

Distribución de nutrientes en marismas de la Reserva Natural Bahía San Blas

Julieta Galliar¹, Carolina Tanjal¹, Francisco Cellone², Rosario Acosta¹, M del Pilar Álvarez³, Eleonora Carol¹

Resumen Las marismas constituyen uno de los principales humedales costeros cuyo funcionamiento hidrológico está íntimamente ligado a los flujos mareales. Uno de los principales servicios ecosistémicos de estos humedales es la regulación del contenido de macro y micronutrientes. La Reserva Natural Bahía San Blas es un área protegida que comprende ambientes de planicies intermareales asociados a ambientes de marismas producto de la evolución geomorfológica del área durante el Cuaternario. La hidrología del área está condicionada tanto por los aportes desde flujos mareales como por las variables climáticas asociadas a la evapotranspiración. El objetivo del trabajo fue caracterizar la distribución de nutrientes en las planicies intermareales asociadas a ambientes de marismas. Se diseñó una red de monitoreo que comprende puntos de muestreo de agua superficial y subterránea somera ubicados en los distintos sectores del humedal (planicie intermareal y zonas adyacentes a esta) y agua de mar. Durante el muestreo se determinó en campo el pH y conductividad eléctrica (CE) del agua con un equipo portátil. En las muestras extraídas se determinó el contenido de fósforo total (Pt), fósforo reactivo soluble (Ps), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y amonio (NH_4^+). Los resultados expuestos evidencian que el humedal costero constituye un ambiente intermareal con marismas asociadas donde los aportes de N y P derivarían no solo de fuentes antrópicas sino también de fuentes naturales como la atmosférica y la degradación de la materia orgánica propia del ambiente y en el caso de la marisma y planicie fangosa también del flujo mareal y descarga de agua subterránea. Los resultados obtenidos constituyen una base de datos de importancia para la gestión de estas áreas de humedales costeros que alojan reservas naturales.

Palabras clave Humedales costeros, marismas, nutrientes solubles, agua subterránea y superficial.

INTRODUCCIÓN

Las marismas constituyen uno de los principales humedales costeros cuyo funcionamiento hidrológico está íntimamente ligado a los flujos mareales. Uno de los principales servicios ecosistémicos de estos humedales es la regulación del contenido de macro y micronutrientes (Odum, 1980). Dentro de las marismas y en los ambientes adyacentes a estas pueden generarse nutrientes producto de la descomposición de la materia orgánica los cuales son movilizados con la circulación del agua subterránea junto con las sales solubles (Porubsky et al., 2014; Shen et al., 2016). Por otro lado, los aportes de nutrientes que ingresan a los humedales costeros desde las zonas elevadas adyacentes a través del flujo subterráneo han sido principalmente estudiados en áreas afectadas por fuentes antrópicas con uso de suelo agrícola o residenciales. No obstante, se ha observado que el flujo de agua subterránea a través de las marismas proporciona nutrientes a las aguas superficiales costeras incluso en sitios no afectados por actividades antrópicas (Krest et al., 2000; Wilson & Morris, 2012).

El área de estudio se ubica en la Reserva Natural Bahía San Blas, localizada al sureste de la Provincia de Buenos Aires. Es un área protegida que comprende ambientes de planicies intermareales asociados a ambientes de marismas, producto de la evolución geomorfológica del área durante el Cuaternario. El sector de estudio dentro de la Reserva Natural 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, dominando la evapotranspiración sobre las precipitaciones durante gran parte del año. El régimen de mareas es semidiurno, variando entre micromareales y mesomareales dependiendo de la influencia

¹Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET), La Plata, Argentina. Email: jgalliar@cig.museo.unlp.edu.ar

²Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (UNLP-CONICET), La Plata, Argentina.

³Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (CONICET), Puerto Madryn, Argentina.

de los vientos. En consecuencia, la hidrología del área está condicionada tanto por los aportes desde flujos mareales como por las variables climáticas asociadas a la evapotranspiración. El objetivo del trabajo fue caracterizar la distribución de nutrientes en las planicies intermareales asociadas a ambientes de marismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de imágenes obtenidas de Google Earth y relevamientos de campo, se diseñó una red de monitoreo que comprende puntos de muestreo de agua superficial y subterránea somera ubicados en los distintos sectores del humedal (planicie intermareal y zonas adyacentes a esta) y agua de mar. Los puntos de monitoreo de agua subterránea comprenden freáticos localizados en distintos sectores de la marisma y molinos (ubicados en campos y estancias) adyacentes a la misma (Fig. 1a). Los freáticos se efectuaron con barreno manual y fueron entubados con caños de PVC de 2 pulgadas con filtro continuo y prefiltro de grava silíceo. Durante el muestreo se determinó en campo el pH y conductividad eléctrica (CE) del agua con un equipo portátil. El muestreo, preservación y análisis de las muestras de agua se efectuó siguiendo las normas APHA (1998). En las muestras extraídas se determinó por espectrometría UV-visible en el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) el contenido de fósforo total (Pt), fósforo reactivo soluble (Ps), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y amonio (NH_4^+). Las determinaciones se efectuaron por triplicado, presentándose en el presente trabajo los valores medios obtenidos. Los datos corresponden a una campaña de muestreo efectuada en febrero 2023 durante baja mar. Los datos obtenidos de concentraciones de nutrientes fueron representados a través de columnas apiladas en cada ambiente muestreado.

RESULTADOS

A partir de imágenes satelitales, así como observaciones en campo, se reconoce una zona deprimida por donde ingresa la marea a través de un canal de marea hacia una planicie fangosa sin vegetación asociada y un sector de marisma que se desarrolla en las márgenes del canal y la planicie fangosa (Fig. 1a). La marisma a su vez se subdivide en alta y baja. En la marisma alta domina la *Spartina densiflora* y *Limonium*, presentando niveles superficiales gravo-arenosos y los niveles más profundos más arcillosos. Por su parte, en la marisma baja se reconoció principalmente *Spartina alterniflora*, y si bien se observa la presencia de grava y arena, el contenido en arcilla es superior a la anterior. Se destaca la presencia de rasgos hidromórficos en ambos sectores, así como precipitados salinos en la superficie del suelo. Por otro lado, se reconoce una zona elevada bordeando al humedal (Fig. 1a) compuesto principalmente por sedimentos gravosos con matriz arenosa.

Dentro de los ambientes estudiados existen marcadas diferencias en cuanto a las CE del agua, no obstante, dentro del humedal domina el agua salada (Fig. 1b). El agua de mar que ingresa por el canal de marea e inunda la planicie intermareal y marismas asociadas tiene CE de 55.5 mS/cm alcanzando un valor de 83.6 mS/cm en los sectores más distales a la desembocadura (Fig. 1b). Respecto al agua subterránea existe un gradiente de salinidades desde las zonas elevadas hacia la planicie fangosa. Se registran valores entre 5.2 y 25.2 mS/cm en los sectores más elevados (pozos 1, 5a, y 5b), entre 43.8 y 54.4 mS/cm en la marisma alta (pozos 2, 6, y 10), y entre 59.4 y 63.2 mS/cm en la marisma baja (pozos 12, 3, y 7). En dicho gradiente, el máximo valor se encuentra en la planicie fangosa con un valor de 69.7 mS/cm (pozo 10b) (Fig. 1b).

Respecto a los contenidos de nutrientes, se observa que el dominante en todos los ambientes estudiados dentro del humedal es el NO_3^- con excepción de una muestra de agua subterránea de la planicie fangosa donde el contenido en Pt es considerablemente mayor (Fig. 1c). Los NO_3^- por su parte presentan mayores contenidos en el agua subterránea que en la superficial, registrándose las mayores concentraciones en los freáticos de las zonas elevadas (Fig. 1c). Los contenidos de NO_3^- en las muestras de agua subterránea variaron entre 103.0 y 8.991 mg/L en las zonas elevadas,

