



¿HAY PECES EN LAS FRÍAS AGUAS ANTÁRTICAS?

Comunes en las imágenes antárticas son los pingüinos, las ballenas y las focas, pero... ¿hay otros vertebrados que se atrevan a vivir en las gélidas aguas de la Antártida? La respuesta es ¡sí, y son los peces!

Sin embargo, de las más de 36.000 especies que existen en el mundo, menos de 400 han logrado adaptarse a un ambiente tan hostil como el antártico. Y si consideramos sólo zonas costeras de la Antártida, el 90 % de los peces pertenecen a un grupo muy particular de especies que se denominan **nototénidos** (FIGURA 1: A Y B). Por este motivo se dice que los nototénidos “dominan” los ambientes antárticos subacuáticos, pero, ¿cómo lograron sobrevivir al frío antártico?, ¿por qué no hay muchos grupos diferentes de peces como ocurre en los arrecifes de coral?

Un viaje al pasado puede ayudar a entender el presente: La evidencia geológica y el registro fósil demuestran que la Antártida no fue siempre un continente helado, de hecho en algún momento predominaron los ambientes tropicales y por lo tanto la fauna de peces que la habitaba era muy distinta a la actual (VER PÁG. 6). Hoy en día sabemos que el frío extremo de la Antártida comenzó cuando se formó la Corriente Circumpolar Antártica que es la que mantiene térmicamente aislado al continente blanco. La formación de esta corriente produjo un enfriamiento abrupto, generando una extinción masiva que dejó un ambiente totalmente

vacío de peces... o casi. Al menos una especie de nototénido tuvo la capacidad colonizar las gélidas aguas de la Antártida.

Este ancestro común de todos los nototénidos actuales tenía una característica clave: era capaz de producir proteínas anticongelantes que bajan la temperatura de congelamiento de los fluidos del cuerpo. Esto le permitió aprovechar ese “vacío ambiental” y diversificarse dando origen en muy poco tiempo a más de un centenar de especies gatilladas. Este tipo de explosiones de diversificación, por una característica clave como las proteínas anticongelantes, se denominan radiaciones adaptativas y el caso de los nototénidos es el ejemplo más espectacular de este fenómeno en peces marinos.

La segunda particularidad común a todos los nototénidos, y que por lo tanto presumiblemente también estaba presente en el ancestro común, es la ausencia de vejiga natatoria. Este órgano, presente en la mayoría de los peces, es un saco que puede llenarse de aire o gases y le permite regular su flotabilidad. La mayoría de los peces sin vejiga están limitados a vivir asociados al fondo del mar, pero algunas especies de nototénidos compensaron esta desventaja mediante el remplazo de huesos por cartílagos o la acumulación de grasa entre las fibras musculares o bajo la piel, pudiendo de esta manera aumentar su flotabilidad. Esto, sumado a la ayuda de poderosos músculos, le permitió a algunas especies de nototénidos adoptar formas de vida

menos asociadas al fondo marino.

La historia evolutiva de los nototénidos no es sólo una historia de innovaciones y adquisiciones evolutivas, sino también de pérdidas que resultan tan sorprendentes como las adquisiciones. La más llamativa de estas pérdidas se dio en una de las familias de nototénidos antárticos, los chaenictidos, comúnmente llamados **peces de hielo**. Esta familia carece de hemoglobina, la proteína que transporta el oxígeno y el dióxido de carbono, y que le da color a la sangre siendo éste el único ejemplo conocido de ausencia de hemoglobina en vertebrados.

para vivir a una temperatura estable bajo cero (alrededor de $-1,8^{\circ}\text{C}$) y con presencia constante de hielo. Sin embargo, sabemos que algunas especies de nototénidos antárticos lograron colonizar ambientes más templados e inestables. De hecho algunas de estas especies habitan las aguas del Canal Beagle, como por ejemplo los peces de las piedras, los toritos e incluso una especie de pez de hielo. ¿Cómo lograron adaptarse estas especies a un ambiente más templado e inestable? ¿Lograron por ejemplo recuperar la producción de proteínas *heat shock* frente a cambios abruptos de temperatura?

Al menos una especie de nototénido tuvo la capacidad de colonizar las gélidas aguas de la Antártida (...) ya que fue capaz de producir proteínas anticongelantes que bajan la temperatura de congelamiento de los fluidos del cuerpo.

