

## ANÁLISIS DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA EN DOS ESTACIONES CLIMÁTICAS EN EL ARROYO DE LA ENSENADA, DIAMANTE, ENTRE RÍOS

Eduardo P. VIVOT<sup>1</sup>, Cecilia I. SÁNCHEZ<sup>1</sup>, Luis KIEFFER<sup>2</sup>, Carlos PRÓSPERI<sup>3</sup>, Adriana M. GIECO<sup>1</sup>, Analía N. DRAGAN<sup>1</sup>, María V. ORMAECHEA<sup>1</sup>, Patricia De la SIERRA<sup>2</sup>, Elio W. GUERRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER). Ruta Prov. 11, km 10,5 (3101). Oro Verde, Paraná, Entre Ríos Argentina

<sup>2</sup>INTEC (UNL – CONICET). Güemes 3450 (3000). Santa Fe. Argentina.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC). Av. Vélez Sarsfield 299 (5000). Córdoba. Argentina

### RESUMEN

Las aguas superficiales continentales son fácilmente contaminadas por lo que es conveniente conocer su estado ambiental para detectar las agresiones al sistema y brindar conocimiento para su preservación. El río Paraná, uno de los principales componentes de la Cuenca del Plata, recibe los aportes de numerosos ríos y arroyos a lo largo de su curso. En su tramo medio, y sobre la margen izquierda, desemboca el arroyo de la Ensenada ubicado en el Departamento Diamante de la provincia de Entre Ríos. Este trabajo tiene como objetivo ampliar la información acerca del estado de las aguas de la cuenca del citado arroyo para lo que se realizaron muestreos en dos estaciones del año 2010 con marcadas diferencias térmicas. Se efectuaron muestreos en nueve sitios del curso y tributarios, y se analizaron las muestras, por métodos estandarizados, en sus parámetros físico-químicos y microbiológicos. Los resultados mostraron que los parámetros físico-químicos como pH, CE y clorofila "a" se encuentran en rangos comparable con otros cursos de la región, no así el fosforo que muestra altos valores en su curso principal, lo que señala los efectos de las actividades antrópicas en la cuenca.

Los altos valores de recuento en coliformes totales y termotolerantes, que mayormente fueron encontrados en los tributarios, superan los límites establecidos para aguas recreativas.

El análisis de conglomerados aplicado al conjunto de parámetros físico-químicos mostró la formación de cinco clúster en las dos estaciones climáticas, destacándose el conformado por dos tributarios que se caracterizaron por presentar altos contenidos de fósforo. El análisis de la comunidad de cianobacterias mostró la presencia de *Microcystis* capaz de afectar la calidad recreacional y de consumo del agua, con valores no significativos de cianotoxinas.

**Palabras clave:** *aguas superficiales - composición físico-química - composición microbiológica*

## SUMMARY

### **Analysis of some physical-chemical and biological water parameters in two thermal seasons at Ensenada stream, Diamante, Entre Ríos**

Inland surface waters are easily contaminated so it is convenient to know the environmental status to detect aggression and provide knowledge for preservation. The Parana River, one of the main components of the River Plate Basin, receives input from numerous rivers and streams along its course. In the Medium Paraná River on its left margin, the Ensenada stream ends, located in the Diamante Department, province of Entre Ríos. This work objective is to increase the information about the status of the waters of the stream basin considering samples obtained during two well differentiated thermal seasons in 2010. Samplings were made in nine sites of the course and tributary streams and were analyzed by standard methods, in their physical-chemical and microbiological parameters. The results show that the physical-chemical parameters such as pH, EC and chlorophyll "a" are in ranges comparable with other courses in the region, but not with phosphorus in the main course, with higher values showing the effects of human activities in the basin. The high values of total coliform count as well as thermotolerants, mostly found in the tributaries, exceed the limits for recreational waters. Cluster analysis applied to the set of physical-chemical parameters showed the formation of five clusters in two seasons, with the forming of two tributaries that were characterized by high contents of phosphorus.

The analysis of cyanobacteria showed presence of *Microcystis* genus that can affect the quality of recreational and consumption water, with non significant values of cyanotoxins.

**Key words:** *surface water - physical-chemical composition - microbiological composition.*

## Introducción

El conocimiento y la evaluación de la calidad de los recursos hídricos disponibles de agua dulce son objetivos de consenso mundial acordados en el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP-UNESCO, 2000). Entre dichos recursos los ríos y arroyos se caracterizan por ser sistemas dinámicos que experimentan cambios a lo largo de los cursos como consecuencia de las variaciones en las condiciones físicas como pendiente y geología del lecho (Bellos y Sawidis, 2005), modificaciones a las que contribuyen las acciones antropogénicas.

