

Informe Técnico

Número 01-2026



Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ciencias Marinas

Caracterización de las variables fisicoquímicas en pozas de marea de la Bahía de San Antonio durante su aislamiento mareal

Rodríguez Erriquez Sol Antonella, Fava María Paula, Firstater Fausto Nahuel

Julio de 2026

San Martín 247
CP 8520 San Antonio Oeste
Provincia de Río Negro, Argentina
Teléfono +54 2934 422752

Los informes técnicos de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Nacional del Comahue tienen por objetivo difundir los resultados de las actividades de investigación realizadas por docentes, investigadores y alumnos de la Facultad de Ciencias Marinas. Los contenidos y opiniones vertidas en los mismos son exclusiva responsabilidad de los autores.

La reproducción de esta publicación para fines científicos, educativos u otros propósitos no comerciales está autorizada sin permiso del titular del derecho de autor. La reproducción para fines comerciales está prohibida sin previa autorización por escrito del titular del derecho de autor.

Este documento debe ser citado como:

Rodríguez Erriquez SA, Fava MA, Firstater FN (2026) Caracterización de las variables fisicoquímicas en pozas de marea de la Bahía de San Antonio durante su aislamiento mareal. Informe Técnico N°01/2026. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue. 15 pp.

RESUMEN

Aunque las pozas de marea constituyen importantes refugios para la biodiversidad intermareal, su dinámica fisicoquímica es aún poco conocida en la Patagonia. El objetivo de este trabajo fue caracterizar las variables fisicoquímicas del agua en pozas de marea de la Bahía de San Antonio durante su aislamiento mareal diurno en períodos próximos a los solsticios de invierno y verano. Se seleccionaron 18 pozas en el intermareal medio y se midieron parámetros de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total (AT), carbono inorgánico disuelto (DIC) y nutrientes en ambos periodos estacionales. La temperatura, salinidad, pH y AT exhibieron una tendencia creciente hacia el verano. En contraste, el oxígeno disuelto, el DIC, los nitritos y nitratos disminuyeron en el período estival, mientras que los fosfatos y el amonio se mantuvieron estables. Estos patrones sugieren que tanto las condiciones atmosféricas como la actividad biológica influyen sobre este sistema. Los resultados obtenidos fortalecen el conocimiento de la dinámica fisicoquímica intermareal local, lo que resulta fundamental para comprender el funcionamiento de estos ecosistemas.

INTRODUCCIÓN

El intermareal rocoso es uno de los ecosistemas más estudiados a nivel global debido a su facilidad de uso como laboratorio natural. El estrés abiótico, las interacciones bióticas y patrones biológicos pueden estudiarse con mayor facilidad que en otros ecosistemas marinos gracias a su accesibilidad (Thompson 1980, Underwood 1980). A pesar de esto, las pozas de marea intermareales han recibido relativamente menos atención científica que el sustrato rocoso emergente que las rodea (Metaxas y Scheibling 1993). Estos ambientes consisten en depresiones rocosas que se caracterizan por permanecer constantemente cubiertas por agua, a diferencia del ambiente circundante el cual se cubre y descubre de forma intermitente a lo largo del ciclo de mareas (Mendonça et al. 2018). De esta forma constituyen microambientes aislados durante la marea baja donde las condiciones ambientales resultan menos extremas que en el resto del ambiente intermareal (i.e. menor amplitud térmica y estrés por desecación; Helmuth y Hofmann 2001, Metaxas y Scheibling 1993). Esto las convierte en refugios para muchas especies intermareales, siendo capaces de albergar una gran biodiversidad (Underwood y Jernakoff 1984, Firth et al. 2014) y comunidades con redes tróficas igual de complejas que otros ambientes marinos de mayor tamaño (Mendonça et al. 2018).