Como consecuencia directa de esta pérdida, todos los órganos que contienen gran cantidad de sangre como las branquias y el corazón son prácticamente transparentes lo que inspiró el nombre "peces de hielo" (FIGURA 1: C). Esta desventaja en el transporte de oxígeno es compensada por un mayor volumen de sangre, un mayor tamaño del corazón y una menor viscosidad de la sangre (debido a la escasez de eritrocitos o globulos "rojos", que en este caso serían transparentes) que le permite fluir a mayor velocidad. Pero aún así, la pérdida evolutiva de los pigmentos respiratorios sólo es posible que ocurra en un ambiente donde el oxígeno disuelto en el agua es mayor que en otros océanos del planeta, y esto ocurre en el océano Antártico debido a la temperatura extremadamente baja y constante.

Otra característica, prácticamente universal en el reino animal y que notablemente perdieron los nototénidos antárticos, es la capacidad de responder a nivel celular a cambios bruscos de temperatura. Esta respuesta consiste en producir un tipo particular de proteínas (llamadas proteínas *heat shock*) que le ayudan a las células a sobrellevar cambios repentinos de temperatura. Probablemente la pérdida de esta característica solo fue posible gracias a las temperaturas extremadamente estables de las aguas antárticas. Estas y otras características convierten a los nototénidos antárticos en peces tan extremos como el ambiente en el que viven.

La pregunta es entonces: ¿Podrán sobrevivir los nototénidos antárticos al calentamiento global? Es difícil saberlo con certeza, pero el panorama no es alentador ya que estos peces están muy adaptados y especializados



Figura 1: A: *Gobionotothen gibberifrons*. Esta especie de pez nototénido es muy común en el oeste Antártico, alcanza los 55 cm de longitud total. ↑↑

Figura 1: B: *Trematomus scotti*. Esta especie de pez nototénido es muy común en el este Antártico, alcanza los 16 cm de longitud total. ↑↑

Figura 1: C: *Chaenocephalus aceratus*. Esta especie de pez del hielo (observe las agallas translúcidas) es común en el oeste Antártico y alcanza los 72 cm de longitud. ↑↑

Los peces de hielo son el único ejemplo conocido de ausencia de hemoglobina (proteína que transporta el oxígeno y el dióxido de carbono, y que le da color a la sangre) en vertebrados.



Figura 2: Captura de peces a bordo del Buque Oceanográfico ARA Puerto Deseado.

a un ambiente marino bajo cero. La existencia de novedosas técnicas moleculares genómicas, transcriptómicas y proteómicas permiten realizar comparaciones entre estos grupos de especies a escalas inimaginables hace pocos años atrás, en ese sentido estamos estudiando los genomas de diversas especies como la merluza negra y las especies del género *Patagonotothen*. La experimentación en acuarios permite manipular ciertas variables importantes y ver como afectan la fisiología y el comportamiento de las especies en "cuestión". Estamos experimentando la respuesta a la temperatura y la acidificación, entre otras variables.

El valor de estos estudios radica en las implicaciones de manejo y conservación que tiene la zonificación de áreas marinas particulares dentro de la Antártida. Además, estas investigaciones nos permiten seguir descubriendo la historia evolutiva de este fascinante grupo de peces. Es algo así como una trama de detectives, en la que van surgiendo pistas que nos hacen a los biólogos pensar y repensar, una y otra vez, la historia evolutiva de los nototénidos. 🔍

¿Como aportamos desde CADIC-CONICET y desde el ICPA-UNTDF al estudio de los nototénidos? Algunos ejemplos:

1- Para responder algunas de estas preguntas recorrimos distintas áreas de Antártida con un buque científico (PORTADA Y FIGURA 2), tomamos muestras de peces en cada una de ellas y comparamos los resultados obtenidos. Las campañas las llevamos a cabo durante algunos veranos a bordo del ARA Puerto Deseado. Entre los resultados encontramos que a lo largo de las islas Shetland del Sur las especies capturadas en los distintos sitios son distintas, o si se comparten las abundancias varían. Estas diferencias se deben a variables bióticas y abióticas, siendo la profundidad del agua del sitio muestrado la más importante de las variables abióticas. Especies que son muy comunes a poca profundidad (*Harpagifer antarticus* a menos de 50 metros) desaparecen a grandes profundidades y aparecen nuevas (*Paralparis sp.* a más de 500 metros).

2- Las aguas antárticas y subantárticas constituyen un laboratorio natural para estudiar la evolución relacionada

FACUNDO LLOMPART
CADIC-CONICET, ICPA-UNTDF
fllompart@untdf.edu.ar



SANTIAGO CEBALLOS
CADIC-CONICET, ICPA-UNTDF



DANIEL FERNÁNDEZ
CADIC-CONICET, ICPA-UNTDF

