

## Estado trófico y variación estacional de nutrientes en los ríos y canales del humedal mixo-halino de Bahía Samborombón (Argentina)

Nahuel Schenone<sup>1</sup>, Alejandra Volpedo<sup>1,2</sup> y Alicia Fernández Cirelli<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280, CP1427 Buenos Aires, Argentina. E-mail:

<sup>2</sup> Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, CP1428 Buenos Aires, Argentina.

\* Corresponding author: ceta@fvet.uba.ar

Recibido: 21/5/07

Aceptado: 11/10/07

### ABSTRACT

#### **Trophic state and nutrient seasonal variation in the rivers and channels of the Samborombón Bay mixohaline wetland (Argentina)**

Samborombón Bay is the most extensive mixohaline wetland of Argentina (244000 ha.). It has an extension of 150 km. along the occidental coast of the exterior zone of the Río de la Plata, from Punta Piedras (35°27' S; 56°45' O) to Punta Rasa (36°22' S; 56°35' O). The trophic state of the rivers and channels that cross this wetland was evaluated by the determination of total nitrogen ( $N_T$ ) and total phosphorus ( $P_T$ ) concentrations in ten stations situated from north to south of the bay. Samples were grouped according to seasonal variability, separating two periods, low water period and high water period. A hypertrophic state was observed in most of the analyzed stations, phosphorus being the limiting nutrient in almost every case in both periods. In addition to the seasonal variation in the nutrient concentrations, a spatial variation was observed in a north to south direction. Physico-chemical parameters were taken into account and, along with the nutrient concentration values, were analyzed by PCA (Principal Component Analysis), which suggested the existence of two groups with different characteristics. The increase in nutrients input in this ecosystem could cause alterations on the productivity of the area and on the activities of the region such as coastal fisheries.

**Key words:** Nutrients, myxohaline wetland, Bahía Samborombón.

### RESUMEN

#### **Estado trófico y variación estacional de nutrientes en los ríos y canales del humedal mixo-halino de Bahía Samborombón (Argentina)**

La Bahía de Samborombón es el humedal mixohalino más extenso de Argentina (244000 ha). Se extiende a lo largo de 150 kilómetros sobre la costa occidental de la zona exterior del Río de la Plata, desde Punta Piedras (35°27' S; 56°45' O) hasta Punta Rasa (36°22' S; 56°35' O). Se evaluó el estado trófico de los ríos y canales que atraviesan el humedal mediante la determinación de las concentraciones de nitrógeno total ( $N_T$ ) y fósforo total ( $P_T$ ) en diez estaciones distribuidas de norte a sur de la bahía. Las muestras se agruparon según la variabilidad estacional, separándose en dos periodos, el de aguas bajas y el de aguas altas. Se observó que para la mayoría de las estaciones analizadas el estado era hipertrófico siendo el fósforo el nutriente limitante en casi todos los casos en ambos periodos. Además de existir una diferencia estacional en las concentraciones de nutrientes se observó que existe también una diferencia espacial en sentido norte-sur. Se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y junto con los valores de nutrientes se realizó un ACP (Análisis de Componentes Principales), que sugirió la existencia de dos agrupaciones con características diferentes. El incremento del aporte de nutrientes dentro de este ecosistema podría ocasionar alteraciones sobre la productividad del área y sobre las actividades desarrolladas en la región como las pesquerías costeras.