La composición específica de estas comunidades depende en parte de las propiedades fisicoquímicas del agua (Dethier 1982, Metaxas et al. 1994, Jellison et al. 2022); a su vez, la actividad metabólica de los organismos residentes influye activamente sobre dichas variables (Metaxas y Scheibling 1993, Fields y Silbiger 2022). Por esto, si bien las pozas presentan una menor amplitud en la fluctuación de sus parámetros fisicoquímicos respecto al ambiente intermareal expuesto (Metaxas y Scheibling 1993), su variabilidad es significativamente mayor que la observada en las aguas costeras adyacentes (Morris y Taylor 1983, Fields y Silbiger 2022). El agua de mar se describe mediante diversas variables fisicoquímicas tales como la temperatura, salinidad, pH, alcalinidad, entre otros (Balasubramanian 2011, Brown 2016). La magnitud de estas también está sujeta a las condiciones atmosféricas (Abdelmongy y El-Moselhy 2015), siendo la estacionalidad climática un factor clave en su fluctuación anual (Whitehouse et al. 1996, Liu et al. 1994, Balakrishnan et al. 2017). Así, las oscilaciones estacionales de temperatura influyen sobre la salinidad, el afloramiento de nutrientes y junto con los cambios en la intensidad de la radiación fotosintética activa, sobre la actividad metabólica de los organismos marinos (Jamshidi y Abu Bakar 2012, Gazeau et al. 2014, Goela et al. 2016, Terada et al. 2016). Esto último, en consecuencia, lleva a variaciones del pH, alcalinidad y concentración de oxígeno (Fields y Silbiger 2022, Ninokawa et al. 2020). Por otra parte, el efecto de la estacionalidad sobre la magnitud de estas variaciones depende de la latitud y las particularidades

geográficas de cada sitio (Bouali et al. 2017). Por consiguiente, la caracterización local de estas variables, especialmente en regiones donde el conocimiento es escaso, resulta fundamental para comprender el funcionamiento de estos ecosistemas.

La Bahía de San Antonio es un área natural protegida ubicada al noroeste del Golfo San Matías (Patagonia Argentina). Se caracteriza por presentar mareas semidiurnas de hasta 9 m de amplitud (Aliotta et al. 2000), lo que la convierte en un sitio ideal para la investigación costera. Si bien existen numerosos estudios que involucran la medición de parámetros fisicoquímicos en los canales de marea de la Bahía (Mendoza 2023, Martinetto et al. 2010, Caniguan 2023, Becherucci et al. 2024, Miriuka 2025, Lo Russo 2021), aún no se han reportado estudios específicos que aborden estas variables en pozas de marea.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar las variables fisicoquímicas del agua en pozas de marea de un intermareal de la Bahía de San Antonio durante su aislamiento diurno en invierno y verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. Los muestreos se realizaron en un intermareal rocoso al sur de Las Grutas (40°50'04.2"S 65°06'45.2"W; Figura 1), localidad perteneciente al área natural protegida Bahía de San Antonio (Río Negro, Argentina; Carbone et al. 2011). Este sitio se caracteriza por exhibir una plataforma de abrasión rocosa con numerosos piletones y canaletas (Figura 2), dominados principalmente por macroalgas y rodeados por parches de sustrato de un amplio rango de tamaño de grano (desde grava gruesa hasta arena), además de restos de valvas de moluscos (Archuby y Roche 2020). Debido a la ausencia de indicadores biológicos que permitieran establecer los límites de las distintas franjas de zonación del intermareal, el intermareal medio se definió en función del tiempo de exposición al aire de la zona durante el ciclo de mareas. Dentro de los límites superior (40°50'12.0"S 65°06'50.4"W) e inferior (40°50'04.2"S 65°06'43.2"W) de este estrato se seleccionaron aleatoriamente 18 pozas sin interconexión entre sí, ni con pozas o canales adyacentes, con superficies comprendidas entre 0,7 m² - 15m². Cada una de estas fue identificada con una etiqueta plástica numerada que se atornilló al suelo próximo al límite de la poza.

Medición de variables. Los muestreos se realizaron en dos campañas anuales. La campaña de invierno se realizó el 23 y 24 de junio de 2025, mientras que la de verano se llevó a cabo el 16 y 18 de diciembre del mismo año. Las fechas fueron seleccionadas por su proximidad a los solsticios de invierno y verano, correspondientes a los períodos de menor y mayor irradiación, respectivamente.

En cada poza de marea, durante su período de aislamiento, se tomaron datos de la temperatura del agua, salinidad, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total (AT), concentración de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y amonio) y carbono inorgánico disuelto (DIC). Los muestreos se realizaron durante las mareas bajas cercanas al mediodía, en días mayormente soleados, con el objetivo de caracterizar las variables bajo condiciones de máxima radiación para cada época del año. Debido a la cantidad de réplicas y a la ventana temporal, limitada por el ciclo de marea, en cada campaña las pozas fueron muestreadas durante dos días consecutivos o cercanos.

Las mediciones de temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto se realizaron *in situ* con una sonda multiparamétrica (YSI ProQuatro). Para la alcalinidad total y concentración de nutrientes se recolectó de cada poza una botella de 500 mL de agua de mar, tomada desde la parte más profunda de la poza. Estas muestras fueron conservadas refrigeradas hasta su procesamiento en laboratorio.

