

FLUCTUACIONES EN LA EXTENSIÓN DE LOS GLACIARES DEL NEVADO COLOLO (14°50' S) A PARTIR DE DATOS TM/LANDSAT-5

Ana M. Sanches¹, Jefferson C. Simões² y Luiz F. Velho³

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, Brasil; amsdfo@gmail.com

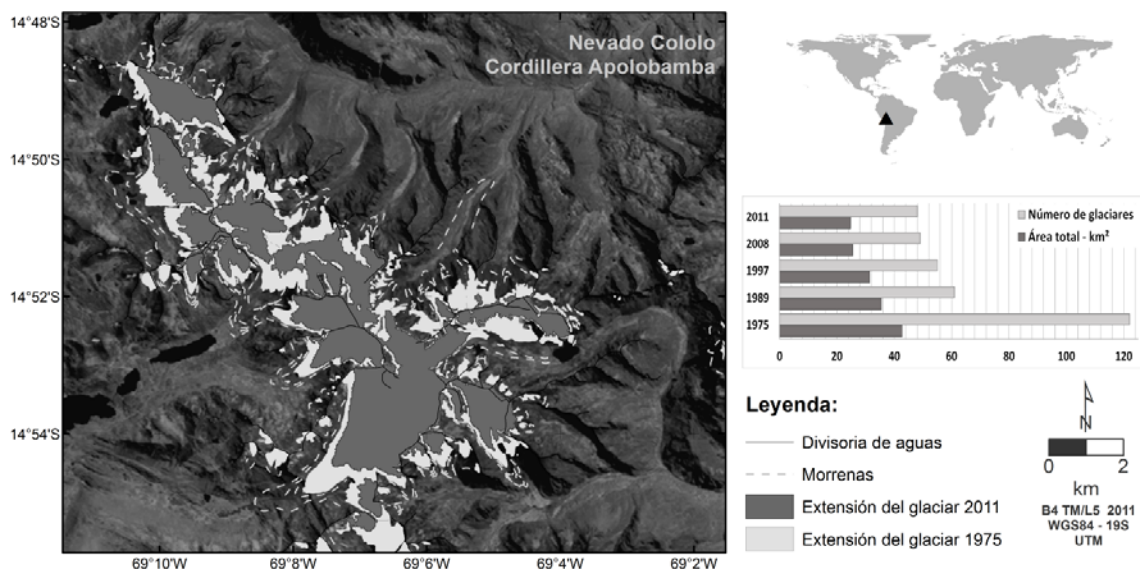
²Centro Polar e Climático, Brasil; jefferson.simoes@ufrgs.br

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil; luiz.velho@poa.ifrs.edu.br

Los cambios climáticos son atestiguados por las pérdidas en los glaciares tropicales y estas se han acelerado a partir de las últimas décadas del siglo XX (Rabatel *et al.* 2013). El gran desafío de investigar las variaciones en los hielos tropicales de los Andes se ve acentuado por las dificultades logísticas que esto conlleva. Estos glaciares se localizan en las zonas más elevadas de Sudamérica, la gran mayoría en Perú y Bolivia, 70% y 20% respectivamente, y el resto en Ecuador, Colombia y Venezuela. Por esto, la contribución de los datos satelitales resulta imprescindible para el monitoreo de glaciares, porque aportan imágenes con periodicidad y con costos más asequibles que la obtención de fotografías aéreas o la realización de campañas de campo. En Perú y Bolivia se depende de los flujos de agua de deshielo, tanto para la generación de energía como para el abastecimiento, sobre todo en los períodos de escasa precipitación. Además, el retroceso de los glaciares puede generar riesgos para las poblaciones tales como los flujos de materiales originados por el colapso de los cierres de lagunas periglaciales (Hoffmann y Weggenmann 2011).

