



ESTUDIO DE LINEA DE BASE SOBRE LA DINÁMICA DE NUTRIENTES EN UNA PLANICIE DE MAREA DEL ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA PREVIO A LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS CLOCALES.

BASELINE STUDY ON MACRONUTRIENT DYNAMIC IN A TIDAL FLAT OF BAHIA BLANCA ESTUARY PREVIOUS TO THE INSTALLATION OF SEWAGE TREATMENT

Spetter, C.V.^{1,2}; Fernández E.M.^{1,2}; Carbone, E.³; Negrin, V.^{1,4}; Arlenghi, J.H.¹; Marcovecchio, J.E.^{1,5,6}; Freije, R.H.²

¹Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET/UNS), Bahía Blanca, Argentina, ²Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, ³Departamento de Geografía, 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

cspetter@iado-conicet.gob.ar

Resumen

El estuario de Bahía Blanca (EBB) es considerado moderadamente eutrófico debido al contenido de nutrientes y clorofila en el agua superficial. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la dinámica de los macronutrientes disueltos en agua superficial (AS) y en agua intersticial (PW-I: 0 – 3 cm de prof. y PW-II: entre 3-6 cm de prof.) en una planicie de marea no vegetada de la zona interna del EBB previo a la instalación de una planta de tratamiento de desechos cloacales. Los valores medios de NO_2^- y NO_3^- en AS fueron significativamente mayores que en PW-I y PW-II; mientras que, NH_4^+ y DSi presentaron niveles significativamente mayores en PW-II que en AS y, para el caso de los DSi , que en PW-I. La concentración de PO_4^{3-} no mostró diferencias estadísticamente significativas entre AS y PW. Nuestros resultados muestran el rol del agua intersticial como fuente de nutrientes hacia la columna de agua, la importancia de algunos procesos que gobernaron la dinámica de nutrientes en el EBB previo a la instalación de dicha planta, y servirán como línea de base para futuros estudios tanto en la zona de estudio como a nivel global.

Palabras clave: *Macronutrientes, agua superficial e intersticial, desechos cloacales, estuario.*

Introducción

Las planicies de marea son ambientes altamente productivos; allí, el intercambio de nutrientes en la interface agua-sedimentos cumple un rol fundamental en el ciclo de nutrientes en ambientes costeros, turbios y poco profundos (Sakamaki et al., 2006). Una alta carga de nutrientes en este tipo de ambientes puede causar serios problemas de eutrofización, especialmente originados por cambios en la concentración de compuestos de nitrógeno y fósforo (Richardson and Jørgensen, 1996).

El estuario de Bahía Blanca (EBB) es un sistema marino costero templado, altamente turbio, del tipo mesomareal (Piccolo et al. 2008); se lo considera moderadamente eutrófico, en función de sus niveles de macronutrientes disueltos y clorofila (IADO, 2016). La amplitud media de la marea en los puertos de Ing. White y Galván (zona más interna) es de 3,8 y 2,7 m en sicigia y cuadratura, respectivamente (Perillo y Piccolo, 1991). Sus márgenes incluyen grandes planicies de marea de composición principalmente limo-arcillosa y parcialmente vegetadas por halófitas (Perillo y Piccolo, 1991; Botté 2005). En el veril norte del Canal Principal del EBB se encuentran ubicados varios puertos, ciudades (>350000 hab) e industrias. El uso del suelo de esta región esta además asociado con una intensa actividad agrícola-ganadera. La zona interna del EBB recibe el aporte de agua dulce principalmente, del río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande que descargan en la cabecera del mismo con una media anual de 1,9 y 0,8 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, respectivamente (Piccolo et al, 2008). Además, en 2008 se inauguró una planta de tratamiento

