



## ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA DE LA MARISMA DEL RÍO AJÓ

### ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN THE SURFACE WATER AND GROUNDWATER OF THE AJÓ RIVER MARSH

Carol, Eleonora<sup>1</sup>; Tanjal, Carolina<sup>1</sup>; Alvarez, María del Pilar<sup>2</sup>; Di Lello, Claudia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP). Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP). Diag. 113 n° 275, La Plata, <sup>2</sup> Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (CONICET), Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Boulevard Brown 3051, U9120ACD Puerto Madryn, Chubut, Argentina

[eleocarol@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:eleocarol@fcnym.unlp.edu.ar)

#### Resumen

*La marisma del río Ajó comprende un extenso humedal costero que ha sido hidrológicamente modificado por distintas acciones antrópicas. El objetivo del trabajo fue determinar la abundancia y distribución de elementos trazas en el agua superficial y subterránea en sectores naturales y antrópicamente modificados de dicha marisma. Para ellos se efectuaron mediciones in situ de pH y conductividad eléctrica del agua y se extrajeron muestras para la posterior determinación del contenido de elementos traza en laboratorio. Los resultados obtenidos evidencian que las modificaciones hidrológicas introducidas en el área de marisma producto del terraplenado que aísla sectores de este humedal de la inundación periódica del flujo mareal conducen a cambios en los contenidos de elementos traza principalmente en el agua subterránea. Estos cambios alteran las condiciones ambientales de la marisma, razón por la cual su monitoreo periódico resulta de vital importancia para la preservación y gestión del humedal.*

**Palabras claves:** *humedales costeros, hidroquímica, sitio Ramsar.*

#### Introducción

Las marismas son un tipo de humedales costeros que se desarrollan en latitudes medias cerca de la desembocadura de ríos, en bahías y planicies costeras, o alrededor de las lagunas costeras donde las mareas son el principal modelador del paisaje (Mitsch y Gosselink 2000). Estos humedales son altamente productivos y brindan servicios ecosistémicos tales como la depuración de aguas y eliminación de nutrientes (Odum 1978). Pese a ello, las pérdidas mundiales de humedales se han acelerado en las últimas décadas. Las modificaciones hidrológicas introducidas por la actividad antrópica en marismas de todo el mundo han disminuido su extensión y distribución espacial (Richardson et al. 2005).

Numerosas áreas de humedales costeros se desarrollan en el litoral de Bahía Samborombón en la provincia de Buenos Aires, el cual ha sido designado Sitio Ramsar en 1997. La marisma del río Ajó, en el litoral sur de la bahía, comprende un extenso humedal costero (Fig. 1). Hoy en día, muchos sectores de este humedal se encuentran hidrológicamente modificados por distintas acciones antrópicas relacionadas a la construcción de terraplenes viales y de contención del flujo mareal y canales de desagüe (Carol et al. 2016).

La movilidad y disponibilidad de elementos traza en el agua subterránea de humedales costeros es un tema poco estudiado (Kerr et al. 2008), principalmente en Argentina donde el estudio de estos ambientes es mayormente biológico. El objetivo del trabajo fue determinar la abundancia y distribución de elementos trazas en el agua superficial y subterránea en sectores naturales y antrópicamente modificados de la marisma del río Ajó.

## Metodología

Las características geomorfológicas del humedal y la identificación de áreas naturales e hidrológicamente modificadas se determinaron a partir del análisis de imágenes satelitales procedentes del software Google Earth y relevamientos de campo.

En base a esta, se definió una red de monitoreo que abarca puntos de muestreo de agua superficial y subterránea, en zonas naturales y antrópicamente modificadas del humedal. Esta red de monitoreo incluyó puntos de muestreo en el río Ajó, canales de marea y freáticos (Fig. 1). Los freáticos fueron construidos con barreno manual a una profundidad de 3 m, entubados con caño de PVC de 2 pulgadas con filtro ranurado y prefiltro de grava silícea.

Los datos presentados en este trabajo corresponden a un muestreo efectuado en agosto de 2018, en el cual no se registraron eventos de mareas extraordinarias ni precipitaciones los 15 días precedentes. La extracción y preservación de las muestras fue efectuada según APHA (1998), midiéndose *in situ* la conductividad eléctrica y pH del agua con un equipo multiparámetro portátil. La determinación de elementos traza (As, Ba, Sr, Rb, Li, Fe, Cu, Zn, V, Ni) se realizó en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas mediante espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) con un límite de detección de 3 µg/L.

