

# ESTUDIO FICOLÓGICO Y BACTERIOLÓGICO DE UNA LAGUNA URBANA DE USO RECREATIVO (SANTA FE, ARGENTINA)

WANDA MARINA POLLA<sup>1</sup>,  
MARÍA FERNANDA BAINOTTI<sup>1</sup> y MARTÍN DAVID NOVOA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Humanidades y Ciencias (FHUC) – Universidad Nacional del Litoral (UNL) (Santa Fe).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físico–Químicas & Naturales –

Universidad Nacional de Río Cuarto UNRC (Córdoba)

E–mail: wandapolla@fhuc.unl.edu.ar

## RESUMEN

La laguna urbana Parque “Juan de Garay” es un espacio recreativo para los habitantes de la ciudad de Santa Fe. Se realizaron muestreos en cinco sitios de la laguna en cada estación del año registrando: profundidad, oxígeno disuelto, transparencia del agua, temperatura, pH, conductividad eléctrica, nutrientes e iones; fitoplancton y bacterias. Se identificaron y cuantificaron muestras bacteriológicas mediante el recuento de microorganismos aerobios y anaerobios facultativos y mesófilos viables (RAT). Se identificaron 86 especies fitoplanctónicas, la mayor riqueza se observó en Chlorophyceae y Bacillariophyceae y mayor densidad en Cyanobacteria y Chlorophyceae. La mayor riqueza específica y densidad fitoplanctónica se observó durante la estación primaveral. Los análisis bacterianos no registraron coliformes fecales ni *Escherichia coli*. El valor de saprobiedad determinó nivel  $\beta$  (beta–mesosaprobio), donde el agua presentó contaminación moderada y la presencia de grupos algales como Chlorophyceae, Cyanobacteria y Bacillariophyceae. El diagnóstico permitió identificar en qué estado de saprobiedad está la laguna urbana “Parque Juan de Garay” y obtener información útil para el mejor manejo de éste sistema, posterior a su restauración en el 2009.

### Palabras clave:

laguna urbana, fitoplancton, nutrientes, índice de saprobiedad.

# PHYCOLOGICAL AND BACTERIOLOGIC STUDY OF URBAN SHALLOW LAKE OF RECREATIONAL USE (SANTA FE, ARGENTINA)

WANDA MARINA POLLA<sup>1</sup>,  
MARÍA FERNANDA BAINOTTI<sup>1</sup> & MARTÍN DAVID NOVOA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Humanidades y Ciencias (FHUC) – Universidad Nacional del Litoral (UNL) (Santa Fe).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físico–Químicas & Naturales –

Universidad Nacional de Río Cuarto UNRC (Córdoba)

E–mail: wandapolla@fhuc.unl.edu.ar

## ABSTRACT

The urban shallow lake “Juan de Garay” is a recreative space for the habitants of Santa Fe city. Samples were taken at five sites of the lake seasonally, registering: depth, dissolved oxygen, water transparency, temperature, pH, electric conductivity, nutrients and ions; phytoplankton and bacteria. Bacteriological samples were identified and quantified by the count of aerobic and anaerobic facultative microorganisms and mesophyll viable (RAT). A total of 86 phytoplanktonic species were identified, the highest richness was observed in Chlorophyceae and Bacillariophyceae, and the highest abundance in Cyanophyceae and Chlorophyceae. In spring, the greater abundance and specific richness were registered. In bacteriological tests performed neither fecal coliforms nor *Escherichia coli* were recorded. The saprobity value has determined a saprobic index of  $\beta$  (beta–mesosaprobic). The diagnostic allowed identifying the water saprobic level and obtaining useful information, in order to make a better management of this system.

## Key words:

lake urban, phytoplankton, nutrients, saprobic.

