



INTERRELACION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y LOS MACRONUTRIENTES EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ESTUARIO DE BAHIA BLANCA

INTERRELATION OF ENVIRONMENTAL VARIABLES AND MACRONUTRIENTS IN THE MAIN CHANNEL OF THE BAHIA BLANCA ESTUARY

Carbone, M.E.^{1,2}; Spetter C.V.^{1,3}; Buzzi N.^{1,4}; Marcovecchio J.E.^{1,5,6}

¹Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET/UNS), Bahía Blanca, Argentina, ²Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, ³Departamento de Química, UNS, Bahía Blanca, Argentina, ⁴Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, UNS, Bahía Blanca, Argentina. ⁵Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca, Bahía Blanca, Argentina, ⁶Universidad FASTA, Mar del Plata, Argentina

ecarbone@criba.edu.ar

Resumen

Se evaluó la interrelación entre las variables ambientales y los macronutrientes de la zona interna e intermedia del Canal Principal del estuario de Bahía Blanca. Se realizaron muestreos continuos a bordo de la embarcación del Instituto Argentino de Oceanografía durante el período octubre 2006- diciembre 2008 – Septiembre 2011. En cinco estaciones de la zona interna y seis del sector intermedio se midieron in situ los parámetros físico-químicos y se colectaron muestras para la determinación de NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Silicatos, Clorofila a y feopigmentos en el agua superficial. Los resultados obtenidos mostraron correlaciones positivas entre NH_4^+ y los otros macronutrientes; entre el NH_4^+ y la Materia Orgánica Particulada; y entre NO_3^- , PO_4^{3-} , DSi y la temperatura, principalmente. Mediante el ACP se pudo determinar una separación según las fechas de los muestreos, lo cual demuestra la variación estacional de los parámetros.

Palabras clave: nutrientes inorgánicos disueltos, parámetros ambientales, estuario, análisis multivariante.

Introducción

El estuario de Bahía Blanca (EBB) exhibe una dinámica compleja asociada a las características físicas, químicas y geomorfológicas de un ambiente costero marino templado. Es un sistema mesomareal caracterizado por una red de canales de diversas dimensiones y orientados en dirección NO-SE. Estos canales tienen cauces sinusoidales separados por islas y extensas llanuras de marea compuestas, en general, por sedimentos limoarcillosos (Perillo y Piccolo, 1999).

Los usos del suelo del área de estudio están asociados principalmente con las actividades humanas que se desarrollan en el veril norte del Canal Principal. Estas actividades derivan principalmente del área industrial y la zona agropecuaria circundante a las localidades de General Cerri, Bahía Blanca, Ing. White y Punta Alta que en su totalidad superan los 350.000 habitantes, (Spetter et al. 2015, Carbone et al. 2016) En el presente trabajo se evaluó la interrelación entre las variables ambientales y los macronutrientes para determinar la influencia de dichas variables en un ecosistema marino-costero, considerando en este caso como área de estudio la zona interna e intermedia del Canal Principal del EBB.

Materiales y Métodos:

A lo largo de siete estaciones de la zona interna e intermedia del EBB (Figura 1) se midieron los parámetros físicos y químicos en el agua superficial (prof ~ 0,50 m), durante el período octubre 2006 – diciembre 2008. Se realizaron muestreos mensuales a bordo de la embarcación institucional Instituto Argentino de Oceanografía en el Canal Principal del EBB. Estas estaciones fueron determinadas a partir del análisis previo de la dinámica del ambiente estuarial.

Mediante una sonda multisensor HORIBA U-10 se midió *in situ* en el agua de mar superficial: temperatura, pH, turbidez, conductividad/salinidad y oxígeno disuelto (OD). Se determinó la concentración de NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} y DSi (silicatos disueltos) siguiendo los métodos de descriptos por Treguer y Le Corre (1975a), Grasshoff et al. (1983), Richards y Kletsch, (1964), modificado por Treguer y Le Corre (1975b) Eberlein y Kattner (1987) y Technicon (1973), respectivamente. Para ello se utilizó un Analizador Automático Technicon II. El límite de cuantificación de los métodos fue de $0,10 \mu\text{M}$ para NO_3^- , $0,02 \mu\text{M}$ para NO_2^- , $0,01 \mu\text{M}$ para NH_4^+ , $0,01 \mu\text{M}$ para PO_4^{3-} y $1,00 \mu\text{M}$ para DSi. La concentración de materia orgánica (MOP) se midió según Strickland y Parsons (1968) (Rango: $10\text{-}4000 \text{ mg C m}^{-3}$) usando un espectrofotómetro UV –VIS Beckman DU- II.

