuspidata* ($p: 0,04$) y *Nitzschia sigma* ($p: 0,04$) y con el pH sólo mostró asociación *G. acuminatum* ($p: 0,048$)

Pruebas estadísticas grupales por clases algales

La prueba de Kolmogorov-Smirnow de normalidad aplicada a todas las clases algales, indicó que sólo dos presentaron distribución normal, Bacillariophyceae, $p: 0,189$ y Chlorophyceae ($p: 0,54$). De la prueba de Kruskal-Wallis entre clases y estación del año se obtuvo: 0,002 para Chlorophyceae y 0,003 para Cyanophyceae, lo que indicó una variación en sus densidades a lo largo del año.

De la prueba de Correlación de Pearson se obtuvieron los siguientes resultados: la clase Bacillariophyceae estuvo correlacionada con Cyanophyceae y pH, con valores de $p: 0,01$ y

Tabla 5. Variación estacional de los valores saprobicos. Referencia: S= 1,0 - 1,5: contaminación muy débil (o); S= 1,5 - 2,5: contaminación moderada (B); S= 2,5 - 3,5: contaminación fuerte (α); S= 3,5 - 4,0: contaminación muy fuerte (p).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Puente Oeste	S= 3,08	S= 3,0	S= 3,0	S= 3,48
Puente Centro	S= 3,54	S= 3,37	S= 2,88	S= 3,72
Sector Este	S= 3,0	S= 2,88	S= 3,04	S= 3,44