**Palabras clave:** Nutrientes, humedal mixo-halino, Bahía Samborombón.

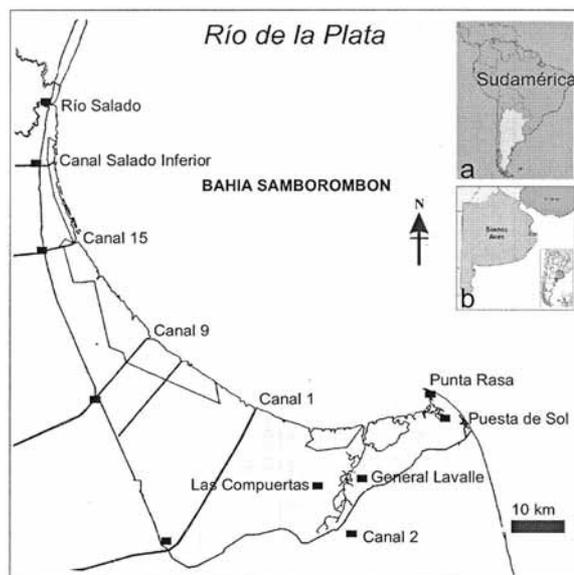
## INTRODUCCIÓN

La llanura pampeana es una de las grandes llanuras del mundo (600 000 km<sup>2</sup> aprox) y presenta una baja pendiente (0.3 m/km, Sala 1975). La escasa pendiente y la geomorfología (Iriondo, 2004) del lugar hacen que el escurrimiento de las aguas, producto de las precipitaciones, sea relativamente lento y por lo tanto se forme un mosaico de humedales entre lagunas, bañados, ríos, arroyos, canales y cañadones. Los sistemas lénticos presentes en esta llanura se caracterizan como lagos someros polimícticos, eutróficos o hipertróficos y con tiempo de permanencia del agua y salinidad variables (Quirós, 1988; Conzonno & Fernández Cirelli, 1997; Quirós *et al.*, 2002). Los sistemas lóticos están constituidos por arroyos, ríos y canales, que luego de atravesar las zonas de importancia agropecuaria, drenan sus aguas a la costa marina. Este es el caso del Río Salado y el Río Samborombón y los canales Salado Inferior, 15, 9, 1, y 2 que drenan el agua de la llanura Pampeana hasta la zona norte y media de la Bahía Samborombón. Por otra parte la zona sur presenta mayor influencia marina presentando marismas. La Bahía de Samborombón es el humedal mixohalino más extenso de Argentina (244000 ha). Se extiende a lo largo de 150 kilómetros sobre la costa occidental de la zona exterior del Río de la Plata, desde Punta Piedras (35°27' S; 56°45' O) hasta Punta Rasa (36°22' S; 56°35' O). Este humedal es una área prioritaria para la conservación de la biodiversidad (Brazeiro *et al.*, 2003, Di Giacomo, 2005; FREPLATA, 2006), ya que en él habitan especies de importancia comercial y especies con riesgo de conservación (Volpedo *et al.*, 2005) tales como la corvina (*Micropogonias furnieri*) y la pescadilla (*Cynoscion guatucupa*) y el venado de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) respectivamente. En 1997 fue declarado sitio Ramsar y comprende áreas de diferente categoría, jurisdicción y administración que contemplan los pastizales, los talares, los cangrejales y los espartillatres. Las principales actividades económicas desarrolladas en el humedal son la ganadería, explotación de conchillas fósiles, pesca comercial y la caza, dichas actividades sumadas a los aportes de las actividades

en la cuenca alta de la región afectan negativamente al humedal (Volpedo *et al.*, 2005). El clima de la región se caracteriza por ser templado y húmedo. En esta región el promedio anual de precipitaciones es de 1000 mm. Las lluvias se producen durante todo el año pero se pueden diferenciar dos periodos de mayor intensidad, el más importante en los meses de marzo y abril (otoño) y el segundo entre octubre y noviembre (primavera) (Gabellone *et al.*, 2005), incrementando el caudal de los sistemas lóticos.

La calidad del agua de los cuerpos lénticos de la Cuenca Baja del Salado ha sido estudiada por diversos autores (Quirós, 1988; Conzonno & Fernández Cirelli, 1997; Miretzky *et al.*, 2000; Miretzky *et al.*, 2001; Quirós *et al.*, 2002, Fernández Cirelli & Miretzky, 2004). Sin embargo, son escasos los trabajos sobre la calidad de agua de los ríos y canales que llegan a la Bahía (FREPLATA, 2005; Schenone *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo es analizar el estado trófico de los sistemas lóticos que drenan a la Bahía Samborombón para contribuir al estudio de la dinámica de nutrientes en un humedal mixo-halino.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio mostrando la localización de las estaciones de muestreo. a: Sudamérica, b: Provincia de Buenos Aires. *Map of the study area showing the location of the sampling stations. a: South America, b: Buenos Aires Province.*

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se muestrearon los ríos y canales que drenan sus aguas a la Bahía Samborombón, en estaciones distribuidas de norte a sur de la Bahía durante 2004 y 2005 (Fig. 1). Se determinó *in situ* la conductividad ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), el pH, la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el oxígeno disuelto ( $\text{mg/l}$ ) con equipos de campo Hanna instruments modelo HI 9033, HI 9025 y HI 9142 respectivamente.