de líquidos cloacales denominada “Tercera Cuenca”, producto de una nueva construcción dada la ampliación de la red cloacal de la ciudad de Bahía Blanca puesto que hasta ese momento la zona norte y noroeste de la ciudad solo contaba con pozos domiciliarios. Su mal funcionamiento generó abundante presencia de *Escherichia coli* determinando el cierre de la temporada estival 2009 – 2010 del “Balneario Maldonado” (Baldini y Cubitto, 2010). Luego, se han observado concentraciones elevadas de orto-fosfatos y amonio en una estación de muestreo localizada en el Canal Principal en un sitio cercano a la descarga cloacal (IADO 2016 y Spetter datos aun no publicados).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la dinámica de los macronutrientes disueltos en agua superficial (AS) y en agua intersticial (PW-I: 0 – 3 cm de prof. y PW-II: entre 3-6 cm de prof.) en una planicie de marea no vegetada en la zona interna del EBB durante Mayo 2003 – Mayo 2004, previo a la instalación de una planta de tratamiento de desechos cloacales. Los resultados obtenidos servirán como línea de base para futuros estudios tanto en la zona interna del EBB como a nivel global.

Materiales y Métodos:

En Mayo 2003-Mayo 2004, se realizaron muestreos quincenales en Puerto Cuatros (Fig. 1), un pequeño puerto considerado químicamente representativo de la zona interna del EBB (Marcovecchio y Freije, 2004). En pleamar, se tomaron muestras de agua superficial (AS, ~ 0,50 m prof.) que se filtraron a través de filtros MGF (0,70 μm) muflados (≈ 500 °C, 1h) para la determinación del Carbono Orgánico Particulado (COP) y los macronutrientes disueltos y, sin muflar, para la determinación de clorofila a (Cl-a). Se midió *in situ*: pH, temperatura, Conductividad/salinidad, turbidez y oxígeno disuelto (OD) con una sonda multisensor HORIBA U-10. Durante la marea baja, con tubos tipo *corer* de *Plexiglas* (15 cm d.i., 30 cm long.) se tomaron muestras de sedimentos hasta una profundidad de unos 10 cm. Inmediatamente, se los trasladó al laboratorio (tapados, refrigerados y en oscuridad) donde se realizó la extracción del agua intersticial por centrifugación (3200 rpm, 40 min) (Adams, 1994), separando el sedimento en dos capas: de 0 a 3 cm de profundidad (PW-I) y de 3 a 6 cm de profundidad (PW-II). El sobrenadante (< 100 mL) fue filtrado y conservado de la misma manera que las muestras de agua de mar superficial para la posterior determinación de los macronutrientes disueltos en agua intersticial.



Figura 1. Localización del sitio de muestreo en la zona interna del EBB, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

La concentración de Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-), Amonio (NH_4^+), orto-fosfatos (PO_4^{3-}) y Silicatos (DSi) se determinó mediante el uso de un Autoanalyzer Technicon II, siguiendo los métodos descritos por Grasshof et al. (1983), Treguer y Le Corre (1975), Richards y Kletsch (1964) modificado por Treguer y Le Corre (1975), Eberlein y Kattner (1987) y Technicon® (1973), respectivamente. La concentración del Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN) fue calculado como la suma de NO_2^- , NO_3^- y NH_4^+ . La determinación de la concentración del COP según Strickland y Parsons (1968) y de Cl-a según APHA (1998) se hizo mediante el uso del espectrofotómetro Beckman DU-II UV-Vis. La composición granulométrica se obtuvo en

muestras de sedimento secadas (60 °C, 24h), pesadas y tamizadas (tamiz N° 230, 63 µm) para separar la fracción limo-arcillosa de la arena. Los datos de las precipitaciones mensuales para la ciudad de Bahía Blanca corresponden al Servicio Meteorológico Nacional. Se analizaron las diferencias en la concentración de macronutrientes entre AS, PW-I y PW-II, combinando los datos de todo el período estudiado utilizando ANOVA seguido de la prueba de Tuckey. Los análisis estadísticos se realizaron con el software adecuado siguiendo a Zar (2010). El nivel aceptable de significación estadística fue del 5%.

