

## EFFECTO DE LA MAREA EN LA DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES EN PLANICIES DE MAREA DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA

**L. Del Blanco** <sup>(1,2)</sup>, **R. Asteasuain**<sup>(1)</sup>, **J. Arlenghi**<sup>(1)</sup>, **M. Avena**<sup>(2)</sup> y **J. Marcovecchio**<sup>(1)</sup>

- (1) Laboratorio de Química Marina. Instituto Argentino de Oceanografía - CONICET.  
C.C.804, Florida 4000, Edificio E1 (8000) Bahía Blanca, Argentina  
Tel./Fax: (0291) 4861112. E-mail: delbla@criba.edu.ar
- (2) Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur.

### RESUMEN

El estuario de Bahía Blanca, localizado en la Provincia de Buenos Aires en el S.E. de la República Argentina tiene gran importancia debido a su extensión (1300 km<sup>2</sup> en marea alta y 80 km de longitud). Es un sistema con una dinámica natural muy compleja, incluyendo aspectos geológicos, físicoquímicos y biológicos. La clasificación según su "rango de marea" lo ubica dentro de los estuarios mesomareales (2 - 4 m).

El objetivo de este trabajo es evaluar si la distribución de nutrientes en este ambiente varía en forma significativa en función del régimen de marea al que está sometido.

Se realizaron campañas de muestreo bimestrales durante dos años (2004-2006). Se analizaron tanto los parámetros físicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y turbidez) como los eco-fisiológicos (nutrientes inorgánicos de N -nitrato, nitrito, amonio-, de P -ortofosfato- y de Si -silicato- y materia orgánica particulada) en el agua de columna.

Los parámetros físicoquímicos se midieron *in situ* mediante una sonda multisensor, mientras que para los eco-fisiológicos se recolectaron muestras de agua, que luego fueron analizadas en el laboratorio siguiendo métodos internacionalmente estandarizados. Los nutrientes se determinaron usando un Autoanalizador y aplicando las técnicas colorimétricas correspondientes.

El valor de materia orgánica particulada varió entre nd - 5722 mg/m<sup>3</sup>. Las concentraciones de los nutrientes inorgánicos de N variaron entre 0.11-21.16 µM, 0.62-251.5 µM y 6.74-73.30 µM para nitritos, nitratos y amonio respectivamente. Los fosfatos variaron entre 0.73-5.36 µM y los silicatos entre 62.20- 462.17 µM, alcanzándose un valor excepcional de 1222.61 µM

De los resultados obtenidos no se observa una tendencia definida en el comportamiento de los nutrientes que indique algún efecto importante de la marea.

**Palabras claves:** estuarios, mareas, nutrientes

## INTRODUCCIÓN

Por definición, un estuario es un área donde el agua de mar es significativamente diluída con agua dulce proveniente del drenaje terrestre (Dyer, 1997).

La complejidad de la circulación en un sistema estuarino puede ser descrita por la combinación de al menos tres características principales: fuerza de marea; profundidad y ancho y flujo de agua dulce (Pritchard, 1969).

Los estuarios funcionan como importantes sumideros y transformadores de nutrientes transportados desde el continente hacia el mar.

Los procesos físicos y biológicos en los estuarios están influenciados por las mareas. La energía de las mareas actúa como un mecanismo de mezclado del agua dulce proveniente de ríos o arroyos y del agua salada proveniente del mar, resuspendiendo, transportando sedimentos y redistribuyendo nutrientes y contaminantes. El grado de influencia está gobernado por la morfología del estuario, rango de marea, descarga de agua y sedimentos y vientos predominantes.

Hayes (1975) analizando la morfología de los depósitos de arena asociados con estuarios, reconoció sus diferentes características dependiendo del rango de marea y siguiendo el esquema de clasificación de costas propuesto por Davies (1964), definió tres tipos de estuarios:

- ◆ Micromareal (menor a 2 m)
- ◆ Mesomareal (2-4 m)
- ◆ Macromareal (mayor a 4 m)

Los estuarios mesomareales son probablemente los mas observados y estudiados en el mundo. Las corrientes de marea son dominantes sobre otros agentes climáticos, marinos o fluviales generadores de formas. Las principales formaciones son deltas de marea, marismas y planicies de marea.

Las planicies costeras en las márgenes de los continentes cubren aproximadamente 5,7 millones de km<sup>2</sup> de la superficie de la tierra y de acuerdo al hábitat geográfico de los estuarios en el mundo se incluyen 8 principales, constituyendo el cuarto grupo de planicies costeras las de Brasil y Argentina (Bokuniewicz, 1995).

Las planicies de mareas son un ejemplo de estuarios dominados por marea, y la morfología se caracteriza en una vista plana por una geometría con forma de embudo y una relación ancho-profundidad alta (Perillo, 1995). No existe una definición rigurosa de planicie de marea, sin embargo de acuerdo a Amos (1995) lo mas aceptado es considerarlas como sinónimo de “planicies intermareales”.

Los humedales son sitios de importancia tanto biológica como socioeconómica. En particular los humedales costeros revisten gran importancia debido a que se encuentran generalmente entre los sistemas más productivos de la tierra así como también entre los más vulnerables. Son sistemas exportadores de nutrientes hacia el mar, colaborando en forma significativa con la productividad del sistema acuático marino y con el sustento de la cadena trófica. Por otro lado, y considerando que estos ambientes suelen estar próximos a zonas utilizadas para actividades agropecuarias o industriales, así como a centros urbanos y/o turísticos (incluyendo actividades portuarias), pueden recibir cargas anormales de nutrientes, materia orgánica y contaminantes.

Los nutrientes inorgánicos cumplen un ciclo biogeoquímico que regula sus concentraciones y distribución en los humedales pero las actividades antropogénicas modifican significativamente dichos ciclos. Su estudio e interpretación es de trascendente importancia ecológica, considerando que los procesos biológicos dependen de la calidad ambiental del sistema.

### **Área de estudio**

El estuario de Bahía Blanca está ubicado al sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, entre 38°45' y 39° 40' de latitud sur y entre 61°45' y 62°30' de longitud oeste. Sobre su costa limita el Partido Coronel de Marina Leonardo Rosales (zona media exterior) y los Partidos de Bahía Blanca y Villarino (zona interior).

De acuerdo a la clasificación morfológica de Fairbridge es un estuario de planicie costera por ser un ambiente de relieve bajo con valles bifurcados y una planicie en forma de embudo elongado (Perillo, 1995).

El estuario, con una longitud de unos 80 Km., se extiende sobre una superficie de aproximadamente 2300 Km<sup>2</sup> y está constituido por un sistema complejo de canales de marea con orientación NO-SE y separados entre sí por las planicies con parches de marismas bajas e islas (Perillo et al., 2001). En la actualidad, la cuenca estuarial recibe por el norte y en forma permanente, los aportes de los arroyo Napostá Grande y Sauce Chico, mientras que por el sur toma las escasas contribuciones hídricas de los canales de riego del río Colorado.