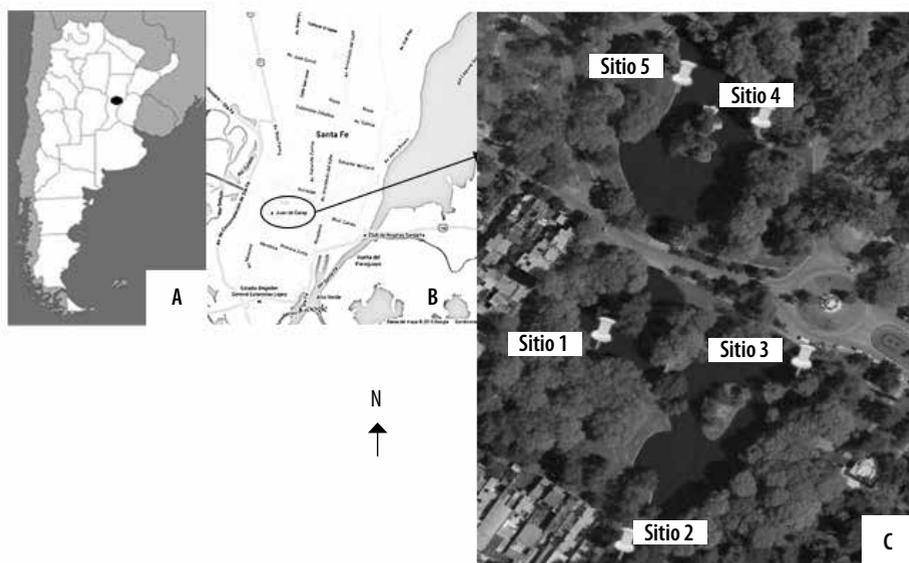
## INTRODUCCIÓN

Las lagunas urbanas son ecosistemas construidos para el uso recreativo y el bienestar de la población humana (Martínez Arroyo & Jáuregui, 2000; Novoa *et al.*, 2006; Oliva Martínez *et al.*, 2008; García Rodríguez, 2015). Usualmente son cuerpos de agua someros, altamente artificiales y turbios, de tamaño pequeño, comúnmente hipertróficos debido a la actividad humana en el perillago (Quiroz, 2007; Naselli Flores, 2008). Han sido objeto de estudio, no sólo de ecólogos y limnólogos, sino de gobiernos y municipios debido a la problemática ambiental sobre la calidad del agua (Elías Gutiérrez *et al.*, 2008; Oliva Martínez *et al.*, 2008). Los ecosistemas acuáticos, situados dentro de las zonas urbanizadas, son influenciados por los nutrientes que llegan por desagües pluviales o escorrentía provocada por la lluvia y (Naselli Flores & Barone, 2000; Haustein, 2010); por el excremento de las aves (y otros organismos de fauna local) y por las diversas actividades humanas en el perillago, lo que favorece un proceso de contaminación, de origen natural o antrópico, ejerciendo impactos ecológicos, sanitarios y económicos (Naselli Flores, 2008; Bonilla, 2009; Sinistro *et al.*, 2013; García Rodríguez, 2015). El problema más crítico, que ocasionan los constantes aportes de nutrientes, es el crecimiento excesivo del fitoplancton, el aumento de la turbidez del agua y la pérdida de la biodiversidad disminuyendo el valor estético y recreativo del lugar (Quirós *et al.*, 2002; Sterner & Elser, 2002; Almanza *et al.*, 2011; García Rodríguez, 2015). El fitoplancton es una comunidad utilizada como indicadora de la calidad del agua por su sensibilidad, tolerancia a cambios ambientales y a sus ciclos vitales relativamente cortos (Bonilla, 2009; Martínez de Marco & Tracanna, 2012). En Argentina, los monitoreos de calidad en lagunas urbanas se han basado principalmente en la valoración física, química y bacteriológica (Emiliani *et al.*, 1999; Emiliani, 2003; Rodríguez, 1997; Rodríguez, 2007); otros trabajos utilizaron el fitoplancton como bioindicador en lagunas urbanas (Novoa *et al.*, 2006; Huber *et al.*, 2011; Sosa *et al.*, 2013). Dentro de los grupos algales el empleo de diatomeas bentónicas como indicadoras de la calidad del agua cuenta con más antecedentes (Tangorra *et al.*, 1998; Gómez & Licursi, 2001; Licursi & Gómez, 2002; Graça *et al.*, 2002; Bauer *et al.*, 2012). Kolkwitz & Marsson (1908) crearon un sistema de saprobio, ampliamente utilizado en Alemania y otros países de Europa que se basa en la tolerancia de especies a la contaminación acuática (Streble & Krauter, 1987; Roldán Pérez, 2003). Posteriormente a las investigaciones realizadas por Patrick (1949, 1951), numerosos trabajos realizados con diatomeas se llevaron a cabo con el fin de evaluar la calidad del agua (Lange Bertalot, 1979; Sladeczek, 1984; 1986). Los índices bióticos que se emplean en la evaluación de la calidad del agua son variados y han sido empleados en numerosos cuerpos de agua de distintas regiones geográficas; el índice de "Sladeczek" (S) aplicado a sistemas lóticos pampeanos en Argentina (Gómez, 1999; Gómez & Licursi, 2001) y el índice de Pantle & Buck (1955) modificado por Liebmann (1962) que

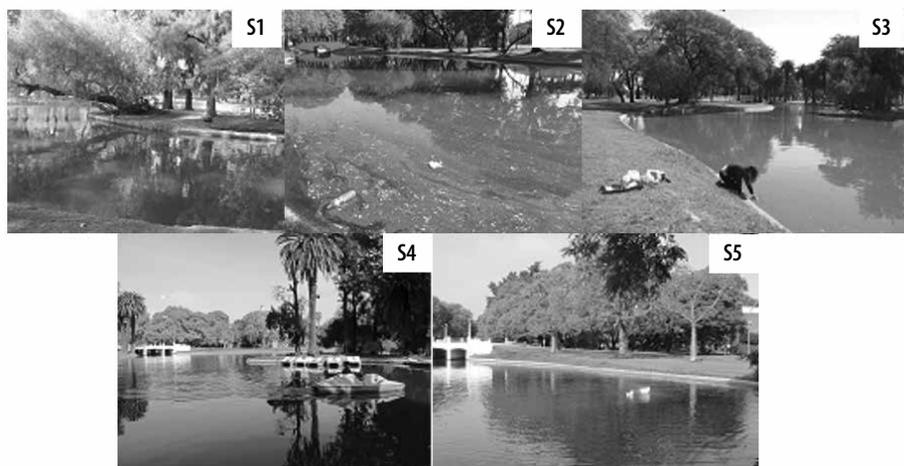
ha sido utilizado en lagunas urbanas (Novoa *et al.*, 2006; Huber *et al.*, 2011; Bazán, 2010). A diferencia de los análisis físico-químicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo dando una visión de los efectos a mediano y corto plazo (Sierra Plazas, 1999; Springer, 2010). Durante muchos años la laguna urbana "Juan de Garay" presentó un total abandono y descuido (depósito de residuos), con presencia de camalotales y sedimento acumulado, provocando un fuerte olor en el lugar. A partir del 2009 se comenzaron las obras de restauración: limpieza de sedimentos, clausura de desagües pluviales y ubicación de bombas de circulación de agua lo que contribuyó en gran medida al saneamiento de la misma. En este marco, los objetivos del trabajo son: Analizar el estado actual de la calidad del agua en la laguna urbana Parque "Juan de Garay" (post-restauración) y calcular el índice de saprobiedad a partir de recuentos del fitoplancton estableciendo el grado de saprobiedad del cuerpo de agua; y la relación con variables físicas, químicas y bacteriológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna del Parque "Juan de Garay" (31° 38' 11" S – 60° 43' 17" O) (Fig. 1) es un ambiente cerrado, posee una superficie total de 1,4 ha y una profundidad máxima de 2 m y recibe aportes de agua por escorrentía superficial en épocas de lluvia. Se seleccionaron cinco sitios de muestreo, en base a diferentes características: *Sitio 1*: zona con árboles perennes en la orilla que proporcionan sombra, *Sitio 2*: zona de acumulación de residuos, *Sitio 4*: lugar de embarcaciones recreativas y *Sitio 3 – Sitio 5*: zonas sin árboles ni perturbaciones (seleccionados por ausencia de residuos, libres de sombreado y exento de actividad recreativa por embarcaciones) (Fig. 2). En cada uno de los sitios se colectaron muestras con frecuencia estacional; se registraron *in situ* variables físicas y químicas: profundidad (m) y transparencia del agua (con disco de Secchi); temperatura del agua y aire (°C) con termómetro; pH, conductividad eléctrica ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2\cdot\text{l}^{-1}$ ) con un sensor multiparamétrico *Intelligent Meter*. Se colectaron 2 L de agua para el análisis de la concentración de amonio ( $\text{NH}^{+4}$ ), nitratos ( $\text{NO}^{-3}$ ), nitritos ( $\text{NO}^{-2}$ ) y fósforo reactivo soluble (PRS) mediante las técnicas estandarizadas en APHA (1995). Se realizó análisis geoquímico en dos estaciones (otoño y verano) determinando Total de Sólidos Disueltos (SDT), Carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), Cloro (Cl), Sodio ( $\text{Na}^{+}$ ), Potasio ( $\text{K}^{+}$ ), Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Flúor (F) y Arsénico (As). Se realizaron recuentos de bacterias anaerobias, aerobias facultativas y mesófilas viables (RAT) por el método de recuento en placa en profundidad en agar nutritivo, cultivadas 24 h a 37 °C, expresándose los resultados en unidades formadoras de colonias por mililitros de



**Figura 1.** A) Provincia de Santa Fe, Argentina (punto color negro). B) Ciudad de Santa Fe, ubicación de la laguna urbana Parque “Juan de Garay”. C) Laguna urbana Parque “Juan de Garay” ( $31^{\circ}38'10,56''S - 60^{\circ}63'11,02''O$ ).



