

Variabilidad funcional del ecosistema bentónico en un fiordo Antártico: un enfoque biogeoquímico y de rasgos funcionales

Anteproyecto de tesis doctoral PEDECIBA Geociencias

Estudiante: María Eugenia Pedelacq Vilar

Directora de tesis: Natalia Venturini

Co-director: Pablo Muniz

Introducción y justificación

La Península Antártica Occidental (PAO) es una de las regiones del mundo más afectadas por los efectos del cambio climático y es considerada la región de más rápido calentamiento (Robinson et al. 2021; Sato et al., 2021). Como consecuencia del aumento de la temperatura tanto del aire (Turner et al., 2019) como del océano (Cook et al., 2005) se ha registrado un retroceso de los glaciares antárticos (Meredith & King 2005; Turner et al. 2016) con un consecuente aumento del nivel del mar (IPCC, 2019) y aumento del aporte de material terrígeno al océano (Dierssen et al., 2002; Rückamp et al. 2011; Meredith et al. 2018).

Los fiordos de la PAO son ambientes de particular interés ya que son ecosistemas muy productivos, sensibles a los cambios en el clima y debido a las elevadas tasas de sedimentación actúan como sumideros de carbono (Smith et al., 2015). Durante el verano austral se producen *blooms* de fitoplancton que fijan el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, este es exportado hacia las zonas profundas mediante la denominada “bomba biológica de carbono” (Fabiano & Pusceddu, 1998; Mincks et al., 2005) y eventualmente se deposita y entierra en los sedimentos del fondo, alterando su composición y propiedades biogeoquímicas, así como, la abundancia, biomasa y distribución de la fauna bentónica (Sahade et al., 2015). Por tanto, la acumulación de fitodetritos en los sedimentos antárticos desempeña un papel fundamental en el ciclo del carbono (Isla et al., 2006; Zenteno et al., 2019).

Las comunidades bentónicas antárticas son consideradas efectivos centinelas para monitorear los efectos del cambio climático en ecosistemas marinos antárticos (Sahade et al., 2015). Estudios previos han demostrado que son capaces de responder a los cambios tanto estacionales en el ambiente (Chelchowski et al., 2022), como a cambios según el tipo de glaciar y su relación con el margen de hielo y/o línea de costa (Petti et al., 2022) y a los efectos del derretimiento de los glaciares (Valdivia et al., 2020). Dentro de estas comunidades, los poliquetos representan una porción importante en términos de la riqueza y abundancia (Sicinski, 1986; Chelchowski et al., 2022) y cumplen un rol fundamental en la trama trófica actuando como consumidores primarios y secundarios (Muro-Torres et al., 2019). A su vez, estos organismos mediante sus estrategias de movimiento, alimentación y reproducción son responsables de diversas funciones ecológicas que modifican las características del sedimento. Es por esto que se considera que las relaciones de los organismos bentónicos con el medio (especialmente las relaciones organismo-sedimento) son de carácter bilateral. Las funciones ecológicas que desempeñan los poliquetos bentónicos como producción de biomasa, oxigenación del sedimento y liberación de nutrientes mediante la bioturbación, el enterramiento y la fragmentación de la materia orgánica (Rodrigues-Filho et al., 2023), contribuyen a la estabilidad, formación de los sedimentos y el ciclado de nutrientes, los cuales forman parte de los servicios ecosistémicos que brindan estos sistemas (Charrier et al., 2023).

Las funciones ecológicas de una comunidad pueden ser evaluadas a través de sus rasgos biológicos (BTA; Bremner, 2008), que son características fenotípicas de un organismo que están explícitamente asociadas a un determinado proceso ecológico y, por lo tanto, influyen en el funcionamiento del ecosistema (Petchey & Gaston 2006; Degen et al., 2018; Lam Gordillo et al., 2020).

El aumento del aporte de agua de deshielo glaciar cargada de partículas litogénicas erosionadas, producto del cambio climático está afectando la productividad de los ecosistemas antárticos (Pasotti et al., 2014), modificando la biogeoquímica tanto de la columna de agua como de los sedimentos y por lo tanto afectando el importante acoplamiento bento-pelágico en los ecosistemas antárticos (Elias-Piera et al., 2016). Posibles cambios en la abundancia, biomasa y distribución de la fauna bentónica, asociada a cambios en los aportes de carbono orgánico particulado (COP) tanto terrígeno como

marino, podrían alterar las funciones ecológicas que desempeñan los organismos. Estos cambios en conjunto a su vez, podrían modificar unas de las principales funciones ecosistémicas del ambiente bentónico de fiordos antárticos como, el secuestro de carbono y la regulación del clima (Peck et al., 2010; Barnes, 2017). Sin embargo, existe una gran incertidumbre sobre las escalas temporales y espaciales de estos mecanismos debido a la naturaleza compleja del ciclo del carbono del océano Antártico (Takahashi et al., 2012).

