



## ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS SEDIMENTOS DE UNA PLANICIE DE MAREA CUBIERTA POR MATAS MICROBIANAS

### ORIGIN AND COMPOSITION OF THE ORGANIC MATTER OF A TIDAL FLAT COVERED BY MICROBIAL MATS

Fernández, Eleonora M.<sup>1,2</sup>; Spetter, Carla V.<sup>1,2</sup>; Rezende, Carlos E.<sup>3</sup>; Franco, Marcos A.L.<sup>3</sup>; Almeida, Marcelo G.<sup>3</sup>; Olivera, Barulio C.V.<sup>3</sup>; Villagrán, Diana<sup>1</sup>; Arlenghi, Javier<sup>1</sup>; Marcovecchio, Jorge E.<sup>1,4,5</sup>; Avena, Marcelo<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca –Argentina; <sup>2</sup>Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Centro de Biociências e Biotecnologia Laboratório de Ciências Ambientais Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes - RJ; <sup>4</sup>Universidad Fasta, Mar del Plata, Argentina; <sup>5</sup>UTN-FRBB, Bahía Blanca, Argentina; <sup>6</sup>INQUISUR, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

[eleonoraf@iado-conicet.gob.ar](mailto:eleonoraf@iado-conicet.gob.ar)

#### Resumen

Las planicies de marea son ambientes altamente productivos y pueden proveer más del 50% de la productividad primaria. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes trazadores naturales ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  y relación C:N) para examinar las posibles fuentes de MO de los sedimentos supramareales de la zona media del estuario de Bahía Blanca donde se desarrollan matas microbianas. Se tomaron muestras de sedimentos sin disturbar en tres sitios, las cuales fueron separadas in situ en dos capas: superficial (S, 0-5 mm de profundidad) y subsuperficial (SS, 5-10 mm de profundidad). La evaluación de los  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y relación C:N (~ 6,8) indicaron un origen principalmente autóctono de la MO de las planicies de marea de Puerto Rosales asociado a una alta producción primaria y excreción de sustancias poliméricas extracelulares (EPS).

**Palabras clave:** Isótopos estables, relación C:N, materia orgánica, sedimento.

#### Introducción

La fuente y dinámica de la materia orgánica (MO) en estuarios y sistemas costeros son de gran importancia ecológica, siendo de particular interés en las planicies de marea donde se llevan a cabo una gran variedad de procesos biogeoquímicos incluyendo deposición, remoción y el reciclado de la MO de origen marino-terrestre y de los nutrientes (DeBusk, 1999). Existen múltiples fuentes de MO en los sedimentos que pueden ser autóctonas o alóctonas, entre las cuales podemos mencionar: detritos orgánicos, aportes fluviales/terrestres, pastos marinos, macroalgas y bacterias bentónicas, microfítobentos (MPB), fitoplancton, aportes antropogénicos, entre otras. La discriminación de la contribución de las diferentes fuentes de MO dentro de las planicies de marea es de especial interés desde punto de vista biogeoquímico para entender su importancia dentro de los ambientes costeros. Los isótopos estables de carbono y nitrógeno y su relación elemental (C:N) han sido ampliamente utilizados como trazadores naturales para identificar las fuentes y destinos de la MO en ambientes estuariales y marino costeros (Cook et al., 2004; Gao et al., 2012).

Las planicies de marea donde se desarrollan matas microbianas y *biofilms* están íntimamente relacionadas con los ciclos biogeoquímicos de los elementos, ya que todos los nutrientes inorgánicos disueltos en agua intersticial pueden circular entre los canales y poros que se forman entre las partículas de sedimento y la matriz formada por las sustancias poliméricas extracelulares (EPS). Los altos niveles de producción primaria asociados a estas comunidades microbianas bentónicas llevan a la acumulación de MO en el sedimento, siendo un importante aporte dentro de la cadena trófica y se ha demostrado que soportan la nutrición de un rango de invertebrados bentónicos y epibentónicos (Al-Maslmani et al 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes trazadores naturales ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  y relación C:N) para examinar las



posibles fuentes de MO en los sedimentos supramareales de la zona media del estuario de Bahía Blanca colonizados por matas microbianas.

## Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en Puerto Rosales (RP) (38 ° 55 ' S; 62 ° 03 ' W), zona media del estuario de Bahía Blanca (EBB) (Fig. 1). El EBB es un sistema conformado por extensas planicies de marea (~ 1000 m de ancho) de pendiente suave (~ 0.4 °) y compuestas por sedimentos siliciclásticos que varían entre arena fina y limo (Gelós et al. 2004). El área de estudio se caracteriza por un clima seco templado con una temperatura media anual de 15,6 ° C, una precipitación media baja (460,5 mm) y una alta tasa de evaporación (Piccolo y Diez 2004). Grandes áreas de las planicies de mareas (zona supramareal e intermareal alta) están colonizadas por *biofilms* y matas microbianas (Cuadrado et al. 2011; Spetter et al. 2015), así como por el cangrejo *Neohelice granulata* (Iribarne et al. 2003). Se seleccionaron tres sitios de muestreo no vegetados (ST1: 38° 55' 17" S; 62° 03' 42" O; ST2: 38° 55' 13" S; 62° 03' 54" O y ST3: 38° 55' 07" S; 62° 03' 54" O), localizados en la zona supramareal y que son inundados esporádicamente en condiciones de sicigia o en eventos de tormentas. Las muestras de sedimento sin disturbar fueron colectadas durante el período Julio-Septiembre de 2013 (Invierno 2013), de manera quincenal alrededor del mediodía y en marea baja. Para su extracción se emplearon *corers* de PVC (35 mm diámetro interno; 120 mm long). *In situ*, las muestras de sedimento fueron separadas en dos capas: superficial (S, 0-5 mm de profundidad) y subsuperficial (SS, 5-10 mm de profundidad). Las muestras de sedimento para la determinación de la concentración isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , y la composición elemental de carbono orgánico (Corg) y nitrógeno total (NT) fueron tratadas y analizadas siguiendo a Meyers (1994) y Kennedy et al. (2005); empleando un analizador elemental orgánico Flash 2000 y por medio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas (Isotopic Ratio Mass Spectrometer, IRMS). Todos los datos isotópicos fueron expresados con la notación delta convencional (‰):  $\delta = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{referencia}}) - 1] \times 1000$ ; donde:  $R_{\text{muestra}} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  ó  ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ , y  $R_{\text{referencia}} = \text{Pee Dee Belemnite (PDB)}$  para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\text{N}_2$  atmosférico para  $\delta^{15}\text{N}$ . Las diferencias entre los sitios y las capas de sedimento fueron evaluadas mediante una anova doble combinando los datos para el periodo de estudio completo.

