



EVOLUCIÓN QUÍMICA DEL AGUA EN UN AMBIENTE SILICOCLÁSTICO SALINO COSTERO

CHEMICAL EVOLUTION OF WATER IN A COASTAL SALINE SILICICLASTIC ENVIRONMENT

Perillo, Vanesa Liliana^{1,2}; Maisano, Lucía^{1,3}; Martínez, Ana María⁴; Quijada, Isabel Emma⁵; Cuadrado, Diana Graciela^{1,3}

¹Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET-UNS), Argentina, ²Universidad Nacional del Sur, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Argentina, ³Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Argentina, ⁴Universidad Nacional del Sur, Departamento de Química, Argentina, ⁵Universidad de Oviedo, Departamento de Geología, España

vperillo@criba.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es caracterizar la evolución química del agua de mar en la planicie costera salina moderna Paso Seco, provincia de Buenos Aires (40°33'S; 62°14'O). Para ello, se realizaron dos campañas (2017-2018), donde se tomaron muestras de agua: dos de agua intersticial, una de un arroyo de marea que atraviesa la planicie, y dos de depresiones someras con diferente grado de evaporación. Se midió la salinidad y el contenido iónico del agua, encontrándose una salinidad del arroyo de marea del doble del agua de mar, el triple en agua intersticial, y de 5,9 a 8,1 veces mayor en las depresiones. La concentración de iones indica que se cumple la división química que ocurre durante la concentración evaporítica, correspondiéndose con la precipitación de CaCO₃, yeso y halita promovida por la cantidad de iones Ca²⁺ y SO₄²⁻.

Palabras clave: evaporitas marinas, composición química, agua de mar, planicie costera salina.

Introducción

Un ambiente evaporítico se caracteriza por tener factores climáticos e hidrológicos que promueven un balance de agua negativo. En general, los lugares donde se presentan estas características se encuentran mayormente dentro de dos anillos de alta presión subtropicales (entre 15° y 35° de latitud desde el ecuador), donde hay limitadas precipitaciones y alta evaporación (Borchert y Muir, 1964; Babel y Schreiber, 2014). Allí se depositan evaporitos marinos, caracterizados particularmente según la concentración iónica particular del agua de mar.

Hardie y Lowenstein (2003), en base a los resultados de Usiglio (1849), midieron la concentración iónica del agua de mar a medida que ésta se evapora, pudiendo determinarse dos grandes divisiones que generan diferentes evaporitos marinos. Primero, se encuentra la división en base al CaCO₃, y luego en base al yeso, si hay suficiente cantidad de Ca²⁺ en la solución salina (Hardie y Lowenstein, 2003; Babel y Schreiber, 2014).

La planicie costera salina moderna Paso Seco (40°33'S; 62°14'O) se ubica en una región semiárida, con pocas precipitaciones y vientos secos predominantes del NNO. El ambiente es un antiguo canal de marea, separado del mar por una espiga de arena, a través de la cual el mar ingresa periódicamente inundando la planicie y evaporándose posteriormente (Fig. 1). Los sedimentos superficiales están colonizados por matas microbianas de hasta 1 cm de espesor, poco permeables. El objetivo de este trabajo es caracterizar la evolución química del agua en la planicie de Paso Seco y determinar si la planicie se corresponde con un sitio evaporítico a pesar de encontrarse por fuera del anillo de alta presión subtrópico.