Se tomaron muestras de agua por duplicado para análisis de cada una de las estaciones de muestro, las cuales fueron conservadas en botellas de plástico de 500 ml a  $4^{\circ}\text{C}$  durante la duración del muestreo y posteriormente filtradas por filtro de  $0.45\ \mu\text{m}$  según métodos de muestreo EPA (Environmental Protection Agency). Para la determinación de  $P_t$  (fósforo total) y  $N_t$  (nitrógeno total) se realizó una digestión ácida previa a la determinación (Valderrama, 1981). El  $N_t$  se midió como  $\text{NO}_3$  según método APHA 4500- $\text{NO}_3\text{E}$  y el  $P_t$  como  $\text{PO}_4$  según método APHA 4500- $\text{PE}$ . Se utilizó un espectrofotómetro Jasco 7850 para las determinaciones colorimétricas.

Las muestras fueron agrupadas en dos periodos según la cantidad de agua que poseían los ríos y canales. El período de aguas bajas, julio 2004 y agosto 2005 (invierno) que comprendía al momento de menor cantidad de agua en los cuerpos lóticos debido a la cantidad reducida de precipitaciones y el periodo de aguas altas, abril de 2004 y 2005 (otoño), asociado al mayor caudal de estos cuerpos de agua y al incremento de las precipitaciones en la zona.

Se determinó el estado trófico de los sistemas lóticos teniendo en cuenta las concentraciones de  $N_t$  y  $P_t$  y el nutriente limitante mediante la relación molar  $N/P$  (Forsberg & Riding, 1980).

Se compararon los valores medios de los parámetros fisicoquímicos y del contenido de nutrientes ( $N_t$  y  $P_t$ ) registrados entre las muestras correspondientes a los periodos de aguas bajas y altas. Se agruparon las muestras en cada periodo por medio de un análisis de componentes principales utilizando el paquete estadístico PRIMER.5.

## RESULTADOS

Los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos y las concentraciones de nutrientes se observan en la Tabla 1.

En el periodo de aguas bajas los valores de pH estuvieron en el rango de 6.63 a 8.11, observándose un aumento de norte a sur en las estaciones de muestreo, mientras que la temperatura estuvo entre  $4$  a  $7.3^{\circ}\text{C}$ . La concentración de oxígeno disuelto varió entre 1.5 y 4.4  $\text{mg/l}$ , presentando en Puesta de Sol el menor valor. La conductividad presentó una gran heterogeneidad, variando en el rango de 1.32 a 40.8  $\text{mS/cm}$ . Los valores mas altos estuvieron asociados, en la zona norte al Río Salado y al Salado Inferior y en la zona sur a las estaciones más costeras (General Lavalle, Puesta de Sol y Punta Rasa).

En el periodo de aguas altas, el pH estuvo en el rango de 6.60 a 8.40, aumentando de norte a sur y la temperatura de  $10$  a  $21^{\circ}\text{C}$ . El oxígeno disuelto varió entre 6.21 a 9.8  $\text{mg/l}$ , presentando en la zona sur (General Lavalle, Puesta de Sol, Punta Rasa y Las Compuertas) los valores mayores. La conductividad varió entre 0.58 a 24.5  $\text{mS/cm}$ . Los valores mayores estuvieron asociados a las estaciones más costeras de la zona sur de la Bahía (General Lavalle, Puesta de Sol, Punta Rasa y las Compuertas).

Los valores de  $N_t$  y  $P_t$  fueron diferentes en los periodos de aguas altas y bajas en las distintas estaciones. La figura 2 muestra la diferencia entre aguas altas menos aguas bajas para cada estación de muestreo para fósforo y nitrógeno respectivamente. En el periodo de aguas altas la concentración de fósforo total en las estaciones Río Salado, Salado Inferior y en los canales 15, 9, 1 y 2, fue menor que para el periodo de aguas bajas. Para las estaciones General Lavalle, Puesta del Sol, Punta Rasa y Las Compuertas se observó un comportamiento diferente (Fig. 2) siendo la concentración de fósforo total mayor en el periodo de aguas altas (0.43-0.73  $\text{mg/l}$ ) y menor en el de aguas bajas (0.2-0.55  $\text{mg/l}$ ) (Tabla 1). En el periodo de aguas altas la concentración de nitrógeno total en las estaciones Río Salado, Salado Inferior y en los canales 15, 9 y 1 fue me-