La AT se determinó mediante titulación (método SM 2320-B; APHA 2017) dentro de las 12 h posteriores a la recolección, utilizando alícuotas de 50 mL de muestra. Para la determinación de nutrientes se filtraron 300 mL de muestra con filtros de fibra de vidrio GF/F de 0,7 μm de poro. El agua filtrada se preservó congelada para su posterior análisis. Las concentraciones de nutrientes se cuantificaron mediante técnicas colorimétricas de acuerdo a Strickland y Parsons (1972). A partir de los datos de AT y pH se determinó el DIC mediante el paquete seacarb (versión 3.3.4; Orr et al. 2025) de R (R Core Team 2025).

Procesamiento de datos. Para el cálculo de estadísticos y creación de gráficos se utilizó el paquete ggplot2 (Wickham 2016) en el entorno R (R Core Team 2025).

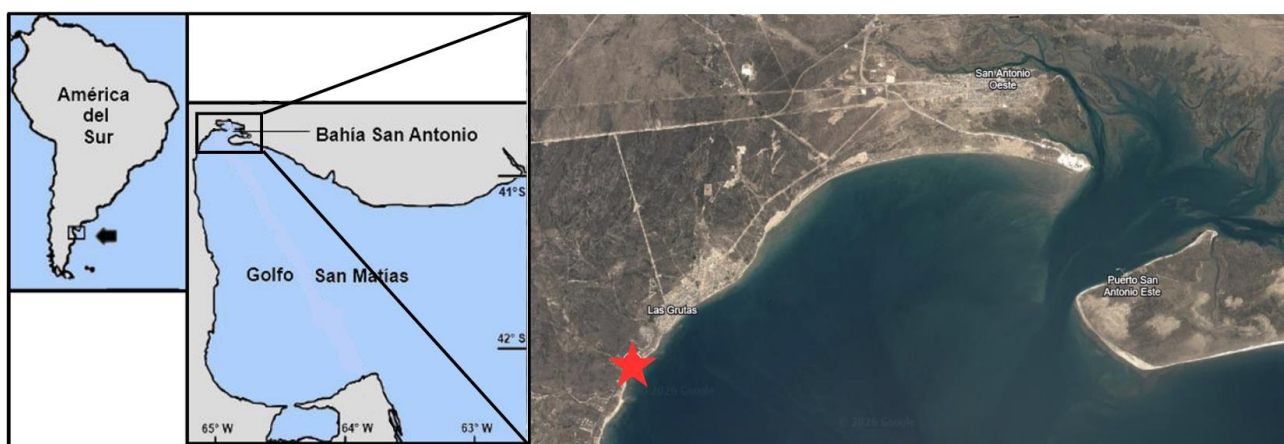


Figura 1. Ubicación de la Bahía de San Antonio y sitio de estudio (estrella roja). Imagen de la derecha tomada de Google Earth™.