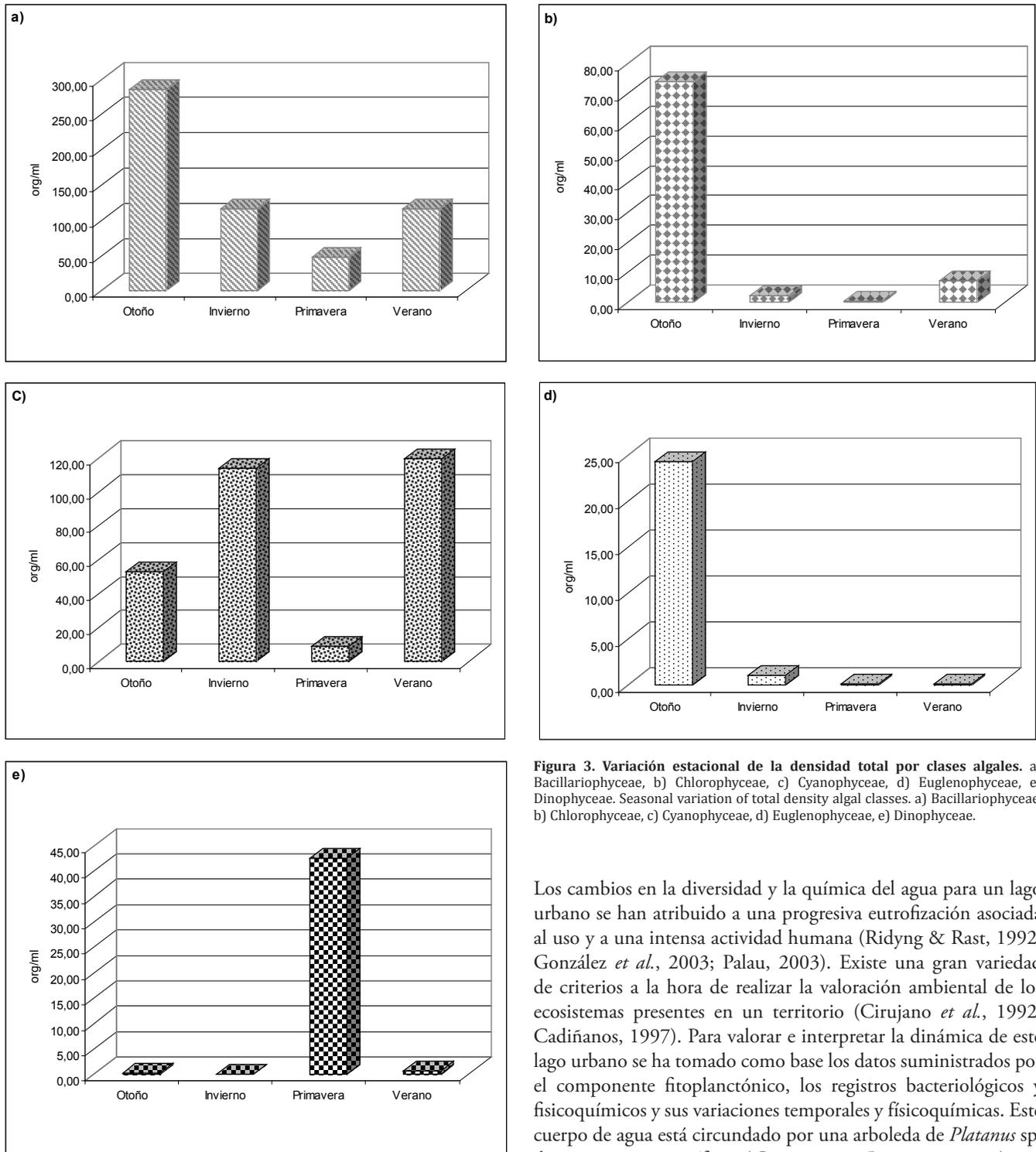


Figura 3. Variación estacional de la densidad total por clases algales. a) Bacillariophyceae, b) Chlorophyceae, c) Cyanophyceae, d) Euglenophyceae, e) Dinophyceae. Seasonal variation of total density algal classes. a) Bacillariophyceae, b) Chlorophyceae, c) Cyanophyceae, d) Euglenophyceae, e) Dinophyceae.

0,005 respectivamente. La clase Cyanophyceae se correlacionó con la transparencia con un $p: 0,036$. Con respecto a las Dinophyceae se correlacionaron con la conductividad, con un $p= 0,036$.

Según la Prueba de Kruskal-Wallis entre clases y estación del año se obtuvo: $p: 0,002$ para Chlorophyceae y $p= 0,003$ para Cyanophyceae lo que indicó variación en sus densidades a lo largo del año.

Discusión

Los cambios en la diversidad y la química del agua para un lago urbano se han atribuido a una progresiva eutrofización asociada al uso y a una intensa actividad humana (Ridying & Rast, 1992; González *et al.*, 2003; Palau, 2003). Existe una gran variedad de criterios a la hora de realizar la valoración ambiental de los ecosistemas presentes en un territorio (Cirujano *et al.*, 1992; Cadiñanos, 1997). Para valorar e interpretar la dinámica de este lago urbano se ha tomado como base los datos suministrados por el componente fitoplanctónico, los registros bacteriológicos y fisicoquímicos y sus variaciones temporales y fisicoquímicas. Este cuerpo de agua está circundado por una arboleda de *Platanus* sp. de gran porte y coníferas (*Cupressus* sp., *Pinus* sp. y otros) que limitan parcialmente la intensidad de radiación solar recibida.

Los lagos urbanos artificiales típicamente poseen niveles de turbidez más altos que los lagos naturales (Kimmel & Groeger, 1984). La combinación de alta concentración de algas y sedimentos reduce la transparencia del agua, los niveles de turbidez están asociados a la lixiviación de sedimentos contiguos, disueltos y sedimentables, durante la época de lluvias (Schueler & Simpson, 2001; Bouterfas *et al.*, 2006). Esto es lo que sucede periódicamente en el lago Parque Sarmiento cuando

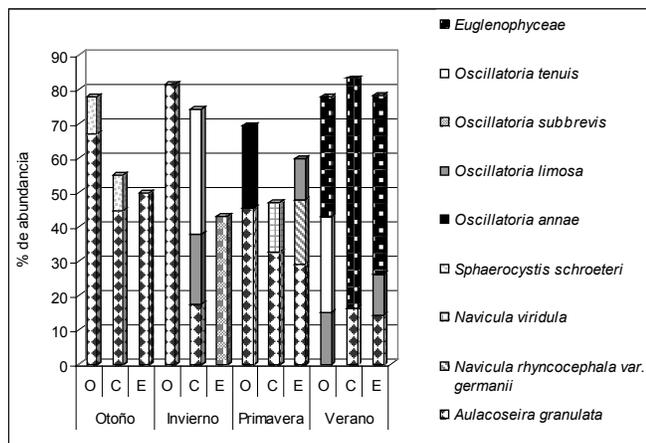


Figura 4. Especies con mayor porcentaje de densidad en org/ml. Referencias: O: Puente Oeste, C: Puente Centro, E: Sector Este.

los sedimentos son removidos, ya sea para limpieza o por el uso de botes, actividades de motonáutica, etc. La incorporación de materia orgánica es provocada en mayor grado en otoño, por el aporte de hojas de la vegetación arbórea caducifolia circundante y la presencia masiva en el área marginal de la macrófita *Egeria densa*.