La ausencia de importantes aportes terrígenos y la fuerte influencia de las condiciones marítimas hacen del estuario de Bahía Blanca un ambiente en permanente estado de erosión (Perillo y Piccolo, 1999), evidenciado en la dinámica de sus canales de marea y en las extensas planicies e islas degradadas.

La amplitud de marea lo caracteriza como un estuario hipsincrónico, donde la amplitud se incrementa paulatinamente desde la desembocadura a la cabecera (Perillo et al., 2001). El rango de marea media varía entre 2 m (próximo a la desembocadura) y 3,3 m (en el puerto de Ingeniero White) (Piccolo y Perillo, 1990), por lo que se lo clasifica como un estuario mesomareal (Perillo, 1995).

Los vientos que prevalecen sobre toda la región son principalmente del NO y N, con una velocidad media de 24 km/h durante el 40% del año y ráfagas por encima de los 100 km/h (Perillo et al.2001). Estos vientos continentales soplan en forma aproximadamente paralela al eje del canal Principal, afectando así la circulación y mezcla vertical en el Estuario (Piccolo y Perillo, 1990).

Su elevada relación largo/ancho, baja profundidad media y despreciable valor del aporte de agua dulce (4000 m<sup>3</sup>/día) frente al volumen incorporado en cada ciclo de marea, sumado a una marcada influencia de marea asegura el mezclado vertical del agua de columna (Villa & Pucci, 1987). Su comportamiento hidrológico sigue una variación de tipo estacional, funcionando como un estuario “negativo” en invierno, e hipersalino y verticalmente homogéneo en veranos con escasas precipitaciones (Freije et. al. 1981)

Según la Convención Ramsar el estuario de Bahía Blanca como humedal marino/costero es uno de los 37 humedales mas importantes (Canevari et al.,1998).

## MATERIALES Y METODOS

Se llevaron a cabo un total de 12 campañas con una frecuencia bimestral, entre Agosto del año 2004 y Agosto del 2006.

El sitio de muestreo elegido fue Puerto Cuatrerros, el humedal mas interno del Estuario de Bahía Blanca, por estar relativamente alejado del sector industrializado y portuario de gran calado. Está influenciado por brazos de agua procedentes del Río Sauce Chico y el Arroyo Saladillo de García que atraviesan grandes extensiones de campos agrícola-ganaderos.



**Figura. 1.** Mapa del estuario de Bahía Blanca indicando la ubicación de Puerto Cuatrerros. (amarillo: islas, verde: marismas, celeste: planicies de marea) (Walter Melo)

Se determinaron in situ la temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y turbidez mediante una sonda multisensor (Horiba U-10).

Las muestras de agua fueron recolectadas durante un ciclo de marea (de bajamar a pleamar) con intervalos de una hora, en recipientes plásticos previamente acondicionados y trasladadas en heladera hasta el laboratorio. Una vez allí, 250 mL de muestra fueron filtradas con filtros GF/C de 1.2  $\mu\text{m}$  y conservadas en freezer (a  $-20^{\circ}\text{C}$ ) en botellas plásticas hasta su análisis. Los filtros fueron conservados en sobres de papel aluminio, para evitar el contacto con la luz, en heladera hasta realizar la determinación de la concentración de Clorofila "a" y Materia Orgánica Particulada.

Para la determinación de  $\text{NH}_4^+$ , las muestras fueron colectadas en tubos de vidrio de 10 mL con una gota de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3.6N como preservativo y conservadas en heladera hasta su análisis.

Todo el material utilizado para la determinación de nutrientes fue lavado con detergente no iónico y enjuagado con agua de red. Luego se dejó durante 24hs. con HCl 50%, se enjuagó dos veces con agua de red y los tres últimos enjuagues se realizaron con agua destilada.

Los nutrientes se determinaron en un AutoAnalyzer II según Treguer y Le Corre (1975) para amonio y nitratos, Eberlein y Kattner (1987) para fosfatos, Grasshoff (1983) para nitritos y Technicon (1973) para silicatos.

La determinación de Clorofila "a" y feopigmentos se realizó según APHA-AWWA-WEF,1998.

El análisis de la materia orgánica particulada (MOP) se realizó según el método descrito por Strickland (1968).

## RESULTADOS

### Parámetros fisicoquímicos

En las Figuras 2 a 6 se observan los resultados obtenidos en la determinación de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) en el agua de mar y las precipitaciones mensuales en Bahía Blanca.

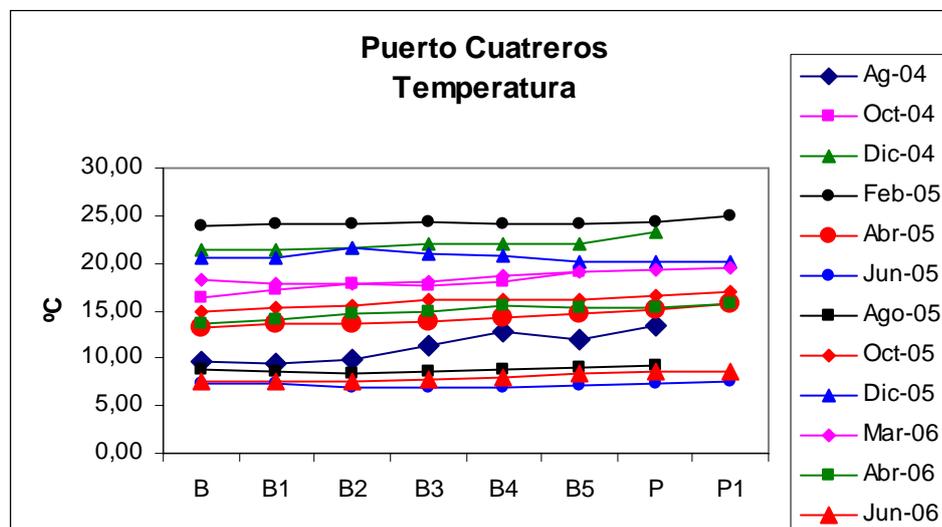


Figura 2: Variación de la temperatura en función del ciclo de marea

La temperatura del agua superficial en la zona interna del estuario sigue una variación de tipo estacional. Se observa un aumento de la misma en pleamar debido a las mayores temperaturas del ambiente.

En esta región las profundidades son menores y el agua está mas influenciada por las condiciones ambientales lo cual produce muy poco intercambio horizontal que se evidencia en una estrecha correspondencia entre la temperatura del agua y la del ambiente y se lo considera en este sentido como un cuerpo de agua continental somero (Freije y Marcovecchio, 2004).