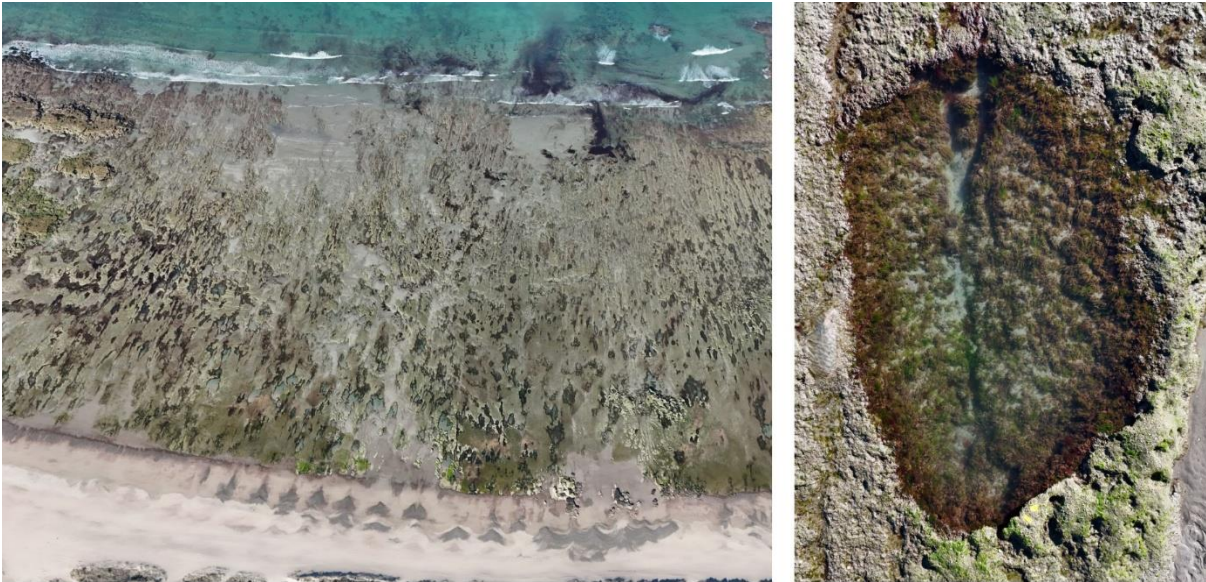


Figura 2. Sitio de estudio y unidad experimental (poza de marea). Imágenes por: Sebastián Leal.

RESULTADOS

En la tabla 1 se detallan los valores máximos, mínimos, promedios y desviación estándar de las variables fisicoquímicas cuantificadas en cada período estacional. En términos cuantitativos, temperatura, salinidad, pH y AT mostraron magnitudes mayores en la campaña de verano en comparación con la de invierno. Por el contrario, los valores de oxígeno disuelto y DIC fueron mayores en la estación fría. En cuanto a los nutrientes, únicamente los nitritos y nitratos mostraron una variación entre los períodos estacionales muestreados, mostrando también mayores concentraciones en el período invernal; los fosfatos y amonio presentaron valores medios similares en ambos muestreos. En términos de porcentaje de cambio de las medias, la temperatura fue la variable que más variación presentó entre estaciones (aumento del 142,9%), mientras que la concentración de fosfatos fue la más estable (disminución de un 0,18%).

La Figura 3 ilustra la distribución de los valores de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, AT y DIC en cada período estacional. De forma análoga, la Figura 4 exhibe las variaciones de las concentraciones de los distintos nutrientes.

Tabla 1. Valores máximos, mínimos, promedios y desviación estándar de las variables físico-químicas estudiadas para cada período estacional. Las estaciones indicadas como 'Invierno' y 'Verano' corresponden a los muestreos realizados en torno a los respectivos solsticios.

Variable	Estación	Valores			
		Máximo	Mínimo	Promedio	Desviación estándar
Temperatura (°C)	Invierno	11	10,1	10,48	0,24
	Verano	27,9	22,9	25,4	1,89
Salinidad (psu)	Invierno	36,05	35,66	35,8	0,09
	Verano	36,94	36,15	36,46	0,21
Oxígeno disuelto (mg/L)	Invierno	19,99	10,5	14,06	2,37
	Verano	14,49	7,46	11,97	1,71
pH	Invierno	8,49	7,81	8,2	0,17
	Verano	8,6	8,2	8,4	0,09
Alcalinidad (mmol/kg)	Invierno	2,39	2,18	2,2	0,07
	Verano	2,39	1,96	2,2	0,11
Nitritos (µmol/kg)	Invierno	0,995	0,041	0,226	0,203
	Verano	0,025	0 (No detectable)	0,004	0,007
Nitratos (µmol/kg)	Invierno	1,219	0,189	0,605	0,257
	Verano	0,797	0,046	0,181	0,179
Fosfatos (µmol/kg)	Invierno	2,995	0,599	1,096	0,529
	Verano	1,71	0,231	1,094	0,306
Amonio (µmol/kg)	Invierno	3,775	0,743	1,516	0,828
	Verano	4,843	1,042	1,563	0,853
DIC (mmol/kg)	Invierno	2,29	1,76	1,92	0,11
	Verano	1,88	1,36	1,66	0,14

