

Evidencias de retroceso glaciar y deshielo en el pico Humboldt en el parque nacional Sierra Nevada. Mérida-Venezuela

Evidence of retreat glacier and thaw on Humboldt Peak, Sierra Nevada National Park. Mérida-Venezuela

Evidências de retrocesso glaciar e degelo no pico Humboldt no parque nacional Serra Nevada. Mérida-Venezuela

Eder Mattiè¹ Omar Guerrero² Katherin Montilva³ Alexander Balza⁴ Rómulo Cuevas⁵

Recibido: 4-4-17; Aprobado: 2-11-17

Resumen

Haciendo uso del análisis multi-temporal en imágenes satelitales, estudio fotogeológico de las fotografías aéreas, se puede estudiar la evolución de los glaciares por las diferentes geoformas que los mismos han dejado a lo largo del tiempo y así recolectar datos de gran importancia para determinar la influencia y cómo han afectado los procesos de cambio climático sobre estos. En este trabajo se estudia el retroceso glaciar del pico Humboldt, desde el año 1952 hasta la actualidad, por medio de polígonos, con la finalidad de determinar la cantidad de volumen de hielo que existe en la zona de estudio y de esta manera conocer las reservas hídricas para los humedales existentes dentro del área de estudio (Lagunas El Suero, La Verde, La Coromoto). Para la medición de los espesores de hielo y monitoreo del deshielo en diferentes meses y horas en las zonas perimetrales del glaciar, en algunas zonas donde se observa el lecho rocoso, se pudieron medir los espesores con varillas y cintas métricas, y en otras zonas se utilizó el equipo geofísico de ruido sísmico ambiental para poder estimar tal espesor. Teniendo como resultado que la masa actual en el glaciar del pico Humboldt es de 0,070-0,075 km³, mientras que los espesores del glaciar dieron valores entre 0,50 m a 25 m, aproximadamente.

Abstract

Making use of multi-temporal analysis in satellite images, photogeological study of aerial photographs, we can study the evolution of glaciers by the different geoforms that they have left over time and thus collect data of great importance to determine the influence and how they have affected the processes of climate change on these. In this work we study the glacial retreat of the Humboldt peak, from 1952 to the present, by means of polygons, in order to determine the amount of ice volume that exists in the study area and in this way to know the reserves water resources for the existing wetlands within the study area (Lagunas El Suero, La Verde, La Coromoto). For the measurement of ice thickness and monitoring of thaw in different months and hours in the perimeter areas of the glacier, in some areas where the bedrock is observed, the thicknesses could be measured with rods and tape measures, and in other areas it was used the geophysical equipment of environmental seismic noise to estimate such thickness. As a result, the current mass in the glacier of the Humboldt Peak is 0.070-0.075 km³, while the thickness of the glacier gave values between 0.50 m and 25 m, approximately.

Resumo

Fazendo uso da análise multi-temporal em imagens satelitizes, estudo foto geológico das fotografias aéreas, pode ser estudado a evolução dos glaciares pelas diferentes geoformas que os mesmos têm deixado ao longo do tempo e assim coletar dados de grande importância para determinar a influência e como têm afetado os processos de mudança climática sobre estes. Neste trabalho estuda-se o retrocesso glaciar do bico Humboldt, desde o ano 1952 até a atualidade, por médio de polígonos, com a finalidade de determinar a quantidade de volume de gelo que existe na zona de estudo e desta maneira conhecer as reservas hídricas para os banhados existentes dentro da área de estudo (Lagoas El Suero, La Verde, La Coromoto). Para a medida das espessuras de gelo e monitoramento do degelo em diferentes meses e horas nas zonas perimetral do glaciar, em algumas zonas onde se observa o leito rochoso, se puderam medir as espessuras com varetas e fitas métricas, e em outras zonas utilizou-se a equipe geofísico de ruído sísmico ambiental para poder estimar tal espessura. Tendo como resultado que a massa atual no glaciar do bico Humboldt é de 0,070-0,075 km³, enquanto as espessuras do glaciar deram valores entre 0,50 m a 25 m, aproximadamente.

Palabras clave/Keywords/Palavras-chave: Ambiente glaciar, degelo, deshielo, glacier environment, Humboldt Peak, pico Humboldt, sierra nevada de Mérida, sierra nevada de Mérida, Sierra Nevada of Mérida, thaw

¹ing"Geó", Universidad de Los Andes (ULA), e-mail: edermattiè@gmail.com

²Geog", Dr. Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra "TERRA", ULA, e-mail: oguerre@ula.ve

³ing"Geó" TERRA, ULA, e-mail: katmor19@gmail.com

⁴ing"Geó" ULA, e-mail: alex871_1@hotmail.com

⁵ing"Geopó" ULA, e-mail: cuevasromulo@gmail.com

Introducción

La sierra nevada de Mérida al igual que los sistemas de glaciares de la sierra nevada de toda la Cordillera andina de Sudamérica, están sufriendo un evidente retroceso y deshielo glaciar. La pérdida de volumen y área de los casquetes de hielo en nuestra Sierra Nevada de Mérida representan sólo un lustro de años para que al ritmo de retroceso desaparezca totalmente del sistema montañoso del Parque Nacional Sierra Nevada, procesos que ya han ocurrido en la Cordillera de La Culata (Blumenthal, 1912) y en años recientes en los picos La Concha, Bonpland, Toro y actualmente el proceso lo sufren los picos Bolívar y Humboldt.