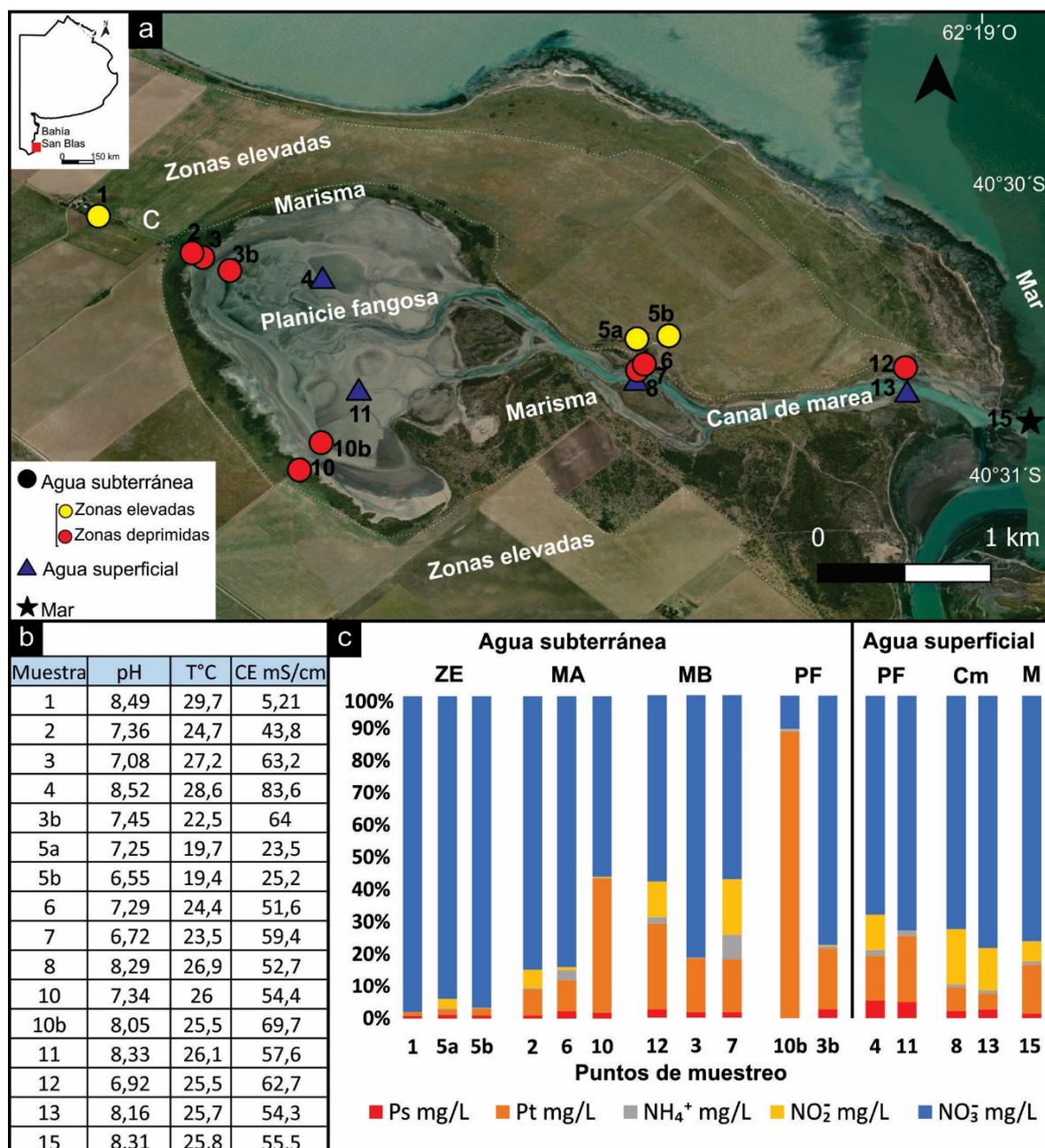


Figura 1. a) Área de estudio y red de monitoreo. b) Tabla de pH, temperatura (T°C) y conductividad eléctrica (CE mS/cm) del agua en cada punto monitoreado. c) Concentraciones porcentuales de fósforo total (Pt), fósforo soluble (Ps) y nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amonio (NH₄⁺) en los puntos de muestreo agrupados según procedencia donde ZE: zonas elevadas; MA: marisma alta; MB: marisma baja; PF: planicie fangosa; Cm: canal de marea y M: mar.

entre 2.870 y 13.729 mg/L en las muestras obtenidas en la marisma, y entre 3.164 y 7.348 mg/L en la planicie fangosa. En el agua superficial, en cambio, el contenido en NO₃⁻ es considerablemente más bajo que en la subterránea, registrando contenidos menores a 5.222 mg/L.

El Pt es la segunda especie dominante, registrándose mayores contenidos en el agua subterránea respecto de la superficial (Fig. 1). En las zonas elevadas varía entre 0.203 y 1.137 mg/L, aumentando hacia la marisma (con variaciones entre 0.812 y 7.994 mg/L), alcanzando el máximo en la planicie fangosa (27.073 mg/L). En el agua superficial en cambio varía entre 0.151 y 1.068 mg/L.