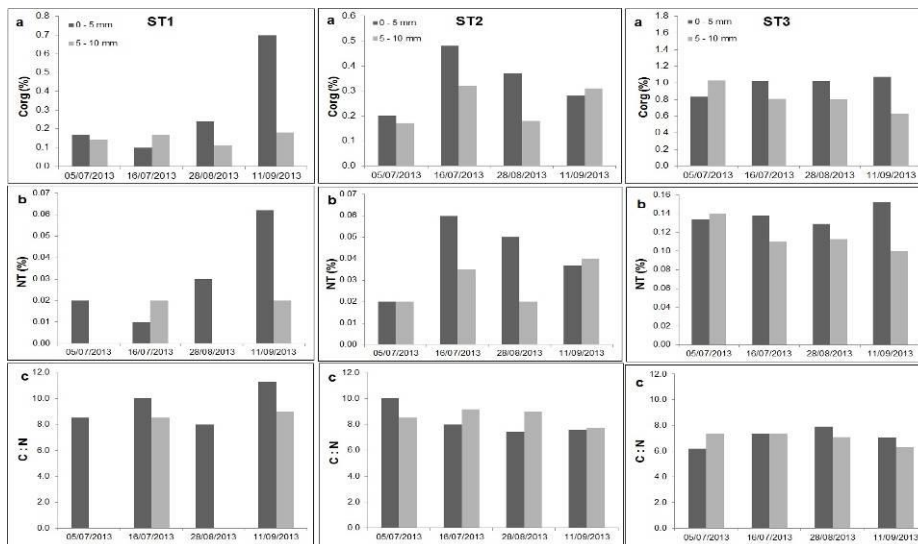
## Resultados

Los porcentajes de Corg fueron relativamente bajos para los tres sitios variando entre 0,10 y 1,07% (Fig. 2a). En ST1 y ST2 el Corg presentó una distribución más variable con valores máximos observados el 11/09/2013 (0,70%) y el 16/07/2013 (0,48%) para ST1 y ST2 respectivamente. En ST3 el contenido de Corg fue mayor en la capa S y se mantuvo prácticamente constante durante el periodo estudiado. Un comportamiento similar fue observado en el contenido de NT, siendo menor en ST1 y ST2 con rangos de valores entre 0,02 a 0,06%, mientras que en ST3 los valores variaron entre 0,10 y 0,15% (Fig. 2b). Las relaciones C:N fueron elevadas y se mantuvieron prácticamente constantes en profundidad para los tres sitios, con valores que variaron entre 6,3 y 11,3 (Fig. 2c). Considerando todo el periodo estudiado, se observaron diferencias significativas entre los sitios analizados en el contenido de Corg y NT ( $p = 0,038$  y  $p = 0,013$ , respectivamente), donde ST3 difiere de ST1 y ST2. Además, se hallaron diferencias significativas entre las capas S y SS para las mismas variables ( $p < 0,0001$ ), siendo mayores en la capa S. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas ni entre sitios ( $p = 0,81$ ) ni entre las capas de sedimento ( $p = 0,19$ ) para la relación C:N. La composición isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de la MO de los sedimentos mostró una variación diferente para cada sitio y para cada capa. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaron entre -17,3 y -21,4‰, -16,6 y -19,5‰ y -15,8 y -18,4‰ para ST1, ST2 y ST3, respectivamente. Se hallaron diferencias significativas en el  $\delta^{13}\text{C}$  entre los sitios analizados ( $p < 0,0001$ ) y entre las capas S y SS ( $p < 0,0001$ ). Por otro lado, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  presentaron rangos que variaron entre ND y 8,87 ‰, 7,16 y 9,79‰ y 7,48 y 7,99‰ para ST1, ST2 y ST3, respectivamente. A diferencia del  $\delta^{13}\text{C}$ , el  $\delta^{15}\text{N}$  fue siempre superior en la capa S en ST3. Se hallaron diferencias significativas entre sitios en el  $\delta^{15}\text{N}$ , donde ST1 difiere de ST3 ( $p = 0,006$ ), mientras que no se observaron diferencias entre las capas S y SS ( $p = 0,21$ ). En la figura 3a se muestra la relación Corg vs NT para la planicie de PR considerando los datos de los tres sitios durante todo el periodo estudiado. La pendiente de la regresión ( $y = 6,78x + 0,05$ ) sugiere un origen autóctono de la MO de los sedimentos dada su cercanía al valor de Redfield (5,7). Con el fin de inferir las posibles fuentes de MO de los sedimentos supramareales de PR, en

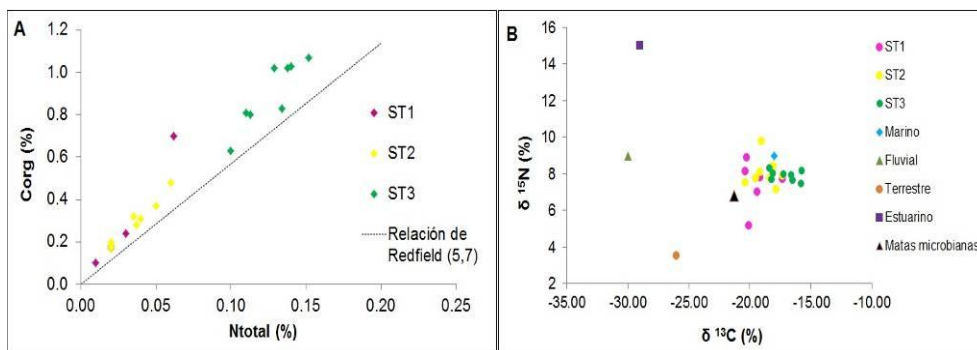
la figura 3b se muestra la relación entre el  $\delta^{13}\text{C}$  y el  $\delta^{15}\text{N}$  para los tres sitios de estudio seleccionados y los valores reportados en la bibliográfica para las diferentes fuentes de MO.



**Figura 1:** Estuario de Bahía Blanca y ubicación de Puerto Rosales. Se indican los tres sitios de muestreo ST1, ST2 y ST3.



**Figura 2:** Variación del contenido de carbono orgánico (Corg): a, nitrógeno total (NT): b y la relación carbono orgánico:nitrógeno total (C:N; p/p): c, en los tres sitios durante el periodo estudiado.