Los sensores remotos en los últimos años se han convertido en una importante herramienta para estudiar la evolución espacio-temporal de los glaciares en toda Sudamérica. A través del análisis multi-temporal en imágenes satelitales, estudio fotogeológico de diferentes fotografías aéreas, se puede estudiar la evolución de los glaciares por la geomorfología que han dejado a lo largo del tiempo y así recolectar datos de gran importancia para determinar la influencia y de cómo han afectado los procesos de cambio climático sobre estos. En este trabajo se estudia el retroceso glaciar del pico Humboldt (Glaciar La Corona), ubicado en la sierra nevada de Mérida-Andes Centrales Venezolanos, desde el año 1952 hasta la actualidad; con la finalidad de determinar la cantidad de volumen de hielo que existe en la zona de estudio y de esta manera conocer las reservas hídricas para los humedales existentes dentro del área de estudio (Lagunas El Suero, La Verde y La Coromoto).

Este trabajo se basó en la búsqueda de fotografías aéreas, imágenes satelitales y modelos de elevación digital de distintas épocas para observar el retroceso glaciar, el reconocimiento de las estructuras geológicas y geomorfológicas en campo, la medición actual de los espesores de hielo en el glaciar y, por último, el monitoreo de deshielo en diferentes épocas del año y a diferentes horas del día en zona de

línea de nieve, con la finalidad de calcular un promedio de pérdida de hielo que está sufriendo el glaciar actualmente, en su área y volumen.

Ubicación del estudio

El pico Humboldt está ubicado en la Sierra Nevada de Mérida-Andes Centrales Venezolanos, y constituye un área importante del Parque Nacional Sierra Nevada, que se extiende al NE de la ciudad de Mérida. El área de estudio está enmarcada dentro de la cuenca alta La Mucuy-La Coromoto (Figura 1), en medio de áreas glaciares y periglaciares.

Metodología

Primeramente se recopiló información acerca del glaciar, y se procedió a ubicar y a delimitar el área de estudio con la ayuda de mapas topográficos, imágenes de satélites y fotografías aéreas. Posterior a ello, se interpretó y digitaliza las fotografías aéreas e imágenes satelitales, utilizando software de sistema de información geográfica, QGIS, en el cual se puede georeferenciar las fotografías aéreas, imágenes satelitales, con el fin de observar cambios que ha sufrido el glaciar y los humedales a lo largo de su historia en el parque nacional Sierra Nevada.

Discusión y resultados

El proceso de digitalización consiste en tomar la información de las imágenes y fotografías aéreas, a utilizar y presentarlos en un sistema de información geográfica (QGIS), de manera tal que los datos se encuentren en forma vectorial; y luego, realizar el análisis espacial. Estas imágenes proporcionaron información precisa del área de estudio, límites del glaciar y geformas glaciares y periglaciares que se interpretaron los avances y retroceso del glaciar desde la época en que fueron tomadas (Tabla I). Se obtuvieron mediciones de área por medio de fotografías aéreas 1952 (Figura 2), la imagen satelital *Quick bird* de pocos metros de resolución año 2012 (Figura 3) y otra medición en el año 2016 por medio de la herramienta *Google Earth* (Figura 4); por medio del software se

hizo una comparación multitemporal del hielo en los años de 1952 hasta la actualidad (Tabla II y Figura 5).

El volumen de hielo en el glaciar fue calculado en campo a través de varillaje y cintas métricas aprovechando las grietas en el mismo y equipos de ruidos sísmicos ambientales, teniendo como dato las diferentes respuestas en el hielo y en el lecho rocoso y con esto poder calcular las alturas con respecto a las diferentes materiales observados en el glaciar. Con estos datos se realizó un mapeo en toda el área, pudiendo observarse los distintos espesores a lo largo del mismo, y con el área ya calculada se hizo un aproximado del volumen actual de hielo presente en el glaciar (Figura 6).

En el caso del retroceso, el monitoreo durante 2014-2016, en distintas épocas del año, y a diferentes horas del día, se obtuvo un deshielo promedio, aproximadamente, de 10 a 15 ml de agua /15 min. En zona de línea de nieve y en diferentes meses es más acelerado el deshielo que en otros; esto es debido a las épocas de intensa sequía (diciembre-marzo), y las épocas de lluvias que sufre la ciudad de Mérida en los meses de agosto, septiembre y octubre (Figura 7). Sabemos que desde la glaciación Mérida en el Pleistoceno hasta hoy, ha venido en descenso el área de nuestros glaciares teniendo en sus inicios, aproximadamente 600 km² y ocupaban todos los valles altos de los Andes, hasta elevaciones de 3.000 a 3.500 msnm (Schubert, 1979) de hielo perpetuo dejando espectaculares morrenas hasta el día de hoy, que no llega al 1% de esa área hace 14.000 años. En los años 1910 comienzan a desaparecer los glaciares de los picos Toro y León y así comienza el retroceso y la desaparición de los demás glaciares en la sierra nevada. El macizo del pico La Concha se extinguió por completo hace 15 años y sólo quedaron el macizo de la cara norte del pico Bolívar y el macizo del pico Humboldt. En los últimos años se ha acelerado en todo el continente el retroceso por los procesos de cambio climático que está experimentando el plane-

