

¿INVERTEBRADOS ESTRESADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ANTÁRTIDA?

Las actividades humanas modifican e impactan la naturaleza circundante con severas consecuencias ambientales. El cambio climático está afectando drásticamente a las zonas polares siendo el ecosistema de la caleta Potter, Isla 25 de Mayo, Antártida, un área muy estudiada. Bivalvos y lapas contribuyen a la regulación del presupuesto energético y del flujo de partículas sobre el fondo marino, y se consideran resistentes al estrés en comparación con otros organismos Antárticos. La relevancia de los efectos asociados a la presencia de Fe frente al cambio climático en la zona de la Península Antártica ha concentrado nuestra atención. Los estudios realizados en nuestro laboratorio aportan una información novedosa en relación al metabolismo del Fe y al grado de estrés que los moluscos de ambientes antárticos enfrentan en una época de cambios constantes y desafiantes. Estos estudios dimensionan los posibles efectos de las estrategias propuestas internacionalmente para modificar los entornos naturales con la intención de incrementar la productividad oceánica a través de la fertilización con Fe. Es fundamental considerar de los posibles efectos deletéreos sobre otros integrantes de la comunidad marina y actuar en consecuencia.

La Antártida es el único continente en el mundo que no posee ocupación e influencia humana a lo largo de la historia de la humanidad. Incluso, determinadas características físicas, como las profundas cuencas oceánicas, la corriente circumpolar antártica y la zona del frente polar han aislado efectivamente a la Antártida y a sus organismos por aproximadamente 30 millones de años. Estos límites naturales, junto con el gradual enfriamiento del agua de mar, han hecho que estas tierras se enfriaran, se formaran glaciares, capas y plataformas de hielo, y se favoreciera la evolución de especies que le son propias. Sin embargo, es universalmente conocido que el ser humano modifica e impacta la naturaleza que lo circunda. El uso de la tierra, la presencia de aerosoles y de gases de efecto invernadero, y la reducción en la concentración del ozono estratosférico son algunas de las acciones que han tenido grandes consecuencias ambientales, tanto locales como globales. El cambio climático está afectando drásticamente a las zonas polares; hecho que la comunidad científica viene registrando seriamente en los últimos 50 años. En la última década, los investigadores Vaughan y col. (2003) y Trenberth y col. (2007) encontraron que los incrementos de temperatura del aire en la zona de la Península Antártica y en el Ártico fueron los más elevados de todo el planeta. Como consecuencia, los ecosistemas costeros se ven afectados directamente, a través del aumento de la temperatura en el agua y de la disminución de la salinidad en las capas superficiales del mar como resultado de precipitaciones más intensas y del derretimiento del hielo glacial. Sumado a estos cambios se da la modificación de la disponibilidad y concentración de nutrientes en el mar, afectando directamente a la producción primaria y, en consecuencia, a toda la cadena trófica. La Isla 25 de Mayo está ubicada en los 62°14'S 58° 31'O y forma parte del archipiélago de las Islas Shetland del Sur. En ella se encuentra la base científica argentina Carlini sobre la caleta Potter (Figura 1). La caleta Potter es una pequeña entrada de mar en la Bahía Guardia Nacional, y está rodeada por campos de hielo, glaciares y la colina Tres Hermanos a la entrada de la misma. La isla es de origen volcánico, con rocas y sedimento ricos en minerales tales como Fe, Mn, Cu y Zn. La erosión del sedimento, producto del derretimiento del glaciar presente en el área, lleva a un enriquecimiento de Fe en el agua de mar al ser transportado en los arroyos que desembocan en la caleta.



Figura 1: Base antártica Carlini sobre caleta Potter en la Isla 25 de Mayo.

¿Por qué estos aspectos ecológicos resultan tan atractivos para investigadores que estudian la bioquímica de los radicales libres en sistemas biológicos? En primer lugar, los invertebrados marinos que habitan esas zonas son animales presentes en número abrumador, con una increíble variedad de especies que han desarrollado un amplio espectro de soluciones ingeniosas frente a los problemas ambientales a los que se han enfrentado a lo largo de su existencia. Desde un punto de vista científico, el estudio de sus mecanismos de adaptación puede arrojar luz sobre la naturaleza básica de las respuestas fisiológicas frente a numerosas situaciones, llevandopor extrapolación, a una comprensión más profunda de los vertebrados, incluyendo al ser humano. Entre estos organismos, los moluscos forman parte principal de la trama trófica de los ecosistemas, constituyenparte de los recursos alimenticiosen el mundo entero, y pueden ser empleados como indicadores de contaminación y de estrés funcional en ecosistemas costeros.En la caleta, los organismos filtradores, como el bivalvo *Laternula elliptica* (Figura 2A y B), contribuyen a la regulación del presupuesto energético y del flujo de partículas a la esfera bentónica (Mercuri y col., 2008). La lapa *Nacella concinna* (Figura 2C), que presenta dos poblacionescoexistentes, una migratoria en la zona intermareal y otra no migratoriaen el límite litoral superior (Figura 2D) es uno de los pocos habitantes del duro intermareal Antártico, que se consideran resistentes al estrés en comparación con otros organismos Antárticos (Peck, 2005).