El crecimiento de las actividades humanas, como consecuencia de la expansión de la industria y de las fronteras

urbanas y agrícola-ganaderas, ha influenciado los procesos del ciclo hidrológico. Cuando dichas actividades se llevan a cabo en las cercanías de los cursos de agua superficiales producen la incorporación de sustancias que pueden modificar sus aptitudes, tanto para los componentes biológicos del sistema como para los que requieren las poblaciones (riego, consumo humano, recreación, etc.). La cuenca del arroyo de la Ensenada, ubicada en el departamento Diamante de la provincia de Entre Ríos, recibe la influencia de este tipo de actividades que realizan aportes de residuos no tratados. El efecto de estos factores ha sido estudiado (Singh *et al.* 2004; Chang, 2008) señalando que los cambios se producen a través del tiempo y a

lo largo de los cursos de aguas superficiales. Resulta pues conveniente la realización de una continua evaluación de la calidad del agua para cada uso, tanto desde el punto de vista económico como de la recreación, a fin de detectar los cambios que suceden en estas fuentes, ya sea por causas naturales y/o humanas, con la meta de preservar o remediar las problemáticas emergentes.

El presente trabajo fijó como objetivo analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua superficial en el cauce principal y algunos tributarios en dos estaciones del año caracterizadas en sus contrastes climatológicos y su relación con la influencia de los factores naturales y las acciones antropogénicas en la cuenca.

### Materiales y métodos

#### Puntos de Muestreo

Se seleccionaron nueve sitios característicos de la cuenca para los muestreos, de los cuales cuatro se encuentra situados en el cauce principal del arroyo de la Ensenada y los cinco restantes son tributarios (Figura 1).

Mediante el empleo de un geoposicionador portátil (GPS-Garmin Nuvi 205), se registraron la altitud, latitud y longitud de cada punto de muestreo de la cuenca hidrológica en estudio, (Cuadro 1).

Los puntos Naciente, Barranca Blanca, Ricle y Aceitera se encuentran sobre el arroyo de la Ensenada, mientras que los restantes son tributarios de éste. Dichos puntos fueron elegidos en base a sus características evitando zonas de embalse o turbulencias y de fácil y seguro acceso. Para la selección de los tributarios, ubicados a ambas márgenes del cauce, se tuvieron en cuenta las potencialidades de contaminación derivadas de las actividades de la zona.

**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca del arroyo de la Ensenada, departamento Diamante, Entre Ríos



**Referencias:** 1: Naciente; 2: Salto del Paraíso; 3: Barranca Blanca; 4: Gómez; 5: Gómez Abajo; 6: El Pelado; 7: Ricle; 8: Marincho; 9: Aceitera

**Cuadro 1.** Localización geosatelital de los sitios de muestreos en arroyo de la Ensenada y tributarios, departamento Diamante, Entre Ríos

Denominación del Sitio	Coordenadas por GPS	Altura snm (m)
Naciente	32° 08' 117 S – 60° 21' 218 O	55
Salto del Paraíso	32° 05' 007 S – 60° 28' 044 O	30
Barranca Blanca	32° 05' 055 S – 60° 29' 429 O	12
Gómez	32° 02' 953 S – 60° 26' 696 O	45
Gómez Abajo	32° 04' 163 S - 60° 28' 767 O	31
Pelado	32° 02' 263 S – 60° 30' 783 O	32
Ricle	32° 04' 078 S – 60° 33' 095 O	6
Marincho	32° 03' 401 S - 60° 35' 963 O	17
Aceitera	32° 02' 931 S - 60° 36' 926 O	10

*Toma de muestras y técnicas analíticas*

Las muestras de agua fueron tomadas en los meses de julio y noviembre del 2010. Si bien estos meses corresponden estacionalmente a invierno y primavera, por la marcada diferencia térmica ocurrida en esta última estación, se denominaron en este trabajo estaciones fría y cálida respectivamente.

En cada sitio se evaluaron “*in situ*” los parámetros pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T) empleando una sonda portátil multiparamétrica Lutron WA2015. Los resultados se volcaron en una planilla de campo indicando fecha, situación climática observaciones del paisaje circundante y otras características de interés. El muestreo y las técnicas de análisis se efectuaron según procedimientos indicado por APHA-AWWA-WPCF (1992) determinándose fósforo (P) de fosfatos (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) (método 4500-P C), clorofila “a” por espectrofotometría, previa extracción de pigmentos (método 10200-H) y recuento de coliformes por la técnica del Número Más Probable (método 9221-E). Las muestras fueron ensayadas en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) y en los Laboratorios del INTEC (Santa Fe).