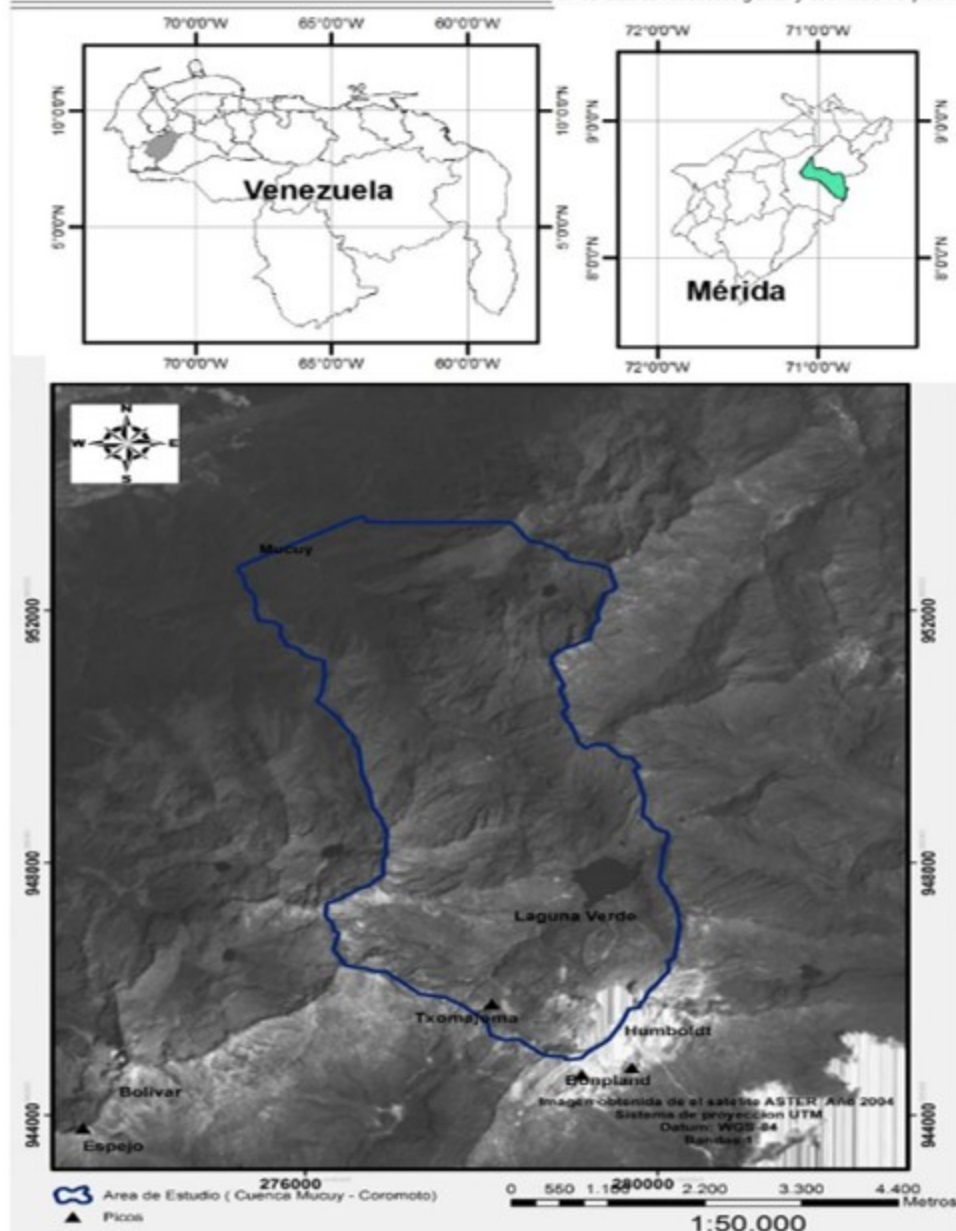


Figura 1. Ubicación del área de la Cuenca media y alta del río La Mucuy-La Coromoto. Sierra Nevada de Mérida. Datum WGS84, Coordenadas UTM, 19N.

ta (Figura 8).

De esta manera, teniendo el área y los espesores de hielo actuales del glaciar.

Se pudo calcular y estimar la desaparición por completo del casquete de hielo de La Corona; ya que a lo largo de los últimos años algunas geformas de refe-

rencia en el hielo han desaparecidos (Figura 9), sin predecir cómo serán las épocas venideras en los próximos años en cuanto a épocas de fuertes sequías y lluvias (Figura 10).

