

# Hidroquímica de humedales costeros asociados a la Reserva Natural Bahía San Blas

Julieta Galliari<sup>1</sup>, Carolina Tanjal<sup>1</sup>, Guido Borzi<sup>1</sup>, Lucía Santucci<sup>1</sup>, M del Pilar Álvarez<sup>2</sup>, Eleonora Carol<sup>1</sup>

**Resumen** Los humedales son bienes que prestan servicios ambientales y los ecosistemas más productivos de la Tierra. La Reserva Natural Bahía San Blas, localizada en el sureste de la Provincia de Buenos Aires, es un área protegida de clima semiárido con fuerte evaporación que comprende humedales con ambientes de planicies intermareales asociados a canales de marea, donde la interacción entre el agua subterránea y los flujos intermareales condicionan la hidroquímica del humedal. El objetivo del trabajo fue caracterizar químicamente el agua superficial y subterránea asociada al humedal. Durante febrero de 2023 se realizó un análisis topográfico junto a relevamientos que comprendió una red de monitoreo de agua superficial y subterránea. En campo se midió el pH y conductividad eléctrica del agua (CE, indicadora de salinidad) con un equipo portátil y se colectaron muestras para analizar iones mayoritarios en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas. Los resultados obtenidos evidencian que el agua es de tipo clorurada sódica. Mientras que la hidroquímica del humedal está condicionada por la fuerte evapotranspiración del área, la descarga de agua subterránea desde las geoformas positivas, así como también por la influencia del flujo mareal, lo que conlleva a cambios en la salinidad y el contenido iónico del agua superficial y subterránea. Comprender el funcionamiento de los humedales brinda herramientas para la gestión de estos ecosistemas hidrodinámicamente muy activos.

**Palabras clave** Planicies intermareales, agua subterránea, agua superficial.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son, por su oferta de bienes y prestación de servicios ambientales, los ecosistemas más productivos de la Tierra (Isacch et al., 2010). Dentro de los diversos tipos humedales costeros, las planicies intermareales y marismas son uno de ellos. Las planicies intermareales son ambientes que se caracterizan por funcionar como enlace entre ecosistemas terrestres y marinos (Kunz, 2009), donde la conexión periódica con el mar es uno de sus rasgos más exclusivos y conlleva importantes cambios en su dinámica física, química y biológica. Asimismo, este tipo de humedales se desarrollan en zonas protegidas de la energía de las olas, como p.e. en bahías, caletas y lagunas costera, entre otras (Allen, 2000).

La Reserva Natural Bahía San Blas se localiza en el sureste de la Provincia de Buenos Aires. Es un área protegida que comprende ambientes de planicies intermareales asociados a canales de marea activos y canales de marea cuya conexión con el ciclo mareal es muy limitada producto de la evolución geomorfológica del área durante el Cuaternario. Dentro de la reserva, el sector de estudio se ubica en el engolfamiento al suroeste de Punta Remires, donde se desarrolla un área de planicie intermareal que recibe aporte de flujo de mareas a través de un canal activo que lo comunica con el mar (Fig. 1a). El clima de la zona es semiárido, adquiriendo relevancia la evapotranspiración durante gran parte del año, siendo la precipitación media anual de 460 mm y la evapotranspiración potencial de 730 mm/año (Galliari et al., 2021). El régimen de mareas es semidiurno variando entre micromareales y mesomareales dependiendo de la influencia de los vientos. En consecuencia, la hidrología del área está condicionada tanto por los aportes desde flujos mareales como por las variables climáticas. La interacción entre el agua subterránea y los flujos intermareales condicionan la hidroquímica del humedal, así como sus características ambientales. El objetivo del trabajo fue

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET), La Plata, Argentina. Email: [jgalliari@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:jgalliari@cig.museo.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup>Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (CONICET), Puerto Madryn, Argentina.