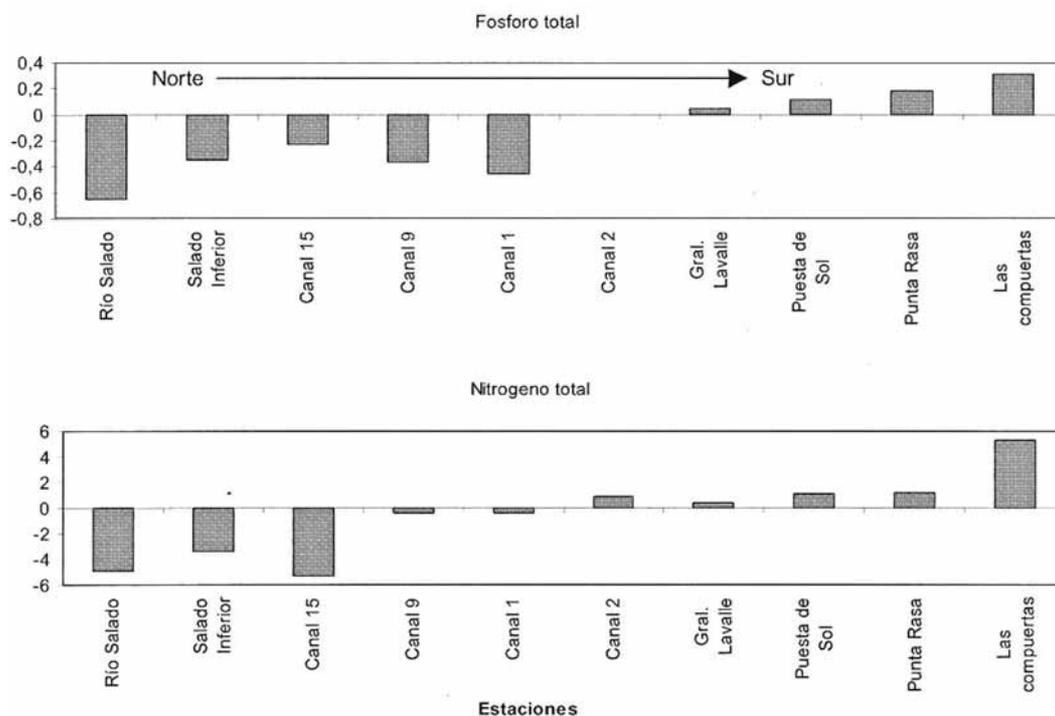
**Tabla 1.** Promedio de los parámetros físico químicos y nutrientes registrados en el periodo de aguas bajas y altas.  $N_t$ : nitrógeno total, NL: nutriente limitante, N/P: relación molar nitrógeno/fósforo,  $P_t$ : fósforo total, H: estado hipertrófico,  $X \pm SD$ : valor medio  $\pm$  desviación estándar. *Average of physicochemical parameters and nutrients registered during the low and high water periods.  $N_t$ : total nitrogen, NL: limiting nutrient, N/P: nitrogen/phosphorus molar relation,  $P_t$ : total phosphorus, H: hypertrophic state,  $X \pm SD$ : mean value  $\pm$  standard deviation.*