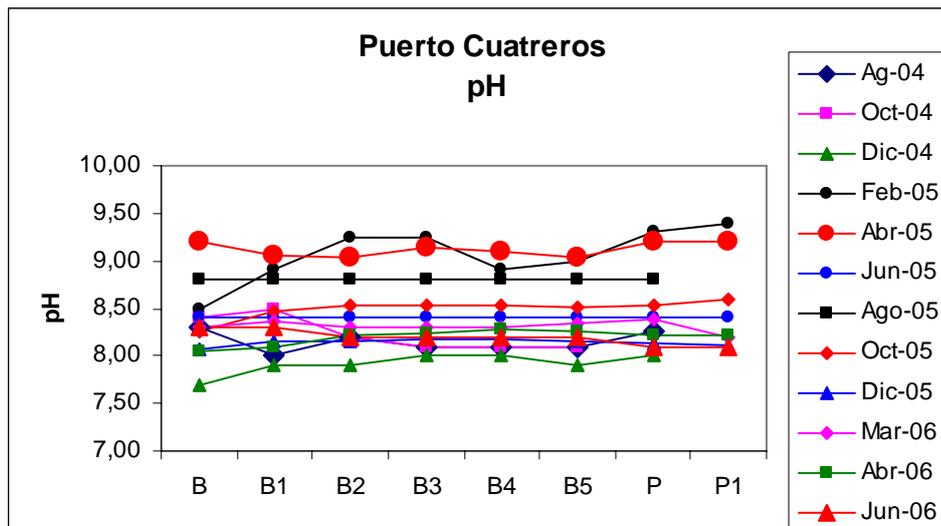


Figura 3: Variación del pH en función del ciclo de marea

El valor promedio de pH es 8.4 con un patrón de distribución anual homogéneo, sin observarse diferencias significativas entre bajamar y pleamar.

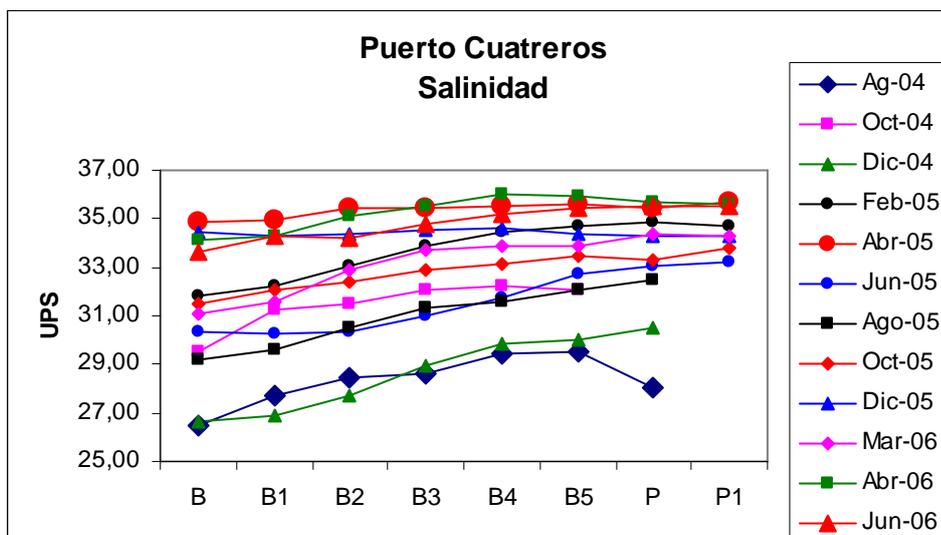


Figura 4: Variación de la salinidad en función del ciclo de marea

Los valores de salinidad fueron mas altos en pleamar, lo que concuerda con la menor dilución con agua dulce.

La variación de la salinidad en la zona interior es consecuencia de la magnitud de las lluvias en la región y la circulación restringida sumado al proceso de evaporación, al lavado del Salitral de la Vidriera en el fondo del estuario y a la descarga del río Sauce Chico. Así se define la región interna del estuario como parcialmente mezclado con una fuerte tendencia a ser “verticalmente homogéneo” (Freije y Marcovecchio, 2004).

Como la variación estacional es muy amplia, en determinadas condiciones (veranos cálidos y secos) se comporta como hipersalino (42 u.p.s) (Freije y Marcovecchio 2004) y en otras oportunidades las precipitaciones pueden producir diluciones tan marcadas como para llevar la salinidad a 16 u.p.s (Freije, com. Pers.)

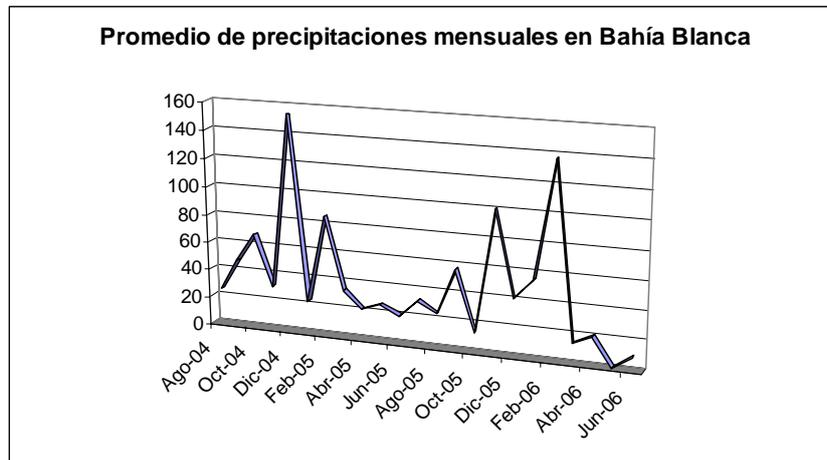


Fig.5. Precipitaciones mensuales

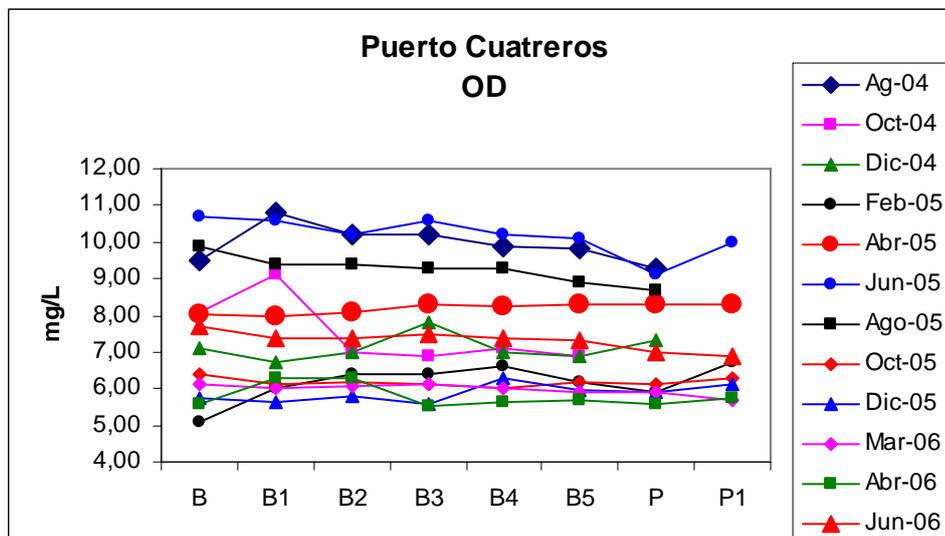


Figura 6: Variación del Oxígeno disuelto en función del ciclo de marea

El valor promedio de oxígeno disuelto fue 7,4 , no observándose diferencias significativas entre bajamar y pleamar.

