

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y MORFOLÓGICAS DEL GLACIAR DOMEYKO EN LA ENSENADA MACKELLAR, ISLA REY JORGE, ANTÁRTIDA

Estibene Pool Vásquez Choque
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, Lima, Perú.
evasquez@ingemmet.gob.pe

Resumen

El mapeo glaciológico estructural se puede utilizar para investigar la evolución y dinámica glaciaria en el pasado. El mapeo descrito en el presente artículo describe las características estructurales de un conjunto de ocho (08) glaciares individualizados que desembocan en las aguas de la Ensenada Mackellar. El mapeo estructural revela que los glaciares se encuentran dominados por fracturas profundas que ahora son relictos. Las estructuras glaciares actuales y las que se van formando activamente, también incluyen estratificación, foliación y fracturas superficiales y profundas. El mapa también será útil para futuros trabajos de investigación en la detección de cambios en la evolución de cada uno de los glaciares mapeados.

Palabras clave: estratificación, foliación y fracturas.

Abstract

Structural glaciological mapping can be used to investigate past glacier evolution and dynamics. The mapping described in this article describes the structural characteristics of a set of eight (08) individualized glaciers that flow into the waters of Ensenada Mackellar. Structural mapping reveals that the glaciers are dominated by deep fractures that are now relict. Current and actively forming glacial structures also include bedding, foliation, and shallow and deep fractures. The map will also be useful for future research work in detecting changes in the evolution of each of the mapped glaciers.

1. Introducción

Los glaciares alrededor de la bahía Almirantazgo actualmente se encuentran agrietados, fracturados y fragmentados en gran medida, dentro de la ensenada Mackellar, el glaciar Domeyko es un claro ejemplo de ello. Por tal motivo se ha realizado un análisis y descripción detallada sobre su estructura y morfología como parte de su evolución y dinámica glaciaria. Comprender cómo varían las características del flujo de los glaciares en respuesta al clima y sus constantes cambios es de gran importancia para evaluar las implicaciones futuras para las masas de hielo de la Antártida. Un método para deducir cambios en la estructura y dinámica de un glaciar es mapear e interpretar sus características estructurales y morfológicas (Hambrey & Lawson, 2000). Utilizando una imagen satelital PERUSAT y fotografías de alta resolución tomadas en campo, se ha elaborado un mapeo al detalle de las principales estructuras glaciares observadas. El mapa descrito en este trabajo, registra las características estructurales y morfológicas de todo el glaciar Domeyko. Este enfoque de mapeo permite inferir la evolución estructural y dinámica glaciaria en el pasado que luego se puede aplicar en otros glaciares de la bahía Almirantazgo que también están experimentando un retroceso y adelgazamiento similar.

2. Área de estudio

El glaciar Domeyko se encuentra localizado en la ensenada Mackellar en la bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, península antártica (figura 1). Se encuentra entre los glaciares Znosko y Lange y la Península Keller, hacia el noroeste de la estación peruana Machupicchu. Posee un área total de cobertura glaciaria de 33 km² aproximadamente y un frente glaciario que varía constantemente entre 5 y 30m en promedio. En base a sus características geomorfológicas superficiales (orientación de fracturas y desnivel de la superficie del hielo), el glaciar se ha dividido individualmente en 08 flujos de hielo.