**Figura 2.** Sitios de muestreo. Sitio 1 (S1): zona con árboles; Sitio 2 (S2): zona de acumulación de residuos; Sitio 4 (S4): lugar de embarcaciones recreativas y Sitio 3 y Sitio 5: zonas sin árboles ni perturbaciones (ausencia de residuos, libres de sombreado y exento de actividad recreativa por embarcaciones) en la Laguna urbana Parque “Juan de Garay”.

muestra (UFC/ml); recuento de Coliformes Totales (CT); Coliformes Fecales (CF), y por último se realizó la determinación de la presencia de la bacteria *Escherichia coli* (APHA, 1995). Para la obtención de las muestras de fitoplancton se filtraron 2 L de agua a través de una red de plancton de 20 µm de diámetro de poro, obteniendo un concentrado de 500 ml. Se utilizaron 250 ml para el análisis cualitativo y 250 ml para el análisis cuantitativo. Se observó el material en vivo al microscopio óptico binocular con contraste de fases NIKON ECLIPSE E200. En laboratorio, se fijaron las muestras con formaldehído al 4%. Para la observación de las valvas de diatomeas se procedió a la eliminación de la materia orgánica mediante el uso de solución de peróxido (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30% (100 volúmenes) a 80 °C durante dos horas y posteriormente las muestras fueron lavadas por centrifugación con agua destilada (Battarbee, 1986). Los preparados permanentes se confeccionaron usando Naphrax® (IR: 1,7) como medio de montaje y se incorporaron a la colección diatomológica del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Humanidades y Ciencias (UNL). Para la determinación de los organismos se utilizó bibliografía específica de los grupos algales presentes, además de floras regionales y locales: Desikachary (1959), Patrick & Reimer (1966, 1975), Hartley (1996); Prescott (1962), Tell & Conforti (1986), Tell *et al.* (1994), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Kómarek & Anagnostidis (1999, 2005), Martínez de Fabricius (1996) y Bazán (2010), Metzeltin *et al.* (2005), entre otros. La cuantificación se realizó bajo microscopio óptico según la técnica propuesta por Villafaña & Reid (1995). Se reemplazó la cámara Sedgwick–Rafter por un portaobjetos y un cubreobjetos de 24 x 50 mm. Se contaron tres portaobjetos por muestra, en cada una se colocó 0,2 ml. Por cada portaobjetos se contaron 3 transectas horizontales equidistantes, evitando el efecto borde, hasta obtener un número de individuos aproximadamente constante de las especies más abundantes en cada réplica. Se calculó el índice de Diversidad de Margalef y la Equitatividad. Para la evaluación de la calidad del agua en relación al fitoplancton se empleó el índice de Saprobios (IS) de Pantle y Buck (1955) modificado por Liebmann (1962) a través de la fórmula:

$$IS = \Sigma (s \cdot h) / \Sigma h$$

donde *h* corresponde a la frecuencia algal (1= poco frecuente, 3= frecuente y 5= abundante), donde *s* es el grado sapróbico de Sladeczek (1973) (Oligosapróbico: 1, Beta-mesosapróbico: 2, Alfa-mesosapróbico: 3, Polisapróbico: 4). Los rangos del Índice de Saprobiedad fluctúan entre los siguientes valores: IS= 1,0–1,5: contaminación muy débil, (o) oligosapróbicos; IS= 1,5–2,5 contaminación moderada, (β) beta-mesosapróbicos; IS= 2,5–3,5 contaminación fuerte (α), alfa-mesosapróbicos y IS= 3,5–4 contaminación muy fuerte (p), polisapróbicos. Los datos cuantitativos fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel, InStat3 y el software Instad PAST (PAleontological STatistics

Versión 3.0) (Hammer, 2001). La comparación estadística de las variables medidas en cada sitio y estación del año, se realizó aplicando ANOVA (análisis de la varianza) cuando los datos cumplieron los supuestos de normalidad de la distribución y de homogeneidad de las varianzas, y luego se aplicó la Prueba de Tukey para establecer las diferencias significativas entre grupos. Para el caso de datos que no cumplieron con alguno de estos supuestos, se aplicó el test de Kruskal–Wallis y el test de Dunnett como test *a posteriori*. Se aplicó un análisis de correlación (coeficiente de Pearson), previa comprobación de normalidad. Se mencionan aquellas correlaciones que resultaron significativas ( $<0,05$ ) y el coeficiente de correlación ( $R^2 > 0,5$ ).

## RESULTADOS

### VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El análisis de varianza aplicado (ANOVA) reveló diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en todas las variables analizadas entre las estaciones del año, a excepción de la profundidad, pero no se observaron diferencias significativas entre los cinco sitios de muestreo ( $p > 0,05$ ). Los valores más altos de temperatura del agua se registraron durante el verano; el valor mínimo se observó durante el otoño. La transparencia del agua fue mayor en otoño y el mínimo se presentó en primavera en los cinco sitios de muestreo. Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se registraron durante la primavera; los valores mínimos durante el verano. Durante el verano se registró el menor valor de pH; en primavera se registró el valor más alto (Tabla 1). Los resultados geoquímicos determinaron que el total de sólidos disueltos, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloro, sodio y magnesio presentaron los mayores valores en verano con respecto al otoño, mientras que el potasio y el calcio fueron más altos en otoño (Tabla 2). De acuerdo a la tabla los valores máximos de nitratos se registraron en otoño y los mínimos en invierno y primavera. Se registraron las menores concentraciones de amonio en otoño; correspondiendo al valor máximo en primavera. Para el fósforo reactivo soluble (PRS), se observó una baja concentración durante invierno, primavera y verano, siendo el valor más alto en otoño. La mayor concentración de nitritos se registró en otoño (Tabla 3). Se clasificó al agua del Parque “Juan de Garay” como dulce, incolora, muy dura y clorurada–bicarbonatada sódica; caracterizada como regular a mala para el riego por su alta peligrosidad salina y muy alta peligrosidad sódica y satisfactoria a muy buena en sales sólo para la ganadería.

Estación	Otoño					Invierno					Primavera					Verano												
	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$							
Variables/Sitios	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	D/S	$\bar{x}$							
T° (agua, C°)	13,2	15	16	16	15,5	1,16	15,14	16	19	17	11	15	15,6	1,6	30	30	30	30	33	30,4	1,52	23	31,9	35	35,2	32,8	31,58	5
Oxígeno mg/L	6,2	4,8	3,43	6,04	6,5	5,394	1,27	9,11	4,11	9,8	8,55	9,03	8,12	3	9,5	11,4	6,8	11,9	11,14	10,148	2,08	1,99	1,94	2,11	2,06	2,1	2,04	0,07
T° (aire, C°)	15,5	16	17,5	17	20	17,2	1,75	18	21	22	19	21	20,2	2,3	28	30	29	28	31	29,2	1,3	24,7	21	25	25	26	24,34	1,93
Profundidad (cm)	60	30	40	50	60	48	13,04	60	33	50	61	65	53,8	1,6	62	52	48	56	71	57,8	9,01	61	20	40	50	62	46,6	17,37
Transparencia (cm)	40	25	25	35	40	33	7,58	26	22	23	25	26	24,4	12,9	26	23	18	22	26	23	3,32	26	20	22	26	28	24,4	3,29
pH	8,24	8,34	8,6	8,6	8,41	8,438	0,16	8,4	8,5	8,6	9	8,8	8,66	1,8	9	9,2	9,4	9,3	9,2	9,22	0,15	7,62	7,6	7,59	7,3	7,75	7,572	0,17
Conductividad mS/cm-1	1781	1755	1778	2000	1723	1807,4	110,14	1911	1905	1940	1905	1945	1921,2	0,2	1190	1224	1214	1180	1208	1203,2	17,92	1953	1966	1940	1925	1930	1942,8	16,81

Referencias:  $\bar{x}$  Promedio; D/S Desvío estándar.