Las concentraciones de oxígeno disuelto son cercanas a los valores de saturación como consecuencia de la elevada dinámica del sistema con sobresaturaciones durante los florecimientos fitoplanctónicos típicos del estuario (Freije y Marcovecchio, 2004).

## Parámetros eco-fisiológicos

En las siguientes Figuras se observan los resultados de las determinaciones de nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato), materia orgánica (MOP), clorofila "a" y feopigmentos.

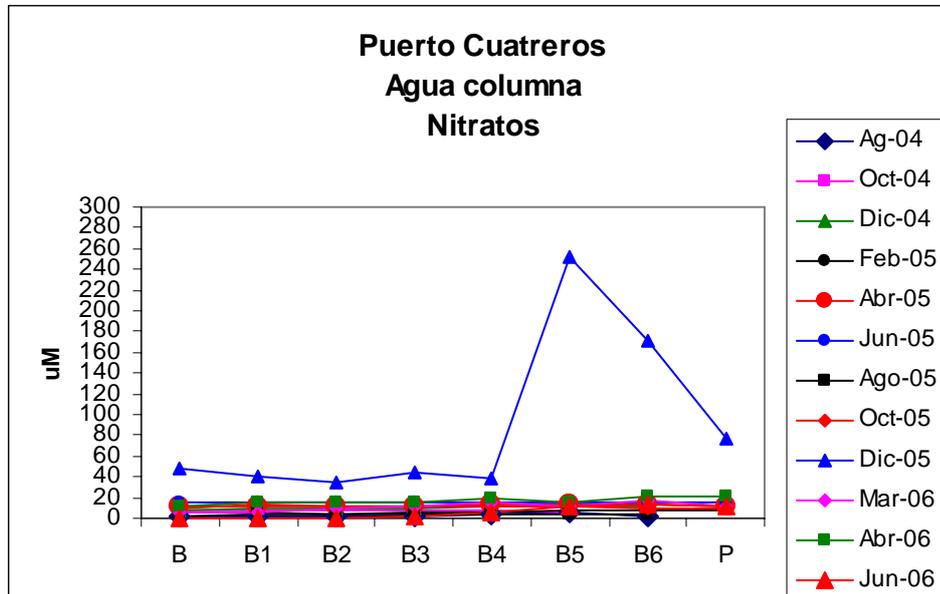


Figura 7: Variación de nitrato ( $\mu\text{M}$ ) en función del ciclo de marea

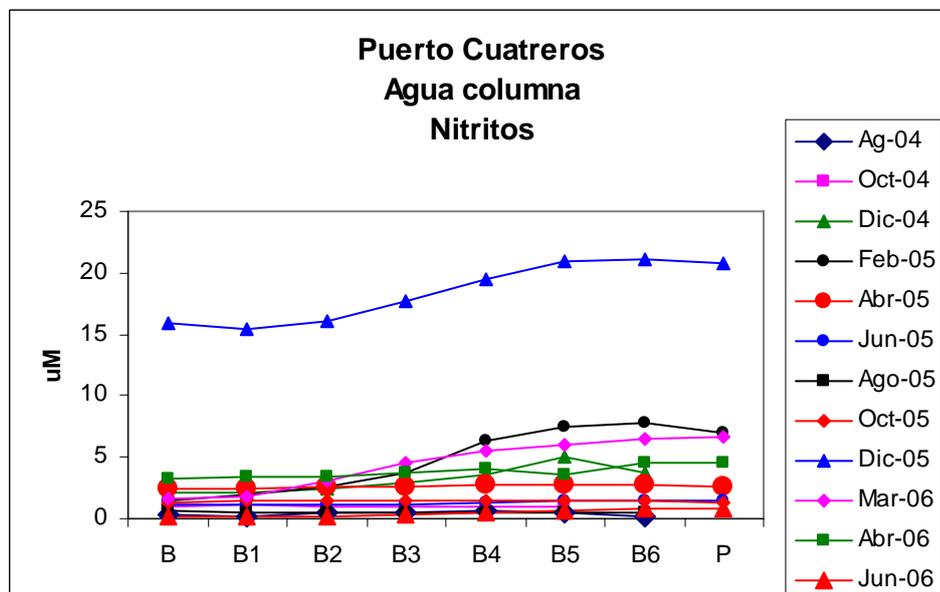


Figura 8: Variación de nitrito ( $\mu\text{M}$ ) en función del ciclo de marea

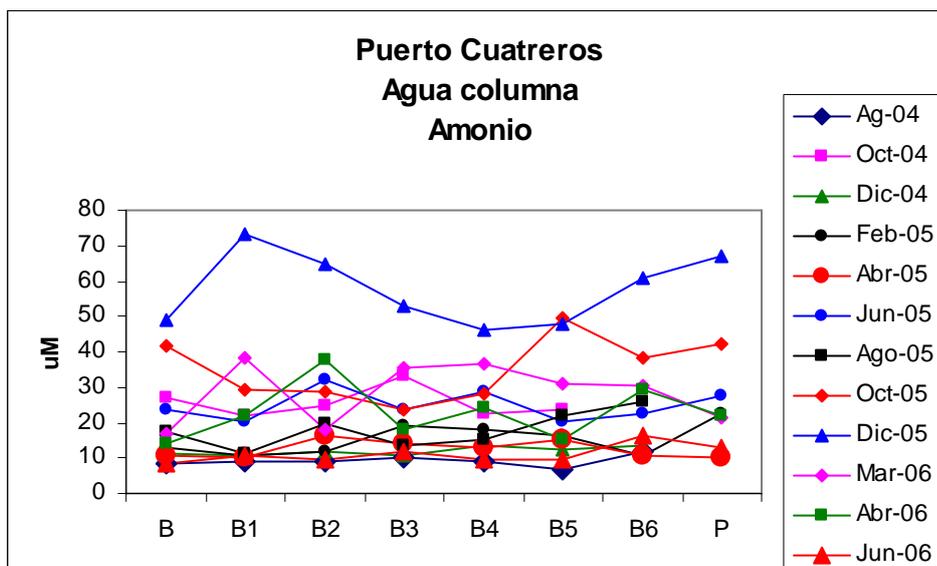


Figura 9: Variación de amonio ( $\mu\text{M}$ ) en función del ciclo de marea

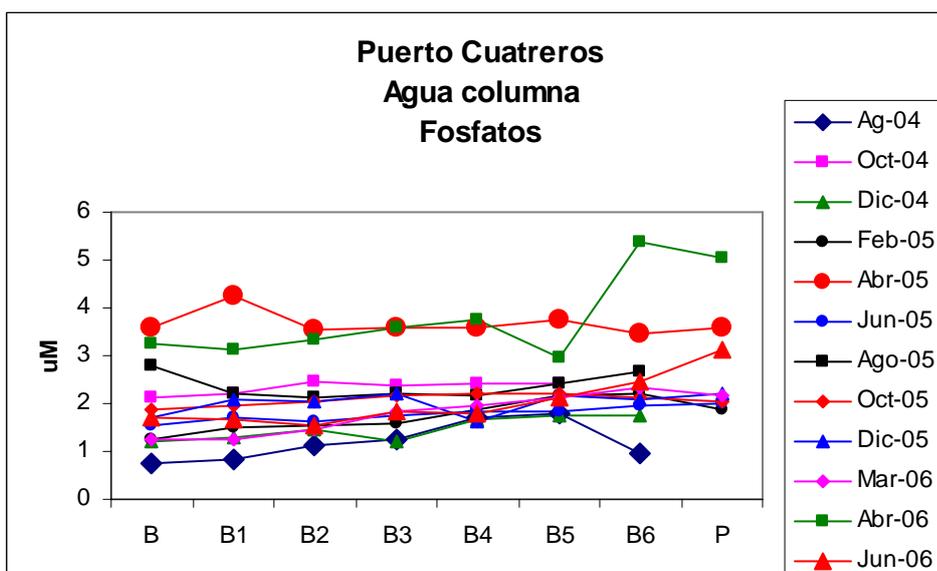


Figura 10: Variación de fosfato ( $\mu\text{M}$ ) en función del ciclo de marea

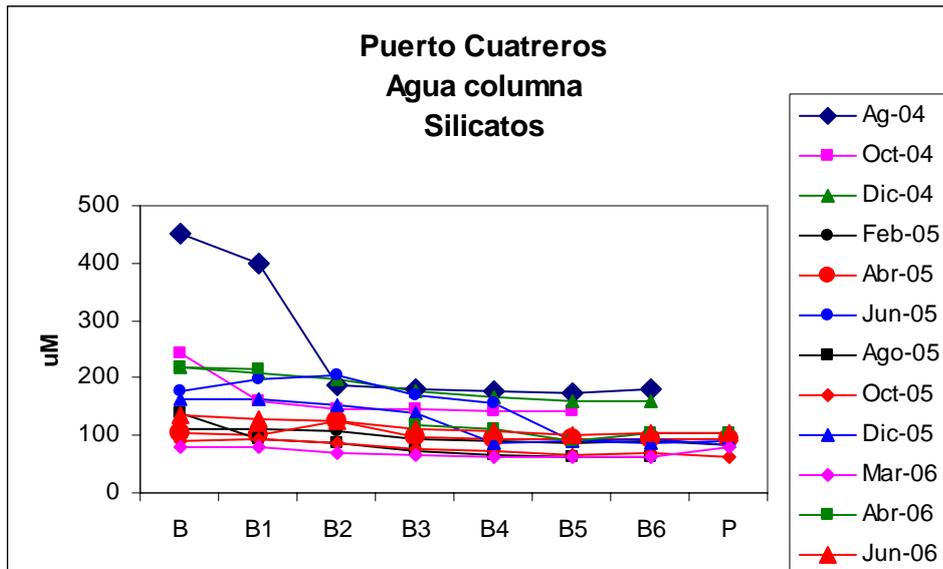


Figura 11: Variación de silicato ( $\mu\text{M}$ ) en función del ciclo de marea

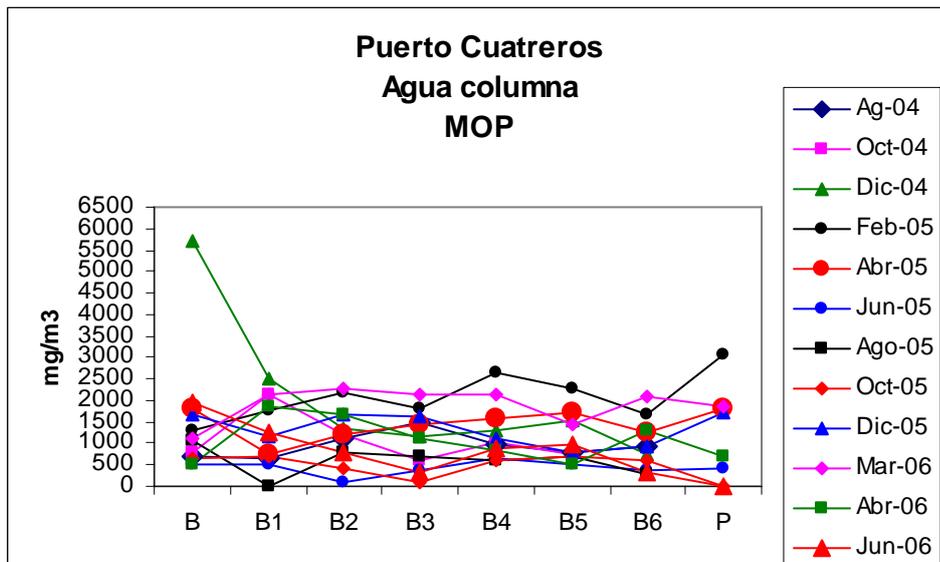


Figura 12: Variación de MOP ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en función del ciclo de marea

Los valores de nitrato, nitrito, amonio y fosfatos fueron generalmente mas altos en pleamar, a diferencia de los valores de silicatos que fueron mayores en bajamar lo cual concuerda con la observación de valores mayores de materia orgánica particulada.

Por el contenido de nutrientes el estuario de Bahía Blanca se lo incluye entre los ecosistemas costeros mas eutróficos (concentraciones extremadamente elevadas excepto durante el período de florecimiento) y a su vez los valores son mayores en la zona interna lo cual obedece a las marcadas fluctuaciones en la salinidad, al aporte por los cuerpos de agua dulce, las intensas lluvias en el área de drenaje con promedio anuales entre 500 y 600 mm (Freije et al, 1980), y la incorporación proveniente de la cloaca de la ciudad de Bahía Blanca (Tombesi et al., 2000).

Pueden distinguirse 4 etapas en la distribución anual de los nutrientes, cada una con un comportamiento típico y que se repite anualmente con algunas variaciones siguiendo de manera muy aproximada las estaciones del año (Freije y Marcovecchio, 2004). A modo de ejemplo seguido al inicio de la floración fitoplanctónica en el mismo sector se produce una caída brusca de todos los nutrientes y en particular de nitrato, fosfato y silicato (Gayoso, 1998).