caracterizar químicamente el agua superficial y subterránea asociada al humedal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis topográfico a partir de un modelo de elevación digital, (MDE, TanDEM-X) junto a relevamientos de campo donde se describieron las características texturales de los sedimentos. A su vez, se generó una red de monitoreo que comprende puntos de medición y muestreo de agua superficial y subterránea. Las muestras de agua superficial fueron extraídas con botellas plásticas directamente del canal de marea, planicie intermareal y mar. Respecto de las muestras de agua subterránea, éstas fueron tomadas de molinos preexistentes ubicados en las zonas elevadas adyacentes a la planicie intermareal. En esta última se efectuaron freáticos someros con barreno manual, entubados con caños de PVC de 2 pulgadas, con filtro continuo y prefiltro de grava silíceo. En campo se midió el pH y conductividad eléctrica del agua (CE, indicadora de salinidad) con un equipo portátil. Las muestras obtenidas fueron analizadas en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas donde se determinaron las concentraciones de iones mayoritarios a partir de métodos estandarizados (APHA, 1998). Los carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) fueron determinados por titulación. Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) por fotometría de llama, sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) por espectrofotometría UV-Visible. El análisis de las facies de agua se efectuó en base al porcentaje iónico a partir del Diagrama de Piper-Hill. Cabe aclarar que el muestreo se efectuó en febrero de 2023 en bajamar dentro del periodo de déficit hídrico (evapotranspiración mayor a la precipitación).

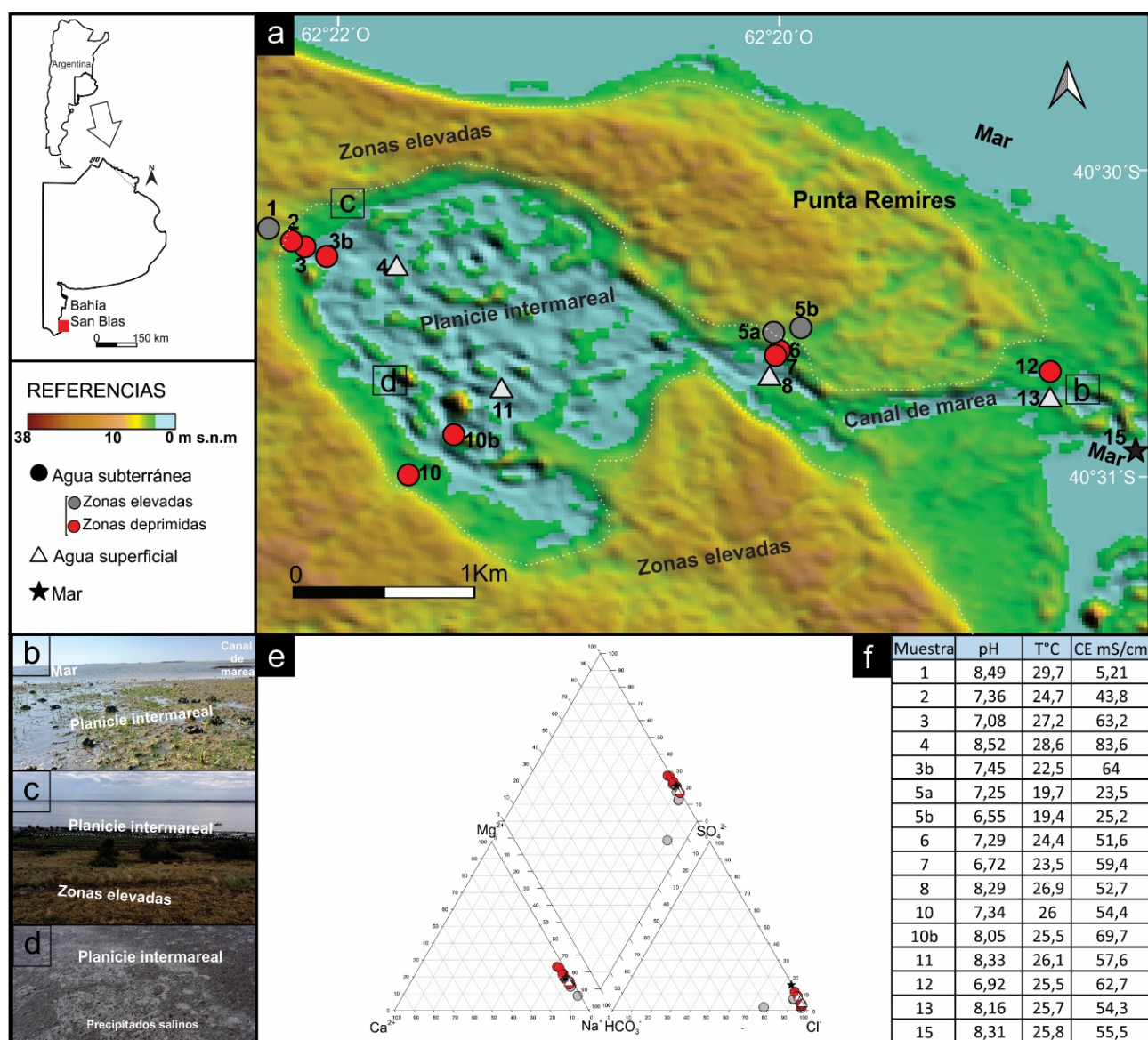
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del MED (Fig. 1a) se puede reconocer que el relieve del área de estudio presenta cotas topográficas en general inferiores a 16 m.s.n.m. Las zonas deprimidas se asocian a una planicie intermareal (Fig. 1a, b, c y d) que conecta con el mar por medio de una canal de marea (Fig 1a y b), con cotas inferiores a los 3 m.s.n.m. Las zonas topográficamente más elevadas se encuentran bordeando la planicie intermareal (Fig. 1a y c) y presentan cotas entre 8 y 16 m.s.n.m.