**Tabla 1.** Valores de las variables físicas y químicas durante el período de estudio (2011–2012).

Iones	Otoño	Verano
SDT	1522	1890
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	372	395
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	282,1	369
Cl <sup>-</sup>	342,9	422,9
Na <sup>+</sup>	403,4	600,6
K <sup>+</sup>	14,8	14,2
Ca <sup>2+</sup>	76,8	52
Mg <sup>2+</sup>	27,3	35,1
F <sup>-</sup>	0,4	0,5
As <sup>3+</sup>	2	2

**Tabla 2.** Valores iónicos Laguna Parque “Juan de Garay”.

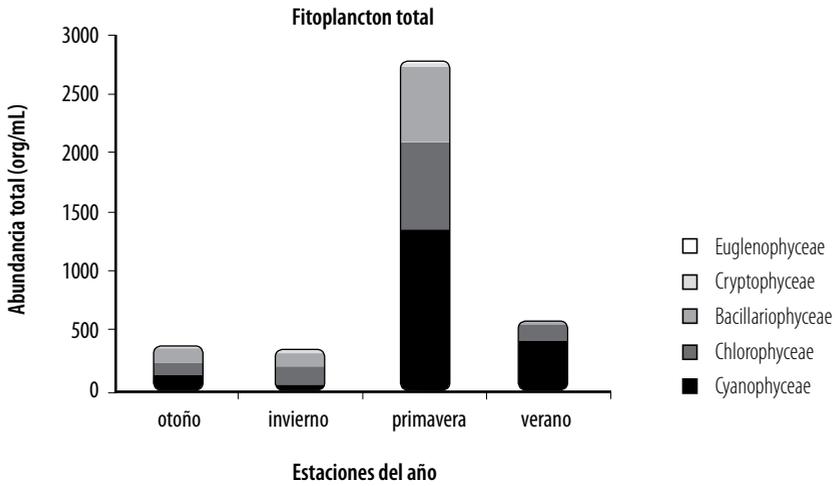
Referencias: Total de Sólidos Disueltos (SDT), Carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Cloro (Cl<sup>-</sup>), Sodio (Na<sup>+</sup>), Potasio (K<sup>+</sup>), Calcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnesio (Mg<sup>2+</sup>), Flúor (F<sup>-</sup>), Arsénico (As<sup>3+</sup>).

Nutrientes/estaciones	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/L	1,1	0,005	0,005	0,018
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) mg/L	0,005	0,002	0,002	0,002
Amonio (NH <sub>4</sub> ) mg/L	0,005	0,105	1,3	0,02
Fósforo reactivo soluble (PRS) mg/L	0,018	0,005	0,005	0,005

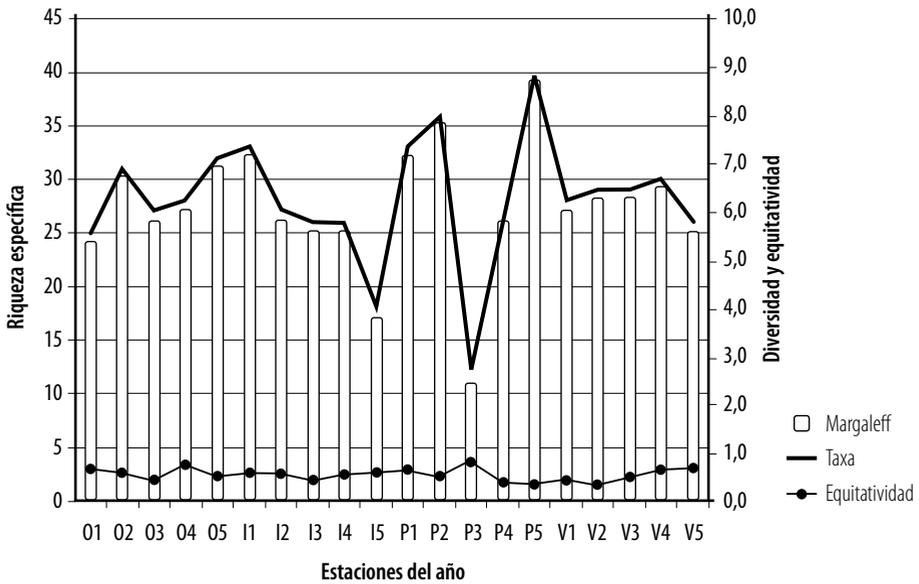
**Tabla 3.** Valores de nutrientes en el Laguna Parque “Juan de Garay”.

### VARIABLES BIOLÓGICAS

El análisis de varianza aplicado (ANOVA) señaló que las abundancias fitoplanctónicas presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las estaciones del año pero no entre los sitios de muestreo ( $p > 0,05$ ). Se reconocieron 86 especies de microalgas, 35 especies pertenecientes a la Clase Chlorophyceae, 26 a Bacillariophyceae, 22 a Cyanobacteria, 2 a Euglenophyceae y 1 a Cryptophyceae. Los máximos valores de densidad se observaron en la primavera, predominando Cyanobacteria seguidas de Chlorophyceae, los valores mínimos de densidad se observaron en invierno (Fig. 3). Entre las especies registradas pueden destacarse por su densidad *Aphanocapsa delicatissima*, *Raphidiopsis curvata* y *Pseudoanabaena* sp. Las clorofíceas fueron abundantes durante la primavera. Las especies más frecuentes de todo el muestreo fueron: *Chlorella vulgaris*, *Crucigenia tetrapedia*, *Dyctiosphaerium ehrenbergianum*, *Scenedesmus acuminatus* y *Tetraedron minimum*. En Bacillariophyceae las especies más abundantes durante la primavera fueron *Nitzschia* sp. que tuvo una presencia constante a lo largo del año siendo la máxima densidad en otoño e invierno. Entre las Bacillariophyceae *Nitzschia acicularis* fue la especie predominante a lo largo del año. El índice de diversidad presentó en la primavera una gran variabilidad entre sitios de muestreo, hallándose tanto los valores máximos como mínimos en esta estación (máximo 0,88 bits. Ind<sup>-1</sup> y mínimo 0,25 bits. Ind<sup>-1</sup>); la equitatividad presentó máximos en primavera (0,822 bits. Ind<sup>-1</sup>) y mínimos en verano (0,332 bits. Ind<sup>-1</sup>) (Tabla 4, Fig. 4). En cuanto a los resultados bacteriológicos se registraron Bacterias Aerobias Facultativas y Mesófilas Viables (RAT) en todos los sitios y durante todas las estaciones encontrándose los valores máximos en verano. En cuanto a los coliformes totales se registró el valor más alto en primavera. No se registraron coliformes fecales, ni tampoco *Escherichia coli* en ninguna estación del año y en ningún sitio (Tabla 4). Teniendo en cuenta la frecuencia de las especies fitoplanctónicas y el grado sapróbico de Sladeczek (1973) (Tabla 5), el índice indicó, a lo largo de todo el año, un estado Beta-mesosapróbico. De acuerdo con las correlaciones de Pearson, la densidad de Cyanobacteria se correlacionó significativamente con la temperatura ( $p = 0,0006$ ;  $r^2 = 0,7$ ); la densidad de Chlorophyceae presentó correlaciones significativas con el oxígeno disuelto ( $p = 0,007$ ;  $r^2 = 0,57$ ) y el pH ( $p = 0,01$ ;  $r^2 = 0,55$ ) y la densidad de Bacillariophyceae se correlacionó significativamente con el oxígeno disuelto ( $p = 0,006$ ;  $r^2 = 0,60$ ). Las bacterias (RAT) presentaron correlaciones significativas con la temperatura ( $p = 0,011$ ;  $r^2 = 0,55$ ), oxígeno disuelto ( $p = 0,001$ ;  $r^2 = 0,65$ ) y el pH ( $p = 0,006$ ;  $r^2 = 0,58$ ).