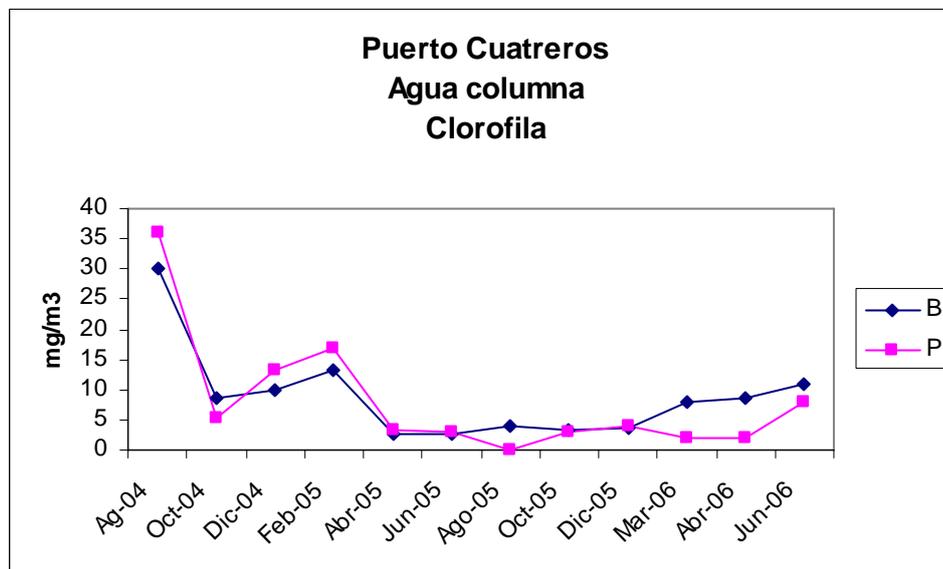


Figura 13 : Variación de Clorofila "a" (mg/m<sup>3</sup>) en función del ciclo de marea

Las concentraciones de clorofila "a" en la zona interna del estuario muestran fuertes variaciones estacionales y se relacionan con el estado de la población fitoplanctónica, con valores máximos durante el invierno y principios de la primavera (Gayoso, 1998). Dichos valores que han variado entre nd y 36 µg/m<sup>3</sup> reflejan la alta actividad fotosintética en la zona eutrófica poco profunda sometida a fuertes procesos de mezcla (Freije y Gayoso, 1988).

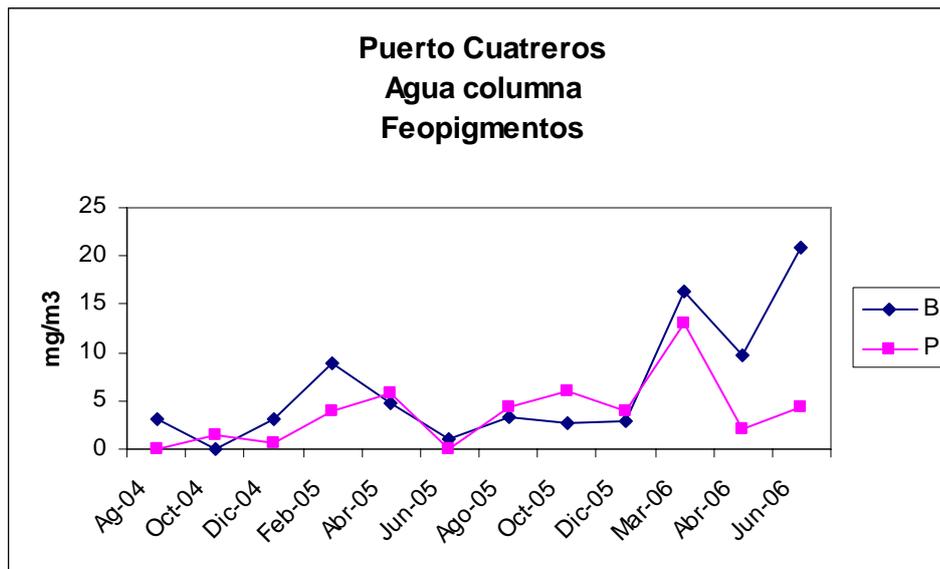


Figura 14: Variación de feopigmentos ( $\text{mg/m}^3$ ) en función del ciclo de marea

### **Tratamiento estadístico de los resultados**

Al analizar el comportamiento de un ecosistema en el tiempo y en el espacio es necesario interpretar la evolución de numerosas variables, así como las relaciones existentes entre las mismas. A los efectos de simplificar el estudio es conveniente valerse de algún medio que permita reducir el número de parámetros a considerar, conservando a su vez la mayor cantidad posible de información.

Se empleó un Análisis de componentes principales (ACP) para clasificar las estaciones de muestreo de acuerdo a las variables determinadas.

En este estudio se caracterizaron las muestras recolectadas en bajamar (B) y pleamar (P) de las distintas campañas sobre la base de las características fisicoquímicas y biológicas del agua de columna con el objeto de comparar y evaluar si la marea tiene algún efecto sobre la distribución de nutrientes en la planicie costera de Puerto Cuatrerros.

Las variables medidas fueron pH, oxígeno disuelto, turbidez, salinidad, % Sat.O, materia orgánica particulada (MO), nitrito, nitrato, amonio, fosfato, silicato, clorofila y feopigmentos.

Considerando que las variables fueron medidas en distintas unidades, se trabajó con una matriz de correlación para estandarizar las varianzas.

	<b>Campaña</b>
B1 P1	Agosto 2004
B2 P2	Octubre 2004
B3 P3	Diciembre 2004
B4 P4	Febrero 2005
B5 P5	Abril 2005
B6 P6	Junio 2005
B7 P7	Agosto 2005
B8 P8	Octubre 2005
B9 P9	Diciembre 2005
B10 P10	Marzo 2006
B11 P11	Abril 2006
B12 P12	Junio 2006

