

Estudio del componente algal en la cuenca baja del río Cuarto (Córdoba, Argentina)

Luque, María Elisa; Ana Luján Martínez de Fabricius

Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales. UNRC. Ruta 36, Km 601, (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina. E-mail: alujan@exa.unrc.edu.ar y mluque@exa.unrc.edu.ar

► **Resumen** — Luque, María Elisa; Ana Luján Martínez de Fabricius. "Estudio del Componente Algal en la Cuenca Baja del río Cuarto (Córdoba, Argentina)". *Lilloa* 47 (1-2). Se analizó la composición y abundancia de las algas en transporte, fitoplancton y derivantes del bentos, en la cuenca baja del río Cuarto. El muestreo fue estacional desde primavera 1999 a primavera del 2000. Se seleccionaron tres localidades: Reducción, La Carlota (tramo urbano) y Puente Olmos. Se recolectaron muestras para el estudio biológico y determinación de nutrientes. Las planctónicas se obtuvieron por filtración de 100 litros de agua a través de una red de plancton de 25 μm y se registraron parámetros físico-químicos e hidráulicos. Se determinaron 103 taxa: 3 Cyanophyceae, 4 Chlorophyceae y 96 Bacillariophyceae. La máxima densidad se registró en Puente Olmos en invierno de 2000 con 17 org/ml. La diversidad máxima se registró en Reducción con 4,26 en primavera de 2000 y la mínima fue de 2,52 en La Carlota en invierno. El Índice Biótico de Sladeczek caracteriza al tramo estudiado dentro del rango β -mesosaprobio, a excepción de La Carlota, en otoño, con α -mesosaprobio. La baja densidad estuvo relacionada preferentemente a la alta turbidez y concentración de sólidos sedimentables.

Palabras clave: Ríos, fitoplancton, diversidad, índice biótico, cuenca del río Cuarto.

► **Abstract** — Luque, María Elisa; Ana Luján Martínez de Fabricius. "Algal Component Study in the Lower Basin of Cuarto River (Cordoba, Argentina)". *Lilloa* 47 (1-2). We analyzed the composition and abundance of the transport algae assemblage, phytoplankton and drifting benthos, in the lower basin of Cuarto river. Sampling was seasonal from spring 1999 to spring 2000. We selected three locations: Reduccion, La Carlota (urban section) and Puente Olmos. Samples were collected for biological studies and determination of nutrients. The plankton was obtained by filtration of 100 liters of water through plankton net of 25 μm and recorded physical and chemical parameters. 103 taxa were identified: 3 Cyanophyceae, 4 Chlorophyceae, 96 Bacillariophyceae. The highest density was recorded in Puente Olmos in winter 2000 with 17 org/ml. The maximum diversity was recorded in Reduccion with 4,26 in spring 2000 and the lowest was 2,52 in La Carlota in winter. The Biotic Index Sladeczek characterizes the stretch within the range studied β -mesosaprobio, except for La Carlota, in autumn, as α -mesosaprobio. The low density was related mainly to the high turbidity and settleable solids.

Keywords: Rivers, phytoplankton, diversity, biotic index, Cuarto river.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los sistemas lóticos es muy complejo, estos ambientes aportan y mantienen una diversidad de microhábitats espaciales y temporales, tanto para organismos planctónicos como adheridos (Mirande & Tracanna, 2003). Son numerosos los estudios que analizan la combinación de factores físicos, químicos y biológicos y sus efectos establecen y/o determinan la distribución de

las comunidades algales. La importancia de cada uno de ellos frente al resto permite comprobar las características finales del medio acuático y categorizar el tipo de ecosistema en estudio (Toro *et al.*, 2002).

La distribución de la biomasa fitoplanctónica se relaciona, en un sentido amplio, con la disponibilidad de nutrientes, en cambio si se considera un análisis a menor escala los procesos físico-químicos son los determinantes (Calliari *et al.*, 2005) en gran medida, en los niveles de productividad. Salusso & Moraña (2002) enfatizan la importancia

del monitoreo de las variables físico-químicas como una medida instantánea de la calidad del agua, no obstante coincidimos que el componente biológico permite describir situaciones ambientales y la detección e integración de la contaminación tanto continua como intermitente.

En Argentina son numerosos los monitoreos de ambientes acuáticos basados en la valoración físico-química y bacteriológica (Martínez de Fabricius *et al.*, 2001); Martínez de Fabricius & Lombardo, 2002; Luque *et al.*, 2010). En la provincia de Córdoba los estudios referidos a la comunidad de algas en transporte, fitoplancton y derivantes del bentos, en la cuenca del río Cuarto ponen de manifiesto que la composición planctónica, y en especial el grupo de las diatomeas, responden rápidamente a los cambios ambientales en los cursos fluviales (Martínez de Fabricius *et al.*, 1988; Bruno *et al.*, 2003; Martínez de Fabricius *et al.*, 2003). Además las distintas actividades humanas desarrolladas en cada tramo a lo largo de la cuenca afectan el componente biótico reflejando diferencias locales (Martínez de Fabricius *et al.*, 2007).

Los estudios que se presentan corresponden a la Cuenca Baja del río Cuarto, en este tramo inferior o área de derrame conforman sistemas lagunares encadenados en los bañados del Saladillo, al sur de la Provincia de Córdoba. El objetivo de este trabajo es analizar la composición, distribución y abundancia de las algas en transporte en la cuenca baja del río Cuarto, durante un ciclo anual.¹

ÁREA DE ESTUDIO

El río Cuarto en su recorrido, de más de 300 km de longitud, drena una superficie de 2200 km². Este curso fluvial nace en las Sierras de Comechingones, en el tramo inferior derrama en los bañados del Saladillo, situados al NE de la ciudad de La Carlota. Esta área de bañados constituye una extensa planicie de origen fluvial que a través del río

Saladillo confluye con el río Tercero conformando el río Carcarañá, cuenca exorreica y tributaria del río Paraná. Estas cuencas se integran a la gran Cuenca del Plata.