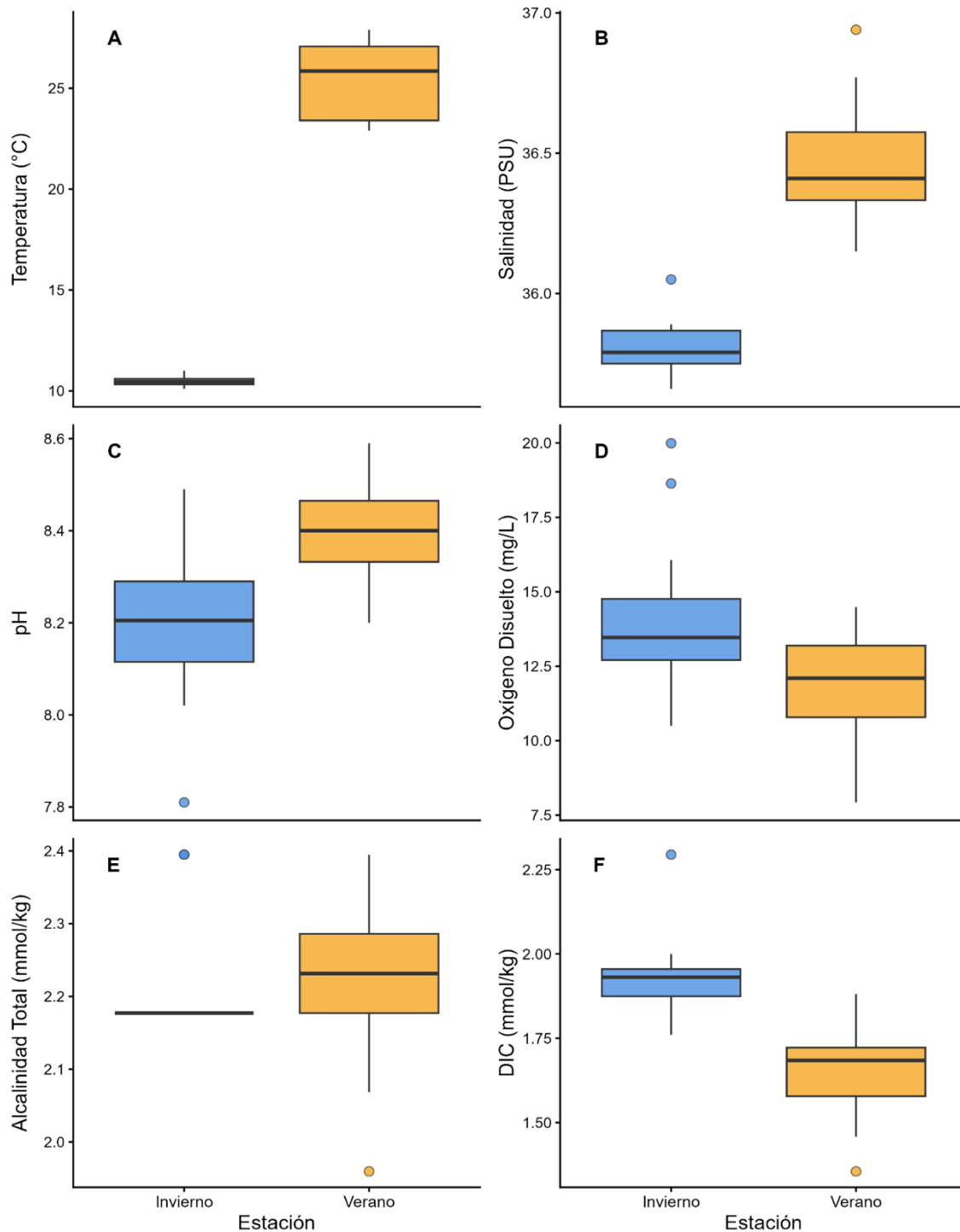


Figura 3. Gráficos de caja y bigotes para la Temperatura (A), Salinidad (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D), Alcalinidad Total (E) y Carbono Inorgánico Disuelto (DIC) (F) en cada período estacional. Los diagramas de caja señalan: el primer y tercer cuartil (cajas), las medianas (líneas negras dentro de las cajas), los mínimos y máximos (bigotes) y datos atípicos (puntos). Las estaciones indicadas como 'Invierno' y 'Verano' corresponden a los muestreos realizados en torno a los respectivos solsticios.