Se realizaron análisis estadísticos multivariantes utilizando el paquete de software PRIMER-E (Clarke y Warwick, 1994). El análisis de componentes principales (ACP) utilizando la matriz de correlación de Pearson se realizó en el conjunto de datos ambientales y fisico-químicos para (1) visualizar la agrupación de variables y (2) identificar las principales fuentes de variación. Los primeros dos componentes fueron considerados porque explicaron una parte significativa de la variación total.

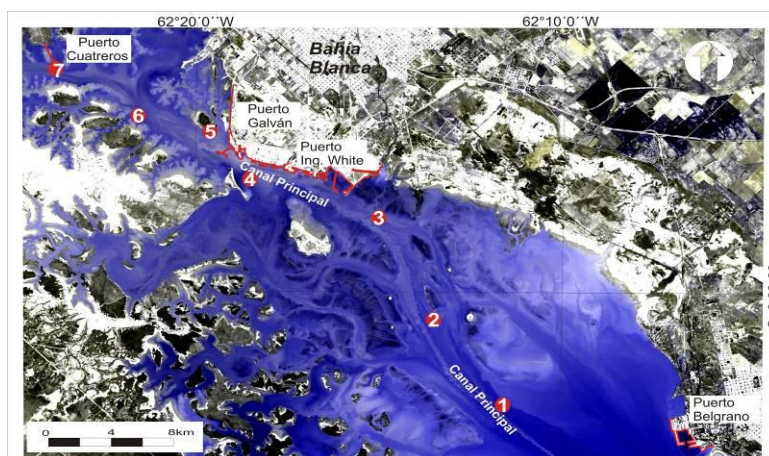


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo de variables ambientales y nutrientes en el Canal Principal del estuario de Bahía Blanca

Resultados

Las variables físicas y químicas analizadas muestran una tendencia diferenciada, se presentan los valores medios de las variables ambientales en la figura 2. Las temperaturas medias máximas del agua superficial se observaron en las estaciones intermedias del canal Principal con elevados valores de porcentajes de saturación (99,4%) y un pH de 8,6. Los valores de turbidez presentan dos picos importantes en una estación interna y en otra intermedia. Los niveles de OD aumentaron considerablemente ($13,9 \text{ mg L}^{-1}$) en las estaciones de muestreos intermedias del Canal. Los mínimos se presentaron en las estaciones internas.

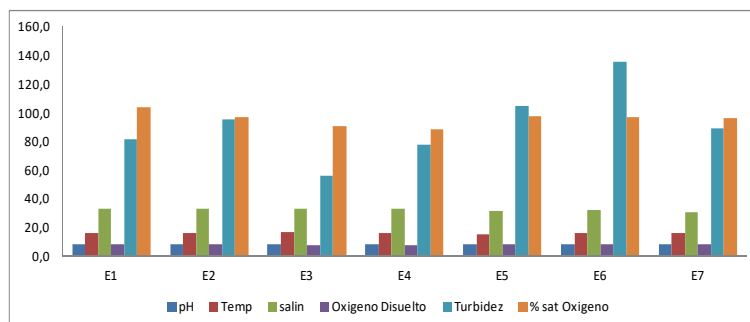


Figura 2. Distribución espacial de los parámetros físicos y químicos (valores medios) en los sitios de muestreo del Canal Principal del estuario de Bahía Blanca. (Temperatura (°C), salinidad (ups), OD (mgL^{-1}) y pH. Abajo: turbidez (NTU) y % saturación de oxígeno).

El análisis estadístico entre las variables ambientales y los macronutrientes determinó correlaciones positivas entre NH_4^+ y los otros macronutrientes; entre el NH_4^+ y la MOP; y entre NO_3^- , PO_4^{3-} , DSi y la temperatura. A su vez, correlacionaron positivamente PO_4^{3-} -salinidad, PO_4^{3-} -pH, DSi-turbidez, silicatos-temperatura, silicatos-pH, turbidez-temperatura, turbidez-sat ox, temperatura-pH, salinidad-sat ox, OD -sat ox. Las siguientes variables presentan una correlación negativa: NH_4^+ -Clorofila, MOP-salinidad, MOP-sat ox, NO_2^- -OD, DSi-salinidad, DSi-OD, temperatura-OD, OD-pH, pH-Clorofila (Tabla 1)