El río Cuarto presenta un régimen torrencial con crecientes en verano y bajo caudal en invierno, debido al origen pluvial propio del sistema hidrográfico. Discurre en la provincia geográfica Llanura Chaco-Pampeana, con temperaturas medias anuales alrededor de 20 °C en verano, que se caracteriza por ser medianamente cálido, y con temperaturas medias mínimas de 9 °C en invierno que es relativamente riguroso (Séiler *et al.*, 1995). La litología está compuesta por sedimentos del pleistoceno tardío de origen eólico y fluvial, con predominio de grava, arena y limo. El río presenta un patrón meándrico de variada sinuosidad y en casi toda su extensión se halla encajonado entre barrancas de hasta 12 m de altura (Martínez de Fabricius, 1996).

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un monitoreo del plancton en distintos puntos de muestreo en la zona potámica perteneciente a la cuenca baja. Los muestreos se realizaron estacionalmente desde primavera 1999 a primavera 2000. Los sitios seleccionados fueron: Reducción (balneario en la ciudad de Reducción), La Carlota (balneario en la ciudad de La Carlota) y Puente Olmos (Fig. 1). Se obtuvieron muestras cualitativas y cuantitativas del plancton, muestras de agua para análisis químico y registros de variables físico-químicas e hidráulicas.

Para la identificación taxonómica se utilizaron floras estándar y bibliografía específica para cada grupo y/o sección en particular: Desikachary (1959), Prescott (1982), Patrick & Reimer (1966, 1975), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b). Con respecto a los géneros *Navicula* y *Nitzschia* se tomó como base el criterio nomenclatural de Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988), teniendo en cuenta nuevas sinonimias aceptadas (Round & Butkhtiyarova, 1996 y Stoermer *et al.*, 1999). Para aquellas varie-

¹ Trabajo Subsidiado por SECYT-UNRC.

dades de especies que no han sido todavía sinonimizadas, en este trabajo se optó por no considerar el nuevo sinónimo.

El total de especies determinadas se ordenaron según Bourrelly (1981, 1985, 1990) para Cyanophyceae, Chlorophyceae y según Simonsen (1979) para las Bacillariophyceae.

Los recuentos celulares se realizaron por transectas según el método propuesto por Villafañe & Reid (1995). Los datos cuantitativos fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel y el software SPSS Windows 11.5. Para su análisis estadístico se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar la relación entre las especies algales, los sitios de muestreos y las estaciones del año. La aplicación de regresión logística a las especies se utilizó para comprobar que probabilidad existe que una variable independiente influya sobre las especies que actuaron como variable depen-

diente. El nivel de significación utilizado para el análisis estadístico fue 0,05, las hipótesis nulas fueron rechazadas cuando existió una probabilidad de cometer error de tipo I menor de 5% (Christensen, 1997; Rawlings *et al.*, 1998).

Se calculó el índice de Diversidad: H (Shannon & Weaver, 1963), y Equitatividad: E ,

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i$$

$$H_{\text{máx}} = \ln S$$

Donde:

$P_i = N_i/N$

$N_i =$ Número de la especie i .

$N =$ Número total de individuos.

$S =$ Número de especies

$$E = \frac{H}{\ln S} \text{ ----> } E = H/ H_{\text{máx}}$$

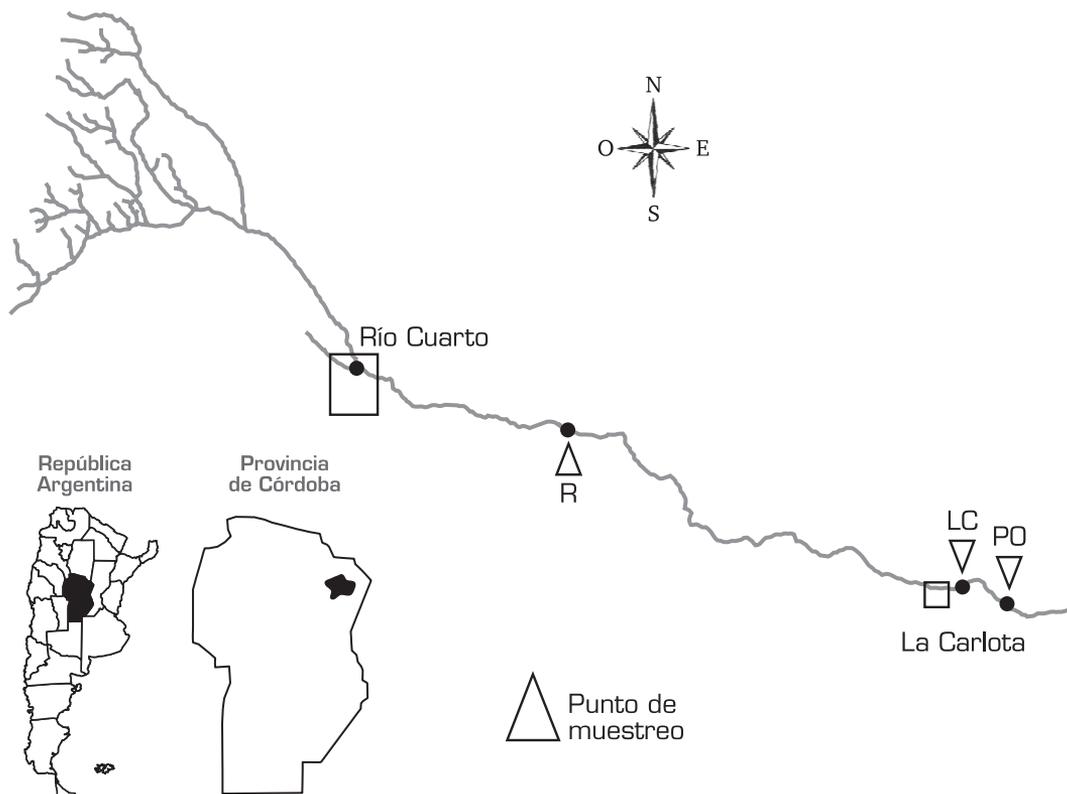


Figura 1. Cuenca hidrográfica activa del río Cuarto. Sitios de Muestreo: Reducción, La Carlota y Puente Olmos.