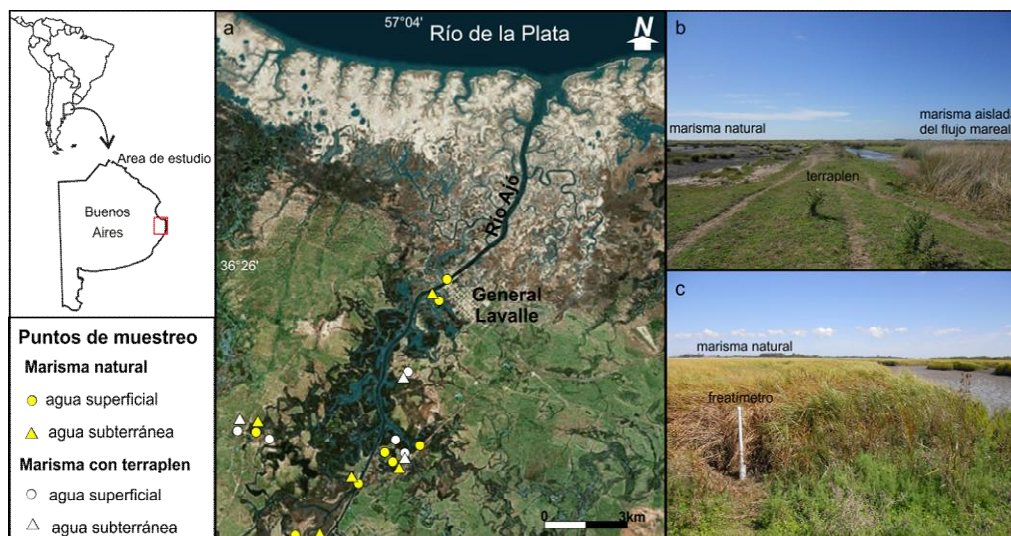


Figura 1. a: Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo, b y c: fotografías del área de marisma.

## Resultados

Para analizar los datos, las muestras se agruparon en aquellas procedentes del río Ajó y superficiales y de aguas subterráneas de sectores de marisma natural y de marisma antrópicamente modificada. En base a este agrupamiento puede observarse que existen diferencias tanto en los parámetros fisicoquímicos medidos en campo como en el contenido de elementos traza (Fig. 2). Las muestras del río Ajó registraron valores de conductividad eléctrica bajos (inferiores a 4.130 µS/cm) y pH levemente alcalinos (Fig. 2 a y b). Se caracterizan por presentar bajos contenidos en elementos traza en comparación con las muestras de agua superficial y subterránea correspondientes tanto a zonas naturales como modificadas por terraplenes de la marisma (Fig. 2 c - I). En los sectores de marisma natural el agua superficial de los canales de marea y la subterránea presentan conductividades eléctricas similares, siendo el pH del agua subterránea levemente más ácido que el del agua superficial (Fig. 2 a y b). Los contenidos de elementos traza son también similares a excepción del Zn el cual es mayor en el agua subterránea (Fig. 2 c - I).

Por su parte, el agua superficial y subterránea de las áreas de marisma modificadas antrópicamente por la realización de terraplenes de contención del flujo mareal registra grandes diferencias tanto en los parámetros fisicoquímicos medidos en campo como en el contenido de elementos traza. En estos sectores el agua superficial tiene valores de conductividades

eléctricas entre 1.370 y 19.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , registrándose aquí las mayores variaciones de pH (Fig. 2 a y b). Los contenidos medios de elementos traza son semejantes a los de los sectores de marisma natural variando, aunque no considerablemente, los valores máximos y mínimos registrados (Fig. 2 c y l). El agua subterránea de los sectores de marisma modificada es la que presenta mayores conductividades eléctricas (entre 7.860 y 27.700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y valores de pH más bajos (entre 6,98 y 7,31) (Fig. 2 a y b). A excepción de Ba y Zn donde el contenido es similar o inferior respectivamente al del resto de los ambientes estudiados, la concentración de los demás elementos traza analizados es considerablemente mayor (Fig. 2 c y l), registrándose aquí también las mayores variaciones.