La Isla Rey Jorge (IRJ) se ubica en la Península Antártica Oeste (PAO) y es la más grande dentro del Archipiélago de las Islas Shetland del Sur (62° 13.7' S y 58° 50.9' O). La Bahía Collins se encuentra al oeste de la IRJ y en la parte externa de esta bahía se ubica el Glaciar Collins. En la bahía se identifican dos zonas con características físicas y biogeoquímicas diferentes. Por un lado, la zona externa y profunda con mayores cantidades de carbohidratos, lípidos y carbono biopolimérico, relacionados con una mayor productividad y aporte fluvial y por otro lado, la zona interna menos profunda y cercana al glaciar (Venturini et al., 2023). En los sedimentos de la Bahía Collins predomina la materia orgánica de origen marino, mientras que la contribución de COP terrestre disminuye hacia la zona más profunda (Venturini et al., 2023). Un estudio reciente ha puesto de manifiesto que existe variación interanual en los aportes de COP terrígeno producto del aumento de la escorrentía de deshielo en un verano cálido respecto de un verano frío (Venturini et al., 2020). Estos cambios, junto con la aparición de una pluma superficial turbia, pueden dar lugar a cambios relevantes relacionados con el empobrecimiento del valor nutritivo de la materia orgánica (Venturini et al., 2020), lo que probablemente afecte las tramas tróficas de las regiones costeras de la Antártida. El presente trabajo pretende evaluar como varían las funciones ecológicas de los poliquetos bentónicos en el ecosistema y como estas se relacionan con el origen y destino del COP a través del tiempo. Esto resulta de gran importancia para evaluar las posibles pérdidas de servicios ecosistémicos e interpretar futuros escenarios asociados al cambio climático en los ecosistemas marinos antárticos. A su vez, este trabajo contribuirá principalmente a dos programas de investigación que se están desarrollando actualmente por el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR por su sigla en inglés). Por un lado, el programa dentro del área de Geociencias “*Integrated Science to Inform Antarctic and Southern Ocean Conservation (ANT-ICON)*” específicamente al tema i. Estado actual y proyecciones futuras de los sistemas Antárticos, las especies y funciones. Por otro lado, el programa llamado “*Biogeochemical Exchange Processes at the Sea-Ice Interfaces (BEPSII)*” dentro del área de Ciencias de la vida.

Objetivo general

El objetivo del presente trabajo es evaluar la variabilidad temporal (en cuatro veranos australes) del ecosistema bentónico a través de los rasgos funcionales de los poliquetos y la composición biogeoquímica del sedimento.

Hipótesis: La variación en la biogeoquímica del sedimento a lo largo del período de estudio se verá expresada en los rasgos biológicos de los poliquetos bentónicos.

Objetivos específicos

- i. caracterizar la composición y distribución del COP espacial y temporalmente mediante el uso de biomarcadores orgánicos;
- ii. identificar las variaciones de las funciones ecológicas de poliquetos bentónicos espacial y temporalmente mediante el análisis de BTA;
- iii. relacionar las variaciones de las funciones ecológicas de los poliquetos bentónicos con las características del COP.

Materiales y métodos

Área de estudio -

La Bahía Collins (65°21' S, 64°4' O) ubicada en la Península Fildes, Isla Rey Jorge, Shetland del Sur es un fiordo antártico con gran afluencia marina de aproximadamente 3 km de ancho en su desembocadura. Esta bahía tiene influencia directa el Glaciar Collins (Munoz & Wellner, 2018) conocido comúnmente como el Domo de Bellingshausen, el cual se encuentra próximo a la Base Científica Antártica Artigas (BCAA) (Chinarro, 2014). El derretimiento del Glaciar Collins produce

cañadas de agua de deshielo que desembocan en ambos lados de la costa (Chinarro, 2014). El fondo marino se caracteriza por ser una gran plataforma llana a una profundidad máxima de 280 m (Munoz & Wellner 2018).