El análisis microbiológico del muestreo de la estación cálida se completó con el recuento de coliformes termotolerantes a 44,5 °C.

Para la evaluación de las cianobacterias se fijaron previamente las muestras con solución de formaldehído al 5% (Andrinolo *et al.*, 2009). Se empleó la técnica de recuento directo en cámara de Neubauer empleando microscopio trinocular marca Olympus modelo CX31. La identificación

de los géneros de cianobacterias encontrados se realizó por sus características morfológicas utilizando las descripciones de Desikachary (1962) citadas por Prescott (1962) y Prósperi *et al.* (1996).

*Análisis Estadístico*

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (2007). Se realizó un análisis de conglomerados para evaluar la asociación entre los sitios muestreados teniendo en cuenta los resultados de pH, T, CE, P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> y clorofila “a”. Como medida de distancia se utilizó la euclidiana por el método Encadenamiento Simple.

**Resultados y discusión***Parámetros físico-químicos y biológicos*

El análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos realizado muestra que los problemas de calidad de agua indican las situaciones particulares de cada uno de los sitios, revelando los efectos de las actividades antrópicas y de la incidencia de los factores ambientales. Los Cuadros 2 y 3 muestran los valores hallados de T, pH, CE, P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> y clorofila “a” en los diferentes sitios en las estaciones cálida y fría.

Las determinaciones de temperatura del agua exhiben una diferencia estacional con un promedio de 11,4 °C. En la estación fría la temperatura en los sitios muestreados varió entre 10,3 y 14,2 °C, mientras que en la estación cálida estuvo entre 20,2 y 25,4 °C. Estos rangos están comprendidos por los

señalados por Arocena *et. al.* (2008) que indican variaciones más amplias, entre 7 y 15 °C en la estación fría y 15 y 30 °C en la estación cálida, para la cuenca del río Santa Lucía del Uruguay. En general, para una misma estación climática no se observaron importantes variaciones de temperatura en los puntos de muestreo analizados, mientras que las diferencias estacionales observadas se corresponden con la radiación solar propia de cada época.

Las variaciones de pH determinadas en los sitios muestreados oscilaron entre 7,3 y 8,2 en

las dos estaciones anuales, rango que caracteriza las aguas entre leve y moderadamente alcalinas. Estos valores fueron similares a los descriptos para la mayoría de los arroyos de la provincia de Entre Ríos (Lallana *et al.*, 2007). A su vez Rodríguez *et al.* (2002) mencionan que las aguas continentales superficiales tienen un pH comprendido entre 5 y 9,5. Para estos autores cuando los valores de pH están por debajo de 6,5 ó por encima de 9 durante largos periodos de tiempo, pueden afectar el desarrollo y la reproducción de los peces.

**Cuadro 2.** Valores de parámetros físico-químicos y biológico del muestreo del arroyo de la Ensenada y tributarios en la estación fría

Sitio	pH	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	T (°C)	P- $\text{PO}_4^{-3}$ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ )
Naciente	8,25	1.400	10,3	560	7,22
Salto del Paraíso	8,05	1.100	12,0	400	2,53
Barranca Blanca	7,80	1.100	10,5	280	15,90
Gómez	8,18	1.100	13,8	940	15,86
Gómez Abajo	7,80	1.350	12,6	540	12,78
El Pelado	8,01	1.050	12,3	680	18,68
Ricle	7,75	1.130	11,9	350	6,32
Marincho	7,64	1.100	12,4	330	3,93
Aceitera	7,50	1.050	11,8	190	8,60

**Cuadro 3.** Valores de parámetros físico-químicos y biológico del muestreo del arroyo de la Ensenada y tributarios en la estación cálida

Sitio	pH	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	T (°C)	P- $\text{PO}_4^{-3}$ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ )
Naciente	8,32	1010	25,4	399	3,84
Salto del Paraíso	7,48	889	22,1	514	2,62
Barranca Blanca	8,26	766	23,3	374	20,37
Gómez	7,8	662	24,7	259	9,47
Gómez Abajo	7,32	1395	24,6	3290	42,58
El Pelado	8,05	735	24,6	399	28,65
Ricle	7,77	951	23,2	514	31,8
Marincho	7,4	1010	20,2	1333	6,63
Aceitera	7,76	1106	24	304	26,97

Este último rango coincide con el establecido por el Digesto de la Comisión Administradora del Río Uruguay (C.A.R.U., 1988). En ese sentido, los valores de pH determinados en el arroyo de la Ensenada estuvieron dentro del rango adecuado para mantener la salud de los organismos acuáticos.