Las diatomeas céntricas, como *Aulacoseira granulata* y *Melosira varians* dominaron por su densidad y presencia constante en casi todas las muestras. Resultados similares fueron observados en otros estudios de ambientes leníticos de mayor extensión y profundidad. La presencia de estos organismos en ambientes tan disímiles confirma su cosmopolitismo, característica eurioica y amplios rangos de tolerancia. (Berón, 1990; Bonilla 1997; Gómez, 1991; O’Farrell, 1994; Pérez et al., 1997).

Es conocido que la variación estacional del fitoplancton está relacionada con la fluctuación de los factores ambientales (Vila & Pardo, 2003; Bouterfas et al., 2006). Según los trabajos de Litchman (2000) y Moñino-Ferrando et al. (2006) la temperatura y la transparencia afectan, en mayor grado, la distribución

estacional del fitoplancton y; a su vez, la fuente de luz recibida determina un patrón de variabilidad espacial y temporal, tal situación se ve reflejada en nuestros estudios donde los valores de diversidad se incrementaron hacia la primavera con el aumento de la temperatura y el pH, valores directamente relacionados a la actividad fotosintética. La riqueza específica, la diversidad y la distribución de las especies determinadas en este lago revelan una asociación de diatomeas-clorofíceas que predominaron en todas las estaciones del año.

De las diatomeas prevalecieron *Aulacoseira granulata* así como varias especies de *Navicula* y *Nitzschia* además de las clorofíceas *Monoraphidium arcuatum*, *Coelastrum reticulatum*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Pediastrum duplex*, especies frecuentes en otros ambientes leníticos de la ciudad de Río Cuarto como el lago Villa Dalcarg (Novoa et al., 2006)

En invierno, la densidad de Cyanophyceae fue mayor a lo habitual para un ciclo normal de las clases algales (O’Farrell, 1994; Luque & Martínez de Fabricius, 2002), este resultado infiere que se debe tener en cuenta otros factores, principalmente químicos,

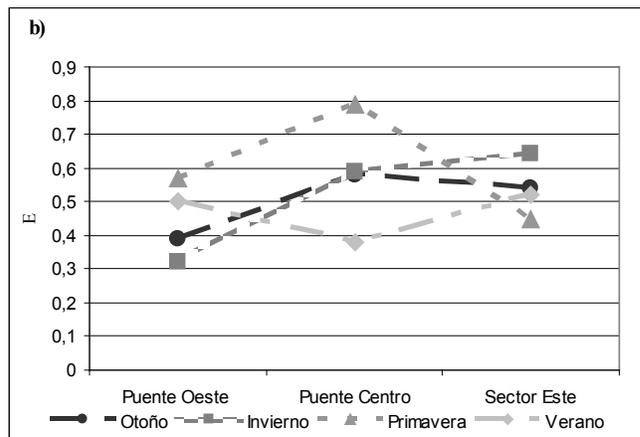
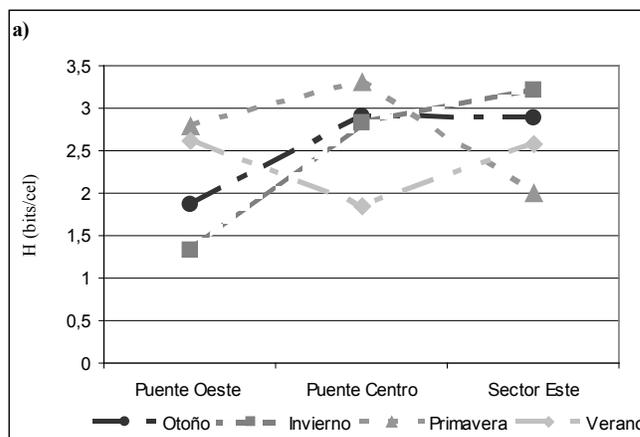


Figura 5. Variación estacional de los índices de diversidad (Shannon Weaver) y Equitatividad. a) Diversidad; b) Equitatividad. Seasonal variation in diversity indices (Shannon Weaver) and evenness. a) Diversity; b) evenness.

que puedan validar estos datos (Corigliano et al., 1994).

