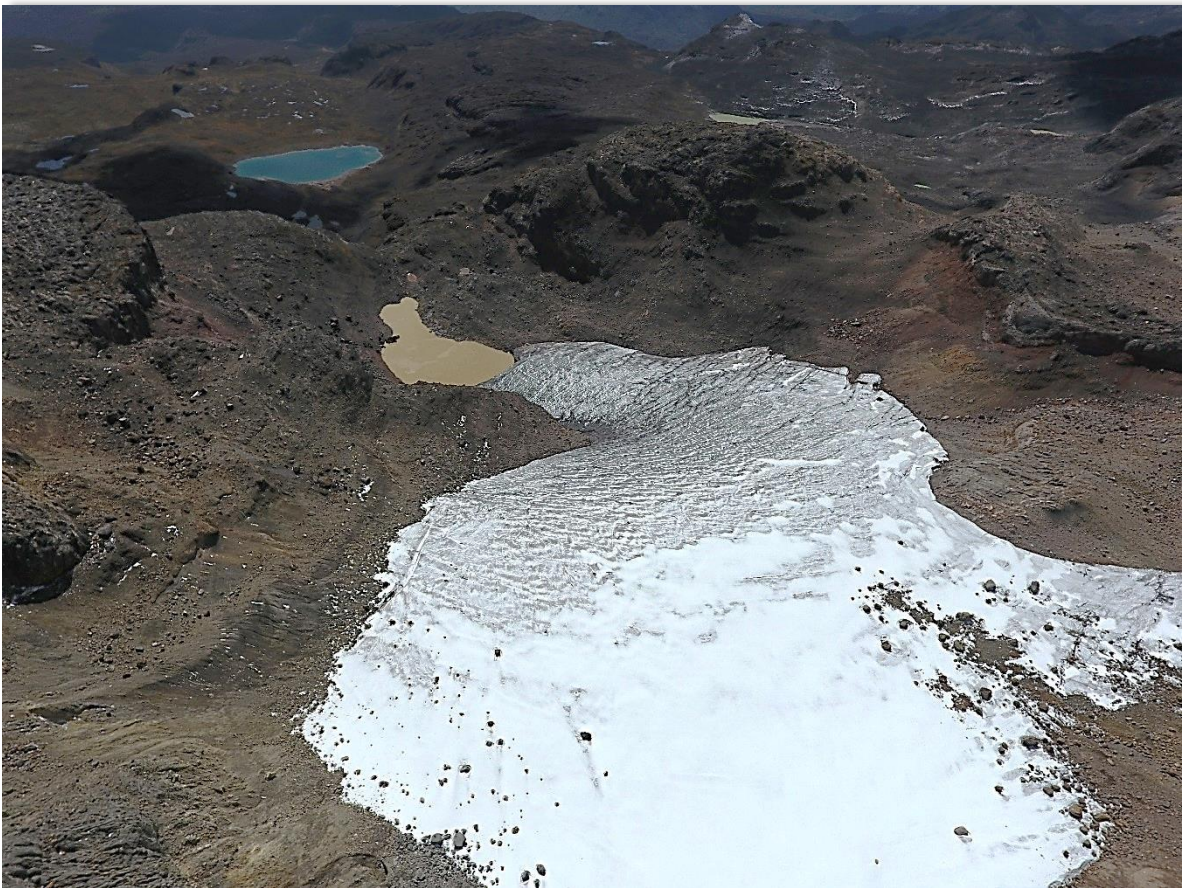




---

**INFORME TECNICO**  
**DEL ESTADO DEL GLACIAR SANTA ISABEL, SECTOR CONEJERAS**  
*Parque Nacional Natural Los Nevados*  
**Año de monitoreo: febrero de 2019 a enero de 2020**

---



*Vista aérea del glaciar "Laguna verde", vertiente oriental del glaciar Santa Isabel. Enero de 2020. J Ceballos.*

**SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL**  
**GRUPO DE SUELOS Y TIERRAS**

Bogotá, D.C. abril de 2020



## Contenido

1. Presentación.....	3
2. Balance de masa glaciológico.....	3
3. Cambio en el espesor de la superficie del glaciar .....	6
4. Acumulación de nieve .....	10
5. Cambio de área y fragmentación glaciar .....	11
6. Condiciones hidrometeorológicas durante el periodo.....	15
7. Otros procesos observados y registrados .....	19