Colecta de datos y muestras - Se analizarán muestras que fueron colectadas en las campañas antárticas de verano (CAV) en el 2018/19, 2021/22, 2022/23 y se realizará una última CAV en 2023/2024. Las estaciones están distribuidas tal como se muestra en la Fig. 1 Las transectas 1 y 2 se ubican a 2000 y 3000 m de distancia de la porción del Glaciar Collins que se comporta aún como glaciar de marea, ingresando al mar y la transecta 3 se ubica perpendicularmente a la costa a la altura de la desembocadura de la cañada de deshielo próxima a la BCAA. Las transectas se ubican de manera de poder representar las distintas zonas de influencia glaciar identificadas previamente (Venturini et al., 2023). Se medirán variables ambientales *in situ* (Temp., pH, salinidad, oxígeno disuelto, etc) y se tomarán muestras de sedimento con una draga van Veen de 0,05 m² para su posterior análisis.

Análisis de laboratorio - Se realizará análisis de tamaño de grano (Suguo, 1973). Se analizará el contenido de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos mediante la técnica de pérdida de peso por ignición (Byers et al., 1978). Se analizará la concentración de carbohidratos (CHO) (Gerchacov & Hatcher, 1972), proteínas totales (PRT) (Hartree, 1972; Rice, 1982) y lípidos totales (LIP) (Marsh & Weinstein, 1966) en el material en suspensión y sedimentario. Para determinar origen, fuentes y el estado de degradación de MOP se utilizarán herramientas bioquímicas como la relación C/N y de isótopos estables ($\delta^{13}C$).

Las muestras para el análisis de poliquetos bentónicos serán lavadas y tamizadas a través de una malla de 0,5 mm de abertura y la fracción retenida se almacenará en alcohol 70%. Los organismos se identificarán bajo lupa, clasificándose al mayor nivel taxonómico posible (generalmente el específico) con bibliografía especializada (ej. Amaral & Nonato, 1984, 1996; Amaral et al., 2006, etc.) y el apoyo de especialistas nacionales e internacionales. Se calcularán los índices clásicos de diversidad (H, J, S, etc.), la diversidad beta para evaluar las variaciones entre la composición de las comunidades. Para analizar como varía el conjunto de rasgos biológicos de la comunidad de poliquetos bentónicos se realizará un análisis de BTA. A partir de éstos se calcularán índices funcionales y se calculará la intensidad de las funciones ecológicas que desempeñan los poliquetos.

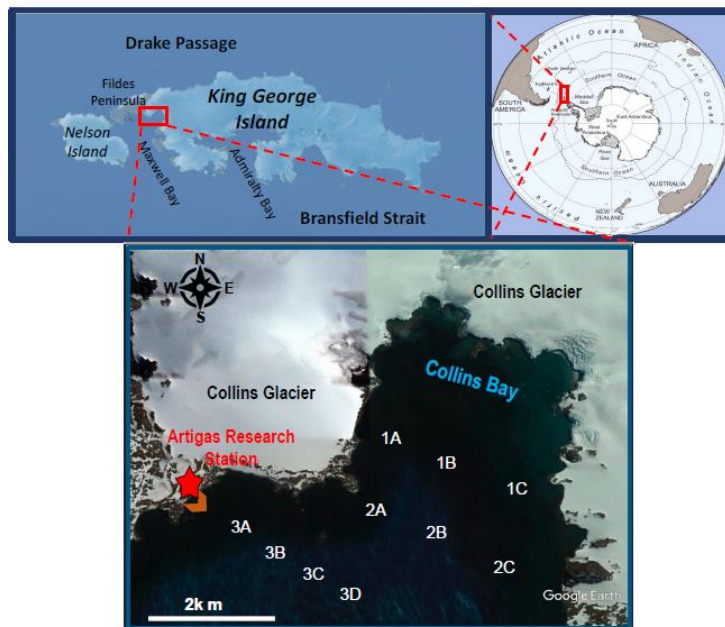


Fig. 1 Mapa de Bahía Collins que muestra las tres transectas con las 10 estaciones de muestreo. Los puntos de muestreo de las transectas 1 y 2 están ubicados a 2.000 y 3.000 metros del frente marino del glaciar Collins, respectivamente. Los puntos de muestreo de la transecta 3 están situados a 500 metros de distancia entre sí a partir de la desembocadura de la cañada de deshielo hacia mar adentro.