**Figura 3.** Distribución estacional de la densidad del fitoplancton total (org/ml). Laguna urbana Parque “Juan de Garay” (Período 2011–2012).



**Figura 4.** Distribución estacional de la riqueza, diversidad y equitatividad del fitoplancton en la Laguna urbana Parque “Juan de Garay” (Período 2011–2012). Sitios (1, 2, 3, 4,5) O: Otoño; I: Invierno; P: Primavera; V: Verano.

Estaciones	Otoño					Invierno					Primavera					Verano				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Atributos biológicos/Sitios	51	52	53	54	55	51	52	53	54	55	51	52	53	54	55	51	52	53	54	55
Taxa	25	31	27	28	32	33	27	26	26	18	33	36	12	27	40	28	29	29	30	26
Densidad total algal (org/mL)	150	368	260	363	754	270	327	588	318	214	1083	4167	455	1904	6413	654	1057	604	418	276
Cianobacterias (org/mL)	0	143	107	30,5	438,9	79,13	133,4	34,75	38,88	19,5	208,5	2513	250,1	471	3483	495,9	919,4	438,9	194,5	158,4
Chlorophyceae (org/ml)	59,75	70,88	97,25	127,8	195,9	80,63	62,5	334,8	188,9	143	724,9	1071	196,5	700,1	1034	133,4	94,5	134,8	191,8	95,75
Bacillariophyceae (org/mL)	90,25	147,4	41,75	204,3	112,6	109,9	119,5	212,6	89	51,38	133,1	554,3	0	716,6	1788	20,88	19,5	20,88	26,38	20,88
Cryptophyceae (org/mL)	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	12,38	12,38	8,25	16,5	12,38	0	4,125	0	2,75	0
Euglenophyceae (org/mL)	0	7	7	0	7	0	4,125	5,5	1,375	0	4,125	16,5	0	0	96	4,125	19,5	9,75	2,75	1,375
RAT (UFC/mL)	2400	1600	8000	2800	2000	2000	6400	3200	6000	3200	6400	5400	1200	6400	5000	16000	10000	16000	20000	50000
Coliformes Totales (NMP/mL)	0,9	0,9	0,4	S/D	0,4	0,3	S/D	0,7	0,4	0,4	0,9	4,3	7,5	2,3	0,7	0,4	S/D	S/D	0,4	0,9
Coliformes Fecales (NMP/mL)	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
<i>Escherichiacoli</i> (UFC/mL)	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Tabla 4. Atributos biológicos por estación Laguna urbana Parque “Juan de Garay” (2011–2012).

Estaciones	Otoño								Invierno		
	S1	S2	S3	S4	S5	h	s	S1	S2	S3	
<b>Especies</b>											
<b>CYANOBACTERIA</b>											
<b>Orden Chroococcales</b>											
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West		+		+	+	3	2		+	+	
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom.					+	1	2				
<i>Aphanothececla thrata</i> West & G.S. West											
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.					+	1	1,5				
<i>Chroococcus minutus</i> (Kuetz) Näg.					+	1	1,5			+	
<i>Chroococcus</i> sp.				+	+	3	1,5				
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Näg.											
<i>Mycrocystisae ruginosa</i> Kutzing											
<b>Orden Oscillatoriales</b>											
<i>Limnothrix planctonica</i> (Wolosz.) Meffert											
<i>Lyngbya</i> sp.										+	
<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh									+		
<i>Planktolynbya contorta</i> (Lemmermann) A. & K.		+				1	3,5				
<i>Planktolynbya limnetica</i> (Lemmermann) K.- L.											
<i>Pseudoanabaena</i> sp.		+	+		+	3	3,5		+	+	
<i>Raphidiopsis curvata</i> Skuja					+	1	3,5		+	+	
<i>Spirulinaxalis sima</i> G.S. West											
<b>Orden Nostococales</b>											
<i>Anabaenopsis arnoldii</i> Aptekarj										+	
<i>Anabaenopsis elenkinii</i> Miller		+				1	2				
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) S & S											
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Kleb.) Wacklin. Hoffm. & Kom.											
<b>CHLOROPHYCEAE</b>											
<b>Orden Volvocales</b>											
<i>Chlamydomona sehrenbergi</i> Gorozhankin											
<i>Pandorinamorum</i> (Müller) Bory					+	+	3	2		+	
<b>Orden Chlorococcales</b>											
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim											
<i>Actinastrum</i> sp.		+				1	2				
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck ( Beijerinck)		+	+		+	3	3,5		+	+	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze		+			+	3	1,5				
<i>Crucigeniella apiculata</i> (Lemmermann) Komárek		+				1	1,5			+	
<i>Crucigeniella rectangularis</i> Nägeli										+	
<i>Dyctiosphaerium ehrenbergianum</i> Näg.		+	+	+	+	5	2		+	+	
<i>Lagerheimia quadriseta</i> (Lemm.) G.M. Smith				+		1	2				
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.										+	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur. in Bréb.) Komárk.-Legn.		+			+	3	2				
<i>Monoraphidium griffithi</i> (Berk.) Kom.-Legn.											
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nag.) Kom.-Legn.										+	
<i>Oocystis</i> sp.					+	1	1,5				
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turn.) Meneg.											
<i>Pediastrum dúplex</i> Meyen											
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs											
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat		+				1	2		+	+	



Estaciones	Otoño								Invierno		
	S1	S2	S3	S4	S5	h	s	S1	S2	S3	
<b>Especies</b>											
<i>Scenedesmus alternans</i> Reinsch											
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing											
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>quadrispina</i>	+	+	+		+	5	2	+	+	+	
<i>Scenedesmus spinosus</i> Chodat			+			1	2				
<i>Schroederia</i> sp.											
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg										+	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansgirg	+			+	+	3	2			+	
<i>Tetraedron regulare</i> (var. <i>granulata</i> )											
<i>Tetraedron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg				+		1	2				
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair					+	1	2				
<i>Tetrastrums taurigeniaeforme</i> (Schröd.) Lemmerm.		+	+	+	+	5	2	+	+	+	
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek											
<i>Treubaria planctónica</i> (G.M. Smith) Korshikov											
<b>Orden Oedogoniales</b>											
<i>Oedogonium</i> sp.											
<b>Orden Ulotrichales</b>											
<i>Planktonemalauter bornii</i> Schmidle											
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>											
<b>Orden Centrales</b>											
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.		+		+	+	3	2		+	+	
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt				+	+	3	1	+			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutz.	+			+	+	3	3			+	
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemm.				+	+	3	2				
<b>Orden Pennales</b>											
<i>Cymbella</i> sp.				+		1	2				
<i>Fragilaria acus</i>		+		+		3	2		+		
<i>Gomphonema</i> sp.			+			1	1			+	
<i>Hantzchia amphioxys</i> (Kutz.) Grun				+		1	3			+	
<i>Navicula</i> sp.				+		1	3		+		
<i>Navicula veneta</i> Kützing		+			+	3	3				
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith										+	
<i>Nitzschia reversa</i> W. Smith	+	+		+	+	5	3				
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith		+				1	3			+	
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	+	+	+	+	+	5	2	+	+	+	
<i>Nitzschia</i> sp. 1		+		+		3	3		+	+	
<i>Nitzschia</i> sp. 2		+				1	3				
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère		+			+	3	1		+		
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>											
<i>Cryptomonas</i> sp.				+		1			+		
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>											
<i>Euglenaoxyurus</i> Schmarida				+		1	1,5				
<i>Euglena</i> sp.											