Las zonas deprimidas presentan generalmente, desde un punto de vista textural, un tramo superficial con granulometría areno-gravosa a limo-gravosa y los niveles más profundos se caracterizan por presentar texturas arcillosas con concreciones y moteados de hierro-manganeso. Sin embargo, hacia los sectores internos de la planicie intermareal el contenido en arcilla aumenta considerablemente en superficie. Asimismo, se destaca la presencia de precipitados salinos en la superficie de las áreas deprimidas (Fig. 1a y d), producto de la importante evapotranspiración que existe en esta zona.

Los resultados obtenidos de las muestras de agua superficial y subterránea evidencian que, en función de los contenidos de iones mayoritarios, el agua en todos los casos es de tipo clorurada sódica (Fig. 1e). No obstante, existen diferencias entre los valores de pH, conductividad eléctrica y contenido de iones mayoritarios de las muestras tanto de agua superficial como subterránea. Asimismo, en el agua subterránea se registran variaciones en los distintos sectores de la planicie intermareal.

El agua de mar que ingresa por el canal de marea e inunda planicie intermareal tiene valores de pH de 8,3 con una CE de 55,5 mS/cm. Por su parte, el agua superficial de la planicie intermareal en los sectores más distales al mar presenta valores de pH levemente más alcalinos y mayores CE alcanzando valores de 83,6 mS/cm. Es de esperar que este aumento en la CE se deba a la disolución de sales que se encuentran en los sedimentos superficiales de la planicie intermareal y bordes de los canales de marea por previa evaporación total del agua mareal retenida en los sedimentos. La formación de sales entre ciclos de pleamar y baja mar en forma de precipitados salinos en los sedimentos de las planicies intermareales, es un proceso frecuente principalmente en los periodos de fuerte evaporación (Alvarez et al., 2015; Carol & Álvarez, 2016; Carol et al., 2016)



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio y red de monitoreo. a) MED y ubicación de los puntos de muestreo. b, c y d) Ubicación de fotografías de campo. e) Diagrama de Piper. f) Tabla de pH, Temperatura (T°C) y Conductividad eléctrica (CE mS/cm) de las muestras de agua.

