

FORZANTES DE FUSIÓN SUPERFICIAL SOBRE LA BARRERA DE HIELO LARSEN C DURANTE EL VERANO

Hernán E. Sala¹, Gabriel Silvestri², Ana Laura Berman²

hersala@gmail.com (H. Sala)

¹ Dirección Nacional del Antártico – Instituto Antártico Argentino

² Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (UBA/CONICET; IRL 3351 IFAECI/CNRS)

Palabras clave: Península Antártica, circulación atmosférica polar, barrera de hielo Larsen.

1) INTRODUCCIÓN

Las interacciones que se producen entre el manto de hielo antártico y el sistema climático terrestre involucran una variedad de procesos dinámicos de distinta naturaleza que actúan a diferentes escalas temporales y espaciales. Entre estos procesos se encuentran la fusión superficial (y también basal) de las barreras de hielo, con su consecuente adelgazamiento y eventual colapso. Estos fenómenos pueden iniciarse a partir de la fusión de la cubierta de nieve y hielo que cubre la superficie de los glaciares, también referida como “*snowpack*”. En efecto, cuando la temperatura del aire cercano a la superficie supera un determinado valor crítico se inicia la fusión de la nieve y el hielo que se encuentran en contacto o en estrecha proximidad con una determinada masa de aire. El agua resultante se infiltra a través de poros y grietas intersticiales de distinto calibre presentes en la masa de hielo. Luego, cuando dicha agua vuelve a congelarse no sólo transfiere calor hacia el interior del glaciar sino que además genera un efecto de cuña que tiende a aumentar el tamaño de las grietas en las que quedó depositada. La repetición de estos procesos, año tras año, puede hacer que el efecto de cuña sea suficientemente importante como para contribuir al desarrollo de grietas de grandes dimensiones (*rifts*). La expansión de tales grietas, en definitiva, conduce a la desestabilización de las barreras de hielo y, eventualmente, a su posterior colapso (Skvarca y Sala, 2007). En otros términos, los procesos que provocan el colapso de grandes barreras de hielo antártico pueden verse potenciados por la ocurrencia reiterada, a lo largo del tiempo, de eventos de fusión en el snowpack. Por lo tanto, el estudio de la fusión superficial y de los forzantes atmosféricos que la inducen es fundamental para comprender el comportamiento del manto de hielo antártico en el presente y su proyección futura.

Desde mediados de la década de 1970, a partir de datos obtenidos por radiómetros instalados en satélites, se ha investigado de manera sistemática la distribución espacial y temporal de la cobertura superficial de nieve y de hielo en todo el planeta; en particular, en regiones donde se dispone de muy pocas observaciones obtenidas in situ (como es el caso de la Antártida). Entre las diferentes variables medidas por los mencionados radiómetros se encuentra la temperatura de brillo (*brightness temperature*, T_b) correspondiente a los primeros centímetros, decímetros o metros de la columna del snowpack que cubre la Antártida. Usando algoritmos diseñados por especialistas en radiometría satelital, los datos de T_b permiten detectar la presencia de agua en estado líquido dentro del snowpack, lo cual es indicativo de la ocurrencia de eventos de fusión. Si bien un gran número de investigadores de diversos países enfocan sus estudios en temas de variabilidad climática en Antártida, el análisis de patrones de circulación atmosférica asociados a eventos de fusión superficial con una resolución temporal diaria es un aspecto aún poco desarrollado. Por lo tanto, el objetivo de este breve trabajo consiste en mostrar dos ejemplos de

condiciones atmosféricas en cierto modo contrastantes, que modularon en distinta forma la fusión superficial en la barrera de hielo Larsen C durante la temporada estival.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizan datos diarios de T_b de la Antártida elaborados por el National Snow and Ice Data Center (<https://nsidc.org>). Los datos están organizados y se encuentran disponibles en forma de una grilla espacial de 25 x 25 km. El área de estudio es la barrera de hielo Larsen C (LC), ubicada sobre la costa este de la Península Antártica (Figura 1). El análisis se realiza para el verano austral 2021-2022, tomándolo -con las precauciones necesarias- como relativamente representativo de las condiciones propias de los veranos de la última década en la región. Los días en los que se detecta fusión superficial en cada punto de grilla se identifican siguiendo la metodología mostrada en Torinesi y otros (2003). La circulación atmosférica se analiza con datos de altura geopotencial de 1000 hPa (G1000) extraídos del reanálisis NCEP-NCAR.

3) RESULTADOS

La Figura 2 muestra el área de LC bajo condiciones de fusión superficial en cada día transcurrido desde el 1 de septiembre de 2021 hasta el 30 de abril de 2022. Se observa que en noviembre comienzan episodios de fusión que se generalizan desde los primeros días de diciembre hasta los últimos días de febrero. En otras palabras, los meses de verano constituyen una “estación de fusión”, en la cual gran parte de la superficie de LC se encuentra bajo episodios recurrentes de fusión. Esto sucede porque la temperatura del aire cercano a superficie aumenta induciendo, a su vez, un incremento en la temperatura del snowpack, hasta superar el umbral en el cual se inicia el pasaje al estado líquido. Si bien ésta es la condición general durante el verano, la Figura 2 también muestra que hay días en los que el área bajo fusión puede aumentar o disminuir de manera marcada. Esto es consecuencia de la variabilidad en la temperatura del aire, en respuesta a condiciones particulares de circulación atmosférica sobre la región.