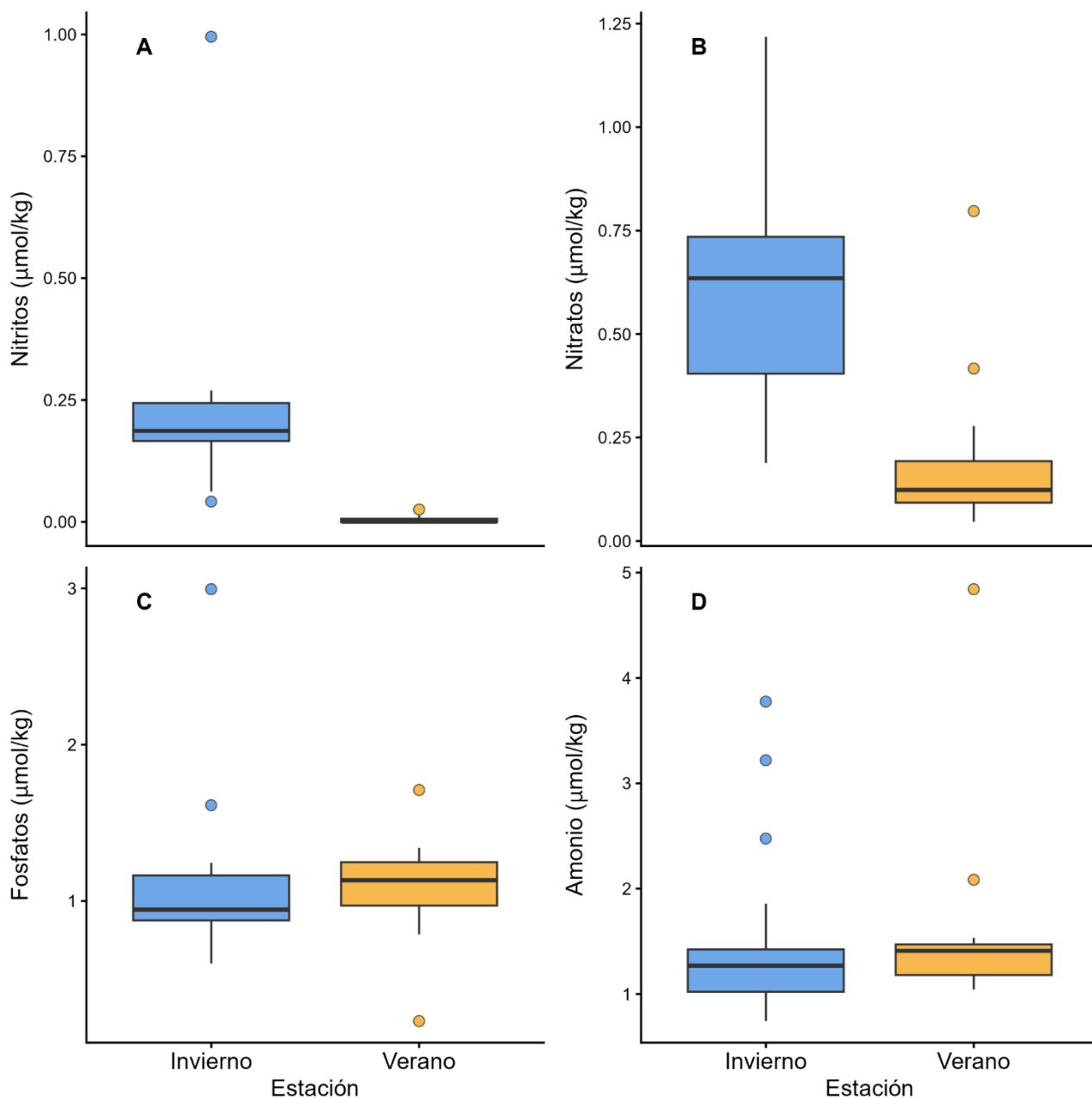


Figura 4. Gráficos de caja y bigotes para la concentración de Nitritos (A), Nitratos (B), Fosfatos (C) y Amonio (D) en cada período estacional. Los diagramas de caja señalan: el primer y tercer cuartil (cajas), las medianas (líneas negras dentro de las cajas), los mínimos y máximos (bigotes) y datos atípicos (puntos). Las estaciones indicadas como 'Invierno' y 'Verano' corresponden a los muestreos realizados en torno a los respectivos solsticios.

DISCUSIÓN

Las variables fisicoquímicas estudiadas mostraron variaciones estacionales similares a las registradas en pozas de marea de otras regiones a nivel global. La observación de valores máximos de temperatura, salinidad y pH durante el período estival, pero concentraciones de nitritos y nitratos superiores en invierno, coincide con lo reportado para costas tanto de latitudes templadas y frías del Atlántico Norte —Escocia (Morris y Taylor 1983), Canadá (Metaxas et al. 1994) y Francia (Legrand et al. 2018)— como para latitudes templadas del hemisferio sur en el este de Australia (Wolfe et al. 2020). Sin embargo, a diferencia de los resultados hallados por Morris y Taylor (1983) y Legrand et al. (2018), la concentración de oxígeno en el presente trabajo mostró menores valores en la campaña de verano. Esto posiblemente se deba a la elevada temperatura del agua alcanzada durante esta época, lo que disminuye la solubilidad del oxígeno. La alcalinidad, concentración de fosfatos y amonio presentaron valores muy similares entre estaciones, lo que también coincide con lo descrito para pozas de marea de latitudes mayores del hemisferio norte (Morris y Taylor 1983, Metaxas et al. 1994).