Referencias

- Amaral, A.C.Z. & Nonato, E.F., (1996). Anelida Polichaeta: características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. Editora da UNICAMP, São Paulo, Brasil.
- Amaral, A.C.Z., Rizzo, A.E. & Arruda, E.P., (2005). Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região sudeste sul do Brasil: volume 1. Editora da Universidade São Paulo, São Paulo.
- Barnes, D. K. A. (2017). Polar zoobenthos blue carbon storage increases with sea ice losses, because across-shelf growth gains from longer algal blooms outweigh ice scour mortality in the shallows. *Global Change Biology* 23, 5083–5091.
- Bremner, J., 2008. Species traits and ecological functioning in marine conservation and management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366(1–2), 37-47.
- Byers, S., Mills, E. & Stewart, P., 1978. Comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58, 43-47.
- Charrier, BR., Danielson, SL. & Mincks, SL (2023). Trait-based assessment of polychaete assemblages distinguishes macrofaunal community structure among four distinct benthic eco-regions on a shallow arctic shelf. *Deep-Sea Research Part II* (208) 105240.
- Chelchowski, M; Balazy, P. & Kuklinski, P. (2022). Seasonal variability in macrobenthos assemblage parameters in the highly disturbed Antarctic intertidal zone – Relatively rich biodiversity year around. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 278.7
- Chinarro, D., (2014). Analysis and identification of Collins Glacier drainage. In: *System Engineering Applied to Fuenmayor Karst Aquifer (San Julián de Banzo, Huesca) and Collins Glacier (King George Island, Antarctica)*. Springer Theses, pp. 117–141. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08858-7_5. Springer International Publishing Switzerland, (Chapter 5).
- Cook, A.J., Fox, A.J., Vaughan, D.G. and Ferrigno, J.G. (2005) Retreating glacier fronts on the Antarctic peninsula over the past half-century. *Science*, 308, 541–544.
- Degen, R., Aune, M., Bluhm, B. A., Cassidy, C., Kędra, M., Kraan, C., ... Zuschin, M. (2018). Trait-based approaches in rapidly changing ecosystems: A roadmap to the future polar oceans. *Ecological Indicators*, 91, 722–736.
- Dierssen, H.M., Smith, R. C., & Vernet, M. (2002). Glacial meltwater dynamics in coastal waters west of the Antarctic peninsula. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(4), 1790–1795.
- Elias-Piera, F., Gutt, J., Isla, E., & Rossi, S. (2016). Benthic-pelagic coupling trophic guilds in the Larsen area (Antarctic Peninsula): integrative tools to detect potential climate change shifts.
- Fabiano, M. & Pusceddu, A., 1998. Total and hydrolizable particulate organic matter (carbohydrates, proteins and lipids) at a coastal station in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Polar Biology* 19, 125–132.
- Gerchacov, S.M. & Hatcher, P.G., 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in the sediment. *Limnology and Oceanography* 17, 938–943.
- Hartree, E.F., 1972. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that give a linear photometric response. *Analytical Biochemistry* 48, 422-427.
- IPCC, 2019. IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Isla, E., Rossi, S., Palanques, A., Gili, J.M., Gerdes, D., Amtz, W., (2006). Biochemical composition of marine sediment from the eastern Weddel Sea (Antarctica): high nutritive value in a high benthic-biomass environment. *Journal of Marine Systems*. 60, 255–267.
- Lam-Gordillo, O., Baring, R., Dittmann, S., (2020). Ecosystem functioning and functional approaches on marine microbenthic fauna: a research synthesis towards a global consensus. *Ecol. Indic.* 115, 106379.