AGUAS BAJAS									
Estación de Muestreo	pH	T (° C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Conductividad (mS/cm)	$N_t$ (mg/l)	$P_t$ (mg/l)	N/P	Estado Trófico	NL
Río Salado	6.94 $\pm$ 0.12	4.1 $\pm$ 0.2	4.3 $\pm$ 0.2	26.70 $\pm$ 2.1	7.60 $\pm$ 0.42	0.88 $\pm$ 0.03	19.03	H	P
Salado Inferior	6.89 $\pm$ 0.10	6.9 $\pm$ 0.3	3.8 $\pm$ 0.3	30.70 $\pm$ 3.2	5.06 $\pm$ 0.23	0.73 $\pm$ 0.06	15.30	H	N o P
Canal 15	6.63 $\pm$ 0.11	7.3 $\pm$ 0.2	3.8 $\pm$ 0.1	6.66 $\pm$ 0.56	6.70 $\pm$ 0.50	0.49 $\pm$ 0.05	30.20	H	P
Canal 9	7.93 $\pm$ 0.09	6.6 $\pm$ 0.2	4.3 $\pm$ 0.2	1.32 $\pm$ 0.05	3.58 $\pm$ 0.22	0.50 $\pm$ 0.06	15.85	H	N o P
Canal 1	6.82 $\pm$ 0.10	5.0 $\pm$ 0.2	4.4 $\pm$ 0.2	2.75 $\pm$ 0.42	3.72 $\pm$ 0.10	0.62 $\pm$ 0.10	13.40	H	P
Canal 2	8.11 $\pm$ 0.12	6.1 $\pm$ 0.3	2.1 $\pm$ 0.3	2.89 $\pm$ 0.12	4.62 $\pm$ 0.27	0.32 $\pm$ 0.08	32.42	H	P
Gral. Lavalle	7.30 $\pm$ 0.13	6.3 $\pm$ 0.2	2.1 $\pm$ 0.2	19.70 $\pm$ 3.2	3.58 $\pm$ 0.18	0.38 $\pm$ 0.08	20.65	H	P
Puesta de Sol	7.52 $\pm$ 0.14	6.6 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.3	31.70 $\pm$ 1.3	3.72 $\pm$ 0.17	0.40 $\pm$ 0.06	20.75	H	P
Punta Rasa	7.76 $\pm$ 0.11	4.1 $\pm$ 0.2	3.6 $\pm$ 0.2	40.80 $\pm$ 3.4	3.43 $\pm$ 0.44	0.55 $\pm$ 0.09	13.91	H	N o P
Las compuertas	7.46 $\pm$ 0.09	4.5 $\pm$ 0.2	4.1 $\pm$ 0.2	15.40 $\pm$ 1.2	4.17 $\pm$ 0.35	0.20 $\pm$ 0.08	45.67	H	P
AGUAS ALTAS									
Estación de Muestreo	pH	T (° C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Conductividad (mS/cm)	$N_t$ (mg/l)	$P_t$ (mg/l)	N/P	Estado Trófico	NL
Río Salado	6.66 $\pm$ 0.12	13.4 $\pm$ 1.3	6.30 $\pm$ 0.9	7.49 $\pm$ 1.2	2.73 $\pm$ 0.66	0.23 $\pm$ 0.08	25.93	H	P
Salado Inferior	6.83 $\pm$ 0.13	12.4 $\pm$ 1.2	6.31 $\pm$ 0.7	8.54 $\pm$ 1.3	1.70 $\pm$ 0.10	0.38 $\pm$ 0.08	9.89	H	N
Canal 15	6.96 $\pm$ 0.15	12.5 $\pm$ 1.3	6.21 $\pm$ 0.8	4.98 $\pm$ 1.1	1.42 $\pm$ 0.04	0.26 $\pm$ 0.05	12.16	H	N o P
Canal 9	7.02 $\pm$ 0.21	11.8 $\pm$ 1.1	6.48 $\pm$ 0.9	0.58 $\pm$ 0.09	3.22 $\pm$ 0.16	0.13 $\pm$ 0.06	54.71	H	P
Canal 1	7.28 $\pm$ 0.30	11.5 $\pm$ 1.2	6.51 $\pm$ 0.6	1.01 $\pm$ 0.12	3.30 $\pm$ 0.13	0.16 $\pm$ 0.05	47.03	H	P
Canal 2	7.32 $\pm$ 0.30	11.7 $\pm$ 1.3	6.41 $\pm$ 0.8	0.86 $\pm$ 0.14	5.53 $\pm$ 0.50	0.31 $\pm$ 0.04	39.20	H	P
Gral. Lavalle	7.65 $\pm$ 0.40	15.1 $\pm$ 1.4	8.08 $\pm$ 1.2	12.15 $\pm$ 1.5	3.93 $\pm$ 0.38	0.43 $\pm$ 0.06	20.47	H	P
Puesta de Sol	8.26 $\pm$ 0.50	10.0 $\pm$ 0.9	8.68 $\pm$ 1.1	24.50 $\pm$ 2.3	4.79 $\pm$ 0.37	0.51 $\pm$ 0.05	20.59	H	P
Punta Rasa	8.36 $\pm$ 0.30	15.0 $\pm$ 1.2	9.05 $\pm$ 1.2	23.20 $\pm$ 2.4	4.61 $\pm$ 0.23	0.73 $\pm$ 0.05	14.01	H	N o P
Las compuertas	8.40 $\pm$ 0.20	21.0 $\pm$ 2.3	9.80 $\pm$ 1.2	16.92 $\pm$ 1.7	9.41 $\pm$ 0.16	0.51 $\pm$ 0.06	41.07	H	P

nor (1.43-3.30 mg/l) que para el periodo de aguas bajas (3.58-7.60 mg/l) (Tabla 1). Para las estaciones Canal 2, Gral. Lavalle, Puesta del Sol, Punta Rasa y Las Compuertas se observó un comportamiento inverso (Fig. 2), siendo la concentración de nitrógeno total mayor en el periodo de aguas altas (3.93-9.41 mg/l) y menor en el periodo de aguas bajas (3.43-4.62 mg/l). En todas las estaciones excepto para la estación Canal 2 las concentraciones de fósforo total y nitrógeno to-

tal mostraron un comportamiento similar considerando ambos periodos (Fig. 2).