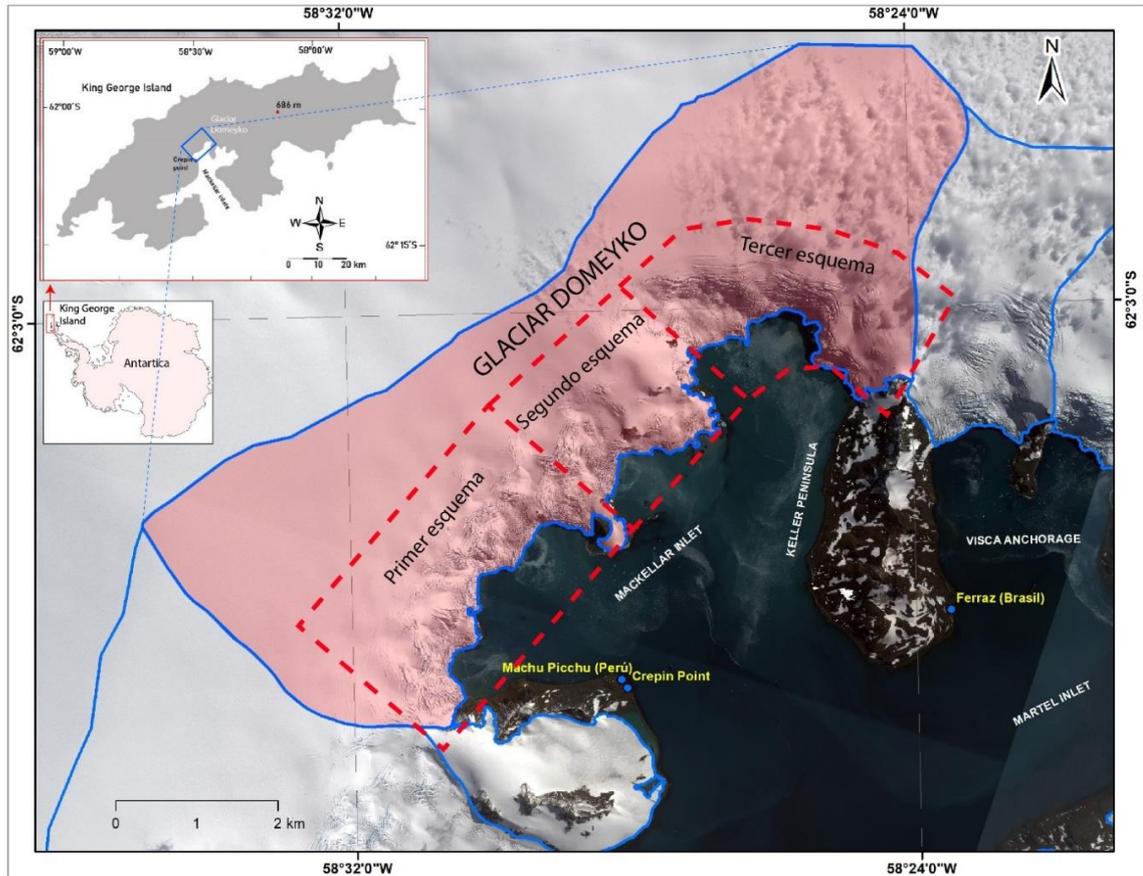


Figura 1. Glaciar Domeyko, donde se ubican los 08 glaciares individualizados

3. Metodología y software

El método aplicado para la cartografía de las principales estructuras sobre la superficie del glaciar Domeyko se basa en imágenes de satélite obtenidas a partir de ESRI ArcMap 10.6 Software del Sistema de Información Geográfica que utiliza imágenes satelitales, capas de colección y otros elementos en un mapa. Así mismo, como parte de las expediciones ANTAR – XXVI y XXVII que se llevaron a cabo los años 2019 y 2020 respectivamente, el INGEMMET adquirió una imagen de satélite PERUSAT de fecha 10 de febrero de 2018 que abarca las Ensenadas Mackellar, Martel y Ezcurra.

Seguidamente, en la última expedición ANTAR – XXVII (año 2020) como parte del proyecto “Evolución del glaciar Domeyko a partir de registros geomorfológicos en la Ensenada Mackellar, Isla Rey Jorge, Antártida”, con una cámara Nikon se realizó un registro fotográfico de alta resolución de la superficie y el frente glaciar. Al mismo tiempo se han tomado datos de la geometría, morfología y dinámica del glaciar con una descripción y esquematización de las principales características geomorfológicas del glaciar Domeyko. Las fotografías fueron tomadas desde un bote zodiac a una distancia aproximada de 50m entre la cámara y la pared de hielo del glaciar.