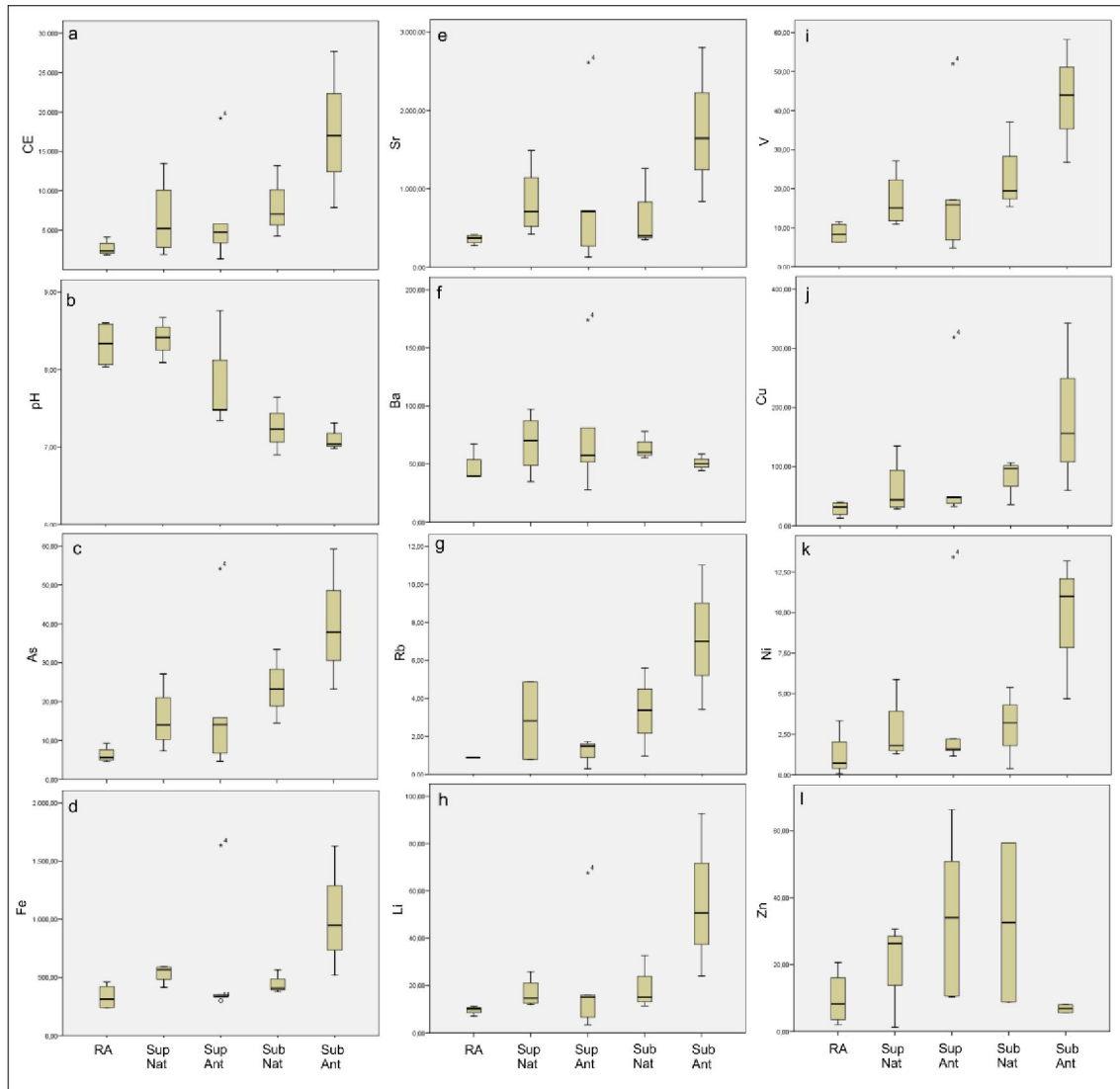


Figura 2. Diagramas de cajas y bigotes. Los valores de conductividad eléctrica (CE) del agua se indican en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los de los elementos traza en  $\mu\text{g}/\text{L}$ . RA: Río Ajó, SupNat: superficial natural, SupAnt: superficial antrópicamente modificada, SubNat: subterránea natural, SubAnt: subterránea antrópicamente modificada

## Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que existen diferencias en los parámetros fisicoquímicos y contenidos de elementos traza en el agua superficial y subterránea de los distintos ambientes de la marisma estudiada. La marea que ingresa periódicamente por el río Ajó y canales de marea inunda la marisma infiltrándose en los sedimentos. Esta infiltración se ve favorecida por la presencia de madrigueras de cangrejo que genera macroporos en los sedimentos limo arcillosos de la marisma (Carol et al. 2011). Esta estrecha relación hidrodinámica que existe entre los canales de marea y el agua subterránea de la marisma natural es la que determina



que la química del agua superficial y subterránea sea muy similar. No obstante, en el agua superficial de los canales de marea, los procesos de evaporación (Carol et al. 2009) conducen a un leve aumento en el pH, contenido salino y elementos traza.