Los resultados del Análisis de Componentes Principales en el periodo de aguas bajas se muestran en la figura 3. Los dos primeros componentes explican 85.5 % de la variabilidad total. El primer eje (55.9 % de la varianza) esta representado por pH, oxígeno disuelto, la concentración de  $N_t$  y de  $P_t$ , con los siguientes autovalores: 0.519, -0.426, -0.502 y -0.541, respectivamente. El segundo eje



**Figura 2.** Diferencia de la concentración de fósforo y de nitrógeno totales entre los períodos de aguas altas y aguas bajas. (Aguas altas-aguas bajas). *Difference in total phosphorus and nitrogen concentrations between the high and low water periods. (High waters-low waters)*

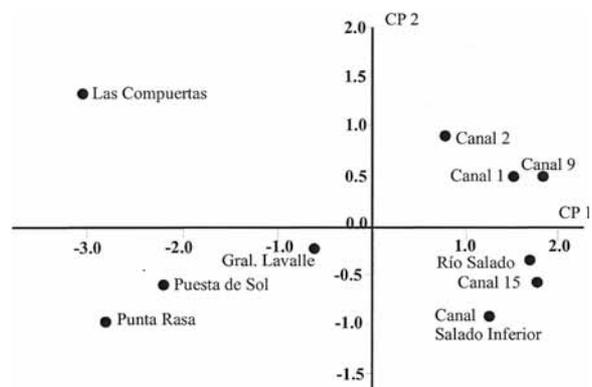
(29.5 % de la varianza) está representado por la conductividad y su autovalor es 0.879.

En la figura 3, se observa que el primer eje divide las estaciones del norte de la Bahía (Río Salado, Salado Inferior, Canal 15 y 1) de las del resto del humedal. El Río Salado y el Salado Inferior presentan los valores más altos de  $P_t$  (0.88 mg/l y 0.73 mg/l) y de  $N_t$  (7.60 mg/l y 5.06 mg/l), mientras que el Canal 15 posee la mitad de la concentración de  $P_t$  (0.49 mg/l) y un valor similar de  $N_t$  al del Río Salado y al Salado Inferior.

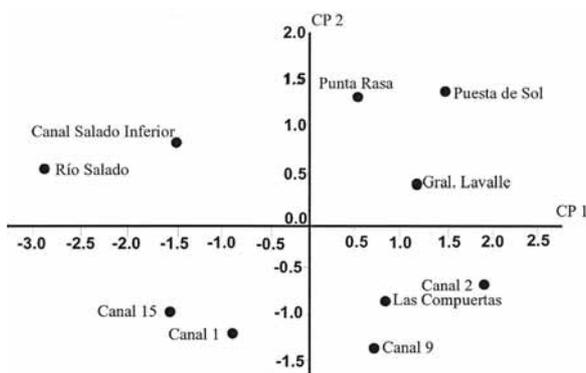
Las estaciones del sur de la Bahía (Canal 2, General Lavalle, Puesta de Sol, y Punta Rasa) presentan generalmente valores de  $P_t$  más bajos (0.20-0.55 mg/l) que las estaciones del norte (0.49-0.88 mg/l).

El Análisis de Componentes Principales en el periodo de aguas altas se muestra en la figura 4. Los dos primeros componentes explican el 95.5 % de la variabilidad total. El primer eje (81 % de la varianza) está representado por pH,

oxígeno disuelto, conductividad y  $P_t$  con los autovalores de -0.480, -0.487, -0.444 y -0.446. El segundo eje (14.5 % de la varianza) está repre-



**Figura 3.** Resultados del análisis de componentes principales (ACP) basado en los valores de los parámetros fisicoquímicos y concentración de nutrientes en el periodo de aguas bajas. *Results of the principal component analysis (PCA) based on the values of the physicochemical parameters and nutrient concentrations during the low water period.*



**Figura 4.** Resultados del análisis de componentes principales (ACP) basado en los valores de los parámetros fisicoquímicos y concentración de nutrientes en el periodo de aguas altas. *Results of the principal component analysis (PCA) based on the values of the physicochemical parameters and nutrient concentrations during the high water period.*

sentado por  $N_t$ , cuyo autovalor es 0.769. Considerando los resultados del ACP se puede evidenciar nuevamente una tendencia norte-sur, teniendo en cuenta a los nutrientes y a los parámetros fisicoquímicos (Figs. 3 y 4).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian una marcada diferencia geográfica entre las estaciones del norte y sur de la bahía respecto a los nutrientes y los parámetros fisicoquímicos de los sistemas lóticos estudiados.