La temperatura del agua tiende a aumentar las concentraciones de biomasa algal (Richardson et al., 2000; Izaguirre et al., 2001), a su vez la turbidez, conductividad y pH también se relacionan con las variaciones estacionales (Moñino-Ferrando et al., 2006). De la relación entre las variables físicoquímicas y la composición fitoplanctónica del ambiente estudiado, se puede afirmar que la temperatura del agua influyó en la abundancia de la especie *Cocconeis placentula* y sus variedades mientras que *Gyrosigma acuminatum*, *Craticula cuspidata* y *Nitzschia sigma* dependieron de la conductividad. Respecto a la profundidad, al ser un lago somero existe una resuspensión de organismos algales del fondo que de algún modo podrían influir en la saprobiedad del agua.

Los datos bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de concentraciones normales de crecimiento y desarrollo microbiano. Estas etapas están relacionadas al flujo de energía proveniente de la entrada de materia orgánica y otros agentes alóctonos y/o autóctonos. Un proceso interesante es el aporte de partículas detríticas que entran al hábitat acuático (Fenche & Jørgensen, 1977). Los detritos particulados de hojas muertas, raíces, tallos o macrófitos descompuestas se mezclan con partículas de otro origen como sólidos resuspendidos del fondo por actividades mecánicas, favoreciendo el desarrollo microbiano. En el lago Parque Sarmiento este aporte estaría dado por las hojas

de árboles circundantes, la actividad antrópica, a través del uso recreativo y de las aves que lo habitan. A su vez de las variables ambientales le cabe a la temperatura la mayor influencia en los procesos de sucesión temporal de la comunidad bacteriana (Atlas & Bartha, 2002).

Conclusiones

En relación al muestreo realizado en el lago Parque Sarmiento se llegó a las siguientes consideraciones puntuales:

Las clases algales que presentaron variaciones estacionales fueron Cyanophyceae y Chlorophyceae. De las diatomeas céntricas, *Aulacoseira granulata* y *Melosira varians* dominaron por su densidad y presencia constante en casi todas las muestras. La asociación algal dominante fue diatomeas-clorofíceas.

La temperatura, pH y conductividad fueron los factores fisicoquímicos que determinaron la distribución y abundancia temporo-espacial de las especies.

Las clases Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Cyanophyceae estuvieron relacionadas con el pH y las Cyanophyceae, además, con la transparencia mientras que las especies de Dinophyceae, estuvieron ligadas a la conductividad.

Los valores de saprobios calculados, indicadores del estado de salubridad del agua, ubican a este lago en los rangos de mesosapróbico a polisapróbico, siendo Puente Centro el lugar menos apto para fines recreativos, especialmente en verano (aguas fuertemente contaminadas).

Los datos bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de concentraciones normales de crecimiento y desarrollo microbiano

Es importante señalar que los resultados obtenidos incorporan nuevos datos sobre la estructura del lago urbano en estudio y las relaciones obtenidas con los factores abióticos se ensamblan con las teorías aplicadas en grandes lagos.