La desaparición del glaciar en los sistemas de humedales de la cuenca La Mucuy-La Coromoto (Laguna

Tabla I. Imágenes satelitales, mapas y fotografías aéreas utilizadas

Nombre	Tipo	Satelite	Fecha	Resolución Escala	Procedencia/ Autor
Mapa Cartografía Nacional	Imagen TIFF	-	1964	1: 25.000	Ministerio de Obras Públicas
Fotografías aéreas A-34	Imagen Jpg	-	1952	1:40 000	Cartografía Nacional, Mapoteca de Corpoandes
Fotografías Aéreas AMS 170	Imagen Jpg	-	1970	1.60.000	Cartografía Nacional, Mapoteca IGCRN.
Imagen de la Nasa	DEM Raster	Áster	2006	10 m	Descargado earthexplorer.usgs.gov
Imagen Aster	Imagen satelital	Spot 5	2008	10 m	Carrillo y Yépez
Imagen Spot	Imagen satelital	Spot 5	2009	30 m	Carrillo y Yépez
Imagen worldview 2	Imagen satelital	worldview 2	2011	5 m	Digital Globe Abril 2011
Imagen Google Earth	Imagen satelital		2016		Google Earth

El Suero, La Verde, y La Coromoto), aportan solo el 30 % de las aguas que alimentan a estos sistemas de humedales Alto Andinos, esto afecta a la cantidad de agua que reciben los humedales ya que la siguiente entrada es por precipitaciones, esto hace que tengan un total en reservas de agua $\pm 6.005.308,46$ litros, calculadas por las estaciones meteorológicas del sistema teleférico de Mérida (La Aguada, Loma Redonda y pico Espejo).

Esto significa que los caudales de entrada disminuyan y al mismo tiempo la reserva va a ser mucho menor; y que en pocos años el glaciar no aporte ese 30 % de agua que le introduce al sistema por el deshielo que sufre a diario; ya que su extinción es probablemente segura, esto conlleva a tener, aproximadamente, una disminución en la reserva de agua de $\pm 4.203.715,92$ litros (Figura 11).

En otros países de Sudamérica la consecuencia que puede tener la pérdida de glaciares, es de mayor importancia, ya que son fuente de agua muy importante en ciudades situadas a gran altura, como La Paz, Quito, Riobamba o Huancaayo. Además, actúan como reguladores, como esponjas: durante la temporada de lluvias el agua cae como nieve y queda retenida en el

glaciar. Durante la época seca, el hielo se derrite poco a poco y aporta agua necesaria para mantener estos sistemas de humedales Alto Andinos activos. Por lo tanto, la pérdida de los glaciares puede tener consecuencias muy serias en el abastecimiento de agua a grandes núcleos de población, problemas en la agricultura y ganadería. Muchas de las comunidades andinas, las menos favorecidas, viven en las laderas de las cuencas glaciares, y verían afectado su modo de vida.

Principales causas del retroceso

Según los ciclos glacial-interglacial nos encontramos al final de un periodo interglacial (Holoceno superior), con un incremento de la temperatura de la atmósfera terrestre en el contexto de un cambio climático global.

Este cambio se ve reforzado por las actuales emisiones de CO₂ y diversas formas de energía que acrecientan el efecto invernadero.

Uno de los fenómenos que evidencia el cambio climático es el proceso de conformación y desaparición de masas glaciares en la superficie continental. En Colombia, este retroceso lo registraron, argumentaron que en los últimos 40 años el área cubierta por el glaciar del vol-

cán nevado de Santa Isabel se redujo a la cuarta parte y el volumen a un sexto, al igual que la sierra nevada del Cocuy, y un acelerado retroceso sufre la sierra nevada de Santa Marta. (IDEAM Colombia, 2016)

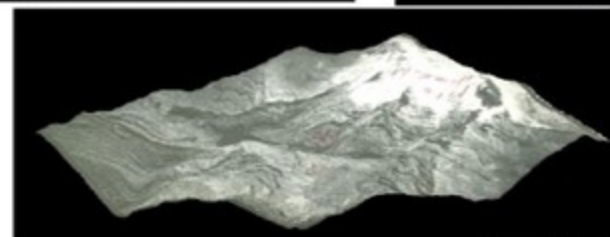
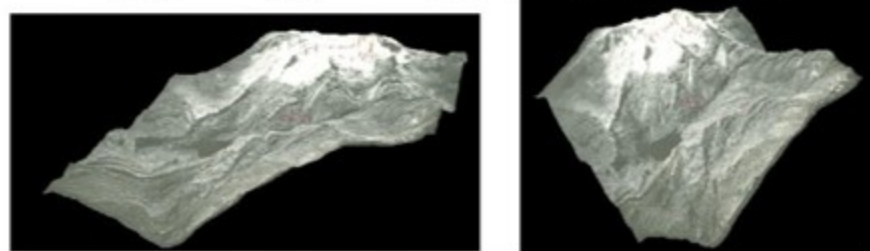
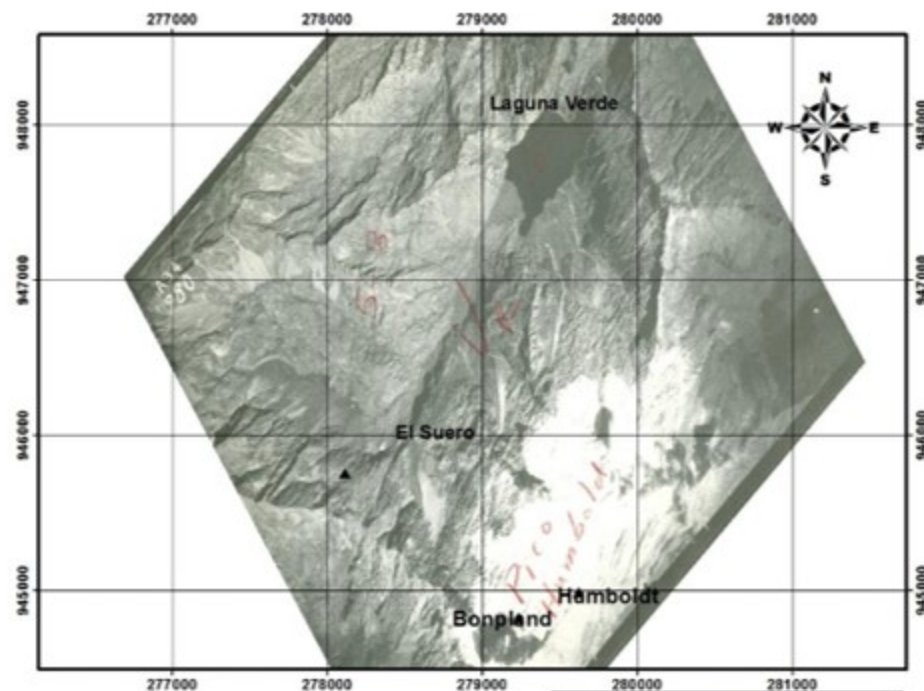
La cara NE representan topográficamente la zona de sotavento, por tal motivo esta sección del pico Humboldt recibe la mayor cantidad de radiación solar durante el día, permitiendo un proceso acelerado de fusión del hielo, mientras que la zona de barlovento no sucede lo mismo y la fusión del hielo ha tardado y es lo que significa haber permanecido así hasta el momento.