Si consideramos que los muestreos se realizaron de norte a sur de la bahía, se puede observar que existe una diferencia de comportamiento de los nutrientes dado por la ubicación geográfica. Es evidente que para las estaciones de la zona norte de la Bahía (Río Salado, Salado inferior y Canales 15, 9 y 1) el comportamiento del fósforo total y del nitrógeno total difiere notablemente con las estaciones de la zona sur de la Bahía (Canal 2, Gral. Lavalle, Puesta del Sol, Punta Rasa y Las Compuertas). En la zona norte se presenta un efecto de dilución de nutrientes durante el periodo de aguas altas debido al aumento de caudal de los cursos de agua generado por el aporte de las precipitaciones en las cuencas al-

tas y siendo este efecto mayor al aporte de nutrientes por escorrentía. Las elevadas concentraciones de nutrientes en las estaciones del norte de la Bahía se debe a que estos sistemas lóticos reciben el aporte de nutrientes de la cuenca alta donde se desarrolla una intensa actividad agropecuaria (Fernández Cirelli *et al.*, 2006). La similitud en los cursos de agua de la zona norte se deben en parte a que el Río Salado descarga su caudal al los canales Salado inferior y Canal 15 a través de obras hidráulicas. Los sistemas lóticos del sur de la Bahía también presentan altas concentraciones de nutrientes debido a que drenan el agua de los grandes canales y del faldeo norte del sistema de Tandilla, pasando en algunos casos como el Canal 2, próximos a centros urbanos (Ciudad de Ayacucho y General Lavalle). En la zona sur de la bahía el comportamiento se invierte siendo las concentraciones de nitrógeno y fósforo total mayores en el periodo de aguas altas y menores en periodo de aguas bajas. En este caso podría estar ocurriendo que el aporte de nutrientes por el lavado de los suelos sea mayor que el efecto de dilución generado por las lluvias. A su vez el menor caudal y la cercanía de la franja costera marina estarían influenciando sobre las concentraciones de nutrientes. Resultados similares fueron obtenidos por Marcovecchio (2005) en la Albufera de Mar Chiquita, ecosistema íntimamente asociado a la influencia marina ubicado al sur del área de estudio del presente trabajo. A su vez en dicho trabajo se evidencia la relación de los nutrientes asociada a eventos de intensa lluvia.

Esta diferencia geográfica también se evidencia en el ACP donde se observa una separación de las estaciones del norte con las del sur cuando se tienen en cuenta la concentración de nutrientes y los parámetros físico-químicos. Se observa que en las estaciones del sur el sistema se comporta como léntico, probablemente debido a la influencia de las mareas. En aguas altas, tanto el  $N_t$  como el  $P_t$  presentan mayor concentración por efecto de escorrentía, siendo este efecto mas marcado para el  $N_t$  que para el  $P_t$ , probablemente debido a la mayor movilidad de las especies de nitrógeno.

Las concentraciones de nutrientes halladas en los sistemas lóticos de la Bahía son similares a las determinadas por otros autores en los cuerpos

lénticos de la región (Quirós 1988, Conzonno y Fernández Cirelli, 1997).

En general el estado trófico de los ríos y canales que atraviesan la Bahía es hipertrófico tanto en el periodo de aguas altas como bajas siendo el P el nutriente limitante en la mayoría de las estaciones.

El drenaje superficial constituye muchas veces un importante aporte de P a los cuerpos de agua. Las cantidades de P que entran a formar parte del drenaje superficial dependen de la cantidad de P presente en el suelo, la topografía, la cobertura vegetal, la duración de intensidad del flujo, el uso de la tierra y la contaminación (Wetzel, 2001).