**Tabla 5.** Especies fitoplanctónicas y la frecuencia anual por estación Laguna urbana Parque “Juan de Garay” (2011–2012).

Referencias: *h* frecuencia de especie: 1= hallazgos casuales (<20 %), 3= hallazgos frecuentes (20–60 %), 5= hallazgos abundantes (> 60 %); *s* valor sapróbico: Oligosapróbico: 1, Beta–mesosapróbico 2, Alfa–mesosapróbico 3, Polisapróbico: 4. S: SITIOS.



## DISCUSIÓN

La laguna urbana del Parque "Juan de Garay" se caracterizó por ser un sitio donde la profundidad, la conductividad, la transparencia del agua y desarrollo de microalgas correspondió a una laguna somera y productiva (Quiroz, 2007). Naselli Flores (2008) refirió que la variación estacional del fitoplancton responde generalmente a las fluctuaciones de la temperatura y a la variable asociada, que es la radiación solar. Tal situación se vio reflejada en el estudio, donde los valores de densidad del fitoplancton se incrementaron en la primavera con el aumento de la temperatura; en el verano las temperaturas fueron altas pero la densidad disminuyó, posiblemente como cese de la reproducción celular sometida a una relativa constante presión depredadora (García de Emiliani, 1976). El oxígeno disuelto presentó los valores altos valores en primavera pero muy bajos en el verano; los estudios demuestran que las microalgas poseen altas tasas de crecimiento, y en condiciones de enriquecimiento de nutrientes su biomasa aumenta, causando atenuación de la luz; en segundo lugar, existe un fuerte consumo de oxígeno desde los sedimentos (Naselli Flores, 2008). La transparencia del agua tuvo una relación inversa con la densidad fitoplanctónica, por lo que se podría suponer que los cambios en la transparencia de Secchi son básicamente de origen biogénico. Novoa *et al.* (2006) reportaron mayor densidad algal durante la estación estival en coincidencia con una reducción de la transparencia del agua y confirman que las lagunas urbanas artificiales tienen niveles de transparencia menores que las lagunas naturales. Los resultados geoquímicos determinaron que el agua fue dura, clorurada-bicarbonatada sódica, con alta salinidad, siendo de regular a mala por su alta peligrosidad sódica. Los valores de arsénico, cloruro y sodio obtenidos en la laguna urbana Parque "Juan de Garay" superaron los niveles guías para el agua potable y uso recreativo establecidos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2008). Mahler *et al.* (2001) refirieron que la presencia de arsénico se ha generalizado en las lagunas urbanas de contaminación metropolitana, vinculado al tráfico vehicular de la ciudad.

En cuanto a las Bacterias Aerobias Facultativas y Mesófilas Viables (RAT) su presencia y desarrollo microbiano fue mayor en el verano; algunos trabajos explican que el aumento de la actividad microbiana provocó un crecimiento de bacterias entrando en competencia con el fitoplancton y esa actividad bacteriana se incrementó a elevadas temperaturas (Plataroti, 2010; Canosa & Pinilla, 2007). Si bien hubo presencia de Coliformes totales, hubo ausencia de coliformes fecales y *Escherichia coli*, lo que indicaría la inexistencia de contaminación fecal en la laguna urbana. Es importante destacar que en el Parque "Juan de Garay" no existieron estudios sistemáticos de bacteriología siendo un complemento de estudio para la calidad del agua. El fitoplancton de la laguna presentó mayor riqueza específica para Chlorophyceae y Bacillariophyceae. En trabajos publicados Chlorophyceae se registró como el grupo más importante cualitativamente en

ambientes dulceacuicolas, favorecidas por su alta variabilidad morfométrica, la amplia distribución de diversidad y riqueza específica (Reynolds 1984; Sosa *et al.*, 2013; Peixoto Ramos *et al.*, 2015), esto coincidió con trabajos realizados en diversos cuerpos de agua lénticos someros (O'Farrell *et al.*, 2003; Izaguirre *et al.*, 2004; Huber *et al.*, 2011). En cuanto a las abundancias máximas registradas fueron para Cyanobacteria y Chlorophyceae. Entre el fitoplancton, las cianobacterias son los mejor adaptados para ajustarse a la baja disponibilidad de luz bajo condiciones hidráulicas, relativamente estables y a menudo dominantes en lagunas urbanas y suburbanas (Naselli Flores & Barone, 2000). El cambio de la estructura del fitoplancton y la composición hacia el dominio de cianobacterias puede causar riesgos sanitarios, ya que estos organismos producen una amplia variedad de compuestos tóxicos que se asocian con frecuencia con la producción de moléculas orgánicas malolientes (geosmin y metilisoborneol) que perjudica los usos del agua (Naselli Flores, 2008). En estudios efectuados en otras lagunas urbanas las densidades superaron los valores obtenidos en este trabajo, pero coinciden que los grupos más representados fueron cianobacterias (García de Emiliani, 1974; Emiliani *et al.*, 2001) y clorofíceas (principalmente Volvocales y Chlorococcales) (Oliva Martínez *et al.*, 2008). Algunos autores mencionan que las altas densidades están dadas por la condición de eutrofia e hipertrofia que presentan los sistemas urbanos (Oliva Martínez *et al.*, 2008; Tavera *et al.*, 2000); quizás debido a la gran incorporación de nutrientes por gran cantidad de desagües pluviales sin un control de gestión por parte de los municipios. En otros estudios de lagunas urbanas se menciona que las Bacillariophyceae fueran dominantes, pero estos sistemas estarían influenciados por ríos de régimen torrencial y pluvial, lo que favorece el gran desarrollo de Bacillariophyceae (Novoa *et al.*, 2006; Huber *et al.*, 2011; Sosa *et al.*, 2013). La laguna del Parque "Juan de Garay" se caracterizó como un cuerpo lenítico, somero, salino y polimíctico. Teniendo en cuenta el registro taxonómico y la frecuencia de especies fitoplanctónicas, el nivel de saprobiedad de la laguna resultó ser ( $\beta$ ) Beta-mesosaprobia. Según Liebmann (1962) describe a este estado como aguas de contaminación moderada, con presencia de grupos algales como Chlorophyceae, Cyanobacteria y Bacillariophyceae, con la presencia de amebas y ciliados. En otros trabajos de lagunas urbanas se analizaron estados tróficos (mesotróficos, eutróficos e hipertróficos) teniendo en cuenta otros parámetros de medición como la clorofila *a* y el fósforo total (García de Emiliani, 1974; Ehernhaus & Vigna, 2006; Oliva Martínez *et al.*, 2008; García Rodríguez *et al.*, 2015); lo mismo ocurrió para las lagunas someras pampeanas de alto impacto por intensas actividades agrícola-ganaderas (Quirós *et al.*, 2002; Izaguirre *et al.*, 2012). Algunos trabajos determinaron gran cantidad de puntos de descargas de nutrientes a través de los desagües pluviales, lo que incentivó el aumento de biomasa fitoplanctónica, especialmente Cianobacterias (García de Emiliani, 1974; Frau com. pers.). El plan de manejo (2009) sobre la laguna urbana Parque "Juan de Garay", en el