Para llevar a cabo la caracterización biológica de la calidad del agua se utilizó el Sistema de Saprobios y se siguió el método de Pantle & Buck (1955), se calculó la frecuencia (h) de cada especie encontrada según los tres grados de frecuencia y con los registros de abundancia y grados saprobios de las especies según Sladeczek (1973) y Martínez de Fabricius (1996).

$$S = \frac{\sum (s \cdot h)}{\sum h}$$

Donde:

s = grado saprobio:

h = grados de frecuencia:

Los rangos del Índice de Saprobiidad, según Pantle & Buck, fluctúan entre los siguientes valores:

$S = 1,0 - 1,5$: contaminación muy débil (o) oligosaprobios.

$S = 1,5 - 2,5$ contaminación moderada (β) beta-mesosaprobios.

$S = 2,5 - 3,5$ contaminación fuerte (α) alfa-mesosaprobios.

$S = 3,5 - 4$ contaminación muy fuerte (p) polisaprobios.

Para determinar la calidad del agua se aplicó el Índice Biótico de Calidad de Agua (Sladeczek, 1984-1986). Este índice utiliza el grado saprobio calculado por el método de Pantle & Buck.

$$IB = \frac{\sum (s_i \cdot h_i \cdot g_i)}{\sum (s_i \cdot h_i)}$$

Donde:

s_i = valencia o grado saprobio (0-4)

h_i = abundancia del taxón

g_i = valor de euroicidad indicativa del taxón (0-5)

1 = hallazgos casuales (< 20%)

3 = hallazgos frecuentes (20-60 %)

5 = hallazgos abundantes (> 60%)

RESULTADOS

Parámetros abióticos.— El pH osciló entre 7,9 en el sitio Reducción en otoño y 9,1 en los sitios La Carlota y Puente Olmos en verano. La temperatura del agua estuvo en relación con los valores térmicos estacionales. La conductividad aumentó a lo largo de la cuenca, el máximo valor se registró en La Carlota con 697 $\mu S/cm$ en la estación de in-

Cuadro 1. Registros estacionales de variables físico-químicas en los sitios de muestreo del río Cuarto, en el período primavera de 1999/primavera de 2000.

| Est.del año | Sitios de muestreo | pH | T°C | Conduc. ($\mu S/cm$) | Sólidos disueltos tot. (mg/l) | Sólidos sedimentables (cm^3/l) | Vel. corriente (m/seg.) | Prof. media (cm) |
|-------------|--------------------|------|-------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|
| P 1999 | Reducción | 8,75 | 22,00 | 368,80 | 228 | n/d | 0,46 | n/d |
| | La Carlota | 8,90 | 20,40 | 476,00 | 278 | n/d | 0,81 | n/d |
| | Pte. Olmos | 8,73 | 21,00 | 458,00 | 270 | n/d | 0,66 | n/d |
| V 2000 | Reducción | 9,00 | 19,90 | 162,32 | 134 | 11,00 | 1,78 | n/d |
| | La Carlota | 9,10 | 21,30 | 290,90 | 200 | 3,50 | 1,27 | n/d |
| | Pte. Olmos | 9,10 | 21,20 | 305,17 | 192 | 8,55 | 1,33 | 50 |
| O 2000 | Reducción | 7,90 | 12,00 | 337,20 | 177 | n/d | 1,29 | n/d |
| | La Carlota | 8,00 | 13,00 | 368,80 | 198 | n/d | 1,53 | n/d |
| | Pte. Olmos | 8,00 | 13,00 | 365,20 | 202 | n/d | 1,26 | 50 |
| I 2000 | Reducción | 8,80 | 13,00 | 460,90 | 422 | 1,50 | 0,42 | n/d |
| | La Carlota | 8,30 | 14,00 | 696,90 | 420 | 3,40 | 0,67 | n/d |
| | Pte. Olmos | 8,60 | 15,00 | 484,00 | 418 | 3,50 | 0,52 | 70 |
| P 2000 | Reducción | 8,60 | 15,00 | 322,30 | n/r | trazas | 1,00 | n/d |
| | La Carlota | 8,20 | 15,00 | 559,25 | n/r | 4,00 | 0,72 | n/d |
| | Pte. Olmos | 8,70 | 15,00 | 544,65 | n/r | 4,00 | 0,90 | n/d |

vierno. La velocidad de corriente en Reducción fluctuó entre 1,78 m/seg en verano y 0,42 m/seg en invierno. Los sólidos suspendidos totales aumentaron río abajo. Los valores de sólidos disueltos fueron más elevados en invierno en los tres sitios de muestreo y el valor máximo de sólidos sedimentables se registró en Reducción en verano con 11 cm³/l (Cuadro 1).

Los nitritos registraron bajos valores y los nitratos alcanzaron concentraciones importantes en Puente Olmos en invierno (Cuadro 2).

Aspectos biológicos.— Se determinaron un total de 103 taxa en la comunidad planctónica del río Cuarto. De ellos, 3 Cyanophyceae, 4 Chlorophyceae y 96 Bacillariophyceae. Las especies más frecuentes fueron: *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith y *Ulnaria ulna* (Ehrenberg) Compère.

En la figura 2 se detalla la variación estacional del número de especies algales en el río Cuarto durante el período primavera 1999- primavera 2000, el mayor número de especies se registró en el sitio Reducción en primavera de 2000 con 55 taxa, le sigue en importancia el sitio La Carlota en primavera

de 1999 con 46 especies y Puente Olmos en invierno con 33 taxa. El menor valor se registró en La Carlota en verano y en otoño con 8 especies.

La densidad osciló entre 17 org/ml en Puente Olmos en invierno y 1 org/ml en La Carlota en verano (Fig. 3). Las Bacillariophyceae fueron las que aportaron la mayor densidad en todos los sitios de muestreo y a lo largo del período de estudio, las Chlorophyceae y Cyanophyceae registraron valores muy bajos de abundancia en los tres sitios de muestreo en el transcurso del año (Fig. 4). El género *Nitzschia* predominó sobre las restantes. Las especies que favorecieron al mayor porcentaje de densidad fueron: *Achnanthes bioseletiana* Grunow, *Diatoma vulgare* Bory, *Melosira varians* Agardh, *Nitzschia linearis* W Smith, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow y *Ulnaria ulna* (Ehrenberg) Compère (Cuadro 3).

