

# Distribución de formas nitrogenadas inorgánicas en un humedal receptor de efluentes residuales

M Paz Pasquale Pérez<sup>1,2</sup>, Eleonora Carol<sup>1,2</sup>, Lucía Santucci<sup>1,2</sup>

**Resumen** Los humedales constituyen ambientes de relevancia por los numerosos servicios ecosistémicos que proveen, tales como la depuración de aguas y la retención y eliminación de nutrientes. En la planicie costera de la Bahía Samborombón se desarrollan numerosos humedales que dependen de diversos factores para su funcionamiento hidrológico. El objetivo de este trabajo es analizar la influencia del aporte antrópico en las relaciones de los compuestos inorgánicos nitrogenados de un humedal afectado por una planta depuradora de efluentes cloacales. Para esto, se generó una red de monitoreo con puntos de muestreo de agua superficial en distintas zonas del humedal, la cual fue relevada en noviembre de 2022, determinándose en las muestras extraídas las concentraciones de nitrato, nitrito y amonio. Los resultados obtenidos muestran que, si bien el nitrato es el compuesto inorgánico nitrogenado más abundante, el agua proveniente de la planta depuradora de efluentes cloacales, junto con parte de la zona sur del humedal que recibe los vertidos de la misma, contienen mayor proporción de amonio. Sin embargo, se observa que en la dirección del flujo la concentración de amonio va disminuyendo, aumentando la concentración relativa de nitrato y nitrito, hasta que el primero pasa a ser el más abundante, como en el resto del área. Se concluye que el humedal presenta la capacidad de generar transformaciones de oxidación, demostrando la función depuradora del mismo.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los humedales constituyen ambientes de relevancia por los numerosos servicios ecosistémicos que proveen al ambiente, tales como la depuración de agua y la retención y eliminación de nutrientes (Kadlec & Wallace, 2009). Sin embargo, el aporte de nutrientes por actividad antrópica puede superar la capacidad depuradora de estos ecosistemas, llevando a procesos de eutrofización y degradación de los mismos, por lo que resulta de interés el monitoreo de las actividades que puedan afectarlo negativamente.

En la planicie costera de la Bahía de Samborombón en Argentina, se desarrollan numerosos humedales costeros, los cuales dependen de diversos factores para su funcionamiento hidrológico, tales como la marea y/o precipitaciones (Carol et al., 2008). Uno de estos humedales además recibe el aporte de aguas procedentes de una planta depuradora de efluentes cloacales. El objetivo de este trabajo es analizar la influencia del aporte antrópico en las relaciones de los compuestos inorgánicos nitrogenados en el humedal estudiado, junto con la capacidad depuradora del mismo.

## METODOLOGÍA

En base a imágenes satelitales, se definió una red de monitoreo de 12 puntos, en los cuales se extrajeron muestras de agua superficial entre el 3 y 6 de noviembre de 2022 para la determinación de especies inorgánicas de nitrógeno. La determinación de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en agua se realizó mediante espectrofotometría UV-Visible, siguiendo métodos estandarizados (APHA, 1998). Los datos obtenidos se expresaron como concentraciones molares de nitrógeno aportado por cada especie nitrogenada en solución, y se realizaron gráficos circulares para una mejor interpretación visual. Los gráficos se volcaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el fin de observar y estudiar espacialmente la variación de las concentraciones nitrogenadas en el agua superficial en

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Email: [mppasqualep@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:mppasqualep@cig.museo.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Geológicas (CIG), UNLP-CONICET, La Plata, Argentina.

los distintos sectores del humedal.

## RESULTADOS

La distribución espacial de los contenidos de nitrógeno proporcionado por el nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) y amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) en el humedal se muestra en la figura 1. En general, se observa que en gran parte del área, el  $\text{N-NO}_3^-$  es el más abundante en el agua superficial del humedal, seguido por el  $\text{N-NH}_4^+$ . El  $\text{N-NO}_2^-$  suele encontrarse en bajas concentraciones en comparación con los otros dos compuestos, por lo que en la mayoría de los casos no se llega a apreciar en los gráficos.