Los tenores de P encontrados en el curso del arroyo de la Ensenada varían entre 190 y 560  $\mu\text{g L}^{-1}$  y son similares a los citados por Lallana *et al.* (2007) para este mismo arroyo, aunque en general son mayores a los mencionados por Arocena *et al.* (2008) para el río Santa Lucía de Uruguay, con valores que oscilan entre 293 y 326  $\mu\text{g L}^{-1}$ . También se asemejan a los señalados por Singh *et al.* (2004) con un rango entre 60 y 500  $\mu\text{g L}^{-1}$  en el río Gomti en la India. En este estudio se observó que los contenidos de P son mayores durante la estación cálida respecto de la estación fría, salvo para los sitios Naciente, Gómez y Pelado, situación que estaría asociada al incremento de la temperatura que en el verano favorece la mineralización de la materia orgánica. En el trabajo de Ouyang *et al.* (2006), mencionan que existe una correlación positiva entre el incremento de la temperatura y aquellos parámetros vinculados a la descomposición de la materia orgánica en el río St. Johns de Florida (EEUU). Estos autores analizan la correlación de los parámetros físico-químicos en las diferentes estaciones climáticas señalando que en verano el P, el C orgánico disuelto y el C orgánico total son los parámetros más importantes que contribuyen a las variaciones en la calidad de agua. El alto contenido de P observado en el muestreo de la estación cálida en el afluente Marincho se atribuye a las descargas de una industria frigorífica que puede aumentar el contenido del anión fosfato. Probablemente las descargas por parte de esta industria sean fluctuantes a lo largo del año, ya que el aumento registrado en la estación cálida no se observó durante la estación fría. Se destaca el alto contenido de P en el arroyo tributario Gómez, en el sitio

Gómez Abajo, cuyo valor superó el doble encontrado en Marincho, lo que se atribuye en este caso a los volcados domésticos de la población cercana.

La CE, que mide el contenido de sales disueltas, presenta valores que oscilan entre 662 y 1.400  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , registrándose este valor máximo en época fría en el sitio Naciente, debido probablemente a un mayor enriquecimiento en iones solubles por mayor permanencia de las aguas en contacto con los sedimentos (Reynoso y Andriulo, 2009).

En el curso del arroyo de la Ensenada la CE alcanzó valores entre 766 y 1.400  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , los que se encuentran dentro del rango de valores de 100 y 1.700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  hallados por Arocena *et al.* (2008). Estos valores son semejantes a los indicados por Lallana *et al.* (2007), quienes para arroyos del departamento Diamante reportan CE que oscilan entre 910 y 1.170  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Durante la estación cálida se observaron menores CE que en la estación fría probablemente por la menor cantidad de lluvias registradas en esta última que aumenta la cantidad de iones totales.

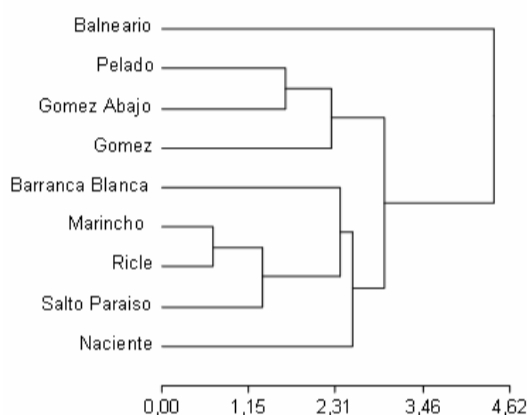
Los valores de clorofila "a", que representan la biomasa del fitoplancton desarrollada, registraron un incremento en siete de los nueve sitios durante la estación cálida, lo que es atribuido a un mayor crecimiento de la población del fitoplancton como consecuencia del incremento de la temperatura. Giorgi *et al.* (2005) encontraron que la biomasa del fitobentos presentó los menores valores al finalizar el verano en un arroyo de segundo orden de la cuenca del arroyo Lujan en el NE de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

El análisis de conglomerados, que agrupa en clases diferentes los sitios evaluados en base a la similaridad o disimilaridad que hay entre ellos, aplicado al conjunto de parámetros físico-químicos analizados tanto para la estación fría como cálida, se muestra en las figuras 2 y 3, con correlaciones cofenéticas de 0,826 y 0,919 respectivamente.