## 1. Presentación

El primer glaciar de estudio del IDEAM, volcán nevado Santa Isabel, sector Conejeras, es el glaciar colombiano con la mayor serie de datos de observación *in situ* desde marzo de 2006 con una periodicidad mensual para el cálculo del balance de masa glaciológico, siendo uno de los pocos glaciares en el mundo con este tipo de seguimiento temporal. Asimismo, es el glaciar mejor instrumentado del país con 10 estaciones hidrometeorológicas localizadas sobre y a su alrededor (hasta los 2700 metros de altitud), nueve balizas de ablación y dos cámaras para foto-seguimiento, conformando una de las redes más detalladas de alta montaña en Colombia. El glaciar Santa Isabel cuya área es de tan solo 0.52 km<sup>2</sup>, es desde 2019 el glaciar más pequeño del país (antes lo era el Tolima) y su extinción podría ocurrir en el transcurso de la próxima década. Se presenta en este informe los resultados del monitoreo glaciar para el ciclo hidrológico febrero de 2019 a enero de 2020.

## 2. Balance de masa glaciológico

- El balance de masa glaciológico, que representa el “estado de salud” de un glaciar, para el periodo comprendido entre el 12 de febrero de 2019 y el 28 de enero de 2020 (350 días), fechas de captura de datos de la primera y última campaña de campo del periodo, fue de **-4980,7 milímetros equivalentes de agua (mm e.a)** (Figura 1); lo que indica que el glaciar Conejeras registró nuevamente y de manera continua desde hace 14 años un **balance negativo** o de pérdida de masa (Figura 2). El periodo del año que más registró pérdida de masa fue diciembre-enero con un valor de **-1116,5 mm e.a.** coincidente con la temporada seca de fin y comienzos de año.
- La Línea de Equilibrio Altitudinal (conocida por sus siglas en inglés ELA), que representa la altitud a la cual el glaciar está en equilibrio, es decir donde el balance de masa es igual a cero, se localizó en promedio durante el periodo a **4911 metros**. El promedio multianual (marzo 2006 a enero 2020) se localiza a 4896 metros. La Figura 3 expone la evolución de la ELA. Es de resaltar la importancia del seguimiento a esta variable ya que es un indicador de la evolución de la criosfera terrestre y su relación con el actual cambio climático.
- En el Cuadro 1 se muestra una síntesis de las variables glaciológicas más importantes en el monitoreo glaciar durante el periodo.

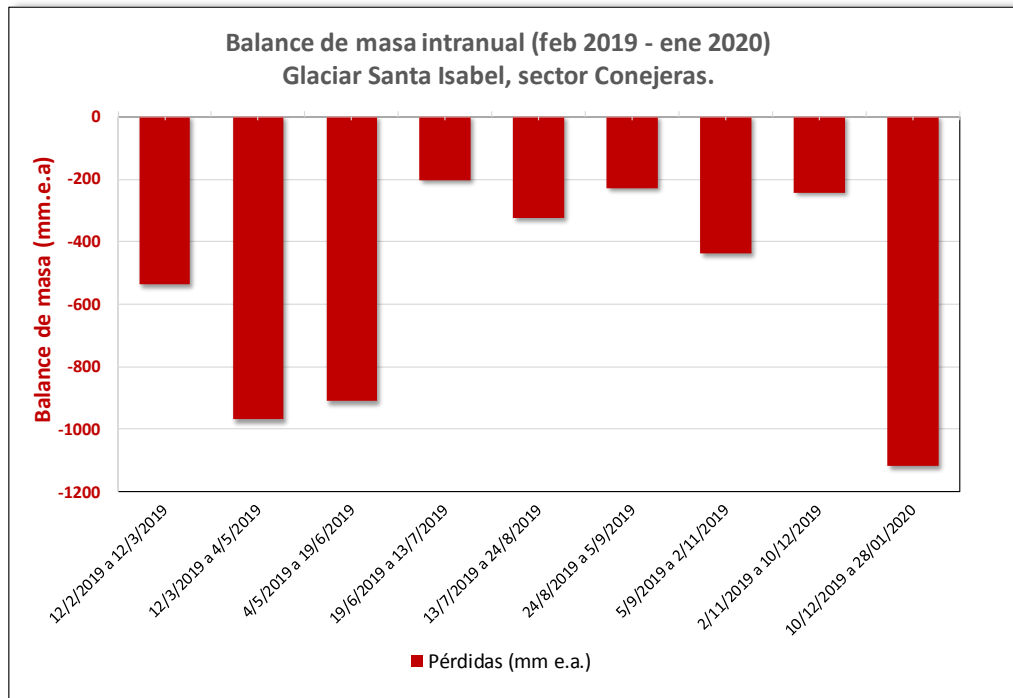


Figura 1. Balance de masa glaciológico ciclo 2019 del glaciar Santa Isabel, sector Conejeras. Fuente: Ideam