Así, en este trabajo se confirma cómo las imágenes de los satélites Landsat aportan información acerca de la evolución de cuencas glaciares, existiendo un banco de datos desde los años 1970. Para el análisis, se utilizaron los algoritmos NDSI, NDWI y un umbral en la banda 5 en las imágenes del sensor *Thematic Mapper* del satélite Landsat -5 (TM/L5). Las imágenes fueron seleccionadas para el período seco (mayo hasta octubre) en los bancos del INPE-Brasil. Fue posible obtener imágenes entre los años 1989 y 2011 con poca o ninguna cobertura de nubes. Estas fueron superpuestas a la información de un mapa topográfico (Jordan 1990) del que se tomaron los puntos de altitud para la generación de un Modelo Digital de Elevación (MDE) por el método *kriging* ordinario (Remy *et al.* 2012). Los datos vectoriales y el MDE generados fueron después acoplados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

El NDSI permite delimitar los glaciares utilizando las características espectrales opuestas de las bandas del espectro visible y del infrarrojo (Hall y Riggs 2010). Pero es necesario combinarlo con el NDWI para que los cuerpos de agua no se confundan con hielo, también se adoptó un umbral en la banda 5 para que nubes que no habían sido identificadas visualmente no fuesen contabilizadas como hielo. Se utilizó el contador digital y se fijaron los umbrales 0,59 en el NDSI y 0,27 en el NDWI, en la banda 5 el umbral fue 90. Así se determinaron las superficies de los glaciares para los años 1989, 1997, 2008 y 2011. También se puso de manifiesto la existencia de una laguna proglacial entre los años de 1997-1998 en el frente del glaciar Cololo, el mayor del Nevado.



Localización del Nevado Cololo y su variación a lo largo de los años 1975 hasta 2011.



La superficie cubierta por glaciares en este nevado, en 2011, fue de $24,77 \pm 0,00032$ km², lo que representa una pérdida del 42,02% desde 1975. El retroceso de estos hielos ocurrió en todas las vertientes, pero las del este fueron las más afectadas. El frente del glaciar más grande se retiró 1 km con una pérdida de superficie del 21,6%. Incluso la cantidad de glaciares pequeños se ha reducido; mientras que se observó un aumento en el número de glaciares cuyas pendientes medias están entre 30° y 40°. La pérdida de espesor de hielo provocó la exposición del sustrato en algunos puntos, por la fragmentación de los glaciares en otros más pequeños. Ya no quedan glaciares por debajo de la cota de 4626 m.

Este estudio confirma la fragilidad de los glaciares del Nevado Cololo y del ambiente adyacente, sea por los cambios en el ciclo hidrológico sea por los peligros que representa el retroceso de los hielos y el colapso de los cierres de las lagunas periglaciales. Por otro lado, es necesario profundizar el conocimiento de las dinámicas hídricas de la región frente a los cambios climáticos reflejados por la variación en los glaciares tropicales.

Hall, D.K. y Riggs, G.A. 2010. Normalized-Difference Snow Index (NDSI). Nasa Technical Reports Server. Disponible en: http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100031195_2010033115.pdf. Acceso en: 29/11/2012.

Hoffmann, D. y Weggenmann, D. 2011. Climate change induced glacier retreat and risk management GLOFs in the Apolobamba mountain range, Bolivia. Klima 2011. Disponible en: <http://www.climate2011.net/en/papers/1/95>. Acceso en: 20/11/2012.

Jordan, E. 1990. Verbreitung Von Gletschern und neuzeitlichen Möranen in der Cordillera Apolobamba/ Cololo Region (Ostkordillere). Karte 5. In: Jordan, E. Die Gletscher der boliviaschen Anden. Erdwissenschaftliche Bd. 23 Stuttgart, Franz Steiner.

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J.L., Basantes, R., Vuille, M., Sicart, J.-E., Huggel, C., Scheel, M., Lejeune, Y., Arnaud, Y., Collet, M., Condom, T., Consoli, G., Favier, V., Jomelli, V., Galarraga, R., Ginot, P., Maisincho, L., Mendonza, J., Ménégos, M., Ramirez, E., Ribstein, P., Suarez, W., Villacis, M. y Wagnon, P. 2013. Current state of glaciers in the Tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7 (1): 81-102.

Remy, N., Boucher, A. y Wu, J. 2012. SGeMS – Stanford Geostatistical Modeling Software. Disponible en: <http://sgems.sourceforge.net/?q=node/20>. Acceso en: 15/06/2012.