La diversidad específica máxima se registró en Reducción: H= 4,26 en primavera de 2000 y la mínima fue de H= 2,52 en La Carlota en verano. La equitatividad varió entre E= 0,99 en Puente Olmos en otoño y E=0,55 en La Carlota en invierno (Fig. 5).

La aplicación del Índice Biótico de Sladeczek para determinar calidad de agua caracteriza al tramo estudiado dentro del ran-

Cuadro 2. Registros estacionales de aniones y cationes obtenidos en los sitios de muestreo del río Cuarto, en el período primavera de 1999/primavera de 2000. Referencias: CO₃⁼: carbonatos; HCO₃⁻: bicarbonatos; SO₄⁼: sulfatos; Cl⁻: cloruros; Na⁺: sodio; K⁺: potasio; Ca⁺⁺: calcio; Mg⁺⁺: magnesio; As⁺⁺⁺: arsénico; F⁻: fluoruro; NO₃⁼: nitrato; NO₂⁼: nitrito.

| Estación del año | Sitios de muestreo | CO ₃ ⁼ (mg/l) | CO ₃ H ⁼ (mg/l) | SO ₄ ⁼ (mg/l) | Cl ⁻ (mg/l) | Na ⁺ (mg/l) | K ⁺ (mg/l) | Ca ⁺⁺ (mg/l) | Mg ⁺⁺ (mg/l) | As ⁺⁺⁺ (mg/l) | F ⁻ (mg/l) | NO ₃ ⁼ (mg/l) | NO ₂ ⁼ (mg/l) |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| P 1999 | Reducción | 0,0 | 140,0 | 23,6 | 14,3 | 19,2 | 4,4 | 29,6 | 6,3 | 0,03 | 0,10 | 2,50 | 0,05 |
| | La Carlota | 0,0 | 168,8 | 28,3 | 20,0 | 29,3 | 5,1 | 30,4 | 6,3 | 0,03 | 0,11 | 2,50 | 0,05 |
| | Pte. Olmos | 0,0 | 165,0 | 33,8 | 17,1 | 29,3 | 5,3 | 28,0 | 7,3 | 0,03 | 0,11 | 2,50 | 0,05 |
| V 2000 | Reducción | 0,0 | 86,6 | 14,9 | 8,6 | 6,6 | 3,4 | 18,4 | 4,4 | 0,00 | 0,29 | 2,73 | 0,03 |
| | La Carlota | 0,0 | 140,0 | 19,7 | 22,9 | 17,2 | 4,2 | 18,4 | 5,9 | 0,00 | 0,36 | 4,47 | 0,00 |
| | Pte. Olmos | 0,0 | 123,8 | 8,3 | 17,1 | 15,2 | 4,1 | 23,2 | 4,9 | 0,00 | 0,34 | 5,08 | 0,04 |
| O 2000 | Reducción | 0,0 | 132,5 | 20,8 | 12,9 | 14,2 | 2,8 | 24,8 | 6,3 | 0,02 | 0,44 | 3,00 | 0,00 |
| | La Carlota | 0,0 | 137,5 | 20,8 | 14,3 | 19,2 | 3,0 | 24,0 | 6,3 | 0,02 | 0,48 | 3,00 | 0,00 |
| | Pte. Olmos | 0,0 | 140,0 | 23,2 | 15,7 | 20,2 | 3,2 | 24,0 | 6,3 | 0,02 | 0,50 | 15,00 | 0,00 |
| I 2000 | Reducción | 0,0 | 272,5 | 42,5 | 22,9 | 52,6 | 5,4 | 45,6 | 10,2 | trazas | 0,60 | 1,86 | 0,00 |
| | La Carlota | 4,8 | 242,5 | 46,0 | 25,7 | 58,7 | 0,2 | 36,0 | 6,8 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 |
| | Pte. Olmos | 0,0 | 245,0 | 39,7 | 25,7 | 54,6 | 5,3 | 36,8 | 9,3 | trazas | 0,68 | 6,42 | 0,00 |

Referencias: trazas: < a 0,01 mg/l.

go β -mesosaprobios, IB= 2,27, a excepción de La Carlota que expresa valores dentro del rango α -mesosaprobios IB= 2,82 en otoño (Cuadro 4).

De la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis surge que las especies cuyas abundancias se relacionan significativamente ($p < 0,05$) con las estaciones del año son: *Planothidium lanceolatum* (Brébison) Round & Butkhtiyarova, *Achananthidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Diatoma vulgare* Bory, *Melosira varians* Agardh, *Nitzschia dissipata* (Kützing) Grunow, *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow, *Nitzschia recta* Hantzsch de la clase Bacillariophyceae y Chlorophyceae.

No se obtuvieron diferencias significativas de las densidades algales con respecto a los sitios de muestreo. Sin embargo, al considerar la presencia-ausencia de las especies en relación a los sitios de muestreo, *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck ($p: 0,045$) se relacionó significativamente con el sitio Reducción, *Pinnularia borealis* Ehrenberg ($p: 0,030$) con Puente Ol-

mos y *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow ($p: 0,073$) con Reducción.

De la aplicación del análisis de regresión logística los sólidos en suspensión fue el factor físico-químico que mejor explica ($p: 0,05$) la variación de las especies más abundantes: *Nitzschia constricta* (Kützing) Ralfs, *Ulnaria ulna* (Ehrenberg) Compère, células de diatomeas n/d.

DISCUSIÓN

Las características físico-químicas e hidrológicas de las aguas de este tramo del río Cuarto indican valores de pH ligeramente alcalinos coincidente con los registros señalados por Corigliano *et al.*, (1994) para este sector del río. El progresivo incremento de la conductividad y sólidos en suspensión, río abajo, estaría relacionado con el tipo de sustrato y las variaciones del flujo del agua que caracteriza a esta cuenca (Martínez de Fabricius *et al.*, 2003).