En el software de diseño Adobe Illustrator, las fotografías registradas en campo son sometidos a un cartografiado al detalle de las principales características estructurales presentes en la superficie y el frente del glaciar. Para tal finalidad, el glaciar Domeyko se dividió en tres sectores debido a la gran extensión y complejidad que este glaciar posee y a la vez esta sub división permite resaltar con mayor detalle las fracturas y morfología en el frente y sobre su superficie.

Finalmente, se han generado mapas glaciológicos estructurales, modelos de evolución estructural y dinámica glaciar y esquemas que expliquen el fracturamiento y desprendimiento (comportamiento) del hielo en la superficie y el frente glaciar.

4. Resultados

El glaciar Domeyko es uno de los más extensos dentro de la Bahía Almirantazgo en comparación con otros como el glaciar Lange o el glaciar Znosko situados hacia el suroeste del Domeyko que poseen extensiones menos prolongadas. La masa glaciar en su conjunto se encuentra diferenciada en dos zonas: de superficie plana y de superficie dinámica. La primera se encuentra en la parte más alta, en ella no se aprecia cambios abruptos en su superficie, muy por el contrario, es bastante uniforme. Dentro de la superficie dinámica se aprecian una variedad de estructuras superficiales próximas al frente glaciar donde a la vez se aprecia en pequeños sectores el lecho de roca descubierto de hielo.

Para un mayor detalle y una mejor descripción, la zona con superficie dinámica ha sido dividido en 08 cuerpos glaciares (figura x) atendiendo a la morfología de la superficie del glaciar. La dirección del flujo de hielo en los glaciares 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 es NO – SE mientras que el glaciar numero 8 posee una dirección de flujo hacia el NE - SW todos ellos prolongándose hacia la Ensenada Mackellar en forma de fiordo.

En la mayoría de los casos, los 08 cuerpos glaciares están dominados por estructuras superficiales transversales y de manera muy reducida por estructuras longitudinales. Las grietas dispuestas en forma trasversal son llamados crevasses las mismas que están distribuidas en todas dimensiones a lo largo y ancho de los glaciares individuales. Los crevasses aumentan su intensidad de distribución en la superficie del hielo a medida que se aproximan al frente glaciar, debido a la disminución del espesor de la capa de hielo por el retroceso del hielo.

A lo largo de los 08 glaciares se han identificado hasta 03 tipos de crevasses: transversales, longitudinales y crevasses de tipo radial, en algún caso se ha identificado los tres tipos en un solo glaciar. Sin embargo, los crevasses de tipo transversal son los que dominan.