Referencias

- American Public Health Association [APHA]** (1995) *Standard Methods for the Examination of water and Waste Water*. 19 Edition, Washington DC
- Anagnostidis K, Komárek J** (1988) Modern approach to the classification system of cyanophytes 3, Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80 (1-4), *Algarum Studies*, 50/53: 327-472. Stuttgart
- Anagnostidis K, Komárek J** (1990) Modern approach to the classification system of cyanophytes 5, Stigonematales. *Arch. Hydrobiology Supplement*, 80 (1-4), *Alg. Stud.* 59: 1-73. Stuttgart.
- Atlas RM, Bartha R** (2002) *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Addison Wesley, Madrid. 677 pp
- Bazan GI** (2010) *Estudios ficológicos en el sistema lentítico de La Arocena (Dpto. Maracó), La Pampa, Argentina*. Tesis Doctoral-UNRC, T661, p 202
- Berner EK, Berner RA** (1996) *Global Environment: water, air and geochemical cycles*. Prentice Hall, New York.
- Beron L** (1990) Features on limnological behavior of Salto Grande's reservoir (Argentina-Uruguay). *Ecological Modelling*, 52: 82-102
- Bonilla S** (1997) Composición y abundancia fitoplanctónica de 3 Embalses en cadena sobre el Río Negro, Uruguay. *Iberingia, serie Botanica*, 49: 47-71
- Bourrelly P** (1968) *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique; Tome II: Les Algues jaunes et brunes; Chrysoophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées*. N. Boubée Cie. pp 1-438.
- Bourrelly P** (1970) *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique; Tome III: Les Algues bleues et rouges; Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Editions N. Boubée Cie. pp 1-512
- Bourrelly P** (1972) *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique; Tome I: Les Algues Vertes*. Editions N. Boubée Cie. pp 1-572
- Bouterfast R, Belkoura M, Dauta A** (2006) The effects of irradiance and photoperiod on the growth rate of three freshwater green algae isolated from a eutrophic lake. *Limnetica*, 25(3): 647-656
- Cadiñanos JA** (1997) *Valoración del interés naturalístico y de conservación de unidades de vegetación: Problemática, propuestas metodológicas y aplicación en la reserva de la Biosfera de Uzdabai (Vizcaya)*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco
- Cetin AC** (2000) Phytoplankton of Gölbaşı Lake (Adiyaman, Turkey) and their seasonal variations. *International Journal on Algae* 2(4): 87-96
- Christensen R** (1997) *Log-linear models and Logistic Regression*. Second Edition. Springer Text in statistics. New York.
- Cirujano S, Velayos M, Castilla F, Gil M** (1992) *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares)*. ICONA-C.S.I.C.
- Corigliano MC, Martínez de Fabricius AL, Luque ME, Gari EN** (1994) Patrones de distribución de variables fisicoquímicas y biológicas en el río Chocancharava (Cuarto) (Córdoba, Argentina). *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto*, 14 (2):177-194
- Desikachary TV** (1959) *Cyanophyta*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Fenchel TM, Jorgensen BB** (1977) Detritus foods chains of aquatic systems; The role of Bacteria. *Adv. Microb. Ecology*. 1: 1-58
- García M, López García J** (1996) *Análisis estadístico para datos categóricos*. Editorial Síntesis (Síntesis Psicología).
- García-Gil LJ, Camacho A** (2001) Anaerolimnología; Pequeña guía para el muestreo en aguas microaeróbicas y anóxicas en lagos y embalses estratificados. *Limnetica*, 20(1): 179-186
- Geitler L** (1932) *Cyanophyceae*. In *Rabenhors's Kryptogamen-Flora*, 14, pp:1-1196
- Gómez N** (1991) Poblaciones de diatomeas planctónicas en una R subtropical: Embalse de Río III, Argentina. *Annales Limnology*, 27 (1): 3-14
- González EJ, Ortaz M, Peña-Herrera C, Montes E, Matos ML** (2003) Fitoplancton de cinco embalses de Venezuela con diferentes estados tróficos. *Limnetica*, 22(1-2):15-35
- Huber MP** (2010) *Distribución temporal del Fitoplancton de una Laguna del Sur de la Provincia de Córdoba y su relación con las variables ambientales*. Tesis Licenciatura en Cs Biológicas. UNRC. 82p
- Hustedt F** (1930) *Bacillariophyta (Diatomaceae)*. In A Pascher (ed), *Die Süßwasser-flora Mitteleuropas Heft*. 10. Jena: Gustav Fischer Verlag. 466 pp
- Izaguirre I, O'Farrel I, Tell G** (2001) Variation in phytoplankton composition and limnological features in a water-water ecotone of Lower Paraná Basin (Argentina). *Freshwater Biology*, 46: 63-74
- Kimmel B, Groeger A** (1984) *Factors controlling primary production in lakes and reservoirs*. In *Lake and Reservoir management*. US EPA 440-5-84-001
- Komárek J, Anagnostidis K** (1986) Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 2-Chroococcales. *Arch*