La clase Bacillariophyceae predominó cualitativamente y cuantitativamente, en el

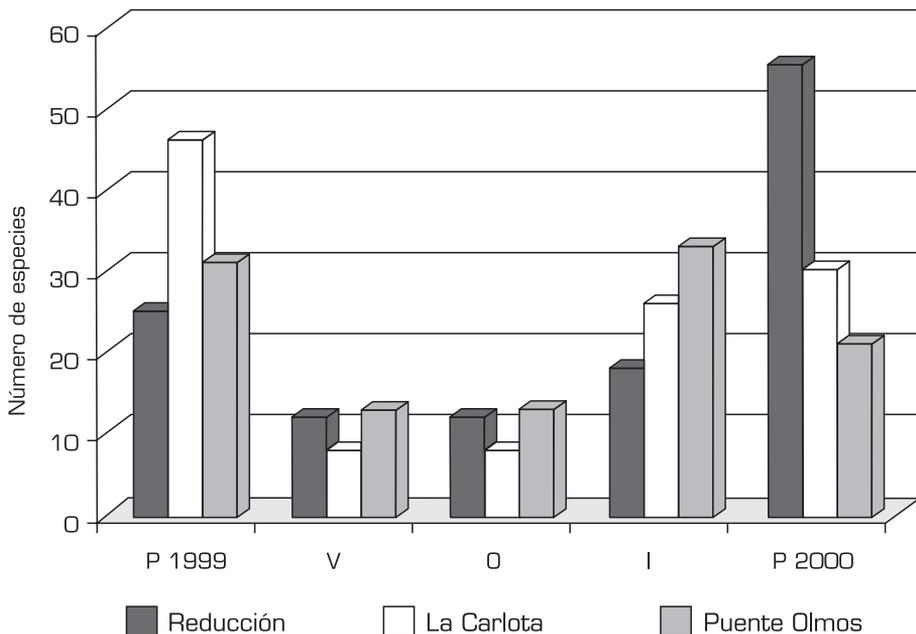


Figura 2. Variación estacional del número de especies algales en el río Cuarto durante el período primavera 1999/primavera 2000.

Cuadro 3. Composición específica y porcentaje de densidad (org/ml) de las algas en transporte en los sitios de muestreo del río Cuanto, en el período primavera de 1999/primavera de 2000. Del total de especies se seleccionaron las más abundantes.

| | P 1999 | | | V | | | O | | | I | | | P 2000 | | |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | R | LC | PO | R | LC | PO | R | LC | PO | R | LC | PO | R | LC | PO |
| <i>Achnanthes biosoletiana</i> | 2,65 | 0,00 | 2,04 | 13,10 | 0,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,36 | 0,00 | 0,98 |
| <i>Achnanthes minutissimum</i> | 12,70 | 4,69 | 9,18 | 5,95 | 0,00 | 0,00 | 8,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 1,39 | 9,31 | 2,74 | 1,95 |
| <i>Cocconeis placentul.</i> var. <i>euglypta</i> | 4,23 | 7,29 | 11,22 | 0,00 | 0,00 | 11,11 | 0,00 | 0,00 | 8,33 | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 0,32 | 0,46 | 0,00 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 10,71 | 0,00 | 0,00 | 8,33 | 6,45 | 0,00 | 1,82 | 0,52 | 0,35 | 1,39 | 4,57 | 0,00 |
| <i>Cymbella affinis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 2,68 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Diatoma vulgare</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,09 | 6,61 | 17,97 | 10,06 | 8,45 | 4,55 |
| <i>Encyonema minutum</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,17 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 1,50 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Gomphonema parvulum</i> | 3,44 | 0,00 | 2,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 1,39 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 1,95 |
| <i>Hantzschia amphioxys</i> | 2,65 | 0,00 | 0,00 | 4,76 | 0,00 | 0,00 | 5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,49 |
| <i>Melosira varians</i> | 7,67 | 2,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,33 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 55,30 | 10,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Nitzschia capitellata</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 27,27 | 2,43 | 7,62 | 2,14 | 2,74 | 3,41 |
| <i>Nitzschia constricta</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,32 | 0,00 | 4,55 |
| <i>Nitzschia dissipata</i> | 2,65 | 0,00 | 2,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 0,87 | 0,00 | 0,32 | 1,14 | 0,98 |
| <i>Nitzschia frustulum</i> | 1,59 | 2,60 | 0,00 | 0,00 | 11,11 | 16,67 | 0,00 | 0,00 | 22,92 | 14,55 | 2,78 | 5,56 | 6,96 | 10,05 | 10,08 |
| <i>Nitzschia linearis</i> | 0,00 | 11,98 | 6,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,00 | 29,03 | 0,00 | 3,64 | 13,39 | 20,74 | 0,00 | 13,47 | 10,08 |
| <i>Nitzschia recta</i> | 0,00 | 1,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,64 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,46 | 0,49 |
| <i>Pinnularia borealis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 0,00 | 0,00 | 8,33 | 0,00 | 0,52 | 1,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Planorhynchium lanceolatum</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,17 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Sellaphora pupula</i> | 30,95 | 2,60 | 2,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 0,32 | 0,46 | 8,94 |
| <i>Ulnaria ulna</i> | 0,00 | 10,94 | 13,27 | 13,10 | 22,22 | 11,11 | 21,67 | 0,00 | 8,33 | 1,82 | 2,78 | 5,91 | 18,31 | 20,32 | 27,97 |

Cuadro 4. Valores del Índice Biótico de Sladeczek (IB) aplicado en cada sitio de muestreo y estación del año.