Resultados

La temperatura del AS estuvo entre 6,2 °C en invierno 2003 y 26,4 °C en verano 2004 siguiendo una marcada tendencia estacional (Tabla 1). La salinidad mostró un mínimo de 26,9 en primavera, coincidente con altas precipitaciones registradas en el lugar (157 mm en Octubre 2003) y los máximos en verano, mostrando el ingreso de agua dulce por parte de los afluentes y una mayor evaporación con el incremento de la salinidad en la temporada estival, respectivamente (Tabla 1). El rango de pH muestra valores alcalinos. Los valores de OD fueron altos con %OD de hasta 142% (Tabla 1), excepto en época cálida (primavera- verano) en donde se observaron valores de 6,80 mg L⁻¹. La turbidez fue variable a lo largo de todo el año (Tabla 1). El valor máximo de Cl-a se obtuvo en invierno 2003, a comienzos del *bloom* de diatomeas (dominado por *Cyclotella sp.*, Spetter et al. 2015). La concentración de COP fue fluctuando a lo largo del período estudiado presentando los mayores valores en primavera 2003 y otoño 2004 (~3000 mgC m⁻³). La composición del sedimento fue verticalmente homogénea, principalmente compuesto por limo y arcilla (60%).

Tabla 1. Valores medios ± DS, máximos y mínimos de salinidad, temperatura, pH, OD, %OD, turbidez, Cl-a y COP en AS de la zona interna del EBB durante Mayo 2003 – Mayo 2004

	Media ± DS	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	15,0 ± 5,8	26,4	6,2
Salinidad (ups)	33,24 ± 2,42	37,20	26,92
pH	8,64 ± 0,26	9,30	8,10
OD (mg L ⁻¹)	8,60 ± 1,29	10,70	6,80
% OD	104 ± 13	142	86
Turbidez (UNT)	64 ± 37	129	30
Cl-a (µg L ⁻¹)	11,26 ± 8,83	38,93	3,12
COP (mg C m ⁻³)	2163 ± 763	3353	377

Tabla 3. Medias ± desviación estándar de los macronutrientes disueltos en AS de la zona interna del EBB extraídos de la base de datos del Área de Oceanografía Química del IADO.

	2008 (n:24) (µM)	2010 (n: 24) (µM)	2014/2015 (n:18) (µM)
NO ₂ ⁻	2,25 ± 1,75	2,43 ± 1,76	2,58 ± 0,94
NO ₃ ⁻	6,70 ± 4,36	14,38 ± 12,48	13,75 ± 5,51
NH ₄ ⁺	25,25 ± 17,79	15,66 ± 11,52	
PO ₄ ³⁻	2,93 ± 1,28	2,50 ± 1,50	2,09 ± 0,69
DSi	74,91 ± 18,09	88,94 ± 47,71	82,56 ± 20,23

Tabla 2. Concentración de macronutrientes (en µM) en AS, PW-I y PW-II en la zona interna del EBB (Mayo 2003-Mayo2004). Medias ± SD (23 ≤ n ≤ 25). Diferentes letras representan diferencias significativas (p < 0.05)

agua	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	DIN	PO ₄ ³⁻	DSi
AS	1.30 ± 1.06 a	8.87 ± 6.46 a	14.4 ± 8.99a	24.5 ± 10.8a	1.99 ± 0.90 a	144 ± 47.0 a
PW-I	0.26 ± 0.19 b	0.99 ± 1.10 b	23.1 ± 12.9ab	24.4 ± 13.5 a	1.57 ± 0.89 a	208 ± 90.7 b
PW-II	0.39 ± 0.22 b	1.08 ± 0.96 b	27.9 ± 14.2 b	29.4 ± 14.6 a	1.98 ± 1.77 a	314 ± 168 c

NO₂⁻ y NO₃⁻ siguieron la misma tendencia, siendo significativamente más alta en AS que en PW, sin diferencias significativas entre PW-I y PW-II (Tabla 2). Por el contrario, el NH₄⁺ presentó una mayor concentración en PW que en AS, pero las diferencias solo fueron significativas entre las fracciones de PW-II y AS (Tabla 2). Para el DIN no hubo diferencias significativas entre las fracciones analizadas (Tabla 2); sin embargo, el NH₄⁺ representó más del 80% en PW, pero en AS fue altamente variable (entre 22 y 98%). No se hallaron diferencias significativas en la concentración de PO₄³⁻ entre fracciones. DSi fue el macronutriente que presentó las mayores diferencias entre las fracciones analizadas, con una concentración significativamente mayor en PW-II > PW-I > SW (Tabla 2). La concentración de NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ y, especialmente, NO₃⁻ en AS se ha ido incrementando luego de la instalación de la planta de tratamiento de desechos cloacales (Tabla 3), lo que seguramente ha influenciado en la dinámica de los macronutrientes en la zona interna del EBB.