- Hydrobiol. Suppl.* 73. Algal. Stud. 43: 157-226.
- Komárek J, Anagnostidis K** (1989) Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4- Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82 (1). Algal. Stud. 56 :247-345
- Komárek J, Anagnostidis K** (1999) *Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp
- Komárek J, Anagnostidis K** (2005) *Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19/2. 759 pp
- Krammer K, Lange-Bertalot H** (1986) *Bacillariophyceae 2. Naviculaceae, 2/1.* Jena. G. F. Verlag.
- Krammer K, Lange-Bertalot H** (1988) *Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae 2/2.* G. Fischer. Stuttgart.
- Krammer K, Lange-Bertalot H** (1991a) *Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eumotiaceae, 2/3.* New York. G. Fischer. Stuttgart.
- Krammer K, Lange-Bertalot H** (1991b) *Bacillariophyceae 4. Achmanthaceae 2/4.* New York. G. Fischer. Stuttgart.
- Litchman E** (2000) Growth rates of phytoplankton under fluctuating light. *Freshwater Biology*, 44: 223-235
- Luque ME, Martínez de Fabricius AL** (2002) Distribución temporal de algas epilíticas del río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 37 (1-2): 29-39
- Luque ME, Martínez de Fabricius AL** (2003) Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica*, 22 (3-4): 19-34
- Martínez de Fabricius AL** (1996) *Bacillariophyceae del río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.* Tesis Doctoral N° 783. Univ. Nac. La Plata.
- Moñino-Ferrando A, Moreno-Ostos E, Cruz-Pizarro L** (2006) Phytoplankton patchiness in two shallow waterbodies. *Limnetica*, 25(3):809-820
- Novoa MD, Luque ME, Lombardo D, Martínez de Fabricius AL** (2006) Estudio ficológico de lagos urbanos artificiales del sur de la provincia de Córdoba. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41 (3-4): 203-231
- O'Farrell I** (1994) Comparative analysis of the phytoplankton of the fifteen lowland fluvial systems of the river Plate basin (Argentina). *Hydrobiologia*, 289: 109-117
- Palau A** (2003) Medidas de gestión y adecuación ambiental de embalses frente a la eutrofia, *Limnetica*, 22 (1-2): 1-13
- Pantle R, Buck H** (1955) Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 96: 604.
- Patrick R, Reimer C** (1966) The Diatoms of United States. V. 1. *Monogra. Acad. Sci. Philadel.* 13: 1-688
- Patrick R, Reimer C** (1975) The Diatoms of United States. V. 2. *Monogra. Acad. Sci. Philadel.* 13: 1-213
- Pérez MC, Bonilla S, Martínez G** (1997) Phytoplankton community of a polymictic reservoir, La Plata, River Basin, Uruguay. *Rev. Brasil. Biol.* 59 (4):353-541
- Perez GL, Torremorell A, Mugni H, Rodriguez P, Solange Vera M, do Nascimento M, Allende L, Bustingorry J, Escaray R, Ferraro M, Izaguirre I, Pizarro H, Bonetto C, Morris DP, Zagarese H** (2007) Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecol Appl* 17: 2310-2322
- Prescott GM** (1982) *Algae of the Western Great Lake Area.* N.M.C. Brown Co. Inc.
- Rawlings J, Pantula S, Dickey D** (1998) *Applied regression Analysis: A research Tool.* Second Edition. Springer Text In Statistics. New York
- Richardson TL, Gibson CE, Heaney SI** (2000) Temperature, growth and seasonal succession of phytoplankton in Lake Baikal, Siberia. *Freshwater Biology*, 44: 43-440.
- Ridying SO, Rast W** (1992) *El control de la eutrofización en lagos y pantanos.* Ediciones Pirámide S.A. UNESCO. Madrid.
- Schueler T, Simpson J** (2001) Why urban lakes are different. *Urban lake management* 747-750
- Shannon CE Weaver W** (1963) *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press, Urbana.
- Sládecěk V** (1973) System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Limnol.* 7: 1-218
- Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A** (1986) The PEG model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie*, 106: 433-471
- Starmach K** (1966) *Cyanophyta-Scinice, Glaucophyta-Glaucofity.* En: Flora Slodkowodna Polski, 2. Polsk. Ak. Inst. Bot. Warszawa. 807 pp
- Stoermer EF, Kreis RG Jr** (1999) Checklist of Diatoms from the Laurentian Great Lakes. II. *Great Lakes Res.* 25: 515-566
- Tell G, Conforti V** (1986) Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina. *Bib. Phycologica* 75: 1-282, J. Cramer.
- Van Landingham SL** (1967-1979) *Catalogue of the Fossil and Recent Genera and Species of Diatoms and their Synonyms.* I-VIII: 1-4654. J. Cramer, Vaduz.
- Vila I Pardo R** (2003) Respuesta de la estructura fitoplanctónica a las perturbaciones antrópicas en un lago templado. *Limnetica*, 22 (1-2): 93-102
- Villafañe VE Reid FM** (1995) Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En Alveal et al. (eds), *Manual de Métodos Ficológicos.* Univ. de Concepción, Chile. pp 169-185

Fotos de los lugares de muestreo del parque Sarmiento

Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Tabla 4. Especies del fitoplancton con mayor número de organismos durante el ciclo anual (org/ml). Referencias: O: Puente Oeste, C: Puente Centro, E: Sector Este.