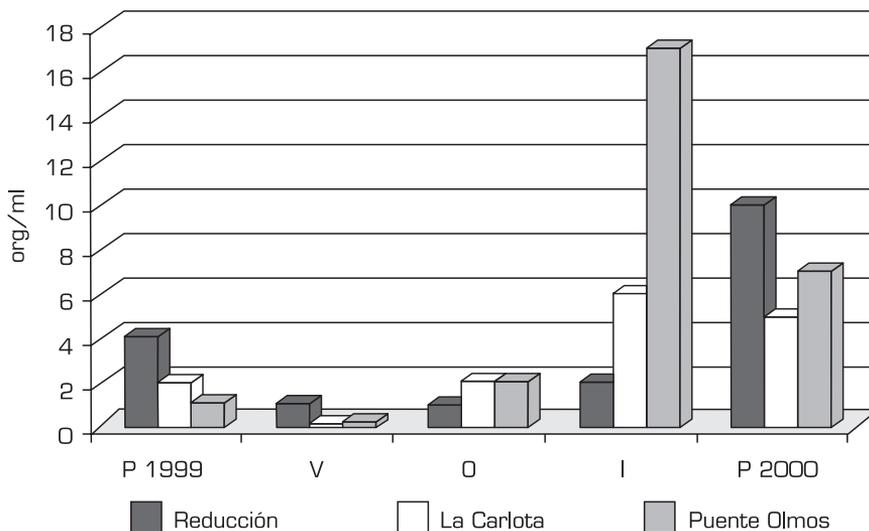
| IB | P. 1999 | V. 2000 | O. 2000 | I. 2000 | P. 2000 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Reducción | 1,89 | 2,42 | 1,72 | 2,27 | 2,58 |
| La Carlota | 2,07 | 1,95 | 2,43 | 2,46 | 2,48 |
| Pte. Olmos | 2,46 | 1,33 | 2,82 | 2,34 | 2,22 |

tramo de este curso fluvial, característica del componente algal que no se aparta de las dadas a conocer en otros ríos de ambientes serranos (Salusso & Moraña, 2002; Mirande & Tracanna, 2003; Martínez de Fabricius *et al.*, 2005; Mainero, 2008) al igual que estudios sobre otras comunidades como deriva y perifiton realizados en esta sistema lótico (Gari & Corigliano, 2004).

Las variaciones del flujo del agua producen cambios importantes en el predominio y el crecimiento en la comunidad diatómica en los ríos. El tiempo de residencia del agua es uno de los factores hidrológicos más relevantes en el desarrollo planctónico fluvial (Reynolds, 1992). La densidad algal más elevada se registró durante los meses de estiaje como consecuencia de la disminución del caudal, a su vez la dinámica del plancton en el río Cuarto estaría determinada por el régimen hídrico de tipo pluvial y coincidente

con investigaciones realizadas en distintos tramos de este curso (Martínez de Fabricius, 1996; Luque & Martínez de Fabricius 2003, 2005; Martínez de Fabricius *et al.*, 2005 Mainero, 2008).

De las especies que contribuyen con mayor porcentaje a la densidad total de la fracción de algas planctónicas, se encuentran formas en cadena como *Diatoma vulgare* o pedunculadas como *Ulnaria ulna*, *Achananthisidium minutissimum* eventualmente por desprendimiento del alga filamentosa *Cladophora glomerata*. La presencia de esta especie de alga verde, común en los tramos anteriores o derivantes del bentos, es uno de los aspectos a tener en cuenta debido al arrastre mecánico por acción de la velocidad de corriente como consecuencia de las características morfológicas e hidrodinámicas del río. Se destacan en este tramo la presencia de especies de *Nitzschia* favorecidas por las condiciones de

**Figura 3.** Variación de la densidad algal (org/ml), en el río cuarto, durante el período primavera 1999/primavera 2000.

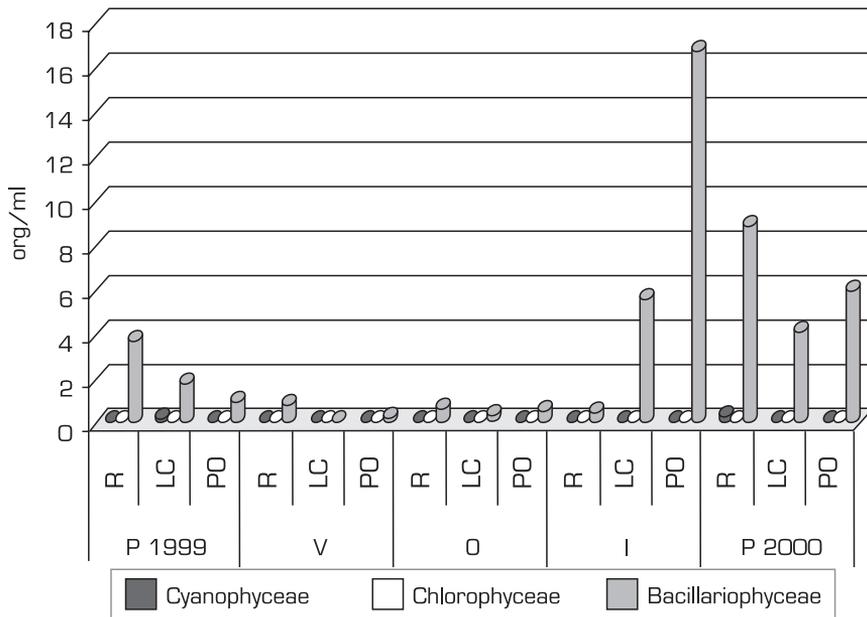


Figura 4. Variación de la densidad algal (org/ml) por clases algales en el río cuarto, durante el período primavera 1999/primavera 2000.

aguas mineralizadas (Martínez de Fabricius *et al.*, 2003). Estas taxa de hábito perifítico, ocurren en período de bajo flujo sobre grava o arena (Murdock *et al.*, 2004), según Mirande & Tracanna (2003) la existencia de crecientes

y de aguas estancadas o de flujo lento en ríos son importantes para el mantenimiento y dinámica del plancton.