control de los desagües pluviales y la limpieza periódica del lugar, recuperó y evitó actualmente un deterioro del sistema. En los últimos años, una creciente conciencia pública sobre la preocupación de la calidad del agua en las lagunas urbanas ha sido iniciada por planes de gestión del gobierno de la ciudad de Santa Fe, dirigidos a restaurar y mantener el valor recreativo de las aguas urbanas y así evitar la degradación de sus aguas.

**Recibido | Received:** 13 de febrero de 2015

**Aceptado | Accepted:** 15 de octubre de 2015

## REFERENCIAS

- Almanza, V., E. Andrés, O. Parra, S. Basualto, C.** Uruguay, manual para la identificación y medidas de gestión. Documento técnico PHI-LAC, N°16. UNESCO, Montevideo.
- Baeza & R. Urrutia.** 2011. Presencia de microalgas formadoras de floraciones algales en las lagunas urbanas de Concepción. Congreso de la Sociedad Chilena de Limnología. Valdivia, Chile.
- APHA.** 1995. American public health association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. APHA – AWWA – WPCF, Washington D.C.
- Battarbee, R. W.** 1986. Diatom Analysis (527–570). In: BE Berglund (ed.). Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. *J. Wiley & Sons Ltd.* New York.
- Bazán, G. I.** 2010. Estudios ficológicos en el sistema lenítico de La Arocena (Departamento Maracó), La Pampa. Argentina. Tesis doctoral. UNRC. Río Cuarto. 200 pp.
- Bauer, D. E., V. Conforti, L. Ruiz & N. Gómez.** 2012. An in situ test to explore the responses of *Scenedesmus acutus* and *Lepocinclis acus* as indicators of the changes in water quality in lowland streams. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 77: 71–78
- Bonilla, S.** 2009. Cianobacterias planctónicas del
- Uruguay, manual para la identificación y medidas de gestión. Documento técnico PHI-LAC, N°16. UNESCO, Montevideo.
- Canosa, A. & G. Pinilla.** 2007. Relaciones entre las abundancias del bacterioplancton y del fitoplancton en tres ecosistemas lénticos de los Andes Colombianos. *Revista de Biología Tropical* 55: 135–146.
- Desikachary, T. V.** 1959. Cyanophyta. Ed. Indian Council of Agricultural Research.
- Ehernhaus, C. & M. S. Vigna.** 2006. Changes in the phytoplankton of lake Planetario after a restoration process. *Darwiniana* 44 (2): 319–328.
- Elías Gutiérrez, M., E. Suárez Morales, M. A. Gutiérrez Aguirre, M. Silva Briano, J. G. Granados Ramírez & T. Garfías Espejo.** 2008. Cladocera y Copepoda de las Aguas Continentales de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad y Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. 322 pp.
- Emiliani, F., M. O. García de Emiliani, L. A. Kieffer & M. Devercelli.** 2001. El Lago del Parque del Sur. INALI y FICH, Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, colección CLIMAX N° 11 (Serie Estudio de Casos en Microbiología Ambiental), Santa Fe.

- Emiliani, F.** 2003. Indicadores de contaminación fecal: fluctuaciones diarias en un río urbano durante El Niño–Oscilación Sur (Santa Fe, Argentina). *FABICIB* 7: 45–53.
- Emiliani F., R. Lajmanovich, M. A. Acosta & S. Bonetto.** 1999. Variaciones temporales y espaciales de coliformes y de *Escherichia coli* en aguas recreativas fluviales (Río Salado, Santa Fe, Argentina). Relación con los estándares de calidad. *Revista Argentina de Microbiología* 31: 142–156.
- García de Emiliani, M. O.** 1974. Floración acuática de algas verdes-azules en el "Lago del Parque Belgrano" (Santa Fe). *Temas de Salud* 1(2): 29–49.
- García de Emiliani, M. O.** 1976. Sistemática y variaciones cuali-cuantitativas diurnas del fitoplancton en el "Lago del Parque Belgrano" (Santa Fe, Argentina).
- García Rodríguez, J., F. I. Molina–Astudillo, E. Miranda–Espinoza, M. B. Soriano–Salazar & M. Díaz–Vargas.** 2015. Variación fitoplanctónica en un lago urbano del municipio de Cuernavaca, Morelos, México. *Acta Universitaria* 25(1): 3–11.
- Graça, M., A. Rodrigues Capítulo, C. Ocón & N. Gómez.** 2002. In situ test for water quality assessment: a case study in Pampean Rivers. *Water Research* 36: 4033–4040.
- Gómez, N.** 1999. Epipellic diatoms from the Matanza–Riachuelo River (Argentina), a highly polluted basin from the pampean plain: biotic indices and multivariate analysis. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 2: 301–301.
- Gómez, N. & M. Licursi.** 2001 The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology* 35(2): 173–181.
- Licursi M. & N. Gómez.** 2002. Benthic diatom and some environmental condition in three lowland streams of Pampean Plain. *Annales de Limnologie* 38(2): 109–118.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper & P. D. Ryan.** 2001. Paleontological Statistics (PAST). Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9.
- Hartley, B.** 1996. An Atlas of British Diatoms. *Biopress Limited*. 601 pp.
- Haustein, M. D.** 2010. The Urban–Rural Environment: Effects of Impervious Surface Land Cover on Lake Ecosystems. Thesis approved to the Faculty of the graduate school of the University of Minnesota 78 pp.
- Huber, M. P., M. D. Novoa & A.L. Martínez de Fabricius.** 2011. Fitoplancton de una laguna endorreica de uso recreacional (Córdoba, Argentina). *Biológicas* 13(1): 24–33.
- Izaguirre, I., I. O'farrell, F. Unrein, R. Sinistro, A. M. Dos Santos, & G. Tell.** 2004. Algal assemblages across a Wetland, from a shallow lake to relictual oxbow lakes (Lower Paraná River, South America). *Hydrobiologia* 511(1–3): 25–36.
- Izaguirre, I., L. Allende, R. Escaray, J. Bustingorry, G. Pérez & G. Tell.** 2012. Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. *Hydrobiologia* 698(1): 203–216.
- Kolkwitz, R. & M. Marsson.** 1908. Oekologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26: 505–519.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis.** 1999. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis.** 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: **B Büdel, L Krienitz, G Gärtner & M Scnagerl (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg.** 759 pp.
- Krammer, K. & H. Lange–Bertalot.** 1986. Bacillariophyceae 2. Naviculaceae, 2/1. Jena. 875 pp.
- Krammer, K. & H. Lange–Bertalot.** 1988. Bacillario-