### **Resultados del análisis de componentes principales**

#### **% de Varianza Total Asociada con cada Componente**

0,31 0,50 0,678 0,76 0,83 0,89 0,94 0,96 0,98 0,99 0,99 0,99 0,99 1,00

#### **Correlación entre Variables y los 1ros 4 Componentes**

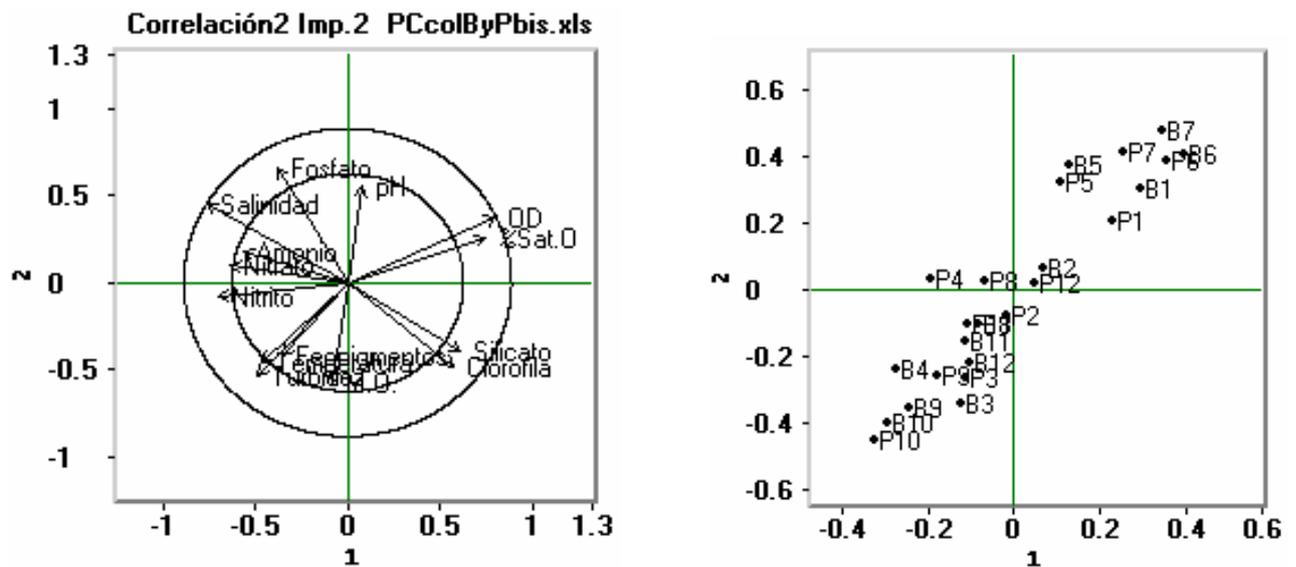
Temperatura	- 0,46553	- 0,46546	- 0,24349	0,63555
pH	0,08332	0,55994	0,31683	0,43917
OD	0,79582	0,37794	- 0,12513	- 0,26930
Turbidez	- 0,49181	- 0,53924	0,47371	- 0,28777
Salinidad	- 0,76039	0,45490	0,28652	0,05579
%Sat.O,	0,74199	0,26033	- 0,31805	0,10369
M.O.	- 0,07585	- 0,58192	- 0,12576	0,33079
Nitrito	- 0,69947	- 0,08599	- 0,59349	0,02307
Nitrato	- 0,64212	0,09692	- 0,67414	- 0,16759
Amonio	- 0,56221	0,17795	- 0,63120	- 0,33169
Fosfato	- 0,37371	0,65904	0,23688	0,19773
Silicato	0,60734	- 0,38951	- 0,29133	- 0,11354
Clorofila	0,57647	- 0,48811	- 0,09314	0,15780
Feopigmentos	- 0,34766	- 0,41893	0,70932	- 0,27779

#### **Porcentaje de Reconstrucción de cada Variable utilizando los 1ros 4 Componentes**

89,65 61,37 86,43 83,98 87,03 73,02 46,96 84,94 90,42 85,61 66,92 61,83 60,41 87,66

Se tuvieron en cuenta los cuatro primeros componentes principales porque en ellos aparecen representadas todas las variables, excepto la materia orgánica particulada (MO) que tuvo un 46,96% de reconstrucción., por lo que de esta variable no se pudieron sacar conclusiones.

Entre el primer y el segundo CP se explicó en 50% de la varianza total, entre el primer y el tercer CP un 49% y entre el primer y el cuarto CP un 39,7%. Entre los cuatro CP se explicó un 76% de la varianza total.

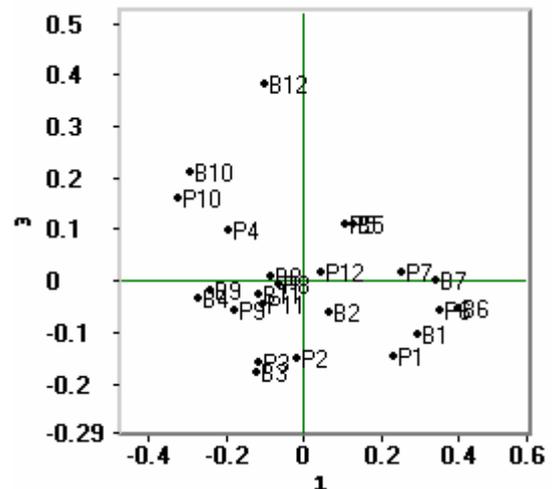
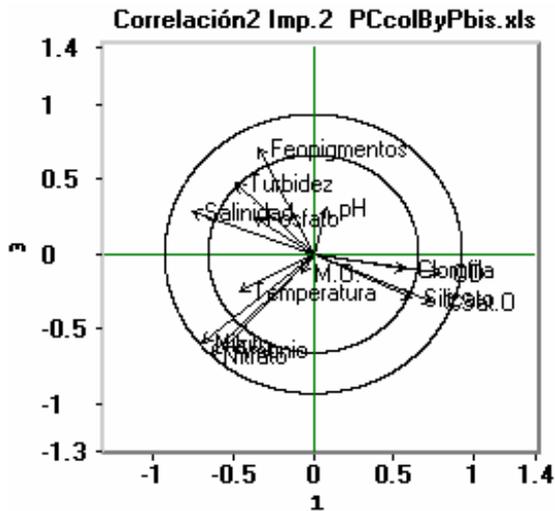


En el plano del primer y segundo CP, la temperatura, el pH, amonio, fosfato, feopigmentos y materia orgánica particulada no se encuentran bien explicados.

La primer componente está definida por las variables que tienen correlaciones más fuertes como el OD, % Sat. O, silicatos y clorofila. Pesaron negativamente la salinidad, nitratos y nitritos.

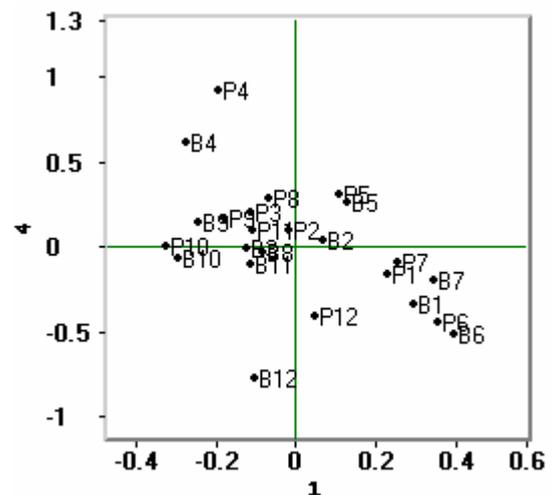
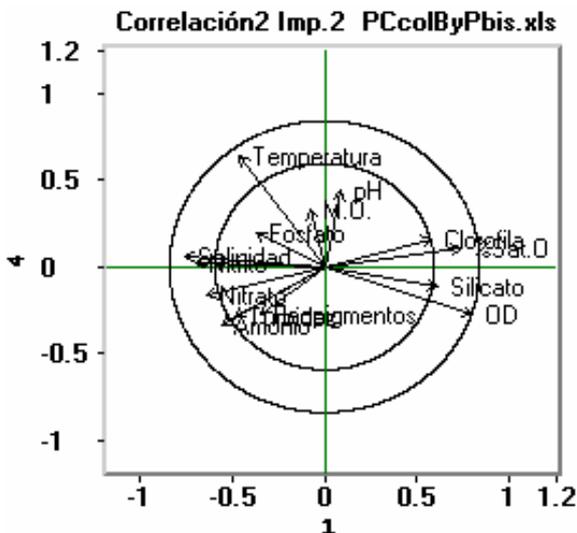
Sobre el segundo CP pesaron positivamente el fosfato y negativamente la turbidez.