CONCLUSIONES

- La masa actual en el glaciar La Corona (pico Humboldt) es de 0,19-0,20 km² (2012) mientras que para el 2016 reciente son solo 0,075 km² 7,5 Hectáreas, lo que significa que la desaparición es inminente para los venideros años. Los espesores del glaciar dieron valores entre 0,50 m a 25 m, aproximadamente, en donde los valores máximos se encuentran en el centro del mismo.

- El volumen de hielo que existe en la zona de estudio es de $\pm 1.562.120$ m³ y el de agua, $\pm 1.249.696$ m³.

- En el caso del retroceso hemos



1:20.000

Fotografía Aérea, Obtenida por Cartografía Nacional, Mapoteca de Corpoandes Año 1952, Parque Nacional Sierra Nevada Mérida - Venezuela

Figura 2. Fotografía Aérea Mision A-34 1952. Tomada por la Mapoteca de Corpoandes. Datum WGS84, Coordenadas UTM 19N.

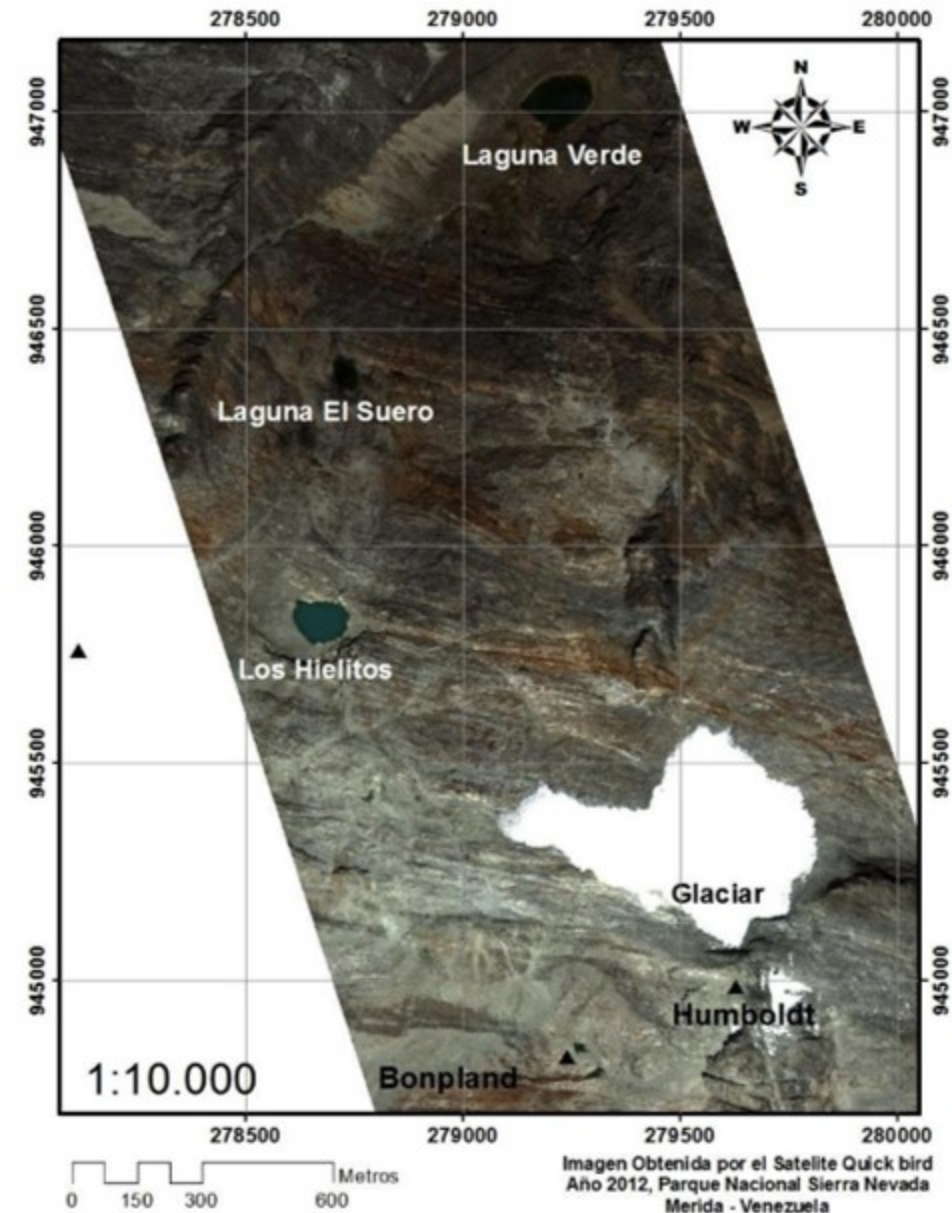


Figura 3. Imagen satelital abril 2012 Quickbird. Tomada por el Laboratorio de imágenes de Digitalglobe. Datum WGS84, Coordenadas UTM 19N.

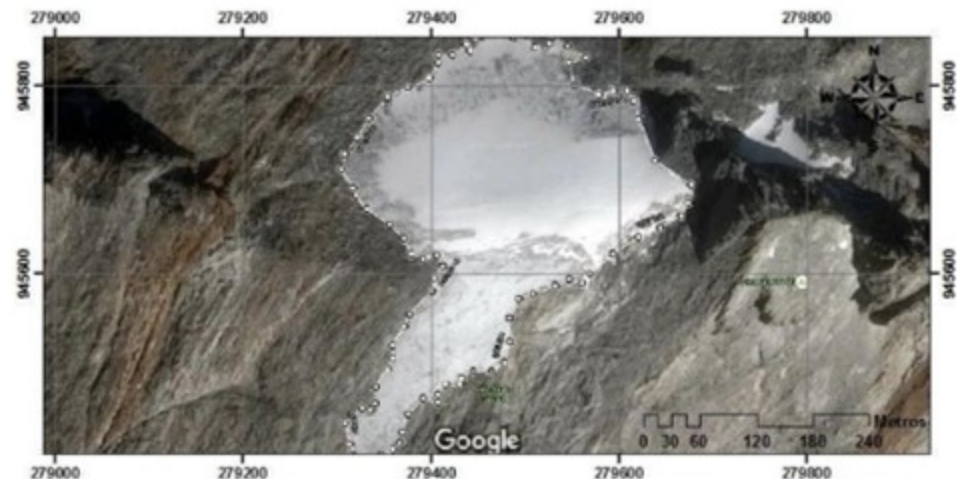


Figura 4. Imagen satelital diciembre 2016 Google Earth. Datum WGS84, Coordenadas UTM, Zona 19N.

Tabla II. Áreas, Glaciar La Corona, pico Humboldt.

Imagen	Glaciar Área	Fecha	Resolución Escala	Autor
G- Mérida	600 km ²	14 - 20 Mil años		Schubert y Vivas(1979)
Misión A-34	2,03 km ²	1952	40.000	Schubert y Vivas(1993)
Lansat	0,24 km ²	2006	10 m	Morris (2006)
Aster	0,33 km ²	2008	10 m	Carrillo y Y.(2008)
Spot-5	0,29 km ²	2009	30 m	Yépez y C.(2009)
Quickbird	0,19 - 0,20 km ²	2012 2011	010 m	Mattié
Google earth	0,075- 0,070 km ² 7-7,5 Hectáreas	2016 2016		Mattié