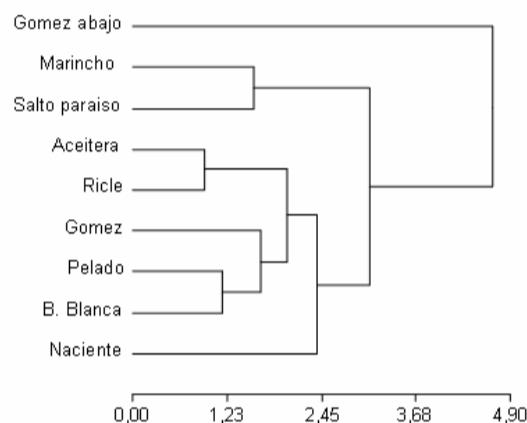
Se puede observar que en los muestreos analizados se formaron cinco clústers. En las dos estaciones climáticas evaluadas los sitios Pelado y Gómez forman un clúster. En el muestreo de la estación fría, si bien presentaron contenidos diferentes de P, éstos fueron los mayores valores hallados para esta estación climática. Estos sitios son tributarios del arroyo de la Ensenada que geográfica-

mente no están distantes entre sí, por lo que estarían influenciados por el ingreso de similares aportes antrópicos vuelcos o por el escurrimiento superficial de aguas de predios circundantes con actividad agropecuaria. En este sentido, Singh *et al.* (2004) señalan que las aguas superficiales son vulnerables a la influencia de los aportes por descarga de lotes próximos.

**Figura 2.** Dendrograma de agrupamiento de los sitios evaluados (estación fría)



**Figura 3.** Dendrograma de agrupamiento de los sitios evaluados (estación cálida)



El sitio Naciente forma en los dos muestreos un clúster único. Este punto se distingue por haber registrado la mayor CE, siendo el lugar donde confluyen los arroyos tributarios Tapera de Queipo, Tamberas y Burgos. Estos últimos recorren la superficie superior de la cuenca caracterizada por el uso agrícola y ganadero, por lo que posiblemente este sitio es influenciado por los aportes del suelo por escorrentía.

A diferencia de lo hallado por Bouza-Deaño *et al.* (2008), en el presente trabajo se encontró que la CE disminuye aguas abajo a lo largo del curso, debido probablemente al efecto de dilución que ocurre en ese sentido. Es así que los aportes salinos del punto Naciente se encuentran diluidas aguas abajo en los sitios Barranca Blanca y Ricle del cauce principal. Situación similar se observó

en los valores de pH registrados, pero no así respecto del contenido de P.

#### Análisis Microbiológico

##### a) Bacterias Coliformes

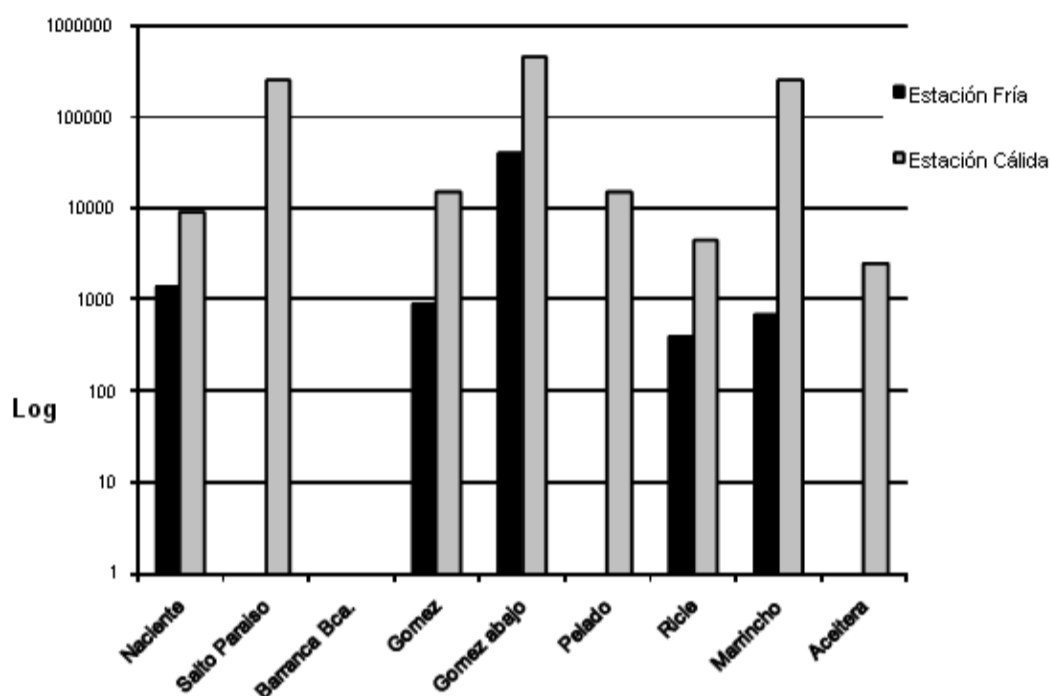
La Figura 4 muestra la evolución estacional de las bacterias coliformes totales en los sitios de muestreo a lo largo del curso del arroyo de la Ensenada y los tributarios estudiados.