Tabla 1. Matriz de correlaciones de los parámetros físicos y químicos

	NH_4^+	POM	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	DSi	TUR	WT	SAL	DO	OX SAT	pH	Chl a
NH_4^+	1	0.565	0.607	0.628	0.404	0.368	-0.027	0.077	-0.022	-0.168	-0.156	0.097	-0.396
POM	0.565	1	0.460	0.491	-0.064	0.306	0.121	0.066	-0.432	-0.244	-0.265	-0.227	-0.162
NO_2^-	0.607	0.460	1	0.725	0.651	0.559	0.249	0.716	0.000	-0.481	-0.135	0.156	-0.154
NO_3^-	0.628	0.491	0.725	1	0.524	0.696	0.250	0.303	-0.189	-0.136	0.008	0.148	-0.133
PO_4^{3-}	0.404	-0.064	0.651	0.524	1	0.434	0.201	0.600	0.498	-0.200	0.152	0.333	-0.226
DSi	0.368	0.306	0.559	0.696	0.434	1	0.268	0.446	-0.276	-0.297	-0.102	0.415	-0.211
TUR	-0.027	0.121	0.249	0.250	-0.201	0.268	1	0.327	0.066	0.076	0.333	0.100	0.210
WT	0.077	0.066	0.716	0.303	0.600	0.446	0.327	1	0.027	-0.624	-0.120	0.304	-0.124
SAL	-0.022	-0.432	0.000	-0.189	0.498	-0.276	0.066	0.027	1	0.251	0.376	0.059	-0.085
DO	-0.168	-0.244	-0.481	-0.136	-0.200	-0.297	0.076	-0.624	0.251	1	0.849	-0.280	0.345
OX SAT	-0.156	-0.265	-0.135	0.008	0.152	-0.102	0.333	-0.120	0.376	0.849	1	-0.163	0.327
pH	0.097	-0.227	0.156	0.148	0.333	0.415	0.100	0.304	0.059	-0.280	-0.163	1	-0.260
Chl a	-0.396	-0.162	-0.154	-0.133	-0.226	-0.211	0.210	-0.124	-0.085	0.345	0.327	-0.260	1

En negrita, valores significativos (fuera diagonal) al umbral $\alpha = 0.050$ (prueba bilateral). Los recuadros azules indican las correlaciones negativas.

Con respecto al análisis de los componentes principales (Figura 3) los dos primeros componentes explican, respectivamente, el 33,93 y el 17,86% de la varianza total. El primer eje (F1) se relaciona positivamente con concentraciones NO_3^- , NO_2^- , DSi y elevada temperatura del agua (coordenadas de las variables: 0,90; 0,78; 0,76; 0,69, respectivamente) y en menor medida con concentraciones de NH_4^+ (coordenada: 0,66). A su vez, estas variables se encuentran correlacionadas entre sí (tabla 1). El segundo eje (F2) se relaciona positivamente con salinidad y el porcentaje de saturación de oxígeno (coordenadas: 0,66 y 0,82, respectivamente). Finalmente, las concentraciones de PO_4^{3-} , MOP y OD se relacionan de manera más débil con ambos componentes (F1 y F2) ya sea positiva o negativamente.

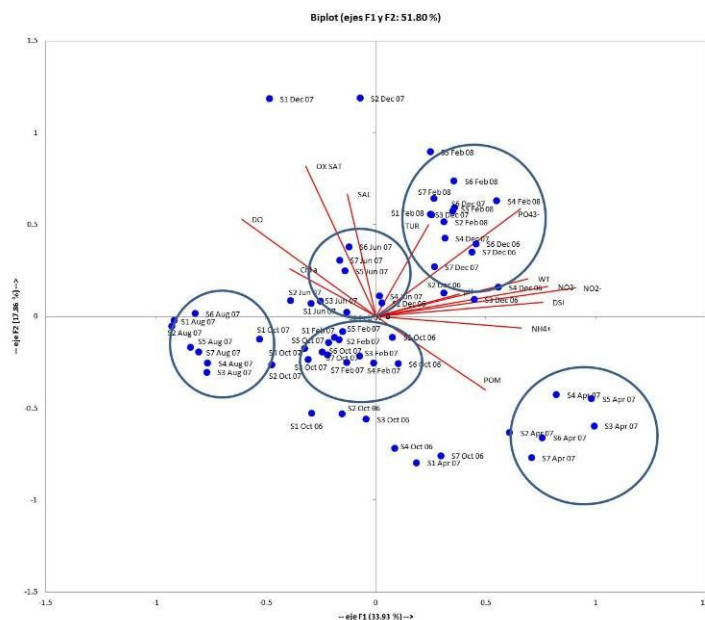


Figura 3. Análisis de componentes principales: relación entre variables

Este análisis permite observar del lado derecho del plot (eje positivo) dos grandes grupos: uno formado por los muestreos realizados en abril (2007) y otro por los muestreos realizados durante diciembre (2006 y 2007) y febrero (2008). En general, ambos se caracterizan por las mayores temperaturas del agua y concentración de algunos macronutrientes disueltos; tales como, NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} y DSi. Sin embargo, se diferencian en los niveles de MOP, ya que ésta fue mayor en el mes de abril que en los meses estivales. Por otro lado, también en abril la salinidad, el OD y el porcentaje de saturación de oxígeno fue menor. Del lado izquierdo del plot



(eje negativo) se encuentran los muestreos realizados en agosto (2007). Este grupo además de poseer las características opuestas a los anteriores, presentó los valores más altos de OD.