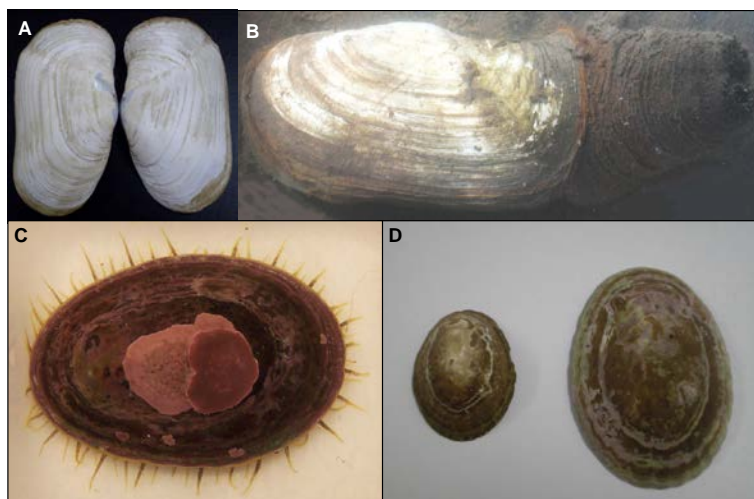


Figura 2: **A:** Valvas de *L. elliptica*. **B:** Ejemplar completo con sifones expuestos. **C:** Imágenes de *N. concinna* vivo. **D:** Morfotipos de valvas de *N. concinna*. Pequeña: población intermareal. Grande: población submareal.

Por otro lado, el Fe es un activo catalizador de la producción de especies activas y radicales libres, que desempeñan un papel crítico en el deterioro celular y también, según estudios más recientes, en numerosos procesos relacionados con la señalización celular que pueden estar relacionados en fenómenos de adaptación ambiental. La Figura 3 resume algunas fuentes externas de generación de radicales libres.

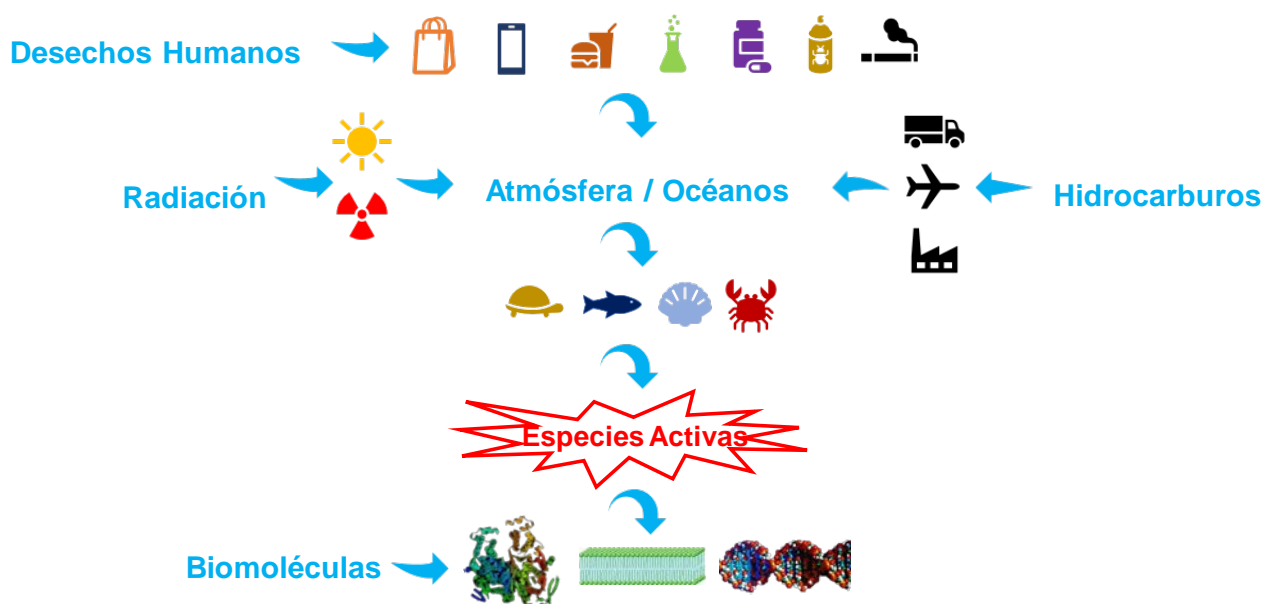


Figura 3. Fuentes ambientales de producción de radicales libres.