Los valores de contaminación moderada a alta que caracterizan al tramo estudiado

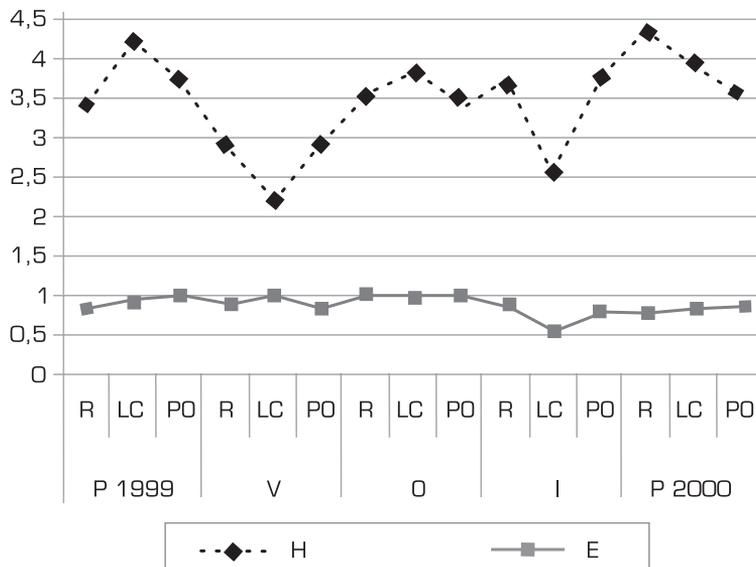


Figura 5. Variación del Índice de Diversidad (Shannon-Weaver) y Equidad de la comunidad algal del río Cuarto durante el período primavera 1999/primavera 2000.

estarían influenciados por la concentración de materia orgánica proveniente de granjas porcinas ubicadas en La Carlota, que a través de canales vuelcan sus desechos al río. Sin embargo el impacto de estos efluentes fue remarcable durante el período de bajo flujo cuando el vuelco estuvo menos diluido. Los episodios locales de polución del agua estuvieron asociados a un cambio pasajero hacia la predominancia de *Sellophora pupula*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia palea* y *Ulnaria ulna*.

La especie *Nitzschia palea* abundante en este curso fluvial es considerada por diversos autores como un taxón característico de aguas polucionadas, capaz de vivir en ambientes someros, sometidos a desecación (Cate *et al.*, 1993; Gómez, 1997; Seeligmann *et al.*, 2008), sin embargo es probable que las condiciones de agua mineralizada (Lange-Bertalot, 1980) y el sustrato arenoso sean los aspectos más relevantes que contribuyen con la presencia de esta especie.

Si bien la abundancia algal es reducida en comparación con estudios realizados en otros sistemas lóticos (O'Farrell, 1993; Martínez de Fabricius *et al.*, 2005, Mirande *et al.*, 2007) es en la estación invernal cuando la densidad del componente algal se hace notable, en concordancia con el período de estiaje y el consecuente aumento de los sólidos sedimentables río abajo, con un sustrato predominantemente limoso (Martínez de Fabricius *et al.*, 2003).

Debido a que los puntos de muestreo son muy semejantes en cuanto a sus características hidrológicas y geomorfológicas (Corigliano *et al.*, 1994); en este estudio no se obtuvieron diferencias significativas entre las densidades algales y sitios de muestreo. Las variaciones de los factores físico-químicos en su conjunto determinan la distribución estacional de la abundancia de las algas en transporte, siendo los sólidos en suspensión la variable que mejor explica la variación de las especies más abundantes. La mayor turbidez, en este tramo del río Cuarto, implica una menor penetración de la luz y por ende afecta a las algas, especialmente a las estrictamente autotróficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bruno, E.; A. L. Martínez de Fabricius & M. E. Luque. 2003. Fitoplancton en un tramo del río Cuarto con influencia antrópica. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 38 (3-4): 241-254.
- Bourrelly, P., 1981. *Les Algues d'eau douce. Les algues jaunes et brune*. II. Ed. Boubée, París. 517 p. 118 láms.
- Bourrelly, P., 1985 *Les Algues d'eau douce. Les algues bleues et rouges*. III. Ed. Boubée, París. 606 p. 139 láms.
- Bourrelly, P., 1990. *Les Algues d'eau douce. Les algues vertes*. I. Ed. Boubée, París. 572 p. 121 láms.
- Calliari, D.; M. Gómez & N. Gómez. 2005. Biomass and composition of the phytoplankton in the Río de la Plata: large-scale distribution and relationship with environmental variables during a spring cruise. *Continental Shelf Research*, 25: 197-210.
- Cate, J. H.; R. Maasdam & R. M. M. Roijackers. 1993. Perspectives for the use of diatom assemblages in the water management policy of Overijssel (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 269/270: 351-359.
- Corigliano, M. del C.; A. L. Martínez de Fabricius; M. E. Luque & N. Gari. 1994. Patrones de distribución de variables fisicoquímicas y biológicas en el río Chocancharava (Cuarto) (Córdoba, Argentina). *Revista UNRC*, 14: 177-194.
- Christensen, R. 1997. Log-linear models and Logistic Regression. Second Edition. Springer Text in statistics. New York.
- Desikachary, T. V. 1959. *Cyanophyta*. Ed. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 686 pp.
- Gari, N. & M. del C. Corigliano. 2004. La estructura del perifiton y la deriva algal en arroyos serranos. *Limnetica*, 23 (1-2): 11-24.
- Gómez, N. 1997. Use of epilithic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river. *Water Res. Invest.*, 32: 2029-2034.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1986. *Bacillariophyceae 2. Naviculaceae*. 2/1. G. F. Verlag, Jena. 875 p.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1988. *Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae* 2/2. G. Fischer, Stuttgart. 596 p.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1991a. *Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. 2/3. G. Fisher, Stuttgart. New York. 576 p.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1991b. *Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. 2/3. G. Fisher, Stuttgart. New York. 576 p.
- Lange-Bertalot, H. 1980. Fur taxonomischen Revisión ikologischer wichtiger Navicula lineolatae Cleve. Die Formenkreise um *Navicula lanceolata*, *Navicula*