En relación al DIC, los menores valores observados durante el período estival sugieren una mayor producción primaria durante esta estación, dado su papel como fuente de carbono para la fotosíntesis (Berghoff et al. 2013, Pinet 2019). Esta observación es consistente con los mayores valores de pH registrados en dicho período; el consumo de dióxido de carbono —el cual forma parte del DIC— por los productores primarios desplaza el equilibrio del sistema de carbonatos, reduciendo la concentración de protones y provocando consecuentemente una alcalinización del agua (Gattuso y Hansson 2011).

Estudios futuros deben abordar la medición de estas variables durante el periodo nocturno, para brindar una descripción de las características fisicoquímicas del sistema a lo largo de un ciclo mareal completo. Asimismo, sería de gran valor caracterizar estos parámetros en las aguas costeras adyacentes, permitiendo comparar las características fisicoquímicas de las masas de agua abiertas y estos sistemas de aislamiento temporal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Juan Saad, Giuliana Burgueño, Sebastián Leal, Dennis Landete, Joaquín Iglesias, Matías Nehuén Boeri, Andrea Roche y Mauro Norese por la colaboración en la toma de muestras y logística.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdelmongy AS, El-Moselhy KM (2015) Seasonal variations of the physical and chemical properties of seawater at the Northern Red Sea, Egypt. *Open journal of ocean and coastal sciences* 2(1):1-7.
- Aliotta S, Schnack EJ, Isla FI, Lizasoain GO (2000) Desarrollo secuencial de formas de fondo en un régimen macromareal. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 7(1-2):0-
- APHA (2017) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Archuby FM, Roche A (2020) Intertidal death assemblages as proxies of marine biodiversity. An example from Northern Patagonia, Argentina. *Actualistic Taphonomy in South America* 48(1):35-60.
- Balakrishnan S, Chelladurai G, Mohanraj J, Poongodi J (2017) Seasonal variations in physico-chemical characteristics of Tuticorin coastal waters, southeast coast of India. *Applied Water Science* 7(4):1881-6.
- Balasubramanian A (2011) Properties of Seawater-Documentary. In *Conference: Country-wide Classroom Educational TV programme-Gyan Darshan At: EMRCMYSORE Affiliation: University of Mysore. doi* (Vol. 10).
- Becherucci ME, Pereyra PJ, Narvarte MA, Fanjul ME, Iribarne OO, Martinetto PM (2024) Diversidad de macroalgas intermareales y variables ambientales asociadas en dos canales de marea de la Bahía de San Antonio, Río Negro. Datos de investigación CONICET
- Berghoff CF, Lutz VA, Segura V, Hernández DR, Bianchi A, et al.(2013) Análisis de las variaciones de la presión parcial de dióxido de carbono (pCO₂) y la producción primaria en el Mar Argentino. Informe de investigación INIDEP 15.
- Bouali M, Sato OT, Polito PS (2017) Temporal trends in sea surface temperature gradients in the South Atlantic Ocean. *Remote Sensing of Environment* 194:100–14.
- Brown WS (2016) Physical Properties of Seawater. In: Dhanak MR, Xiros NI, editors. *Springer Handbook of Ocean Engineering*. Cham: Springer International Publishing p. 101–10.
- Caniguan AM (2023) Factores que regulan la densidad de los micropropágulos de *Ulva* spp. en la Bahía San Antonio (Río Negro, Argentina). Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Escuela Superior de Ciencias Marinas.
- Carbone ME, Piccolo MC, Perillo GME (2011) Zonificación ambiental de la reserva natural Bahía San Antonio, Argentina: aplicación del índice de calidad ambiental. *Ingeo* 15(56):49.