Con respecto al agua subterránea se observa variabilidad en los distintos sectores muestreados respecto del pH y la conductividad eléctrica. Los sectores asociados a geformas elevadas adyacentes a la planicie intermareal presentan agua subterránea neutra a levemente alcalina con conductividades eléctricas que varía entre 5,2 a 25,2 mS/cm, registrándose el agua más dulce en el punto 1 (Fig. 1a y f). Estas geformas se componen de sedimentos gravosos con matriz arenosa característica que propicia la rápida infiltración del agua de lluvia (Carol et al., 2024). Esto evita la acumulación y evaporación de agua en suelo y superficie convirtiéndose en áreas favorables para la recarga del acuífero. Respecto al agua subterránea de la planicie intermareal, el pH es principalmente neutro y las CE varían entre 43,8 y 69,7 mS/cm. Estas variaciones se asocian a que son ambientes que reciben el aporte de la descarga de agua subterránea desde las zonas más elevadas adyacentes, a la que se suma periódicamente la inundación mareal. El aporte de descarga subterránea hacia la planicie intermareal, se evidencia principalmente en aquellos sectores más próximos a las geformas positivas adyacentes (pozos 2, 6 y 10), donde se registran CE menores que la del agua de mar (Fig. 1c y f).

Por su parte, en los freáticos ubicados próximos al canal de marea y dentro de la planicie intermareal se registra que los valores de conductividad eléctrica son mayores al agua de mar, indicando que el

proceso de disolución de sales por previa evaporación total del agua mareal retenida en los sedimentos es dominante.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen en evidencia la variabilidad química que presentan los humedales costeros asociados canales de mareas y planicies intermareales en el área de Reserva Natural Bahía San Blas.

La hidroquímica del humedal está condicionada por la fuerte evapotranspiración del área, la descarga de agua subterránea desde las geoformas positivas, así como también por la influencia del flujo mareal, lo que conlleva a cambios en la salinidad y el contenido iónico del agua superficial y subterránea. El flujo mareal ingresa por el canal de marea durante las pleamares inundando la planicie intermareal. Sin embargo, en momentos donde se produce la bajamar o el ingreso de la marea es restringido, el agua superficial y el agua retenida en la superficie del suelo de la planicie intermareal tiende a evaporarse totalmente, proceso que se evidencia en la presencia de precipitados salinos presentes en el suelo de las zonas deprimidas. Luego con el ingreso de la marea, la disolución de estas sales provoca el aumento en las salinidades tanto del agua superficial como subterránea.

El conocimiento hidroquímico del humedal aporta bases para la comprensión de su funcionamiento no sólo hidrológico, sino también ec hidrológico ya que la salinidad del agua y tipo de contenido iónico son importantes características ambientales que condicionan el desarrollo de los ecosistemas.

## REFERENCIAS

- Allen, J. R.** (2000). Morphodynamics of Holocene salt marshes: a review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 19(12), 1155–1231.
- Alvarez, M., Carol, E., & Dapeña, C.** (2015). The role of evapotranspiration in the groundwater hydrochemistry of an arid coastal wetland (Península Valdés, Argentina). *Science of The Total Environment*, 506, 299–307.
- APHA** (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Carol, E., Perdomo, S., Tanjal, C., Scivetti, N., & Álvarez, M.** (2024). Quaternary climatic events as conditioning factors of hydrogeologic characteristics and salinity in coastal aquifers at northern Patagonia, Argentina. *Quaternary Research*, 1–10.
- Carol, E. & Álvarez, M.** (2016). Processes regulating groundwater chloride content in marshes under different environmental conditions: A comparative case study in Península Valdés and Samborombón Bay, Argentina. *Continental Shelf Research*, 115, 33–43.
- Carol, E. S., del Pilar Alvarez, M., & Borzi, G. E.** (2016). Assessment of factors enabling halite formation in a marsh in a humid temperate climate (Ajó Marsh, Argentina). *Marine Pollution Bulletin*, 106(1-2), 323–328.
- Galliari, J., Santucci, L., Misseri, L., Carol, E., & Alvarez, M.** (2021). Processes controlling groundwater salinity in coastal wetlands of the southern edge of South America. *Science of the Total Environment*, 754, 141951.
- Isacch, J., Escapa, M., Fanjul, E., & Iribarne, O.** (2010). Valoración ecológica de bienes y servicios ecosistémicos en marismas del Atlántico Sudoccidental. *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, 529–551. INTA.
- Kunz, D. M.** (2009). *Ecological effects of rising sea level on shorezone*. East Carolina University.