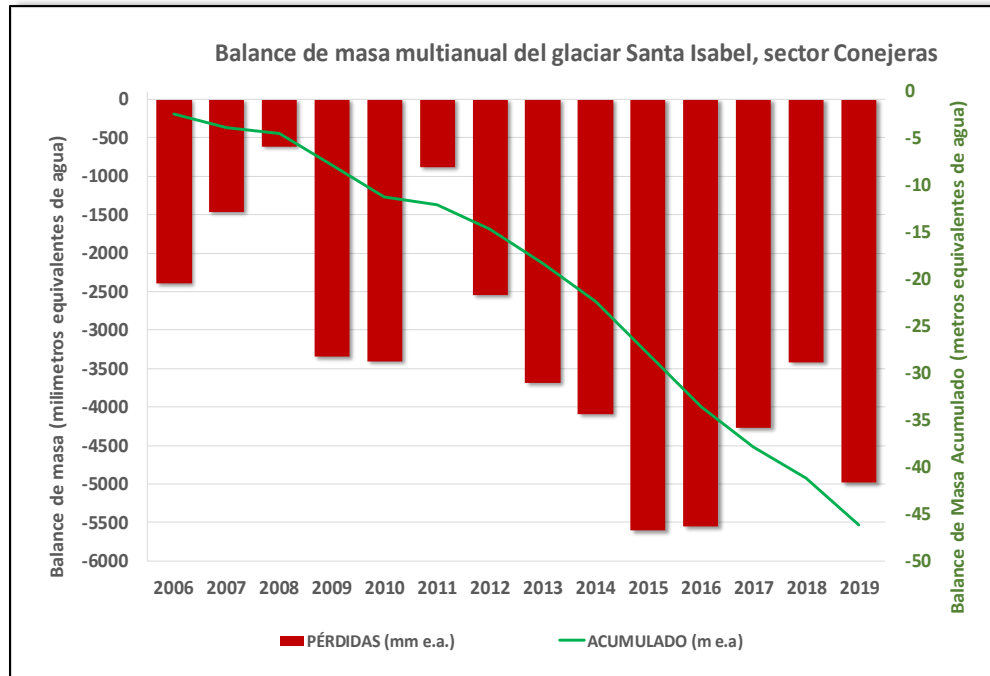


Figura 2. Balance de masa glaciológico multianual y acumulado (2006 - 2019) del glaciar Santa Isabel, sector Conejeras. Fuente: Ideam, 2019