- Marsh J,B & Weinstein D,B. (1966). A simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipid Research* 7: 574-576.
- Meredith, M. P., Falk, U., Bers, A. V., Mackensen, A., Schloss, I. R., Ruiz Barlett, E., et al. (2018). Anatomy of a glacial meltwater discharge event in an Antarctic cove. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376(2122), 20170163
- Meredith, M.P. and King, J.C. (2005) Climate change in the ocean to the west of the Antarctic peninsula during the second half of the 20th century. *Geophysics Research Letters*, 32, L19606.
- Mincks, S., Smith, C., DeMaster, D., 2005. Persistence of labile organic matter and microbial biomass in Antarctic shelf sediments: evidence of a sediment “food bank”. *Marine Ecology Progress Series* 300, 3–19.
- Munoz, YP. & Wellne, JS. (2018). Seafloor geomorphology of western Antarctic Peninsula bays: a signature of ice flow behaviour. *The Cryosphere* 12: 205-225.
- Muro-Torres, V. M., Soto-Jiménez, M. F., Green, L., Quintero, J., & Amezcuca, F. (2019). Food web structure of a subtropical coastal lagoon. *Aquatic Ecology*.
- Pasotti, F., Manini, E., Giovannelli, D., Wöfl, A.-C., Monien, D., Verleyen, E., ... Vanreusel, A. (2014). Antarctic shallow water benthos in an area of recent rapid glacier retreat. *Marine Ecology*, 36(3), 716–733.
- Peck, L. S., Barnes, D. K. A., Cook, A. J., Fleming, A. H., & Clarke, A. (2009). Negative feedback in the cold: ice retreat produces new carbon sinks in Antarctica. *Global Change Biology*, 16(9), 2614–2623.
- Petchey, O. L., & K. J. Gaston. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9, 741-758.
- Petti, M., Gheller, PF., Bromberg, S., Paiva, P., Mahiques, M., Corbisier, T. (2022). Glacier retreat effects on the distribution of benthic assemblages in martel inlet (Admiralty Bay, Antarctica). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.
- Rice, D.L., 1982. The detritus nitrogen problem: new observations and perspectives from organic geochemistry. *Marine Ecology Progress Series* 9, 153-162.
- Robinson, B. J., Barnes, D., Grange, L., and Morley, S. (2021). Intermediate ice scour disturbance is key to maintaining a peak in biodiversity within the shallows of the Western Antarctic Peninsula. *Sci. Rep.* 11:16712.
- Rodrigues-Filho, J.L., Macêdo, R.L., Sarmiento, H. et al. From ecological functions to ecosystem services: linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia* 850, 2611–2653
- Rückamp, M., Braun, M., Suckro, S., & Blindow, N. (2011). Observed glacial changes on the King George Island ice cap, Antarctica, in the last decade. *Global and Planetary Change*, 79(1-2), 99–109.
- Sahade, R., Lagger, C., Torre, L., Momo, F., Monien, P., Schloss, I., ... Abele, D. (2015). Climate change and glacier retreat drive shifts in an Antarctic benthic ecosystem. *Science Advances*, 1(10), e1500050–e1500050.
- Sato, K., Inoue, J., Simmonds, I., & Rudeva, I. (2021). Antarctic Peninsula warm winters influenced by Tasman Sea temperatures. *Nature Communications*, 12(1)
- Sicinski, (1986). Benthic assemblages of Polychaeta in chosen regions of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands. *Polish Polar Research* (7) 1-2 63-78.
- Smith, R. W., Bianchi, T. S., Allison, M., Savage, C., & Galy, V. (2015). High rates of organic carbon burial in fjord sediments globally. *Nature Geoscience*, 8(6), 450–453.
- Suguio, K., (1973). *Introdução a sedimentologia*. Edgard Blucher/ EDUSP, Sao Paulo, 317.
- Takahashi, T., Sweeney, C., Hales, B., Chipman, D. W., Newberger, T., Goddard, J. G., Iannuzzi, R. A., & Sutherland, S. C. (2012). The changing carbon cycle in the Southern Ocean. *Oceanography*, 25(3), 26–37.

- Turner, J., Lu, H., White, I., King, J.C., Phillips, T., Hosking, J.S., Bracegirdle, T.J., Marshall, G.J., Mulvaney, R. and Deb, P. (2016) Absence of 21st century warming on Antarctic peninsula consistent with natural variability. *Nature*, 535, 411–415.
- Turner, J., Marshall, G. J., Clem, K., Colwell, S., Phillips, T., & Lu, H. (2019). Antarctic Temperature Variability and Change from Station Data. *International Journal of Climatology*.
- Valdivia, N., Garrido, I., Bruning, P., Piñones, A., & Pardo, L. M. (2020). Biodiversity of an Antarctic rocky subtidal community and its relationship with glacier meltdown processes. *Marine Environmental Research*, 104991.
- Venturini, N., Cerpa, L., Kandravicius, N., Manta, G., Córdor-Luján, B., Pereira, J., Figueira, R., & Muniz, P. (2023). Biogeochemical and oceanographic conditions provide insights about current status of an Antarctic fjord affected by relatively slow glacial retreat. Accepted.
- Venturini, N., Zhu, Z., Bessonart, M., García-Rodríguez, F., Bergamino, L., Brugnoli, E., ... Zhang, J. (2020). Between-summer comparison of particulate organic matter in surface waters of a coastal area influenced by glacier meltwater runoff and retreat. *Polar Science*, 100603.
- Zenteno, L., Cárdenas, L., Valdivia, N., Gómez, I., Höfer, J., Garrido, I., & Pardo, L. (2018). Unraveling the multiple bottom-up supplies of an Antarctic nearshore benthic community. *Progress in Oceanography*.