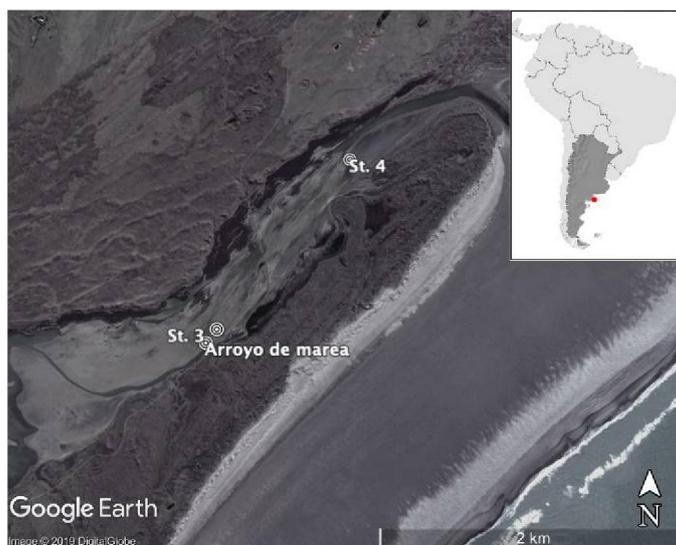


Figura 1. Ubicación de la planicie Paso Seco, junto la ubicación de sus estaciones: arroyo de marea ($40^{\circ}38'42.20''S$; $62^{\circ}13'4.81''O$), St. 3 ($40^{\circ}38'39.32''S$; $62^{\circ}13'1.72''O$), y St. 4 ($40^{\circ}38'3.32''S$; $62^{\circ}12'24.85''O$)

Materiales y Métodos

Se extrajeron muestras de agua en dos campañas (Septiembre 2017 y Marzo 2018) de dos estaciones 3 y 4, y de un arroyo de marea localizado cerca de la estación 3 ('St. 3' y 'St. 4' y 'arroyo de marea, respectivamente). Además, se tomaron muestras de dos depresiones de marea (DM) con al menos 4 cm de agua en St. 4 ('St. 4 DM' y 'St. 4 DM halita'). La salinidad se midió mediante el empleo de un conductímetro Hanna y los iones principales de agua de mar se determinaron siguiendo los métodos estándar de APHA (2005). Se utilizó un sensor de medición de nivel de agua HOB0 (modelo U20), ubicado 40 cm por debajo de la superficie de la planicie, y se emplearon datos del Global Forecast System de la estación meteorológica más cercana a Paso Seco para estimar las condiciones climáticas de la planicie (El Condor, Río Negro, Argentina). Se determinó la naturaleza de los evaporitos precipitados a través de características macroscópicas, por difracción de rayos X y micrografías realizadas con EDX.

Resultados

En los períodos invernales, la planicie se encuentra mayormente inundada en contraste con lo que ocurren en los períodos estivales desde septiembre hasta abril. Durante los días anteriores al muestro de Septiembre 2017, la planicie experimentó condiciones de temperatura del aire entre 20 y 25 $^{\circ}C$ y la velocidad del viento fue entre 20 y 36 $km\ h^{-1}$, con dirección predominantemente del NO. Se determinaron períodos de inundación y de evaporación (PE) en la planicie, producidos con anterioridad a la campaña (agosto-septiembre 2017, Fig 2 a). Se destaca que las matas microbianas funcionan como una capa impermeable facilitando la retención del agua de mar sobre la planicie.