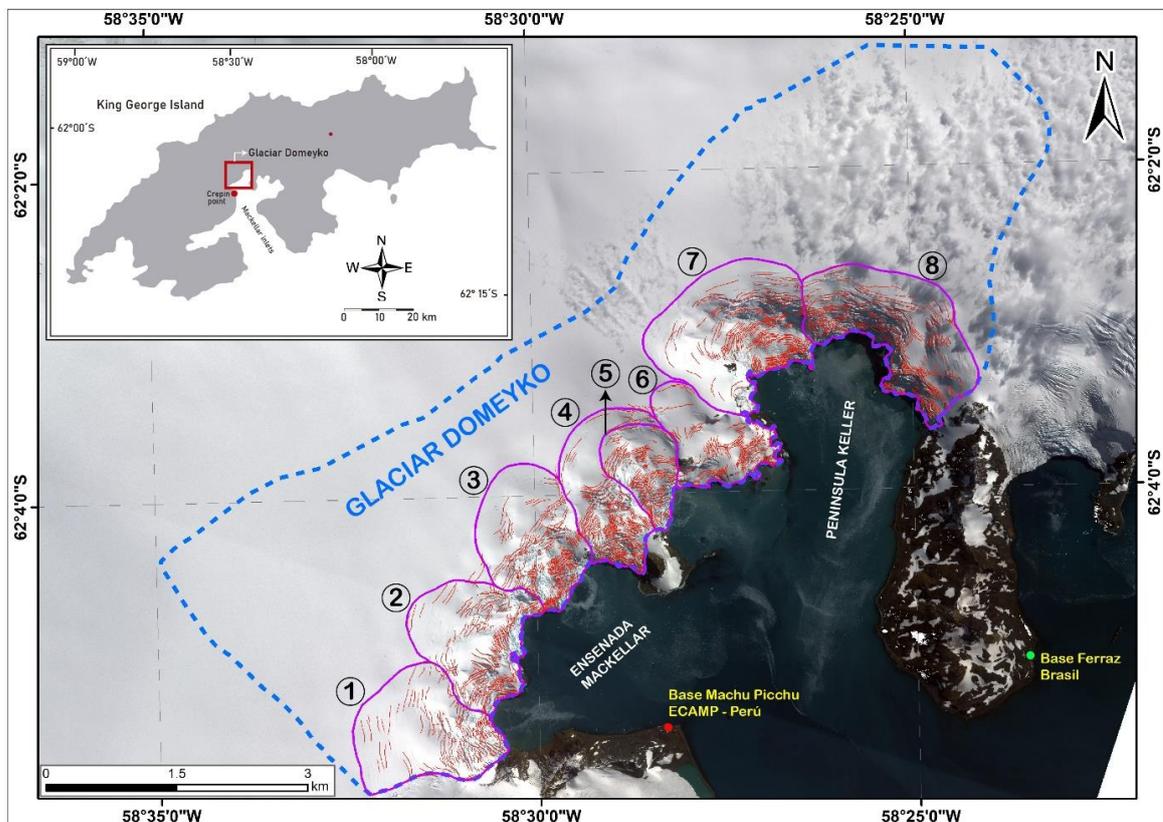


Figura 2. Distribución de los flujos glaciares en base a la morfología de la superficie del hielo

Así mismo, en los frentes glaciares se han identificado bloques o columnas de hielo formadas en los puntos de intersección de las grietas siendo estas de forma irregular tomando formas de pináculos altos llamados seracs.

Finalmente, se ha observado un conjunto de rimayas que son grietas estrechas, largas y profundas que por lo general se ubican en el extremo superior del glaciar, se forma cuando la masa de hielo inmóvil se separa de la parte glaciario en movimiento formando un escarpe de forma semicircular.

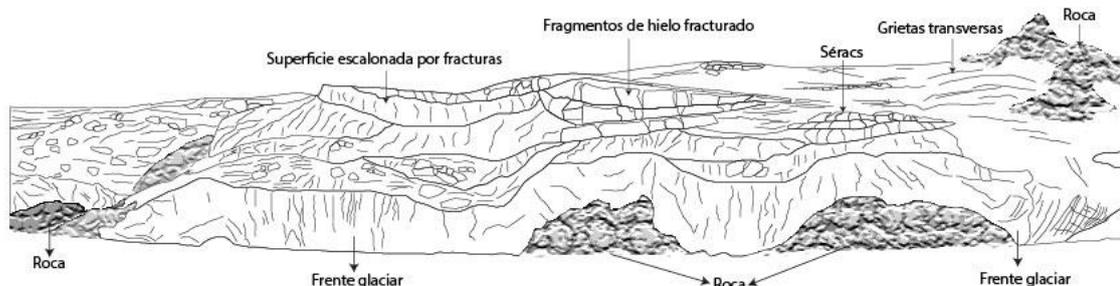


Figura 3. Esquema de representación geomorfológica en el glaciar Domeyko

5. Análisis y discusión

Nuestro análisis de las imágenes de satélite PERUSAT sugiere que las estructuras superficiales transversales tienen una orientación perpendicular a la dirección del flujo glaciario NE – SW y se producen en respuesta a la tensión producida por un cambio de pendiente en el basamento rocoso. Las estructuras longitudinales, se encuentran paralelas a la dirección del movimiento del glaciar NW – SE y ocurren generalmente por compresión lateral del hielo. Finalmente, se observa crevasses de tipo radial que ocurren sobre el frente glaciario como consecuencia de la expansión radial del hielo, el glaciar número 8 es el único que presenta este tipo de agrietamiento.

