



Por Claudio Rivas, Pirjo Huovinen e Iván Gómez

Universidad Austral de Chile y Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL).

claudio.rivas@postgrado.uach.cl

Microalgas, los pequeños gigantes de la nieve antártica

Las microalgas de nieve son extremófilos que poseen notables adaptaciones para fotosintetizar, crecer y reproducirse a temperaturas cercanas a 0 °C, además de estar expuestas a altos niveles de radiación solar, incluyendo radiación ultravioleta, entre otros factores de estrés. Sin embargo, desconocemos mucho acerca de su biología, por lo que su estudio puede mostrarnos una serie de adecuaciones fisiológicas para tolerar los efectos del cambio climático. Además, estas adecuaciones pueden ser esenciales en la bioprospección de distintos metabolitos de interés nutracéutico, como son los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), y compuestos carotenoides antioxidantes, como la astaxantina.



Figura 1. Florecimiento de microalgas de nieve, isla Kopaític, península Trinidad (Foto: Claudio Rivas).

Figura 2. Colecta muestras microalgas de nieve. En recuadros algunas cepas aisladas (foto terreno: Giulia Del Vecchio; fotos Microscopía: Romina Fuentes).

Figura 3. Curvas ETR-I, cepa expuesta a 12-h a tratamientos de radiación PAR (línea roja), PAR+UV-A (línea azul) y PAR+UV-A+UV-B (línea verde) en un gradiente de temperatura de 5, 10, 15 y 20 °C.

Fig. 1		Fig. 2
		Fig. 3

La nieve podemos asociarla a muchas cosas: un color, una temperatura, a monos de nieve, a deportes, etcétera. Pero es también un ecosistema con un conjunto de subsistemas bióticos y abióticos interdependientes.

Debido a sus propiedades físicas y químicas proliferan en ella distintos tipos de microorganismos. Si bien la temperatura es cercana al punto de congelamiento, la capacidad aislante de la capa de nieve mantiene un ambiente térmicamente más estable, aislando a los organismos de las extremas fluctuaciones de temperatura que ocurren en el exterior.

Por otra parte, las mayores variaciones en la densidad de la nieve ocurren en los primeros 5 cm, debido a constantes procesos que alternan derretimiento y congelamiento, lo cual afecta directamente los patrones de extinción de la luz, el contenido de agua en estado líquido y la distribución de nutrientes, entre otros. En los primeros centímetros de la columna de nieve, es posible observar algunos sectores con distinta coloración, por ejemplo, áreas rojas, naranjas y verdes. Esto es debido a florecimientos de microalgas, con densidades reportadas de $8,6 \times 10^5$ células por ml (equivalente en agua de nieve) cuyo color varía en función de la etapa del ciclo de vida y los pigmentos dominantes (figura 1).

Las microalgas de nieve antárticas son consideradas psicrófilos que han desarrollado evolutivamente distintas adaptaciones para sobrevivir en condiciones extremas.

Entre las principales adecuaciones fisiológicas podemos mencionar: ajustes en la composición de los lípidos de la membrana plasmática, síntesis y acumulación de astaxantina, síntesis de enzimas antioxidantes, síntesis de aminoácidos tipo micosporinas (MAA) y diferentes compuestos polifenólicos.

Estas adaptaciones están acompañadas de una serie de características del ciclo de vida que les permiten vivir en la nieve. Por ejemplo, algunas especies poseen ciclos de vida complejos, donde las fases flageladas permiten la migración vertical de las algas en la columna de nieve, con el objeto de ocupar zonas con condiciones ambientales óptimas para el crecimiento, reproducción o metabolismo.

Otras especies producen quistes de resistencia, los cuales poseen altas concentraciones de astaxantina, lo que les permitiría absorber UV entre las longitudes de onda de 371 y 470 nm. Es por ello que la fase enquistante normalmente se ubica en la superficie de la columna de nieve, donde las condiciones de radiación solar son un factor de estrés. Además, esto también facilita su dispersión por el viento a grandes distancias, permitiéndoles colonizar distintos lugares.

El ambiente lumínico

Los resultados de penetración y espectro de luz medidos en la columna de nieve, presentan claras diferencias entre la superficie y bajo los 10 cm de profundidad, donde los niveles de radiación solar superficial alcanzan valores de 164 Wm^{-2} (PAR), 16 Wm^{-2} (UV-A) y $0,35 \text{ Wm}^{-2}$ (UV-B). A partir de los 10 cm de profundidad existe una atenuación de la luz de más de un 80 % bajando a 19 Wm^{-2} (PAR), $1,3 \text{ Wm}^{-2}$ (UV-A) y $0,02 \text{ Wm}^{-2}$ (UV-B). Esto se explicaría porque la nieve refleja la radiación de longitud de onda corta, absorbiendo y re-emitiendo la mayoría de la radiación de onda larga.

Respuestas ecofisiológicas

En el proyecto “Ecofisiología de microalgas de nieve antárticas: adaptaciones a ambientes extremos y el rol de metabolitos con propiedades nutraceuticas”, financiado por el INACH, se examinan las respuestas ecofisiológicas de estos microorganismos a distintas condiciones experimentales, que permitan evaluar su potencial cultivo, analizando las características del medioambiente en que habitan. En una primera etapa, se ha logrado aislar con éxito distintas cepas de microalgas de la comunidad de nieve colectadas en las inmediaciones de las bases Escudero, O’Higgins y Yelcho. A partir de estas muestras, se ha podido distinguir representantes de los géneros *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Chloromonas*, *Pseudococcomyxa* y *Stichococcus* por medio del análisis filogenético mediante la secuenciación del gen 18S y la subunidad grande de la RUBISCO (rbcL) (figura 2).

Al evaluar las características fotosintéticas, en cepas de géneros sin flagelos y sometidas a altos niveles de radiación ultravioleta y una elevada temperatura (hasta $20 \text{ }^\circ\text{C}$), se ha podido observar que poseen una gran eficiencia fotosintética y tolerancia a la radiación UV. Llama la atención que en muchas de estas algas la fotosíntesis no se ve afectada por un incremento de la temperatura (figura 3).

Al no contar con flagelos en su ciclo de vida, estos organismos no pueden eludir las condiciones ambientales desfavorables, por lo que dependen de otros mecanismos para sobrevivir, indicando una plasticidad adaptativa que hasta ahora no ha sido bien entendida.

Estos resultados abren importantes perspectivas para el cultivo de cepas resistentes, así como la evaluación de sus tasas de crecimiento y producción de ácidos grasos y astaxantina a distintos niveles de temperatura y radiación ultravioleta.

Finalmente, el proyecto plantea nuevas interrogantes que se relacionan con los distintos ensambles de microorganismos que proliferan en la nieve, los cuales conforman una compleja trama trófica que va desde bacterias, algas hasta protozoos. Esta comunidad contribuye fuertemente a procesos biogeoquímicos que ocurren en los ecosistemas costeros de la Antártica marítima. Es esencial desde el punto de vista de la ecología antártica establecer cuál es el rol de esta comunidad y cómo puede variar en un escenario de cambio climático. Estas interrogantes se pretenden responder en el recientemente adjudicado Proyecto “Ecophysiology of Antarctic Snow Algae: Adaptation mechanisms to a changing polar environment”, financiado por Conicyt e INACH.