Con respecto a NH₄⁺, NO₂⁻, y Ps, estos presentan valores menores a 1 mg/L en todos los ambientes analizados. En el agua subterránea, los valores más elevados de Ps se registran en las zonas

elevadas, alcanzando concentraciones de 0.979 mg/L. Con respecto al NO_2^- y el NH_4^+ , los valores más bajos fueron registrados en las zonas elevadas y los más altos en la marisma baja, variando entre 0.002 y 0.865 mg/L, y entre 0.013 y 0.382 mg/L respectivamente.

En el agua superficial en cambio, los contenidos en NH_4^+ en promedio son de 0.062 mg/L, de NO_2^- de 0.149 mg/L, y los de Ps variaron entre 0.086 mg/L (en el agua de mar) y 0.149 mg/L (en la planicie fangosa).

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos evidencian que el humedal costero asociado al área de Reserva Natural Bahía San Blas constituye un ambiente intermareal con marismas asociadas, donde los aportes de N y P derivarían no solo de fuentes antrópicas sino también de fuentes naturales como la atmosférica y la degradación de la materia orgánica propia del ambiente, y en el caso de la marisma y planicie fangosa, también del flujo mareal y descarga de agua subterránea. En las zonas elevadas, las muestras extraídas corresponden a molinos ubicados en cascos de estancias donde los pozos sépticos y el uso de fertilizantes darían lugar a la elevada concentración de nitratos. En este sector dominan gravas y arenas que favorecen la infiltración del agua de lluvia (Carol et al., 2024) y desde allí un flujo hacia la marisma. Esta descarga de agua subterránea desde las zonas elevadas permite el transporte en solución de NO_3^- , ya que es la especie de N más abundante y conservadora en el agua subterránea bajo condiciones oxidantes. Asimismo, bajo condiciones oxidantes, el P tiene mayor afinidad por los sedimentos en los cuales se encuentra mayormente retenido registrándose en bajas concentraciones como Ps en el agua.

Por otro lado, el proceso de nitrificación es un proceso de conversión biológica de NH_4^+ a NO_2^- a NO_3^- que ocurre bajo condiciones oxidantes. Es de esperar entonces que las concentraciones de NO_3^- sean mayores que las de NH_4^+ y NO_2^- . Sin embargo, si consideramos que el NH_4^+ puede ser liberado de los sedimentos en momentos de anoxia, es posible que aumente su concentración en agua, proceso que ocurriría en la marisma baja durante el ingreso mareal.

Los resultados obtenidos constituyen una base de datos de importancia para la gestión de estas áreas de humedales costeros que alojan reservas naturales. Dado que la dinámica de los nutrientes condiciona muchas de las características ecosistémicas y ambientales de los humedales, comprender el funcionamiento hidrogeoquímico resulta de relevancia en la preservación del humedal y contribuye a la identificación temprana de futuras posibles afectaciones.

REFERENCIAS

- APHA** (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed.* American Public Health Association (APHA), 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.
- Krest, J. M., Moore, W. S., Gardner, L. R., & Morris, J. T.** (2000). Marsh nutrient export supplied by groundwater discharge: Evidence from radium measurements. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(1), 167–176.
- Odum, E. P.** (1980). *The status of three ecosystem-level hypotheses regarding salt marsh estuaries: Tidal subsidy, outwelling, and detritus-based food chains.* Academic Press.
- Porubsky, W. P., Weston, N. B., Moore, W. S., Ruppel, C., & Joye, S. B.** (2014). Dynamics of submarine groundwater discharge and associated fluxes of dissolved nutrients, carbon, and trace gases to the coastal zone (Okatee River estuary, South Carolina). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 131, 81–97.
- Shen, C., Zhang, C., Jin, G., Kong, J., & Li, L.** (2016). Effects of unstable flow on solute transport in the marsh soil and exchange with coastal water. *Geophysical Research Letters*, 43(23), 12,091–12,098.
- Wilson, A. M. & Morris, J. T.** (2012). The influence of tidal forcing on groundwater flow and nutrient exchange in a salt marsh-dominated estuary. *Biogeochemistry*, 108, 27–38.