- cula viridula* und *Navicula cari*. *Cryptogamie Algologie*, 1: 29-50.
- Luque, M. E. & A. L. Martínez de Fabricius. 2003. Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica*, 22 (3-4): 19-34.
- Luque, M. E. & A. L. Martínez de Fabricius. 2005. Algas fitoplanctónicas del río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina) y su relación con los factores ambientales. *Lilloa*, 42 (1-2): 69-79.
- Luque, M. E.; A. L. Martínez de Fabricius & D. Lombardo. 2010. Comunidad Fitoplanctónica de las Lagunas Suco y La Felipa (Córdoba, Argentina). III Congreso Peruano de Ficológia, Piura, Perú, pag. 14.
- Mainero, A. R. 2008. *Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca media del río Cuarto*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Río Cuarto. 47 pp.
- Martínez de Fabricius, A. L.; M. C. Fernández Belmonte; N. Gari & M. del C. Corigliano. 1988. Análisis del Componente Algal en Transporte en ríos y arroyos del Valle de Calamuchita (Córdoba-Argentina). *Rev. UNRC*, 8 (1): 95-110.
- Martínez de Fabricius, A. L. 1996. *Bacillariophyceae del río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina*. Tesis Doctoral N° 673. Universidad Nacional de La Plata. 289 pp. 17 láms.
- Martínez de Fabricius, A. L.; D. Lombardo; M. E. Luque & N. Gari. 2001. Análisis algal y microbiológico en ríos serranos de la cuenca alta del río Cuarto (Córdoba Argentina). *XIX Reunión Científica Anual, Sociedad de Biología de Cuyo*. San Luis.
- Martínez De Fabricius, A. L. & D. Lombardo. 2002. Estudio Ficológico y Microbiológico en la cuenca del río Cuarto (Argentina). *VI Congreso Latinoamericano y IV Reunión Ibero-latinoamericana de Ficológia*. Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico. Ponce (Puerto Rico).
- Martínez De Fabricius, A. L.; N. Maidana; N. Gomez & S. Sabater. 2003. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto river (Argentina). *Biodiversity and Conservation*, 12: 2443-2454.
- Martínez de Fabricius, A. L.; M. E. Luque & M. Boccolini. 2005. Diatomeas planctónicas de cursos de agua serranos. Cuenca del Río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 40 (3-4): 183-198.
- Martínez De Fabricius, A. L.; M. E. Luque; D. Lombardo & E. Bruno. 2007. Potamoplancton en la cuenca media del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Limnetica*, 26 (1): 25-38.
- Mirande, V. & B. C. Tracanna. 2003. El fitoplancton del río Gastona (Tucumán, Argentina) y su relación con la calidad del agua. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 38 (1-2): 51-64.
- Mirande, V.; B. C. Tracanna; C. T. Seeligmann; R. Cangemi; O. Aulet; M. Cecilia; C. Silva & N. Binsstein. 2007. Ecología de *Vibrio cholerae* en relación al fitoplancton y variables fisicoquímicas en ríos de Tucumán (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 42 (3-4): 195-209.
- Murdock, J.; D. Roelke & F. Gelwick. 2004. Interactions between flow, periphyton, and nutrients in a heavily impacted urban stream: implications for stream restoration effectiveness. *Ecological Engineering*, 22: 197-207.
- O'farrell, I. 1993. Phytoplankton ecology and limnology of the Salado River (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia*, 271: 169-178.
- Pantle, R. & H. Buck, 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 96: 604.
- Patrick, R. & C. W. Reimer, 1966. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia. Monog.*, 13: 1-688.
- Patrick, R. & C. W. Reimer, 1975. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 2. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia. Monog.*, 13: 1-213.
- Prescott, G. M., 1982. *Algae of the Western Great lake area*. O. Koeltz Sc. Pub. W. Germany. 977 p.
- Rawlings, J.; S. Pantula & D. Dickey. 1998. Applied regression Analysis: A research Tool. Second Edition. Springer Text In Statistics. New York.
- Reynolds, C. S. 1992. Algae. En: Calow, P. & G. E. Petts (Eds.) *The rivers Handbook*, 1: 195-215.
- Round, F. E. & L. Bukhtiyarova. 1996. Four new genera base don *Achnanthes* (*Achnantidium*) together with a re-definition of *Achnantidium*. *Diatom Research*, 11 (2): 345-361.
- Salusso, M. M. & L. Moraña. 2002. Comparación de índices bióticos utilizados en el monitoreo de dos sistemas lóticos del noroeste argentino. *Rev. Biol. Trop.*, 50 (1): 327-336.
- Seeligmann, C.; N. Maidana & M. Morales. 2008. Diatomeas (Bacillariophyceae) de humedales de altura de la Provincia de Jujuy-Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 43 (1-2): 1-17.
- Seiler, R. A.; R. A. Fabricius; V. Rotondo & M. Vinocur. 1995. *Agroclimatología de río Cuarto (1974-1993)*, Fac. Agronomía y Veterinaria. UNRC, 1: 1-68.
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- Simonsen, R., 1979. The Diatom System. Ideas on Phylogeny. *Bacillaria*, 2: 9-71.
- Sladeczek, V. 1973. *System of Water Quality from the Biological Point of View*. 219 p.
- Sladeczek, V. 1984. Diatoms as indicators of organic pollution. In: *8th Intern. Diatom Symposium, Paris, Aug. 198*. M. Ricard (ed.): 757-758. Koeltz Koenigstein Publ.
- Sladeczek, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiologia*, 14 (5): 555-566.

- Stoermer, E. F.; R. G. Kreis & N. A. Andersen. 1999. Checklist of Diatoms from the Laurentian Great Lakes: II. *J. Great lake Res.*, 25 (3): 545-566.
- Toro, M.; S. Robles; J. Avilés; C. Nuño, S. Vivas; N. Bonada; N. Prat; J. Alba-Tercedor; J. Casas; C. Guerrero; P. Jáimez-Cuéllar; J. L. Moreno; G. Moyá, G. Ramon; M. L. Suárez; M. R. Vidal-Abarca; M. Alvarez & I. Pardo. 2002. Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. *Limnetica*, 21 (3-4): 63-75.
- Villafañe, V. E. & F. M. H. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: *Manual de Métodos Ficológicos*, K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira & E. Sar (Eds.): 169-185. Edit. Universitaria, Concepción.