**Figura 3:** a) Porcentaje de carbono orgánico (Corg) vs porcentaje de nitrógeno total (NT) para los sedimentos de la planicie de marea de Puerto Rosales. b) Biplot  $\delta^{13}\text{C}$  vs  $\delta^{15}\text{N}$  de los sedimentos supramareales de Puerto Rosales y posibles fuentes de materia orgánica (Los valores de referencia representados fueron tomados de Middelburg y Nieuwenhuize, 1998; Graham et al., 2001 y Al-Maslamani et al., 2009)



## Conclusiones

Este trabajo representa la primera evaluación espacio-temporal de la composición isotópica y elemental de carbono orgánico y nitrógeno total en planicies de marea colonizadas por matas microbianas dentro del EBB. Los porcentajes de Corg y NT y las relaciones C:N halladas en este estudio fueron similares a las encontradas en otras áreas donde se desarrollan matas microbianas y *biofilms* y a los reportados para otros ambientes estuarinos. Los valores promedios de la relación C:N estuvieron por encima del valor de la relación de Redfield de 5,7 (p/p), sugiriendo un importante aporte de carbono extracelular a la planicie de marea de PR. Los resultados además indicaron que la MO de los sedimentos supramareales de PR es de origen autóctono con un importante aporte de origen marino por parte del fitoplancton que alcanza los sedimentos del fondo y una baja contribución de origen terrestre y por lo tanto, la planicie se comporta como una fuente sustancial de carbono orgánico para los microorganismos superiores. La alta variabilidad observada en el  $\delta^{15}\text{N}$  fue asociada al aporte de  $\text{NH}_4^+$  proveniente de la descarga cloacal con valores  $> 7\text{‰}$  (Carlier et al., 2008).

## Bibliografía

- Al-Maslamani I, Le Vay L, Kenned H.**, 2009. Feeding on intertidal microbial mats by postlarval tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus* De Haan. *Mar Biol* 156: 2001–2009.
- Cook PLM, Revill AT, Clementson LA, Volkman JK.**, 2004. Carbon and nitrogen cycling on intertidal mudflats of a temperate Australian estuary. III. Sources of organic matter. *Mar Ecol Prog Ser* 280: 55-72.
- Carlier A, Riera P, Amouroux JM, Bodiou JY, Desmalades M, Grémare A.**, 2008. Food web structure of two Mediterranean lagoons under varying degree of eutrophication. *Journal of Sea Research* 60: 264-275.
- Cuadrado DG, Carmona NB, Bournod CN.**, 2011. Biostabilization of sediments by microbial mats in a temperate siliciclastic tidal flat, Bahía Blanca estuary (Argentina). *Sed Geol* 237: 95-101.
- DeBusk WF.**, 1999. Nitrogen Cycling in Wetlands. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science (IFAS), University of Florida. <<http://edis.ifas.ufl.edu>>.
- Gao X, Yang Y, Wang C.**, 2012. Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastal Bohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1148-1155.
- Gelós EM, Marcos AO, Espagnuolo JO, Schilizi RA.**, 2004. Textura y minerología de sedimentos. En: Piccolo MC, Hoffmeyer MS (eds) *Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca*, Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina, pp 43-50
- Graham MC, Eaves MA, Farmer JG, Dobson J, Fallick AE.**, 2001. A Study of Carbon and Nitrogen Stable Isotope and Elemental Ratios as Potential Indicators of Source and Fate of Organic Matter in Sediments of the Forth Estuary, Scotland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 375-380.
- Iribarne, O., Martinetto, P., Schwindt, E., Botto, F., Bortolus, A., & Borboroglu, P. G.**, 2003. Evidences of habitat displacement between two common soft-bottom SW Atlantic intertidal crabs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296, 167–182.
- Kennedy, P., Kennedy, H., Papadimitriou, S.**, 2005. The effect of acidification on the determination of organic carbon, total nitrogen and their stable isotopic composition in algae and marine sediment. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 19, 1063 - 1068.
- Meyers, P.**, 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chem. Geol.* 114, 289 -302.
- Middelburg JJ, Nieuwenhuize J.**, 1998. Carbon and nitrogen stable isotopes in suspended matter and sediments from the Schelde Estuary. *Marine Chemistry* 60: 217–225
- Piccolo MC and Diez PG.**, 2004. Meteorología del Puerto Coronel Rosales. In: Piccolo MC, Hoffmeyer M (eds) *Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca*, 3rd edn. Edicions, Bahía Blanca, pp 87-91.
- Redfield AC, Ketchum BH, Richards FA.**, 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. In: Hill MN (ed) *The Sea* 2, Interscience, pp 26-77.
- Spetter CV, Buzzi NS, Fernández EM, Cuadrado DG, Marcovecchio JE.**, 2015a. Assessment of the physicochemical conditions sediments in a polluted tidal flat colonized by microbial mats in Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Marine Pollution Bulletin* 91 (2): 491-505.