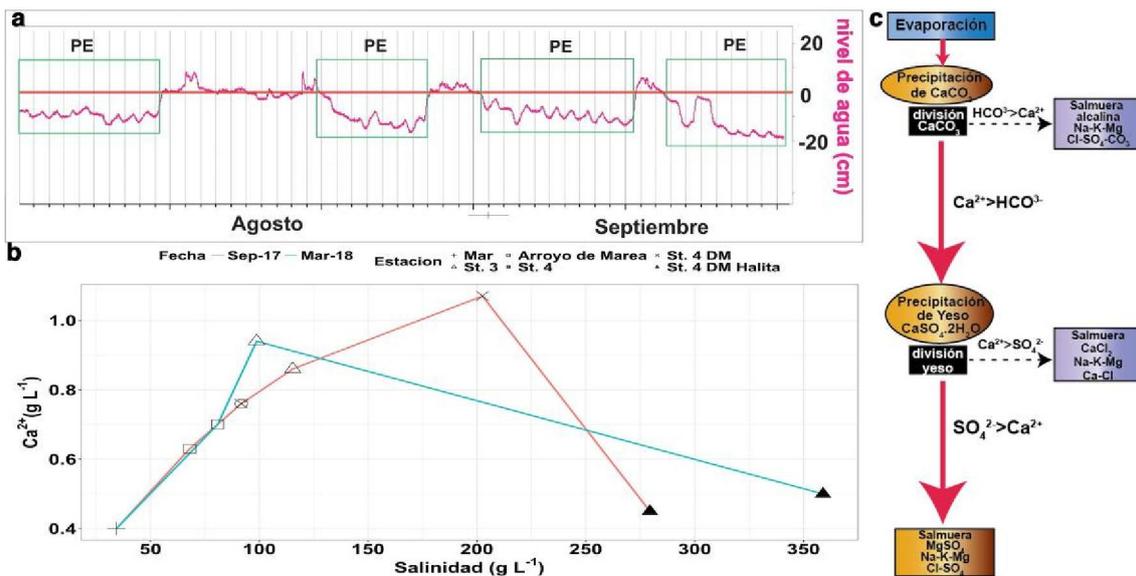


Figura 2. (a) Variación del nivel de agua de mar que ingresó a la planicie Paso Seco (San Blas, Argentina) en los días anteriores al muestreo en septiembre 2017. La línea roja indica la superficie de la planicie. Los rectángulos verdes indican períodos de exposición de planicie (PE). (b) Variación de la concentración de Ca^{2+} respecto de la salinidad durante los períodos de muestreo de Septiembre 2017 y Marzo 2018. (c) Evolución evaporítica del agua de mar en la planicie de Paso Seco. Modificado de Hardie y Lowenstein (2003).

Para caracterizar el ambiente, se midió la salinidad de las distintas estaciones (St. 3, St. 4 y arroyo de marea) y de las distintas depresiones encontradas (DM) en el período que abarca desde Septiembre 2017 a Marzo 2018. Los valores de salinidad variaron en los diferentes lugares de muestreo (Fig. 2 b); sin embargo, St. 3 siempre registró la salinidad más alta con respecto a St. 4 y el arroyo de marea. La salinidad del agua retenida en las DM siempre fue mayor que en cualquiera de las otras estaciones. A su vez, la concentración de Ca^{2+} disminuyó drásticamente cuando la salinidad superó los 200 g L^{-1} (Fig. 2 b), indicando que parte del Ca^{2+} presente en el agua ha precipitado en forma de carbonato hasta agotar el HCO_3^- y gran parte como yeso (Hardie y Lowenstein, 2003). El carbonato se reconoció en forma de láminas en testigos verticales de sedimento mediante petrografía y micrografías con EDX.

Además, en la planicie se encontraron halos de evaporación rodeando las depresiones de marea y se encontró sobre la superficie sedimentaria la presencia de yeso en forma de láminas delgadas, blancas, cuya composición se verificó con análisis de difracción de RX. Como último elemento de evaporación del agua de mar se encontraron cristales cúbicos de halita donde el agua presentó la mayor salinidad ($> 275 \text{ g L}^{-1}$) y menor concentración de iones Ca^{2+} .

Conclusiones

Desde septiembre hasta abril, el agua de mar que ingresa a la planicie es retenida en las depresiones de la superficie sedimentaria, por el sello generado por las matas microbianas. Luego, el agua es evaporada por radiación solar durante períodos de altas temperaturas y vientos moderados. Por lo tanto, la planicie de Paso Seco se comporta como una cuenca salina que evoluciona periódicamente a sequedad total durante los meses estivales.

La evaporación del agua de mar sobre la planicie produce la precipitación de CaCO_3 (Fig. 2c), consumiéndose la totalidad del ión HCO_3^- y quedando en el agua un exceso de iones Ca^{2+} . Ello conlleva a la precipitación de yeso, que consume la totalidad de los iones Ca^{2+} presente en el agua. Por último, se produce la precipitación de halita. Sin embargo, la salmuera no permanece en evidencia debido a que, a pesar de los PE, dentro de los períodos estivales también hay períodos de inundación, que disuelven la mayor parte de halita y yeso que poseen los mayores coeficientes de solubilidad. Sólo queda precipitado el carbonato de calcio en forma de láminas.



Bibliografía

- APHA**, 2005. Standard methods for the examination of water and waste water. 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Babel, M. y Schreiber, B.C.**, 2014. 9.17-Geochemistry of evaporites and evolution of seawater. *Treatise Geochem.*: 483–560.
- Borchert, H. y Muir, R.O.**, 1964. Salt deposits: the origin, metamorphism and deformation of evaporites. Van Nostrand, 338 páginas, Nueva York.
- Hardie, L.A. y Lowenstein, T.K.**, 2003. *Evaporites. Sedimentology.* Springer Netherlands, Dordrecht. p. 416–426
- Usiglio, M.J.**, 1849. Etudes sur la composition de l'eau de la Mediterranee et sur l'exploitation des sels qu'elle contient. *Ann. Chim Phys Ser 3* 27: 172–191.