Se registró recuento de coliformes totales en cuatro de los ocho sitios en la estación fría, con valores que oscilaron entre  $4 \cdot 10^2$  y  $1,4 \cdot 10^4$  gérmenes  $100 \text{ mL}^{-1}$ . En la siguiente estación climática se registró un incremento de este grupo microbiano en todos los sitios evaluados, con valores entre  $4,5 \cdot 10^3$  y  $4,5 \cdot 10^5$  gérmenes  $100 \text{ mL}^{-1}$ . Al evaluar la calidad bacteriológica del río Chocancharava (Córdoba, Argentina), Rodríguez *et al.* (2002)

también encontraron diferencias importantes en los recuentos de coliformes totales entre las distintas estaciones climáticas analizadas en uno de los dos años del estudio que realizaron.

El sitio Barranca Blanca fue el único que no registró presencia de coliformes totales en ninguna de las dos estaciones climáticas.

**Figura 4.** Evolución estacional de Coliformes Totales (gérmenes 100 mL<sup>-1</sup>) en los puntos de muestreo del arroyo de la Ensenada y tributarios



Los mayores recuentos de coliformes totales correspondieron al punto Gómez Abajo en las dos estaciones climáticas evaluadas, mientras que en la estación cálida Salto Paraíso y Marincho también presentaron altos recuentos aunque menores que Gómez Abajo. Dado que los coliformes son, entre otros grupos microbianos, indicadores de la calidad del agua, los altos recuentos advierten de una posible contaminación como consecuencia de la actividad antrópica. Un análisis general permitió observar que los mayores valores correspondieron a los arroyos tributarios de la Ensenada (Salto Paraíso, Gómez, Gómez Abajo, Pelado y Marincho), mientras que los

menores recuentos se registraron en los puntos que corresponden al cauce principal (Naciente, Barranca Blanca, Ricle y Aceitera). Esto puede deberse a una mayor influencia de los volcados urbanos e industriales sobre los tributarios y/o al menor caudal dimensión que tienen los tributarios respecto del cauce principal.

De igual manera, en la estación cálida los recuentos de coliformes termotolerantes a 44,5 °C fueron mayores en los tributarios, donde los valores oscilaron entre  $4 \cdot 10^2$  y  $2,5 \cdot 10^5$  gérmenes 100 mL<sup>-1</sup>.

En siete de los nueve sitios de muestreo, los valores de coliformes termotolerantes hallados, determinados como *Escherichia*



*coli*, superaron los límites establecidos para aguas recreativas indicados por la Comunidad Europea (Directiva 2006/7/CE), al igual que lo normado por la CARU (1988). En este sentido, Rodríguez *et al.* (2002) mencionan que las mayores cargas de coliformes se relacionan a las áreas que reciben aportes de efluentes. Estos autores refieren a la influencia de la actividad humana sobre los cursos del agua y a la necesidad de profundizar sobre la búsqueda de microorganismos potencialmente patógenos, ya que un aumento de la contaminación por bacterias fecales en ambientes lóticos, particularmente en meses cálidos, constituye un riesgo potencial para el uso recreacional.

b) *Cianobacterias*

El estudio sobre la composición y estructura de las cianobacterias en las comunidades bentónicas de los ríos ha cobrado importancia en los últimos años pues, en ocasiones, han sido empleadas como bioindicadores de calidad de agua y por su

potencial toxicidad para otros organismos del agua (Serrano *et al.*, 2004), animales y el hombre.

El Cuadro 4 muestra los géneros de cianobacterias hallados en las muestras de agua en las dos estaciones climáticas evaluadas.

Los géneros de cianobacterias hallados en los dos muestreos corresponden a los ordenes Chroococcales (3 géneros), Oscillatoriales (3 géneros) y Nostocales (3 géneros), según la descripción sistemática propuesta por Komárek y Anagnostidis (citados por Echenique y Aguilera, 2009).

La mayoría de los géneros identificados en el presente estudio han sido descriptos como parte de la comunidad de cianobacterias de otros ríos. Los géneros *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Anabaena*, *Pseudoanabaena*, *Raphidiopsis*, *Choococcus*, *Merismopedia* son mencionados por Meichtry *et al.* (2009) como característicos de agua dulce.