A modo de ejemplo, la Figura 3 muestra los campos de G1000 en dos días particulares. El 3 de febrero de 2022 el área bajo fusión disminuyó marcadamente debido a que un centro de baja presión ubicado al este de la Península Antártica produjo advección de aire frío polar que interrumpió, al menos parcialmente y por un breve periodo, la fusión estival en el área de LC. Por el contrario, el aumento del área bajo fusión el 8 de febrero de 2022 estuvo asociado con un centro de baja presión situado al oeste de la Península Antártica. Tales condiciones favorecieron un considerable flujo meridional desde el norte del Pasaje de Drake o Mar de Hoces hasta la Península Antártica y, en consecuencia, una marcada advección de aire cálido asociada al desarrollo de un río atmosférico incluyendo viento foehn sobre LC (Gorodetskaya y otros, 2023).

Estos resultados sintetizan el aspecto más relevante detectado en el análisis diario de la ocurrencia de eventos de fusión superficial en LC durante el verano austral: un periodo extenso de fusión asociado al aumento típico de temperatura del aire estival y el impacto de sistemas de circulación del aire en escala sinóptica aumentando o disminuyendo la extensión del área sometida a fusión en superficie.

Los resultados para LC mostrados en este breve artículo son un ejemplo de los estudios actualmente en desarrollo por este grupo de trabajo que están permitiendo caracterizar las condiciones atmosféricas bajo las cuales se producen los eventos de fusión superficial en las barreras de hielo del área de Península Antártica. Estas investigaciones son relevantes para

comprender las condiciones observadas en las últimas décadas, pero también constituyen información esencial para mejorar las proyecciones del manto de hielo antártico bajo distintos escenarios.

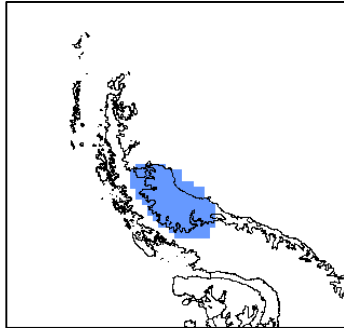


Figura 1: Área de LC (sombreada) considerada en este trabajo.

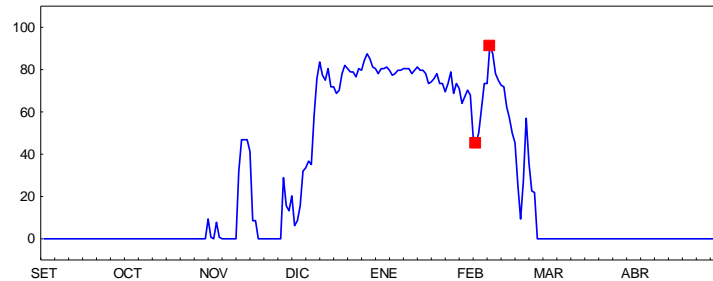


Figura 2: Área de LC bajo fusión superficial en cada día transcurrido desde el 1 de setiembre de 2021 hasta el 30 de abril de 2022. Valores expresados en porcentaje respecto al área total de LC mostrada en Figura 1. En rojo se indican los días 3 y 8 de febrero de 2022 analizados en Figura 3.

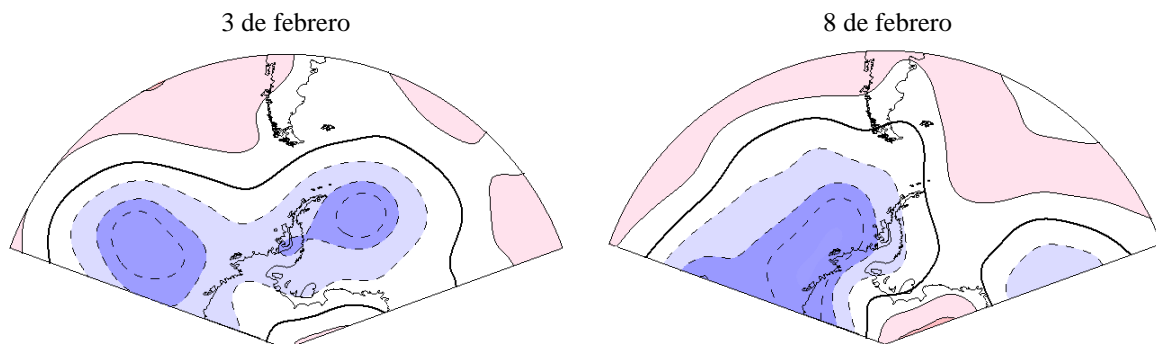


Figura 3: G1000 los días con disminución (3 de febrero de 2022) y aumento (8 de febrero de 2022) del área bajo fusión superficial en LC. Se indican contornos de ± 100 , ± 200 y ± 250 metros (la línea negra gruesa indica el contorno 0.0).

REFERENCIAS

Gorodetskaya, I., Durán-Alarcón, C., González-Herrero, S. y otros, 2023: Record-high Antarctic Peninsula temperatures and surface melt in February 2022: a compound event with an intense atmospheric river. *npj Climate and Atmospheric Science*, doi.org/10.1038/s41612-023-00529-6.

Skvarca, P. y Sala, H. E., 2007: Cambios detectados con imágenes MODIS en la Bahía Larsen B entre 2002 y 2007. En: *Actas del VI° Simposio Argentino y III° Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas, IAA-DNA. Resumen Expandido N° GEORE806*, 4 págs.

Torinesi, O., Fily, M., y Genthon, C., 2003: Variability and trends of summer melt period of Antarctic ice margins since 1980 from microwave sensors, *Journal of Climate*, 16, 1047–1060.