monitoreado durante el 2014-2016, en distintas épocas del año, un deshielo promedio, aproximadamente de 10 a 15 ml de agua/15 min, en zona de línea de nieve. Siendo los espesores de nieve menos potentes hacia las caras NE y más expresivos hacia la cara Oeste, lo que permite señalar que el retroceso glaciar experimentado por este pico se inicia más rápidamente en las caras este y norte, por lo tanto, la tendencia regresiva de las nieves es diferencial entre las caras norte-este y la cara oeste, debido a que la cara NE representan topográficamente la zona de sotavento, por tal motivo esta sección del pico recibe la mayor cantidad de radiación solar durante el día, permitiendo un proceso acelerado de fusión del hielo.

● El glaciar La Corona aporta un 30 % de las aguas que alimentan los humedales Alto Andinos en la cuenca La Mucuy-La Coromoto. (Laguna El Suero, La Verde y La Coromoto). Del deshielo que está sufriendo el mismo, esto afecta a la cantidad de agua que reciben los humedales, ya que el resto de entrada de agua al sistema es por precipitaciones. Esto conlleva a que

los caudales de entrada disminuyan y al mismo tiempo la reserva sea mucho menor; y que en algunos años, cuando se termine de extinguir el glaciar, deje de aportar ese 30 % de agua que introduce al sistema por el deshielo que sufre día a día, ya que su extinción es probablemente segura.

● En vista de que la zona de hielo es accesible a la ruta hacia la cumbre del pico Humboldt, la zona está siendo sometida a un pisoteo, cuestión por la cual el proceso de transformación, nieve, neviza y hielo se acelera, disminuyendo de manera importante el volumen de nieve y así su transformación al hielo no aporta lo suficiente para que su duración pueda extenderse. El pisoteo no sólo afecta a la zona comprometida con el impacto y pérdida de compactación de la nieve, si no ha todo el casquete de hielo el cual es muy sensible al efecto de ondas producidas. El impacto afecta zonas de ablación y zonas no comprometidas del casquete de hielo.