El ecosistema marino de la Bahía se encuentra íntimamente relacionado con los aportes de los sistemas lóticos que atraviesan el humedal. Esta zona marina es una de las áreas prioritarias para la reproducción de especies de peces con importancia comercial como la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y la pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*), debido a la alta productividad de la región (FREPLATA, 2006). El incremento del aporte de nutrientes dentro de este ecosistema podría ocasionar alteraciones sobre la productividad del área y sobre las actividades desarrolladas en la región, como las pesquerías costeras. Además, podría incrementarse la pérdida de la biodiversidad de aves migratorias, ya que las mismas utilizan esta región como lugar de alimentación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a Universidad de Buenos Aires y al CONICET por el apoyo financiero.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WPCF. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17.<sup>a</sup> ed. Edic. Díaz de Santos S. A. 1993, 4-153 y 4-199 pp.
- BRAZEIRO, A., E. ACHA, H. MIANZÁN, M. GÓMEZ & V. FERNÁNDEZ. 2003. Aquatic priority areas for the conservation and management of the ecological integrity of the Río de la Plata and its Maritime Front. Documento de trabajo FREPLATA. <http://www.freplata.org>
- CONZONNO, V. H. y A. FERNÁNDEZ CIRELLI. 1997. Ecosistemas lagunares de la Provincia de Buenos Aires. En: *Agua: uso y manejo sustentable*. UGM. Asociación de Universidades. Grupo de Montevideo (ed.): 115-140. EUDEBA, Buenos Aires.
- DI GIACOMO, A. (Ed.) 2005. Áreas importantes para la Conservación de las Aves en la Argentina. Sitios Prioritarios para la conservación de la biodiversidad. *Temas de Naturaleza y Conservación. Monografía de Aves Argentina*, n° 5, 514 pp.
- FERNÁNDEZ CIRELLI, A., C. DU MORTIER y A. V. VOLPEDO. 2006. Influencia de las Actividades Agropecuarias en los Procesos de eutrofización en la Cuenca Baja del Río Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Eutrophication in South America: causes, consequences and technologies for management and control*. José Galizia Tundisi, Takako Matsumura Tundisi y Corina Sidagis Galli (eds.): 17-34. Instituto Nacional de Ecología de São Carlos.
- FERNÁNDEZ CIRELLI, A. & P. MIRETZKY. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary International*, 114: 113-121.
- FORSBERG, C. & S. RYDING. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste receiving lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 89: 189-207.
- FREPLATA 2005. *Análisis Diagnóstico Transfronterizo*. Documento Técnico FREPLATA. 311 pp.
- FREPLATA 2006. *Estrategia Argentina de Biodiversidad para el Río de la Plata y Frente Marítimo*. 1-94. <http://www.freplata.org>
- GABELLONE, N. A., M. C. CLAPS, L. C. SOLARI & N. C. NESCHUK. 2005. Nutrients, conductivity and plankton in a landscape approach to a Pampean saline lowland river (Salado River, Argentina). *Biogeochemistry*, 75: 455-477.
- IRIONDO, M. 2004. Large wetlands of South America: a model for quaternary humid environments. *Quaternary International*, 114 (1): 3-9.
- MARCOVECCHIO, J., H. FREIJE, S. DE MARCO, A. GAVIO, L. FERRER, S. ANDRADE, O. BELTRAME & R. ASTEASUAIN. 2005. Seasonality of hydrographic variables in a coastal lagoon:

- Mar Chiquita, Argentina. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*, 15(6): 180-191.
- MIRETZKY, P., V. H. CONZONNO & A. FERNÁNDEZ CIRELLI. 2000. Hydrochemistry of Pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentina. *Env. Geol.*, 39:951-956.
- MIRETZKY, P., V. CONZONNO & A. FERNÁNDEZ CIRELLI. 2001. Geochemical mechanism controlling pampasic ponds hydrochemistry. Salado River drainage basin. Argentina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6(4): 29-39.
- QUIRÓS, R. 1988. Relationships between air, temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinean lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23:647-658.
- QUIRÓS, R., J. J. ROSSO, A. RENNELLA, A. SOSNOVSKY y M. BOVERI. 2002. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia*, 27(11): 584-591.
- SALA, J. M. 1975. *Geología de la Provincia de Buenos Aires. Recursos hídricos*. Relatorio VI Cong. Geol. Arg.: 169-251.
- VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, 10:109-122.
- VOLPEDO, A. V., T. YUNES y A. FERNÁNDEZ CIRELLI. 2005. El humedal mixohalino de Bahía Samborombón: conservación y perspectivas. En: *Humedales Fluviales de América del Sur. Hacia un manejo sustentable*. J. Peteán y J. Cappato (comp.): 89-110. Ediciones Proteger-UICN.
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology*. 3<sup>rd</sup> edition. Academic Press. San Diego, Cal., 1006 pp.