Especies	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
Clase BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Achnanthes exigua</i>			0.11		0.20			0.06			0.06	0.45
<i>A. inflata</i>					0.13							
<i>Achnanthes</i> sp.							0.06	0.10				
<i>Amphora ovalis</i>					0.06				0.12	0.26		0.11
<i>A. pediculus</i>										0.06		
<i>Aulacoseira granulata</i>	105.00	34.02	104.16	36.98	9.10	4.74	10.83	3.58	6.20	14.67	31.60	21.33
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i>	5.90	4.52	13.13	1.58								
<i>Bacillaria paradoxa</i>						0.49						
<i>Cocconeis placentula</i>	0.22									0.13		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.33	0.45	1.40						0.12			0.22
<i>Cyclotella</i> sp.										0.13		
<i>Cymatopleura solea</i>	0.22						0.06				0.20	
<i>Cymbella cimbiformis</i>							0.30	0.32				
<i>C. tumida</i>			0.11						0.12			
<i>Cymbella</i> sp.				0.12			0.06					
<i>Fragillaria brevistriata</i>							0.18				0.10	0.22
<i>F. parasitica</i>											0.10	
<i>Fragillaria</i> sp.			0.11					0.42		0.06		
<i>G. affine</i>			0.11									
<i>G. gracile</i>			0.11									
<i>G. parvulum</i>				0.12				0.10		0.06		
<i>G. truncatum</i>					0.06							
<i>Gyrosigma acuminatum</i>		0.13			0.06	0.12	0.06		0.12	0.39	0.20	1.01
<i>Hantzschia amphioxys</i>					0.06							
<i>Melosira varians</i>			1.07		3.73	0.97	0.12		0.23	0.26	1.54	
<i>Navicula cryptocephala</i>				0.12		3.40			0.12			
<i>N. cuspidata</i>	0.22										0.10	0.11
<i>N. goeppertiana</i>			0.11		0.06	0.24		0.10			0.10	
<i>N. gottlandica</i>						13.62	0.18	0.32				
<i>N. menisculus</i> var. <i>upsaliensis</i>						1.34			0.12			0.22
<i>N. mutica</i>			0.11									
<i>N. notha</i>						2.67		0.10				
<i>N. pupula</i>											0.51	1.12
<i>N. rhyncocephala</i>			0.32	0.61		0.61						
<i>N. rhyncocephala</i> var. <i>amphiceros</i>					1.77	4.25	0.73			2.49	4.84	6.29
<i>N. rhyncocephala</i> var. <i>germanii</i>							1.03	0.95	3.98			
<i>N. tripunctata</i>				0.12	0.13	0.12						
<i>N. viridula</i>			0.32	0.12	0.39	2.92	0.79	1.58	1.28	0.65	2.57	2.13