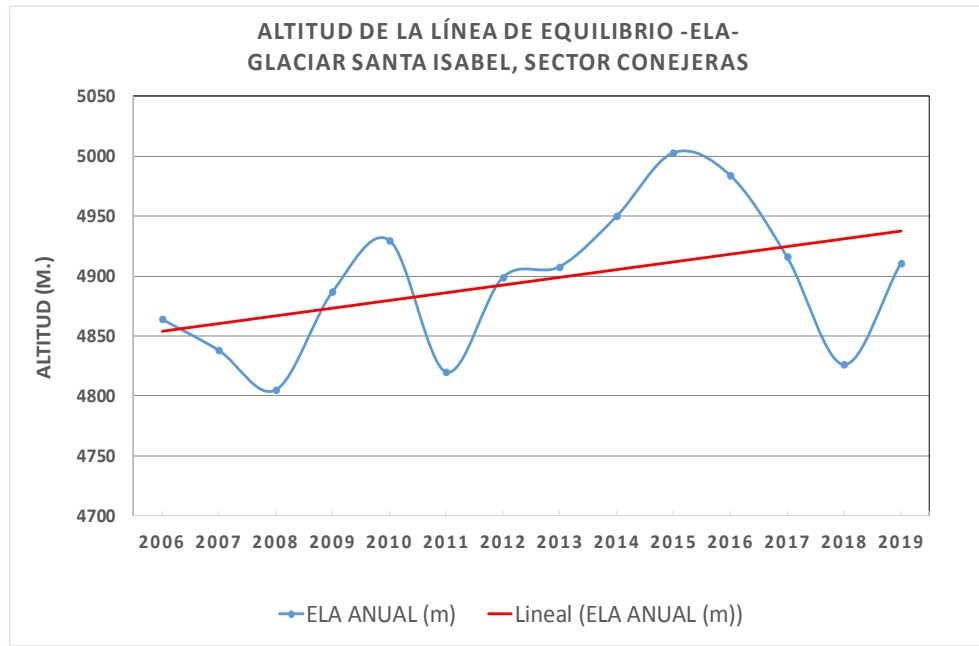


Figura 3. Evolución de la Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA). Fuente: Ideam

Cuadro 1. Variables glaciológicas para el periodo 2019

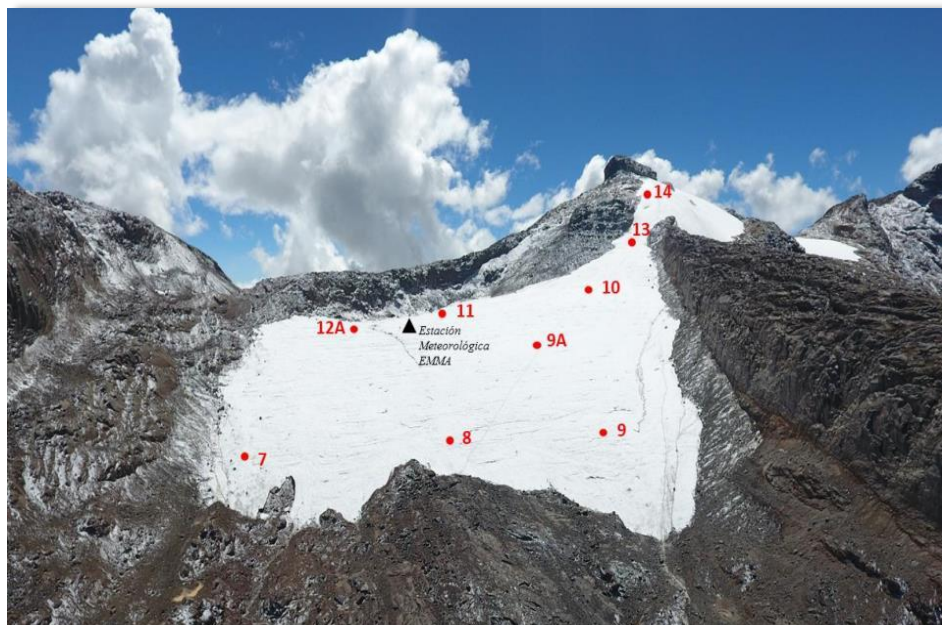
PERIODOS DE MEDICIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO AÑO 2019	No. de días	BALANCE DE MASA (mm e.a)	ESPESOR DE NIEVE (cm)	DISMINUCIÓN DEL ESPESOR DEL HIELO (cm)			ALTITUD DE LA LINEA DE EQUILIBRIO (m)
				zona baja	zona media	zona alta	
12/2/2019 a 12/3/2019	28	-538.40	1.0	-61	-61	-49	4999
12/3/2019 a 4/5/2019	53	-969.43	0.0	-110	-110	-82	4982
4/5/2019 a 19/6/2019	46	-911.37	0.0	-109	-100	-78	5000
19/6/2019 a 13/7/2019	24	-205.13	2.8	-32	-19	-18	4843
13/7/2019 a 24/8/2019	42	-326.69	2.1	-48	-31	-20	4867
24/8/2019 a 5/9/2019	12	-229.52	0.6	-26	-26	-19	4963
5/9/2019 a 2/11/2019	58	-439.68	18.3	-66	-52	-50	4830
2/11/2019 a 10/12/2019	38	-243.95	6.4	-35	-14	-13	4812
10/12/2019 a 28/01/2020	49	-1116.51	0.9	-130	-126	-68	4900





### 3. Cambio en el espesor de la superficie del glaciar

- Tal como lo expresan las cifras del balance de masa glaciológico, el cambio del glaciar Conejeras en el último periodo de monitoreo ha sido fuerte. De acuerdo con las nueve balizas o estacas instaladas sobre la superficie del glaciar (Fotografía 1) y que sirven tanto para calcular el balance de masa como para medir el cambio de espesor del glaciar en su superficie, durante el periodo de monitoreo el glaciar disminuyó **5,17 metros en promedio** (6,17m en la parte baja, 5,39m en la parte media y 3,96m en la parte alta). (Cuadro 1).