La observación, el mapeo y el análisis realizado sobre la imagen de satélite indican que cuanto más próximos estemos del frente glaciario, aumente considerablemente las estructuras transversales y longitudinales (crevasses) probablemente a causa de tres factores. El primero es causado por esfuerzos de compresión transversal generado por el límite de los distintos flujos del hielo. El segundo factor puede ser debido a que el hielo no puede deformarse lo suficientemente rápido al interior de su masa por lo cual se fractura y se genera movimiento a lo largo de un plano generando fracturas por tensión que finalmente provocan la separación entre bloques de hielo. El último factor a considerar es el efecto *calving*, está determinado principalmente por la forma de fusión-socavación, bastante recurrente en glaciares que terminan en el mar generándose pérdida de masa glaciario que a su vez provoca una inestabilidad en la superficie del hielo. Los tres factores considerados de alguna u otra forma han provocado y seguirán provocando el agrietamiento en la superficie del hielo.

El intenso fracturamiento, ha dado lugar a otro tipo de formas glaciares llamados *seracs*, al igual que las grietas estas se intensifican en proximidad al frente glaciario, dispuestas en alineación transversal en forma escalonada y progresiva.

Cada glaciar individualizado genera su propio flujo de hielo que finalmente se pierde en las aguas de la Bahía Almirantazgo, el inicio del flujo inicia en la parte alta donde se observa una grieta semicircular en forma de escarpe denominado *rimaya*. A partir de esta grieta se distribuyen las demás grietas de menor dimensión y extensión.

Conclusiones y perspectivas

Las estructuras superficiales transversales, longitudinales y radiales son características comunes en la superficie de los glaciares antárticos, principalmente en el glaciar Domeyko. Los principales factores que provocan el fracturamiento son los esfuerzos de compresión transversal, deformación lenta del hielo al interior de su masa y el efecto calving. La dirección de flujo de 07 glaciares (glaciares 1 al 7) poseen una dirección de flujo NW – SE y el glaciar numero 8 presenta una dirección de flujo NE – SW entrando en contacto con el mar. La morfología predominante desde el frente glaciar hasta la zona de rimayas, es de tipo escalonado debido al lento hundimiento del hielo desde la parte baja hacia la parte alta. Finalmente, hemos presentado un modelo conceptual simple que explica cómo se forman estas características a través de la compresión, deformación y el efecto calving. Se requiere un modelo numérico adicional para probar este modelo conceptual simple.

Bibliografía

- Bassis J N, Berg , B , Crawford , A J & Benn , D I 2021 , ' Transition to marine ice cliff instability controlled by ice thickness gradients and velocity ' , Science , vol. 372 , no. 6548 , pp. 1342-1344 . <https://doi.org/10.1126/science.abf6271>.
- Stephen J. A. Jennings, Michael J. Hambrey, Neil F. Glasser, Timothy D. James & Bryn Hubbard (2016) Structural glaciology of Austre Brøggerbreen, northwest Svalbard, *Journal of Maps*, 12:5, 790-796, DOI: [10.1080/17445647.2015.1076744](https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1076744).
- Aniya, M., & Naruse, R. (1986). Mapping Structure and Morphology of Soler Glacier, in Northern Patagonia, Chile, Using Near-Vertical, Aerial Photographs, Taken with a Non-Metric, 6 X 6 CM-Format Camera. *Annals of Glaciology*, 8, 8-10. doi:10.3189/S0260305500001038.
- Slater, D. A.; Benn, D. I.; Cowton, T. R.; Bassis, J. N.; Todd, J. A. Calving multiplier effect controlled by melt undercut geometry. *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*, Vol. 126, No. 7, e2021JF006191, 09.07.2021.