A partir del gráfico de correlación entre las variables con el 1 y 2 CP y del gráfico de los sitios de muestreo en el plano definido por estos dos CP se pudo inferir que no se encontraron variaciones entre bajamar y pleamar correspondientes a cada campaña, excepto para la campaña de Febrero 2005 y Junio 2006. Se puede observar un agrupamiento de las muestras según la estación del año.



Sobre el tercer CP pesaron positivamente los feopigmentos y negativamente los nitritos, nitratos y amonio.

Del gráfico de correlación entre las variables con el 1 y 3 CP y el gráfico de los sitios de muestreo en el plano definido por estos dos CP se puede inferir que B12 puede ser un outlier y que al igual que en el plano definido por el primer y segundo CP no se encuentran variaciones entre bajamar y pleamar para cada campaña.



Sobre el cuarto CP pesó positivamente la temperatura, parámetro que no había sido bien representado en los otros componentes.

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la distribución de nutrientes, el sistema hidrográfico de Bahía Blanca podría ser caracterizado como un sistema costero, que provee un excelente soporte para el desarrollo biológico, no sólo por sus aguas verticalmente homogéneas (relacionado con los procesos de mezclado producidos por los vientos y mareas), sino también por la disponibilidad de nutrientes a lo largo de todo el año.

La distribución de nitrato, nitrito y fosfato ponen en evidencia un ciclo propio de nutrientes para este estuario.

De los resultados obtenidos no se observa una tendencia definida en el comportamiento de los nutrientes que indique algún efecto importante de la marea, lo cual se corroboró con el análisis estadístico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amos, C.L.** (1995). Siliciclastic Tidal Flats. En: *Geomorphology and sedimentology of estuaries. Developments in sedimentology 53*. G.M.E. Perillo (ed.), Elsevier Science. Chapter 10. pp. 49-67
- APHA-AWWA-WEF** (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 th. Edition. Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greember & Andrew D. Eaton (eds.) Washington DC, 1200 pp.
- Bokuniewicz, H.** (1995). Sedimentary systems of coastal plain estuaries. En: *Geomorphology and sedimentology of estuaries. Developments in sedimentology 53*, G.M.E. Perillo (ed.), Elsevier Science, Chapter 3, pp. 49-67.
- Canevari, P., D.E. Blanco, E.H. Bucher, G. Castro & I. Davison** (eds.) (1998). *Los humedales de la Argentina: clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Wetlands International Publication 46, Buenos Aires, Argentina, 208 pp.
- Davies, J.H.L.** (1964) A morphogenic approach to world shorelines. *Z. Geomorph.*,8:127-142
- Dyer, R.D.** (1997) *Estuaries: A physical introduction*. Second ed. John Wiley and sons, 195 pp.
- Eberlein, K. and G. Kattner** (1987) *Fresenius Z. Analytical Chemistry*, 326: 354-357
- Freije, R.H., J.R. Zavatti, A.M. Gayoso & R.O. Asteasuain.** (1980). Producción primaria, pigmentos y fitoplancton del estuario de Bahía Blanca. 1) Zona interior-Puerto Cuatros. *Contrib.cient. I.A.D.O. N° 46*,13 pp.
- Freije, R.H., R.O. Asteasuain, A.S. De Schmidt & J.R. Zavatti.** (1981).Relación de la salinidad y temperatura del agua con las condiciones hidrometeorológicas en la porción interna del estuario de Bahía Blanca. *Contrib. Cient. I.A.D.O. N°57*, 20 pp.
- Freije, R.H. & A.M. Gayoso.** (1988). Producción primaria en el estuario de Bahía Blanca. *Inf. UNESCO Cienc. Mar.*, 47:112-114.
- Freije, R.H. & J. Marcovechio,** (2004). Oceanografía química, pp. 69-78. En: *Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca*. M.C. Piccolo & M. Hoffmeyer (eds.), ISBN 987-9281-96-9, Bahía Blanca, Argentina, 233 pp.
- Gayoso, A.M.** (1998). Long-term phytoplankton studies in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of marine science*, 55: 660-665.
- Grasshoff,K.; Erhardt, M. and Kremling, K** (1983) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, New York 317 pp.
- Hayes, M.O.,** (1975) Morphology of sand accumulations in estuaries. In: L.E. Cronin (editor), *Estuarine Research*, Vol.2. Academic Press, New York, pp.3-22
- Perillo, G.M.E.** (1995) Definitions and geomorphologic classifications of estuaries, Chapter 2. En: *Geomorphology and sedimentology of estuaries. Developments in sedimentology 53*, G.M.E. Perillo (ed.), Elsevier Science, pp 17-47.
- Perillo, G.M. E. y Piccolo, M.C.** (1999) Geomorphology and physical characteristic of the Bahía Blanca estuary. Argentina. En: Perillo, G.M.E., Piccolo, M.C. y Pino Quivira, M. (Eds.) *Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics*. Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin 195-216.
- Perillo, G.M.E., C. Piccolo, E. Parodi & R.H. Freije.** (2001). The Bahía Blanca estuary Argentina, Chapter 14. En: *Ecological studies*, Vol. 144. U. Seeliger and B. Kjerfve (eds.). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 205-217.
- Piccolo, M.C. & M.E.G. Perillo.** (1990). Physical characteristics of the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 31:303-317.
- Pritchard, D.W.** (1969) Dispersion and flushing of pollutants in estuaries. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers* 95, 115-124.
- Strickland, J. D. H & Parsons, T. R.** (1968). "A practical handbook of seawater analysis". *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167:1-311.
- Technicon Corp** (1973) Silicates in fresh and seawater. *Industrial Method N° 186-72 W/B*

- Tombesi, N.B. M.F. Pistonesi & R.H. Freije.** (2000). Physico-chemical characterization and quality improvement evaluation of primary treated municipal waste water in the City of Bahía Blanca (argentina). *Ecol.Env. & Cons.*6 : 147-151.
- Treguer J.P. and Le Corre G.** (1975) Manuel d' analisis des sels nutritifs dans l' eau de mer. Université de Bretagne Occidentale, France, 110 pp.
- Villa, N. & A.E. Pucci,** (1987) *Est. Coat. Shelf sci.*,25: 67-80