● Por este motivo de sobre pisoteo de cómo esto afecta a la pérdida de volumen de nieve, que es muy

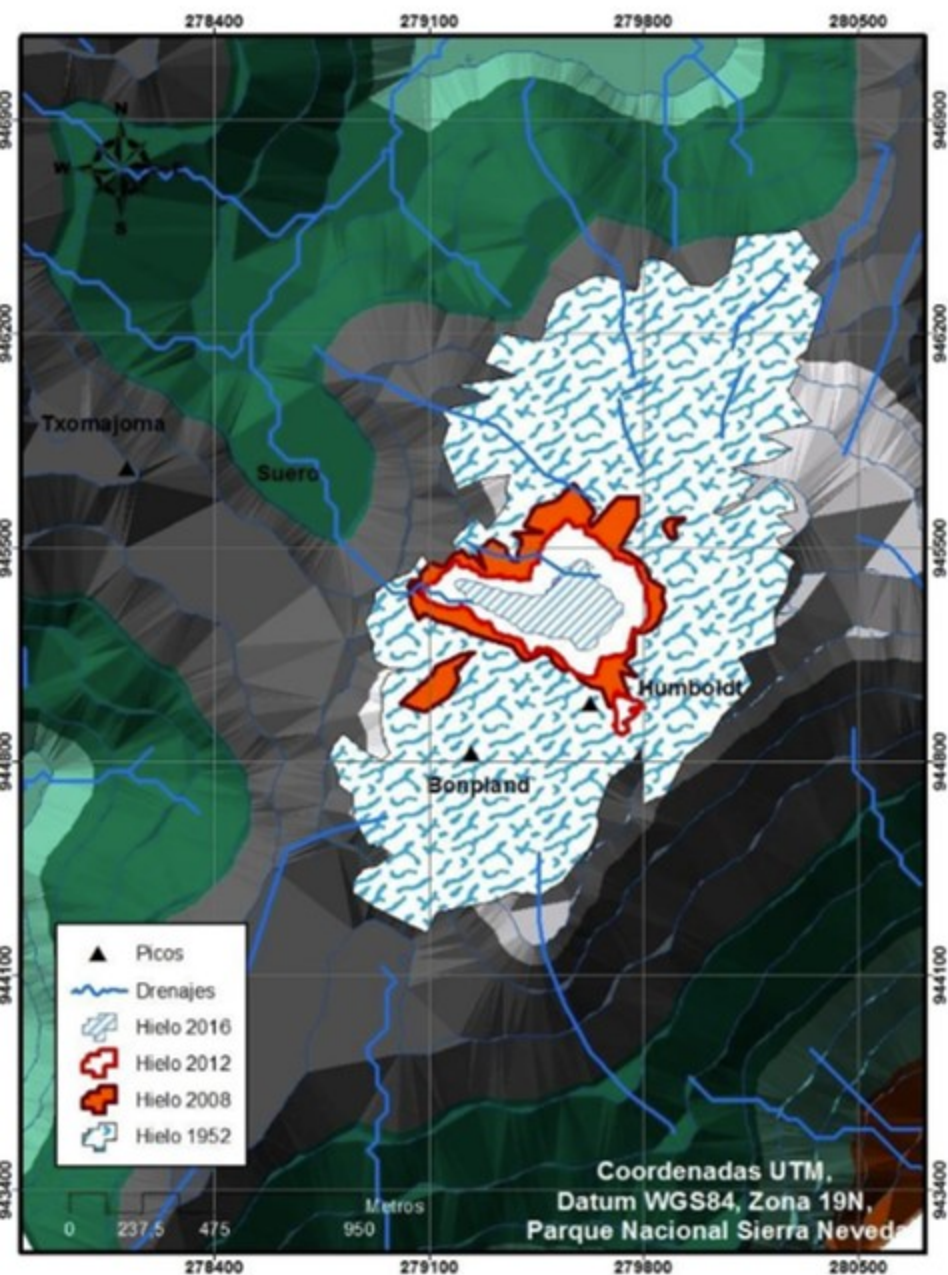


Figura 5. Áreas del glaciar La Corona en los años 1952 - 2016. Datum WGS84, Coordenadas UTM, Zona 19N.