- Dethier MN (1982) Pattern and process in tidepool algae: factors influencing seasonality and distribution. *Botanica Marina* 25(2).
- Fields JB, Silbiger NJ (2022) Foundation species loss alters multiple ecosystem functions within temperate tidepool communities. *Marine Ecology Progress Series* 683:1–19.
- Firth LB, Schofield M, White FJ, Skov MW, Hawkins SJ (2014) Biodiversity in intertidal rock pools: Informing engineering criteria for artificial habitat enhancement in the built environment. *Marine Environmental Research* 102:122–30.
- Gattuso JP, Hansson L (2011) *Ocean acidification*. Oxford university press.
- Gazeau F, Alliouane S, Bock C, Bramanti L, López Correa M, et. al (2014) Impact of ocean acidification and warming on the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*). *Front Mar Sci* 26:1.
- Goela PC, Cordeiro C, Danchenko S, Icely J, Cristina S, Newton A (2016) Time series analysis of data for sea surface temperature and upwelling components from the southwest coast of Portugal. *Journal of Marine Systems* 163:12–22.
- Helmuth BS, Hofmann GE (2001) Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone. *The Biological Bulletin* 201(3):374-84.
- Jamshidi S, Abu Bakar NB (2012) Seasonal variations in temperature, salinity and density in the southern coastal waters of the Caspian Sea. *Oceanology* 52(3):380–96.
- Jellison BM, Elsmore KE, Miller JT, Ng G, Ninokawa AT, et al. (2022) Low-pH seawater alters indirect interactions in rocky-shore tidepools. *Ecology and evolution* 12(2) e8607.
- Legrand E, Riera P, Pouliquen L, Bohner O, Cariou T, Martin S (2018) Ecological characterization of intertidal rockpools: Seasonal and diurnal monitoring of physico-chemical parameters. *Regional Studies in Marine Science* 17:1-0.
- Liu WT, Zhang A, Bishop JKB (1994) Evaporation and solar irradiance as regulators of sea surface temperature in annual and interannual changes. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 99(C6):12623–37.
- Lo Russo V (2021). Comparación de comunidades de nematodos de marismas de San Antonio Oeste (Río Negro) y San Julián (Santa Cruz). (Doctoral thesis, Universidad Nacional del Comahue)
- Martinetto P, Daleo P, Escapa M, Alberti J, Isacch JP, et al. (2010) High abundance and diversity of consumers associated with eutrophic areas in a semi-desert macrotidal coastal ecosystem in Patagonia, Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 88(3):357–64.

- Mendonça V, Madeira C, Dias M, Vermandele F, Archambault P, et al. (2018) What's in a tide pool? Just as much food web network complexity as in large open ecosystems. *PloS one* 13(7):e0200066.
- Mendoza SM (2023) El Mesozoplancton de la Bahía San Antonio (Río Negro) y su relación con variables ambientales. (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Escuela Superior de Ciencias Marinas).
- Metaxas A, Hunt HL, Scheibling RE (1994) Spatial and temporal variability of macrobenthic communities in tidepools on a rocky shore in Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 105, 89-103.
- Metaxas A, Scheibling RE (1993) Community structure and organization of tidepools. *Marine Ecology Progress Series* 98:187-98.
- Miriuka SM (2025) Variación estacional de Appendicularia (Chordata, Tunicata) en un sector (40° 46'S-64° 53'O) de la Bahía de San Antonio Oeste, Río Negro (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias Marinas).
- Morris S, Taylor AC (1983) Diurnal and seasonal variation in physico-chemical conditions within intertidal rock pools. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 17(3):339–55.
- Ninokawa A, Takeshita Y, Jellison BM, Jurgens LJ, Gaylord B (2020) Biological modification of seawater chemistry by an ecosystem engineer, the California mussel, *Mytilus californianus*. *Limnology and Oceanography* 65(1):157–72.
- Orr J, Gattuso J, Epitalon J, Lavigne H (2025) seacarb: Seawater Carbonate Chemistry. R package version 3.3.4, <https://github.com/jpgattuso/seacarb-git>.
- Pinet P R (2019) Invitation to oceanography. Jones & Bartlett Learning.
- R Core Team (2025) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Strickland, JD, Parsons TR (1972) A practical handbook of seawater analysis.
- Terada R, Shikada S, Watanabe Y, Nakazaki Y, Matsumoto K, et al. (2016) Effect of PAR and temperature on the photosynthesis of the Japanese alga, *Ecklonia radicata* (Laminariales), based on field and laboratory measurements. *Phycologia* 55(2):178–86.
- Thompson GB (1980) Distribution and population dynamics of the limpet *Patella vulgata* L. in Bantry Bay. *J Exp Mar Biol Ecol* 45: 173–217.
- Underwood AJ (1980) The effects of grazing by gastropods and physical factors on the upper limits of distribution of intertidal macroalgae. *Oecologia* 46(2):201-13.

- Underwood AJ, Jernakoff P (1984) The effects of tidal height, wave-exposure, seasonality and rock-pools on grazing and the distribution of intertidal macroalgae in New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 75(1):71–96.
- Wickham H (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- Whitehouse MJ, Priddle J, Symon C (1996) Seasonal and annual change in seawater temperature, salinity, nutrient and chlorophyll a distributions around South Georgia, South Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 43(4):425–43.
- Wolfe K, Nguyen HD, Davey, Byrne M. (2020) Characterizing biogeochemical fluctuations in a world of extremes: A synthesis for temperate intertidal habitats in the face of global change. *Global Change Biology*, 26(7), 3858-3879.