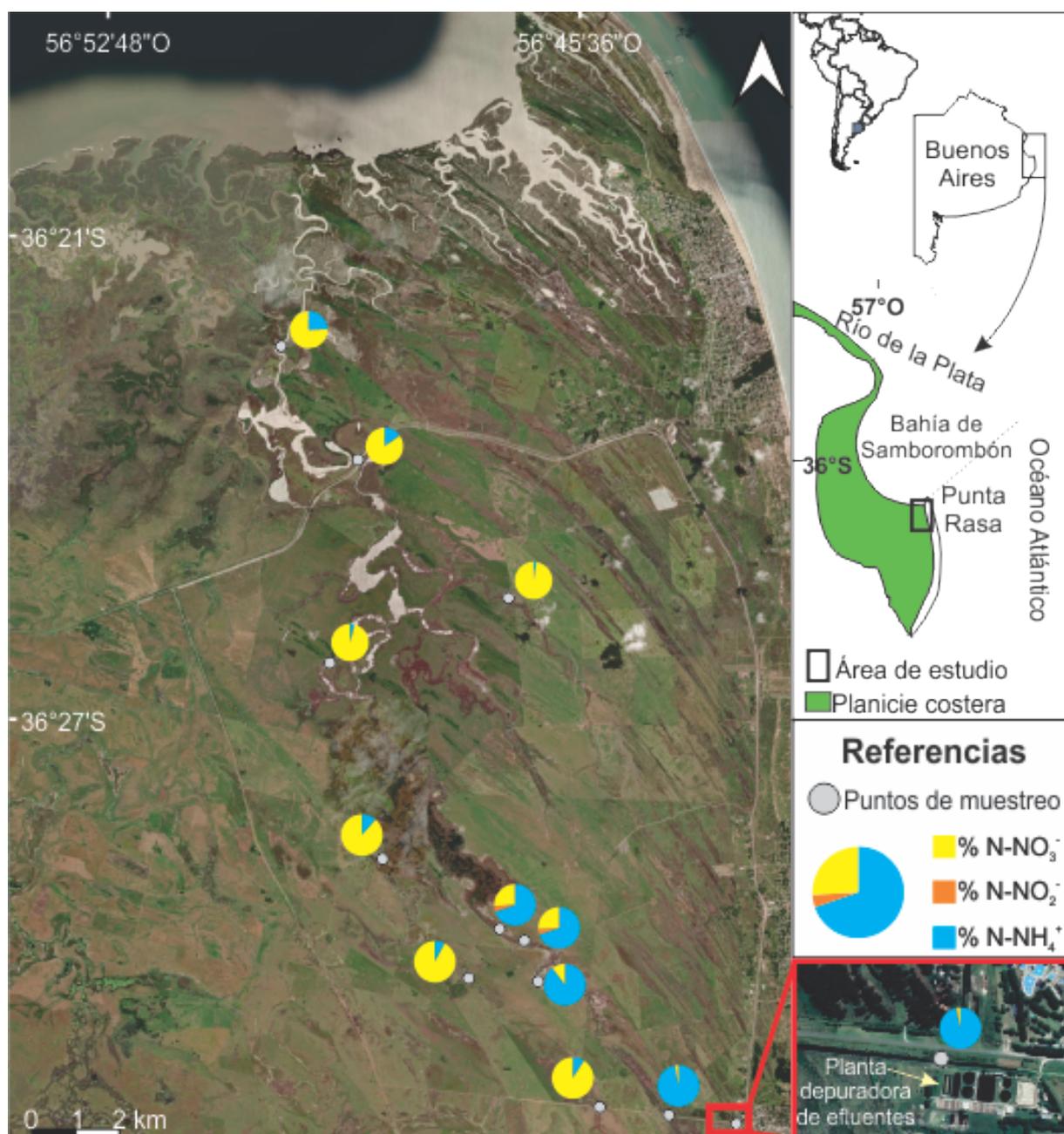
Particularmente en el sector sureste del humedal, se registra una mayor proporción de  $\text{N-NH}_4^+$ . Hacia el norte, se observa que la concentración relativa de  $\text{N-NH}_4^+$  va disminuyendo, existiendo un aumento de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NO}_2^-$ . Las altas concentraciones en el sur de  $\text{N-NH}_4^+$  se deberían a los efluentes tratados y liberados por la planta depuradora, dado que la muestra tomada en el canal tiene mucho mayor porcentaje de  $\text{N-NH}_4^+$  que de los otros dos compuestos nitrogenados. Los mayores porcentajes de  $\text{N-NH}_4^+$  (97.30 %) se registran en el canal de desagüe de la planta de tratamiento de efluentes cloacales, el cual drena hacia un sector bajo e inundable del humedal. Dentro de este bajo inundable, las proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  se mantienen altas; no obstante, se registra una disminución aguas abajo del sentido del drenaje. Esta característica es propia de este sector del humedal, registrándose en otros sectores que las proporciones de  $\text{N-NH}_4^+$  tienden a ser bajas. Si se comparan ambientes similares, se observa que en el bajo inundable que se encuentra hacia el oeste y que no recibe aportes de efluentes, la principal especie nitrogenada en solución es el  $\text{N-NO}_3^-$ , encontrándose el  $\text{N-NH}_4^+$  en proporciones inferiores al 11.47 %. También se puede apreciar una tendencia similar hacia el noreste, donde el humedal no es afectado por el aporte de efluentes.

Por otra parte, en el norte del área, en la zona costera del humedal, las relaciones entre los tres compuestos inorgánicos de nitrógeno son similares a las presentadas en los sectores que no reciben contribuciones de efluentes tratados de la planta depuradora. Sin embargo, presentan concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  relativamente más altas (24.33 %).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los sistemas de tratamiento de efluentes cloacales, el nitrógeno orgánico (NOrg) se transforma a nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) por procesos de amonificación el cual se oxida a nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) y finalmente a nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) por acción de las bacterias amonio-oxidantes y nitrito-oxidantes. En medios exógenos oxidantes el nitrato es la especie inorgánica de N más abundante la cual tiende a tener un comportamiento conservativo en el agua (Torres-Bojorges et al., 2017; Hopkinson & Giblin, 2008).