Estas características no se observan en el área de marisma modificada por terraplenes, donde el agua superficial es químicamente muy variable debido a que en estas zonas deprimidas de canales de marea puede acumularse tanto el agua de las lluvias como las del flujo mareal en aquellos sectores donde la pleamar extraordinaria sobrepasa los terraplenes. Aquí el agua superficial permanece acumulada sufriendo una fuerte evaporación que determina que en algunos sectores se formen precipitados salinos por evaporación total del agua mareal (Carol et al. 2016). Estos precipitados salinos son disueltos por la lluvia o la siguiente pleamar extraordinaria conduciendo a que el agua que infiltra tenga elevada salinidad (Carol y Alvarez 2016), siendo este el proceso responsable de los altos valores en conductividad eléctrica y contenido de elementos trazas registrados en el agua subterránea de la marisma modificada. Los menores valores de pH registrados en el agua subterránea de la marisma darían indicios de que al momento del muestreo la disolución e infiltración del agua de lluvia ocurrió por dominancia respecto de la infiltración de agua mareal la cual presenta mayor pH. Por último, esta concentración por evaporación y disolución de sales no es registrada en los contenidos de Zn, cuya disminución podría deberse a que tienda por preferencia respecto a los otros cationes traza a precipitarse o adsorberse en los sedimentos, o a ser adsorbido como nutriente por las plantas (Apelo y Postma, 2005).

### Conclusiones

Las modificaciones hidrológicas introducidas en el área de marisma del río Ajó producto del terraplenado que aísla sectores de este humedal de la inundación periódica del flujo mareal conducen a cambios en los contenidos de elementos traza principalmente en el agua subterránea. Estos cambios que ocurren tanto en el funcionamiento hidrodinámico como en la química del agua alteran las condiciones ambientales de la marisma, razón por la cual el estudio y monitoreo periódico de estos humedales resulta de vital importancia para la generación de pautas de preservación y gestión de las áreas naturales.

### Referencias

- Apelo C. y Postma D.**, 2005 *Geochemistry, groundwater and pollution*, 2nd edn. Balkema, Amsterdam.
- APHA (American Public Health Association)**, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, twentieth ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Carol, E., Kruse, E. y Mas Pla, J.** 2009. Hydrochemical and isotopic evidence of ground water salinization processes on the coastal plain of Samborombón Bay, Argentina. *Journal of Hydrology*, 365: 335-345.
- Carol, E., Kruse, E. y Pousa, J.**, 2011. Influence of the geologic and geomorphologic characteristics and of crab burrows on the interrelation between surface water and groundwater in an estuarine coastal wetland. *Journal of Hydrology*, 403: 234 – 241.
- Carol, E. y Alvarez, M.**, 2016. Processes regulating groundwater chloride content in marshes under different environmental conditions: a comparative case study in Peninsula Valdés and Samborombón Bay, Argentina. *Continental Shelf Research* 115, 33 – 43.
- Carol, E., Alvarez, M. y Borzi, G.**, 2016. Assessment of factors enabling halite formation in a marsh in a humid temperate climate (Ajó Marsh, Argentina). *Mar. Pollut. Bull.* 106, 323–328.
- Kerr, S. C., Shafer, M. M., Overdier, J. y Armstrong, D. E.**, 2008. Hydrologic and biogeochemical controls on trace element export from northern Wisconsin wetlands. *Biogeochemistry*, 89, 273-294.
- Mitsch, W., y Gosselink, J.**, 2000. *Wetlands*. John Wiley & Sons. Inc., New York, New York.
- Odum, E. P.**, 1978. The value of wetlands: a hierarchical approach. PEJRC a. JEC Gresson (ed.) *Wetland Functions and Values: the State of Our Understanding*. American Water Resources Association.
- Richardson, C., Reiss, P., Hussain, N.A., Alwash, A. y Pool, D.**, 2005. The restoration potential of the Mesopotamian marshes of Iraq. *Science* 307, 1307.