Volumen de Hielo (m ³)	Volumen de agua (m ³)
±1.562.120	±1.249.696

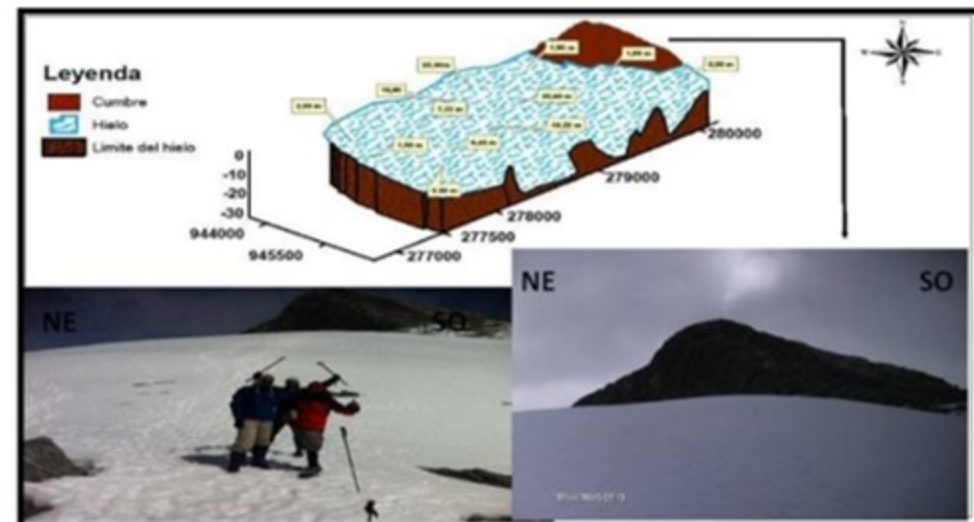


Figura 6. Espesores de hielo del glaciar La Corona. Las imágenes de la izquierda y derecha muestran la ruta de trabajo. Ruta NE Humboldt. Datum WGS84, Coordenadas UTM, Zona 19N.

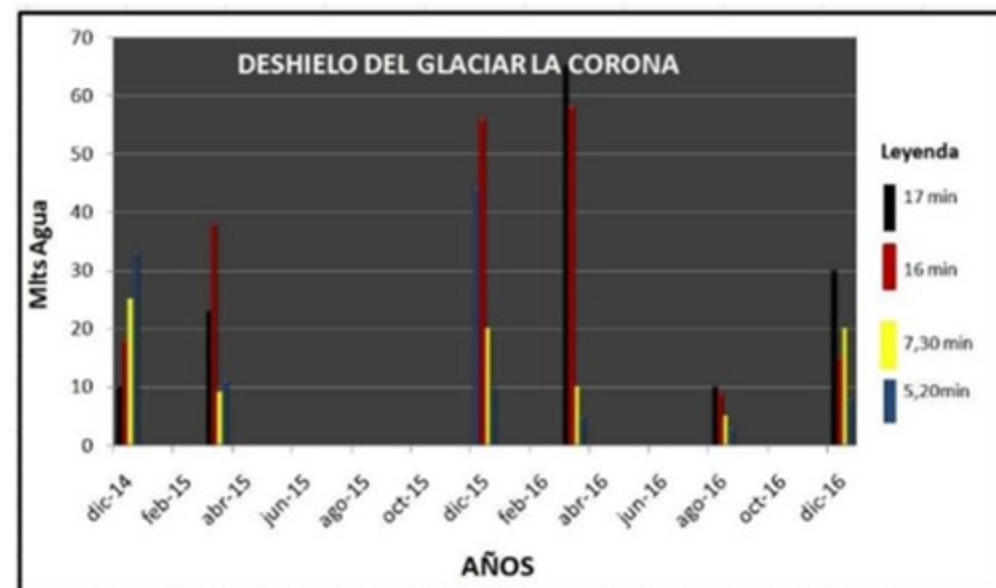


Figura 7. Deshielo promedio calculado en distintas épocas del año en el glaciar La Corona.



Figura 8. Glaciar La Corona vista desde el glaciar de Timoncitos, (Izquierda) a1o 1955, tomada de la p6gina Venezuela Inmortal, (derecha), Matti6 2016.



Figura 9. Expedici6n agosto 2014. Andinistas, Cueva Glaciar cara NE.



Figura 10. Expedici6n Sierra La Parroquia 2015. Andinista en cara NE del glaciar.



Figura 11. Balance sobre la reserva en los Humedales Alto Andinos de la cuenca La Mucuy- La Coromoto y la p6rdida total del glaciar.

poca en temporadas de lluvia, se recomienda plan-tear y dise1ar una ruta de conservaci6n del hielo del pico Humboldt, que protege el casquete de hielo que existe actualmente, a trav6s de rutas alternas y as6, no se comprometa el pisoteo de la nieve y se puede evitar al andinista un accidente por desprendimiento de un bloque de hielo.

Agradecimientos

Loa autores agradecen al Ing. Iltor Davila, al andinista Javier Balza y al sistema telef6rico Mukumbari por su apoyo log6stico brindado en la Sierra Nevada, transporte y monitoreo de equipos en el glaciar.

Referencias

Carrillo, E. y Y6pez, S. (2008). Evolution of glaciers in the Venezuelan Andes: glaciers of the peaks Humboldt and Carrillo y Y6pez. (2009) Evoluci6n

espacio-temporal del glaciario Cuaternario: caso Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela.

Morris J., Poole A. y Klein A. (2006). Retreat of Tropical Glaciers in Colombia and Venezuela from 1984 to 2004 as Measured from ASTER and Landsat Images.

Schubert C. (1979). La zona del p6ramo: morfolog6a glacial y periglacial de los Andes de Venezuela: en Salgado-Laborouriau, M. L., (Ed) El medio ambiente p6ramo: Ediciones del Centro de Estudios Avanzados IVIC, Caracas, 11-23.

Schubert C, y Vivas L. (1993). El Cuaternario de la Cordillera de M6rida; Andes Venezolanos. Universidad de Los Andes/ Fundaci6n Polar, M6rida, Venezuela, 345 pp

IDEAM <http://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/deshielo-de-glaciares-en-colombia-72050#btnVerComentarios>. 2016