La relevancia de los efectos asociados a la presencia de Fe frente al cambio climático en la zona de la Península Antártica ha concentrado nuestra atención en el análisis de las modificaciones en la fisiología de los moluscos dependientes de la generación de radicales libres. Este es un campo de investigación en continuo crecimiento que nos ha llevado a participar en campañas Antárticas y que

nos permitieron acceder a las especies mencionadas que han sido analizadas tanto *in situ*, como posteriormente en el laboratorio del Instituto de Bioquímica y Medicina Molecular (IBIMOL) en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Gran parte de nuestros estudios se enfocaron en la glándula digestiva, que es el principal tejido de detoxificación de sustancias tóxicas en estos moluscos. Los análisis realizados en nuestro laboratorio aportan una información novedosa en relación al metabolismo del Fe y el grado de estrés que los moluscos de ambientes antárticos enfrentan en una época de cambios constantes y desafiantes (González y Puntarulo, 2011; 2016). Más aún, la estrecha relación entre los diferentes participantes de la comunidad ecológica ha motivado la extensión de los estudios a macro y microalgas, que han llevado a interesantes hallazgos vinculados al cambio de la composición de las comunidades algales frente al derretimiento de los glaciares y el cambio de salinidad consecuente; así como a la adaptabilidad frente a la exposición al Fe (Hernando y col., 2015; González y col., 2017).

Estos hallazgos contribuyen no sólo al entendimiento de la fisiología de invertebrados de climas extremos, sino también dimensionan adecuadamente la oportunidad y posibles efectos de las estrategias propuestas internacionalmente que llevan a modificar los entornos naturales con la “declarada” intención de incrementar la productividad de los océanos a través de la fertilización oceánica con Fe (Gervais y col., 2002), empleando este metal sin considerar los posibles efectos deletéreos sobre otros integrantes de la comunidad biológica que coexiste en los océanos. Las consecuencias de estas acciones deben ser dimensionadas en toda la trama trófica y estos aportes alertan sobre riesgos reales asociados a las prácticas descontroladas en los ambientes marinos.

Referencias

- Gervais F, Rebesell U, Gorbunov MY (2002) Changes in primary productivity and chlorophyll a in response to iron fertilization in the Southern Polar Frontal Zone. *Limnol. Oceanogr.* 47(5): 1324-1335.
- González PM, Puntarulo S (2011) Iron and nitrosative metabolism in the Antarctic mollusk *Laternula elliptica*. *Comp. Biochem. Physiol. C* 153: 243-250.
- González PM, Puntarulo S (2016) Fe, oxidative and nitrosative metabolism in the Antarctic limpet *Nacella concinna*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 200: 56-63.
- González PM, Deregibus D, Malanga G, Campana G, Zacher K, Quartino ML, Puntarulo S (2017) Oxidative balance in macroalgae from Antarctic waters. Possible role of Fe. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 486: 379-386.
- Hernando M, Schloss IR, Malanga G, Almandoz GO, Ferreyra GA, Aguiar MB, Puntarulo S (2015) Effects of salinity changes on coastal Antarctic phytoplankton physiology and assemblage composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 466: 110-119.
- Mercuri G, Tatián M, Momo F, Fuentes V, Sahade R (2008) Massive input of terrigenous sediment into Potter Cove during austral summer and the effects on the bivalve *Laternula elliptica*: a laboratory experiment. En: Wiencke C, Ferreyra GA, Abele D, Marensi S (Eds) *The Antarctic ecosystem of Potter Cove, King-George Island (Isla 25 de Mayo), Bremerhaven, Germany* 111-117.
- Peck L (2005) Prospects for surviving climate change in Antarctic aquatic species. *Front. Zool.* 2: 9.
- Trenberth KE, Jones PD, Ambenje PG (2007) WG 1 to the 3rd assessment report of the IPCC. En: Solomon S, Qin D, Manning M (Eds) *Cambridge University Press, UK and NY, USA.* 19-91 p.
- Vaughan DG, Marshall GJ, Connolley WM (2003) Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Clim. Change* 60(3): 243-274.

Dra. Paula Mariela González
Ayudante de primera de Físicoquímica



Dra. Susana Puntarulo
Profesora asociada de Físicoquímica