- phyceae 2. Bacillariaceae, Ephithemiaceae, *Surirella-ceae*. 2/2, Stuttgart. 596 pp.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot.** 1991. Bacillariophyceae 3. Fragilariaceae, Eunotiaceae, 2/3. Stuttgart. 576 pp.
- Lange-Bertalot, H.** 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64: 285–305.
- Liebmann, H.** 1962. *Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie*. Band I and II. München. 558 pp.
- Mahler B. J., Van Metre P. C. & E. Callender.** 2001. Trends in metals in urban and reference lake sediments across the United States, 1970–2001. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25(7): 1698–1709.
- Martínez-Arroyo, A. & E. Jáuregui.** 2000. On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems* 4: 145–166.
- Martínez de Marco, M. S. & B. Tracanna.** 2012. Variaciones temporales del fitoplancton de los ríos tributarios y emisario del embalse C. Gelsi (Tucumán, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 47(3–4): 323–340.
- Martínez de Fabricius, A. L.** 1996. Bacillariophyceae del Río Cuarto, Provincia de Córdoba Argentina. Tesis Doctoral N° 783. UN La Plata. 269 pp.
- Metzeltin, D., Lange Bertalot & F. García-Rodríguez.** 2005. Diatoms of Uruguay: Compared with other taxa from South America and elsewhere. *Gantner Verlag K.G.* 735 pp.
- Naselli-Flores, L. & R. Barone.** 2000. Phytoplankton dynamics and structure: a comparative analysis in natural and man-made water bodies of different trophic state. *Hydrobiologia* 438(1–3): 65–74.
- Naselli-Flores, L.** 2008. Urban lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. *Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference* Vol. 1333, 1337 pp.
- Novoa, M. D., M. E. Luque, D. Lombardo & A. L. Martínez de Fabricius.** 2006. Estudio ficológico y bacteriológico de dos lagos urbanos del sur de la provincia de Córdoba. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 41(3–4): 203–231.
- O'Farrell, I., R. Sinistro, I. Izaguirre & F. Unrein.** 2003. Do steady state assemblages occur in shallow lentic environments from wetlands? *Hydrobiologia* 502(1–3): 197–209.
- Oliva Martínez, M. G., A. Rodríguez Rocha, A. Lugo Vázquez & M. R. Sánchez Rodríguez.** 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrofico. *Hidrobiológica* 18: 1–13.
- Pantle, R. & H. Buck.** 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach* 96. 604 pp.
- Patrick, R.** 1949. A proposed biological measure of stream conditions based on a survey of Conestoga Basin, Lancaster County, Pennsylvania. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 101: 277–341.
- Patrick, R.** 1951. A proposed biological measure of stream conditions. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 11: 299–307.
- Patrick, R. & C. H. Reimer.** 1966. The Diatoms of United States. V. 1. Monogra. *Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1–688.
- Patrick, R. & C. H. Reimer.** 1975. The Diatoms of United States. V. 2. Monogra. *Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1–213.
- Plataroti, M. C.** 2010. Caracterización de la calidad del agua de una sección del Río Luján: Efectos sobre el fitoplancton. Seminario de Licenciatura en Ciencias Biológicas Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA. 62 pp.
- Peixoto Ramos, G., C. E., Bicudo & C. Nascimento Moura.** 2015. New records of coccoid green algae (Chlorophyta, Chlorophyta) for the Bahia state and for Brazil. *SITIENTIBUS Ciencias Biológicas* 15.

- Prescott, G. M.** 1962. Algae of the Western Great Lake Area. N.M.C. Brown Co. Inc. 660 pp.
- Quirós, R., A. M. Rennella, M. A. Boveri, J. J. Rosso & A. Sosnovsky.** 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12(2): 175–185.
- Quirós, R.** 2007. Manejo y recuperación de lagos urbanos. Facultad de Agronomía. UBA. Documento N° 6. 16 pp.
- Reynolds, C. S.** 2006. Ecology of Phytoplankton. *Cambridge University Press*, London. 552 pp.
- Rodríguez, C.** 1997. Estudio bacteriológico y químico del embalse Río Tercero (Córdoba). *Ciencia Veterinaria* 27: 3–8.
- Rodríguez, C.** 2007. Remote Sensing – GIS to Predict on the Risk of Eutrophication in Aquatic Systems. Space Technology – based tele–health project initiatives in Latin America and the Caribbean. *United Nations Programme on Space Applications* 28–30.
- Roldan–Pérez, G. A.** 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Ed. *Universidad de Antioquia*, Medellín, Colombia.
- Sinistro, R., S. B. Giraldo, A. M. Rennella, A. Mamani & I. Izaguirre.** 2013. Limnological changes in two shallow lakes from an urban reserve throughout a complete hydrological cycle: proposals for restoration and management. *International Journal of Environment and Health* 6(4): 381–397.
- Sladeczek, V.** 1973. System of water quality from the biological point of view". *Archiv für Hydrobiologie–BeihftErgebnisse der Limnologie* 7: 1–218.
- Sladeczek, V.** 1984. Diatoms as indicators of organic pollution (757–758). In: M Ricard (ed.) 8th Intern. Diatom Symposium, Paris, 1984. Koeltz Koenigstein Publ.
- Sladeczek, V.** 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 14(5): 555–566.
- Sternner, R. W. & J. J. Elser.** 2002. Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere. *Princeton University Press*, Princeton, NJ.
- Streble, H. & D. Krauter.** 1987. Atlas de Microorganismos de Agua Dulce. La vida en una gota de agua. *Omega*, Barcelona.
- Sosa, M. L., M. D., Novoa & A. L. M. de Fabricius.** 2013. Ficoflora de la cuenca endorreica fluvio-lacustre Chucul (Córdoba, Argentina). *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias* 13(1): 14–23.
- Springer, M.** 2010. Biomonitoring acuático. *Revista de Biología Tropical* 58: 53–59.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.** 2008. Niveles guía nacionales para calidad de agua ambiente: Disponible en: <http://www.hidricosargentina.gov.ar/NivelCalidad.html>
- Tangorra, M, L. M. Mercado, A. Rodrigues Capitulo & N. Gómez.** 1998. Evaluación de la calidad ecológica del A°El Gato a partir del estudio del bentos, fitoplancton y variables físico–químicas. Anales XVII Congreso Nacional del Agua. Santa Fe, Argentina, 1–9.
- Tavera, R., E. Novelo & A. Comas.** 2000. Chlorococcalean algae (s.l.) from the ecological Park of Xochimilco, México. *Algological Studies* 100: 65–94.
- Tell, G. & V. Conforti.** 1986. Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina. Bib. *Phycologica* 75: 1–282
- Tell, G., I. Izaguirre & I. O'Farrell.** 1994. Ecological and Taxonomical Remarks on the Desmid Flora of the Lower Uruguay River Basin (Argentina). *Bibliotheca Phycologica*. Cramer. Berlín, Stuttgart. 141 pp.
- Villafañe, V. E. & F. M. H. Reid.** 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar (eds.) Manual de Métodos Ficológicos, 169–185.