Especies	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
<i>Navicula</i> sp.			1.94	0.12	1.11	8.39	0.24	0.32	0.82	0.26	0.93	
<i>Nitzschia acicularis</i>						0.36						
<i>N. capitellata</i>			0.21		0.59	3.16		0.10	0.12	0.85	0.82	1.01
<i>N. constricta</i>						0.12				0.06		
<i>N. linearis</i>			0.54		0.26	0.73	0.06		1.52	1.05	1.65	
<i>N. palea</i>				0.12	0.20	2.31	0.36	0.52	1.05	0.26	0.41	0.67
<i>N. pusilla</i>						0.12					0.41	
<i>N. recta</i>				0.24	0.79	1.09	0.18				0.10	1.35
<i>N. sigma</i>	0.11				0.20		0.36	0.10	1.52	0.20	0.62	1.91
<i>Nitzschia</i> sp.	0.11	0.06	0.54			2.19	0.36	0.84		0.52	1.34	0.34
<i>Pinnularia braunii</i>					0.13	0.12	0.06	0.63			0.62	0.45
<i>P. gibba</i>			1.18	0.49	0.06		0.36		0.35		0.93	0.22
<i>P. viridis</i>							0.06					
<i>Pinnularia</i> sp.	0.78		0.54		0.13	0.73	0.18		0.47	0.72		1.01
<i>Stauronesis phoenicenteron</i>			0.11									
<i>S. tenera</i>	0.11									0.06		
<i>Stauroneis</i> sp.												0.22
<i>Synedra acus</i>							0.06					
<i>Synedra goulardii</i>						0.12						
<i>Synedra ulna</i>						0.12						
Diatomeas nd	4.90	0.06	2.04			0.24	1.03	0.63		0.65	1.13	
Total (org/ml) =	117.90	39.25	128.24	40.73	19.24	55.31	17.81	10.72	18.22	23.88	50.82	40.40
Clase CHLOROPHYCEAE												
<i>Actinastrum cerastioides</i>					0.06							
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		0.19										
<i>Schroederia judayi</i>		0.19	0.21							0.20	0.20	2.02
<i>Characium limneticum</i>		0.13										
<i>Closterium acerosum</i>									0.12	0.06		0.11
<i>C. reticulatum</i>	0.11	11.04	1.94							0.13		
<i>Crucigenia quadrata</i>	0.44	1.81	3.01									
<i>C. tetrapedia</i>	0.55	2.52	5.27									
<i>Kirchneriella lunaris</i>		0.13										
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	0.33	0.32	1.72									
<i>M. contortum</i>		0.39	0.97									
<i>M. pusillum</i>	0.44	0.13	1.72									
<i>Oocystis</i> sp.	0.22											
<i>Pediastrum boryanum</i>												0.11
<i>P. duplex</i>			0.11								1.24	0.11
<i>P. duplex</i> var. <i>gracilimum</i>	0.11	0.13										
<i>P. duplex</i> var. <i>clathratum</i>	0.11	0.13										
<i>Schroederia antillarum</i>	0.33	0.26	2.04							0.13		
<i>Schoederia setigera</i>		0.19	0.21								0.93	0.78
<i>Scenedesmus arcuatus</i>			0.21									
<i>S. quadricauda</i>		0.26					0.12					

Especies	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
<i>Scenedesmus</i> sp.				0.73	0.06			0.10				
<i>Selenastrum gracile</i>	0.11	0.19										
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	16.48	8.00	10.87								0.10	0.34
<i>Staurastrum</i> sp.	0.33											
<i>Tetraedron regulare</i>		0.06										
<i>T.</i> sp.		0.06	0.11									
Clorofíceas nd				0.73	0.33							0.56
Total (org/ml) =	19.58	26.14	28.39	1.46	0.46	0.00	0.12	0.10	0.12	0.52	2.47	4.03
Clase CYANOPHYCEAE												
<i>Chroococcus minor</i>			0.11									
<i>Merismopedia elegans</i>											1.24	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	10.47	2.45	8.72									
<i>M. flos-aquae</i>	1.45	2.00	6.78									
<i>Oscillatoria annae</i>				0.61		13.26	5.66			9.17		0.56
<i>O. limosa</i>				0.24	10.74	3.65	0.06		2.57	24.43		17.96
<i>O. subbrevis</i>						57.78						2.24
<i>O. tenuis</i>				2.07	19.26	1.22				46.31	9.26	6.74
<i>Oscillatoria</i> sp.	6.46	0.39	12.16		2.29	2.67						
<i>Spirulina</i> sp.							0.06	0.10	0.23	1.44		
Cianofíceas nd		2.00										
Total (org/ml) =	18.37	6.84	27.76	2.91	32.29	78.57	5.78	0.10	2.80	81.34	10.50	27.50
Clase EUGLENOPHYCEAE												
<i>Euglena</i> sp.	0.11									0.06	0.62	
<i>Peranema</i> sp.				0.36	0.65					0.98		
<i>Phacus</i> sp.			0.21						0.12	0.13		
<i>Trachelomonas</i> sp.	0.44	0.13					0.06					
Euglenofíceas nd		4.00	19.37							57.24	130.71	78.93
Total (org/ml) =	0.55	4.13	19.58	0.36	0.65	0.00	0.06	0.00	0.12	58.42	131.33	78.93
Clase DINOPHYCEAE												
<i>Ceratium hirundinella</i>		0.26								0.13		
<i>Peridinium pusillum</i>									42.52	0.39		
Total (org/ml) =	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.52	0.52	0.00	0.00
TOTAL (org/ml) =	156.52	76.61	209.02	45.47	52.64	133.89	47.53	10.93	21.26	164.70	195.12	150.87