Conclusiones

Se pudo establecer la dinámica de los macronutrientes en AS y en PW en la zona interna del EBB. Procesos como la absorción por parte del fitoplancton, la mineralización de la materia orgánica, la desnitrificación y nitrificación parecen estar presentes (no descriptos por cuestiones de espacio) y estarían gobernando la dinámica de los macronutrientes en la zona interna del EBB. La concentración de los macronutrientes se ha ido incrementando luego de la instalación de la planta de tratamiento de desechos cloacales, lo que conlleva a un deterioro de la calidad del ambiente. Este trabajo podrá ser utilizado como línea de base sobre la dinámica de nutrientes en la planicie de marea anterior al impacto producido por la descarga cloacal.

Bibliografía

- Adams, D.D.** 1994. Sediment Pore Water Sampling. In: Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling: Second Edition, CRC Press: 171 – 202.
- APHA.** 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Clesceri, L. S.; Greenberg, A. E.; Eaton, A. D. (Eds.), 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Washington.
- Baldini, M., Cubitto, M.A.** 2010. Las bacterias como indicadores de contaminación en el estuario de Bahía Blanca. *Monitor Ambiental* 3: 23 – 26
- Botté S.E.** 2005. El rol de la vegetación en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados en humedales del estuario de Bahía Blanca. Doctoral thesis, Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- 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.
- IADO,** 2016. Programa de monitoreo de la calidad ambiental de la zona interior del estuario de Bahía Blanca. Informe final, Instituto Argentino de Oceanografía: 231 pp. <https://www.bahia.gob.ar/subidos/cte/informes/Informe-FINAL-Monitoreo-2015-2016.pdf>
- Marcovecchio y Freije,** 2004 Oceanografía química. En: Piccolo MC, Hoffmeyer M (eds) Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), pp 69–78, Bahía Blanca.
- Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C.** 1991. Tidal response in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research* 7 (2): 437 - 449.
- Piccolo, M.C., Perillo, G.M.E, Melo, W.D.** 2008. The Bahía Blanca Estuary: an integrated overview of its geomorphology and dynamics. En: Neves, R., Baretta, J. y Mateus, M. (eds.), Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America, Part C: From shallow water to the deep fjord: the study sites, IST Press, pp. 219-229
- Richards F.A., Kletsch, R.A.** 1964. The spectrophotometric determination of ammonia and labile amino compounds in fresh and sea water by oxidation to nitrite. Reprinted from "Recent researches in the Fields of Hydrosphère, Atmosphère and Nuclear geochemistry": 65 – 81.
- Richardson, K., Jørgensen,** 1996. Eutrophication: Definition, History and Effects. In: B. B. Jørgensen & K. Richardson (eds.), Coastal and Estuaries Studies: Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems, American Geophysical Union, Washington DC: 1-19.
- Spetter, C.V., Popovich, C.A., Arias, A.H., Asteasuain, R.O., Freije, R.H., 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.
- Strickland, J.D., Parsons, T.R.** 1968. Determination of particulate organic carbon. In: Strickland, J.D. and Parsons, T.R. (eds.), A Practical Handbook of Seawater Analysis, Bulletin 167. Ottawa, Canada: Fisheries Research Board of Canada, pp. 207–211.
- Treguer, P., Le Corre, P.,** 1975. 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 [en Frances].
- Technicon,** 1973. Technicon AutoAnalyzer II. Industrial Methods 186-72 W/B. Tarrytown, New York Technicon.
- Zar J.H.** 2010. Biostatistical analysis. 5th edition. Prentice-Hall, 944 pp