**Cuadro 4.** Géneros de cianobacterias hallados en muestras de agua de los sitios evaluados (\*) en las estaciones climáticas fría (F) y cálida (C) en el arroyo de la Ensenada y tributarios

	(1)		(2)		(3)		(4)		(9)		(5)		(6)		(7)		(8)	
	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
<i>PPL</i>	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
<i>Oscillatoria</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spirulina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Anabaena</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoanabaena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Raphidiopsis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Choococcus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Mycrocystis</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**PPL:** refiere al complejo de cianobacterias formado por *Plectonema*, *Phormidium* y *Lyngbya*

(\*) Ver ubicación de sitios en Figura 1

En el punto de muestreo Gómez se destaca la presencia del género *Microcystis*. Si bien en los análisis no se detectó niveles significativos de cianotoxinas (datos no mostrados), el mencionado género puede

producir floraciones que afectan la calidad recreacional y de consumo del agua y por lo tanto es considerado un microorganismo característico de ambientes eutróficos. Según Meichtry *et al.* (2009), la ocurrencia de

floraciones son más frecuentes desde mediados de primavera hasta mediados de otoño.

En las muestras de agua analizadas se destaca además la presencia de algas eucariotas correspondientes a las clases Chlorophyceae y Chrysophyceae, observándose gran cantidad de diatomeas en seis de los ocho sitios evaluados en la estación fría y en cinco de los nueve sitios en la estación cálida. Los géneros de diatomeas más representativos fueron *Melosira* y *Navícula*. Mirande et al. (2009) realizaron un estudio de la abundancia del fitoplancton en arroyos del Pre-Delta (Diamante, Entre Ríos) señalando que las diatomeas pennadas son el grupo dominante en dichos ambientes.

### Conclusiones

Los parámetros físico-químicos T, pH, CE y clorofila "a", determinados en las aguas del arroyo de la Ensenada, se encontraron en rangos comparables con los de otros arroyos de la región, con excepción del P que mostró valores superiores, lo que estaría vinculado a las actividades antrópicas en la cuenca.

La contaminación por presencia de coliformes totales y termotolerantes fue mayor en los arroyos tributarios respecto del cauce principal, originada posiblemente por las actividades humanas en los asentamientos urbanos cercanos a los mismos.

Según lo expresado, el análisis de conglomerados aplicado al conjunto de parámetros físico-químicos mostró la formación de cinco clúster en las dos estaciones climáticas, destacándose el formado por dos tributarios, caracterizados por altos contenidos de fósforo, y un clúster único en el punto Naciente del arroyo.

### Referencias bibliográficas

ANDRINOLO, D.; ECHENIQUE, R.; SEDAN, D. (2009). Toma de muestra de agua en diferentes ambientes para determinaciones de algas y toxinas. Procesos analíticos. Métodos

de detección de cianotoxinas (p. 117-150). In: Gianuzzi, L (ed). Cianobacterias y cianotoxinas. Identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo. Moglia S.R.L. Buenos Aires. Argentina 238p.

APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales. Edición Díaz de Santos S.A. España. 1715 p.

AROCENA, R.; CHALAR, G.; FABIAN, D.; de LEON, L.; BRUGNOLI, E.; SILVA, M.; RODO, E.; MACHADO, I.; PACHECO, J.P.; CASTIGLIONI, R.; GABITO, L. (2008) Evaluación Ecológica de Cursos de Agua y Biomonitorio. Informe Final. Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República-Uruguay. [En línea] <http://limno.fcien.edu.uy/pdf/informes/ConvenioDINAMAResumIntroArea.pdf> [Consulta: octubre 2011]

BELLOS, D.; SAWIDIS, T. (2005). Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia - Greece). *Journal of Environmental Management*. 76 (4): 282-292.

BOUZA-DEAÑO, R.; TERNERO-RODRIGUEZ, M.; FERNANDEZ-ESPINOSA, A. J. (2008). Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). *Journal of Hydrology*. 361: 227-239.

CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA. (1991) Departamento Diamante, Provincia de Entre Ríos. Acuerdo Complementario del convenio INTA-Gob. de E.R.-EEA Paraná del INTA. Serie Relevamiento de Rec. Naturales Nº 10, 258 pp.

C.A.R.U. -COMISION ADMINISTRADORA DEL RIO URUGUAY. (1988) Digesto sobre Usos del Rio Uruguay. TEMA E-3: Contaminación. [En línea] <http://www.caru.org.uy/digestotemacontaminacion.pdf> [Consulta: noviembre de 2011].

CHANG, H. (2008). Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin. South Korea. *Water Research* 42: 3285-3304.

DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. (2006) Directiva Comunidad Europea 2006/7/CE. Diario Oficial de la Unión Europea del 04.03.2006. [En línea] <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:0051:ES:PDF> [Consulta: octubre de 2011]

- ECHENIQUE, R. O.; AGUILERA, A. (2009). Cyanobacteria toxigenas. Aspectos generales para su identificación taxonómica. Capítulo 2 (p. 37-50). In: Gianuzzi, L. (ed). Cyanobacterias y cianotoxinas: identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo. Moglia S.R.L. Buenos Aires, Argentina 238 p.
- GIORGI, A.; FEIJOO, C.; TELL, G. (2005). Primary producers in a Pampean stream: temporal variation and structuring role. *Biodiversity and Conservation*. 14: 1699-1718
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). (2010) Instituto de Clima y Agua. [En línea] [http://climayagua.inta.gov.ar/estadistica\\_temperaturas\\_m%C3%A1ximas/](http://climayagua.inta.gov.ar/estadistica_temperaturas_m%C3%A1ximas/) [http://climayagua.inta.gov.ar/estad%C3%ADsticas\\_temperaturas\\_m%C3%ADnimas](http://climayagua.inta.gov.ar/estad%C3%ADsticas_temperaturas_m%C3%ADnimas) [http://climayagua.inta.gov.ar/estad%C3%ADsticas\\_de\\_precipitaciones](http://climayagua.inta.gov.ar/estad%C3%ADsticas_de_precipitaciones) [Consulta: octubre de 2011].
- INFOSTAT. (2007). Grupo Infostat, Estadística y Diseño. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Versión 2007. Argentina.
- LALLANA, V. H.; ELIZALDE, J. H. I.; LALLANA, M. del C.; BILLARD, C. E.; MEUCI, G.; GONZALEZ, R.; FERREIRA, T.; BOSCHETTI, G. (2007). Evaluación de la calidad de agua de arroyos de la Provincia de Entre Ríos. *Cuadernos del CURIHAM*. 13: 9-17.
- MEICHTRY DE ZABURLÍN, N.; MARTENS, I. S.; LLANO, V. (2009). Capítulo 1: Cyanobacteria planctónicas: su impacto en ambientes acuáticos continentales. Descripción de los géneros más frecuentes. (p. 17-35). In: Gianuzzi, L. (ed). Cyanobacterias y cianotoxinas. Identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo. Moglia S.R.L. Buenos Aires. Argentina 238 p.
- MIRANDE, V.; BARRETO, G. A.; HALEBLIAN, S. E.; TRACANNA, B. C. (2009). Biodiversidad del Parque Nacional Pre-Delta (Entre Ríos, Argentina) II. Estudio cuantitativo del fitoplancton. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 44: 1-2.
- OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q. T.; SHINDE, D.; HUANG, C. H. (2006). Assessment of seasonal variations in surface water quality. *Water Research*. 40: 3800-3810.
- PRESCOTT, G. W. (1962). Algae of the Western Great Lakes Area. Brown Company Publishers. USA. 977 p.
- PRÓSPERI, C.; PON S, S.; MAGGI, E. (1996). Ecological aspects of cyanobacteria from rice fields of Corrientes (Argentina) (p. 41-146). In: M Rahman (ed.) Biological nitrogen fixation associated with rice production. Kluwer Academic Publishers. Great Britain.
- REYNOSO, L. ANDRIULO, A. (2009). Estado actual de la calidad del agua en la Cuenca del Arroyo Pergamino. EEA Pergamino. [En línea] [http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2009/Calidad\\_agua\\_Cuenca\\_APerg\\_jun09.pdf](http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2009/Calidad_agua_Cuenca_APerg_jun09.pdf) [Consulta: octubre de 2011].
- RODRÍGUEZ, C.; MANCINI, M.; PROSPERI, C.; WEYERS, A.; ALCANTÚ, G.; FERRERO, S. (2002). Variaciones estacionales de la calidad del agua del río Chocancharava (río Cuarto), Córdoba, Argentina, *Ecología Austral* 12: 65-72.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)- a case study. *Water research*. 38: 3980-3992.
- SERRANO, A.; MATEO, P.; PERONA, E. (2004). Estructura y composición de la comunidad de cianobacterias bentónicas de un arroyo de montaña mediterráneo, el arroyo Mediano (Madrid). *Limnetica* 23(1-2): 83-94.
- UNESCO. WWAP (2000). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. [En línea] [http://www.unesco.org/water/wwap/index\\_es.shtml/](http://www.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml/) [Consulta: octubre de 2011].