Finalmente, se pudieron distinguir dos grandes grupos a ambos lados del eje F2. El primero, incluye el mes de junio (2007), con altos valores de salinidad y del porcentaje de saturación de oxígeno. El segundo, formado por los meses de febrero (2007) y octubre (2006 y 2007) que, por el contrario, mostraron altas concentraciones de MOP y bajos valores en el porcentaje de saturación de oxígeno y la salinidad.

Los parámetros estudiados, si bien estadísticamente no presentaron diferencias significativas tendieron a ser más variables en las estaciones intermedias del Canal Principal durante los meses de otoño y de verano. Dicha variabilidad podría estar asociada a la cercanía de estos sitios de muestreo con la ubicación de las descargas de desechos urbanos y/o continentales. En el caso de la concentración de DSi se observaron los mayores registros en las estaciones cercanas a la cabecera del estuario, relacionadas con el aporte de agua dulce por parte de los tributarios.

Conclusiones

Existe una relación positiva (correlación significativa, $p < 0,05$) entre la mayoría de los nutrientes (NO_2^- - NO_3^- , NO_2^- - PO_4^{3-} , NO_3^- - PO_4^{3-} , NO_2^- -DSi y NO_3^- -DSi) a excepción del DSi con el PO_4^{3-} . Esta correlación estaría indicando una misma fuente de origen de los mismos, principalmente una entrada de macronutrientes nuevos (no regenerados) dada la fuerte relación con los NO_3^- . A su vez, quedó demostrado el aporte de DSi por parte de los tributarios (a menor salinidad, mayor entrada de agua dulce, mayor concentración de DSi). Por otro lado, se evidenció la absorción de NH_4^+ por parte del fitoplancton como primera fuente de N disponible (a mayor concentración de Cla, menor concentración de NH_4^+ en solución). Mediante el análisis de los componentes principales se pudo determinar una separación según las fechas de los muestreos, lo cual demuestra la variación estacional de estos parámetros presentando una importante diferenciación entre los meses estivales y meses más fríos.

Bibliografía

- Carbone, M. E., Spetter, C. V. y Marcovecchio, J.E.**, 2016 Seasonal and spatial variability of macronutrients and Chlorophyll a based on GIS in the South American estuary (Bahía Blanca, Argentina); Springer; Environmental Earth Sciences; 75; 736; 5, 1-13
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M.**, 1994. Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth, U.K.: Natural Environment Research Council, Marine Laboratory, 144p.
- Eberlein, K. y Kattner, G.**, 1987. Automatic method for determination of orthophosphate and Total dissolved phosphorus in the marine environment. Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie, 326(4): 354–357.
- Grasshoff, K., Erhardt, M. y Kremling, K.**, 1983. Methods of Seawater Analysis, 2nd edition, Weinheim, Germany: Verlag-Chemie, pp. 365–366.
- Perillo, G.M.E. y Piccolo M.C.**, 1999. Geomorphologic and physical characteristics of the Bahía Blanca Estuary. Argentina. En G.M.E. Perillo, M.C. Piccolo y M. Pino Quivira, Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics. Environmental Science Series, Springer Verlag,
- Spetter, C.V., Popovich, C.A., Arias, A.H., Asteasuain, R.O., Freije, R.H y Marcovecchio, J.E.**, 2015. Role of Nutrients Phytoplankton Development during a Winter Diatom Bloom in a Eutrophic South American Estuary (Bahía Blanca, Argentina). Journal of Coastal Research 31 (1): 76 – 87.
- Treguer, P. y Le Corre, P.**, 1975a. Analyse des Sels Nutritifs sur AutoAnalyzer II. Manuel D'Analyse des Sels Nutritifs dans L'Eau de Mer. Brest, France: Université de Bretagne Occidentale, pp. 11– 22 [in French].
- Treguer, P. y Le Corre, P.**, 1975b. Analyse des Sels Nutritifs sur AutoAnalyzer II. Methods Richards et Kletsh (Modifiée). Manuel D'Analyse des Sels Nutritifs dans L'Eau de Mer, Brest, France: Université de Bretagne Occidentale, pp. 50–61
- Technicon**, 1973. Technicon AutoAnalyzer II. Industrial Methods 186-72 W/B. Tarrytown, New York Technicon.