Los resultados obtenidos muestran que en los sectores que no están influenciados por la planta depuradora de efluentes cloacales el  $\text{N-NO}_3^-$  es la especie dominante mientras que en aquellos sectores del humedal que reciben vertidos desde dicha planta domina el  $\text{N-NH}_4^+$ . En base a lo expuesto precedentemente este aumento en los porcentajes de  $\text{N-NH}_4^+$  podría asociarse a transformaciones de oxidación incompletas en el proceso de tratamiento del NOrg. No obstante los resultados obtenidos también muestran que estas transformaciones de oxidación terminan de completarse dentro del humedal. Por un lado el  $\text{N-NH}_4^+$  puede ser asimilado por las raíces de las plantas o los microorganismos del humedal volatilizarse en las condiciones de pH superiores a 8 que pueda llegar a presentar el agua del humedal o bien oxidarse a nitrato (nitrificación) (Wilson et al., 2021). Respecto a este último proceso la presencia de  $\text{N-NO}_2^-$  aguas abajo del vertido estaría indicando que este proceso ocurre dentro del humedal. Asimismo nótese que la presencia de  $\text{N-NH}_4^+$  es local y que en el sentido del escurrimiento hacia el norte este compuesto de N tiende a ser escaso a nulo evidenciando también la función depuradora del humedal.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio y distribución de los puntos de muestreo. Gráficos circulares con los porcentajes relativos de N aportados por las especies inorgánicas de este elemento. El rectángulo rojo muestra en detalle la ubicación de la planta depuradora de efluentes cloacales.

Si bien en monitoreos previos realizados en el área estudiada se observó que la planta depuradora de efluentes trabaja en buenas condiciones durante gran parte del año es probable que los resultados expuestos en este trabajo representen condiciones particulares. En períodos estivales con alta afluencia turística donde el caudal de efluentes es elevado la planta de tratamiento podría estar liberando aguas tratadas con un ciclo de oxidación del  $\text{NOrg}$  incompleto condición que explicaría los altos contenidos de amonio (Hernández-Martínez et al., 2018).

Por último la concentración relativa de  $\text{N-NH}_4^+$  ligeramente mayor en las muestras más cercanas al estuario del Río de la Plata podría asociarse a aportes desde el río con el flujo mareal (Nagy et al., 2002; Calliari et al., 2005).

De los resultados obtenidos se desprende que el humedal presenta la capacidad de generar transfor-

maciones de oxidación demostrando la función depuradora del mismo. Se puede generar la retención del  $\text{N-NH}_4^+$  mediante la absorción de las raíces de las plantas, consumos por microorganismos o adsorción en los suelos y transformación por procesos de nitrificación aumentando la concentración relativa de nitratos hacia el norte. Es de suma importancia la realización de monitoreos periódicos para generar una alerta temprana en caso de observar que la capacidad depuradora del humedal disminuye o se encuentra saturada dado que podría provocar procesos de eutrofización o degradación del mismo.

## REFERENCIAS

- APHA** (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed.* American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Calliari, D., Gómez-Erache, M., & Gómez, N.** (2005). Biomass and composition of the phytoplankton in the Río de La Plata: Large-scale distribution and relationship with environmental variables during a spring cruise. *Continental Shelf Research*, 25, 197–210.
- Carol, E., Kruse, E., & Pousa, J.** (2008). Environmental hydrogeology of the southern sector of the Samborombon bay wetland, Argentina. *Environmental Geology*, 54, 95–102.
- Hernández-Martínez, J. L., Prado, B., Cayetano-Salazar, M., Bischoff, W. A., & Siebe, C.** (2018). Ammonium-nitrate dynamics in the critical zone during single irrigation events with untreated sewage effluents. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 467–480.
- Hopkinson, C. S. & Giblin, A. E.** (2008). Nitrogen dynamics of coastal salt marshes. *Nitrogen in the Marine Environment*, 991–1036.
- Kadlec, R. H. & Wallace, S.** (2009). *Treatment Wetlands* (2nd ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781420012514>
- Nagy, G. J., Gómez-Erache, M., Lopez, C., & Perdomo, A. C.** (2002). Distribution patterns of nutrients and symptoms of eutrophication in the Río de La Plata river estuary system. *Hydrobiologia*, 475–476, 125–139.
- Torres-Bojorges, A., Zurita, F., & Tejeda, A.** (2017). Carbamazepine removal in three pilot-scale hybrid wetlands planted with ornamental species. *Ecological Engineering*, 98, 410–417.
- Wilson, A. M., Shanahan, M., & Smith, E. M.** (2021). Salt marshes as groundwater buffers for development: a survey of South Carolina salt marsh basins. *Frontiers in Water*, 3.