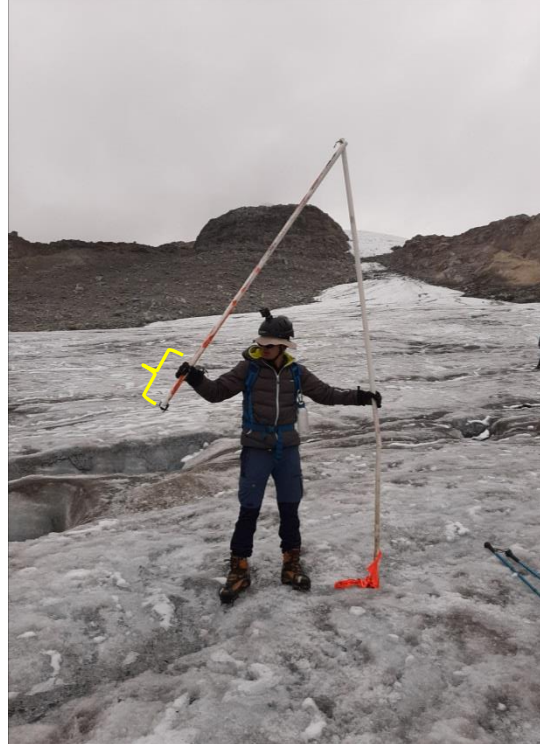


Fotografía 1. Red de balizas de ablación instaladas sobre el glaciar Conejeras. Autor: J Ceballos 2019

- Una de las labores complementarias del trabajo de campo glaciológico es la toma de información que permita evidenciar los cambios del glaciar. Valiéndose de la red de balizas, se fotografía periódicamente el cambio del espesor de la superficie glaciar. En las fotografías 2 a 6 se evidencian estos fuertes cambios durante el periodo reportado (obsérvese detalladamente en las fotografías cómo el derretimiento del hielo va dejando expuesta la baliza).
- Con base en la serie histórica de datos de campo (2006-2019) tomados de la red de balizas y conociendo el espesor del hielo (estudio geofísico en enero de 2014 por el Ideam, la *Université Joseph Fourier-Grenoble-1* y el *World Glacier Monitoring Service*), fue posible reconstruir y representar en un mapa el cambio del espesor del glaciar desde 2014 hasta 2019 (Figura 4). Los resultados muestran una fuerte reducción del orden de **40 metros aproximadamente en cinco años** y le resta al glaciar de **4 a 12 metros de espesor**.

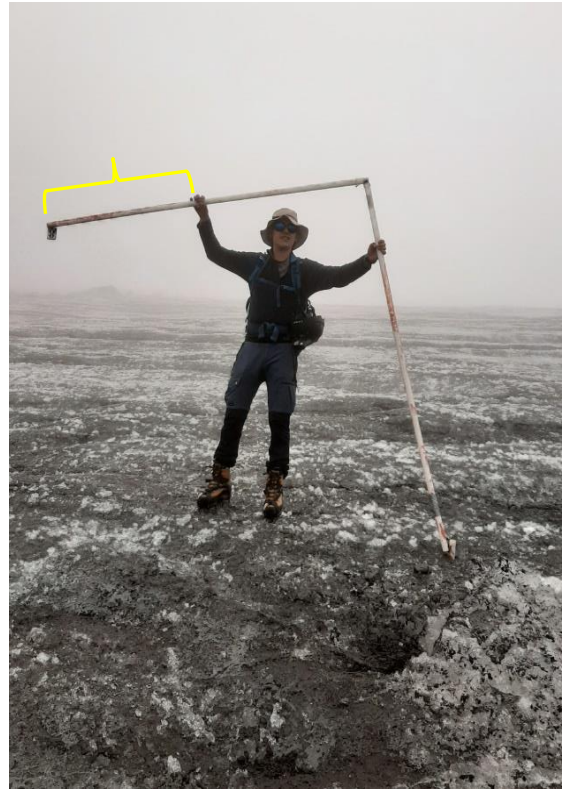
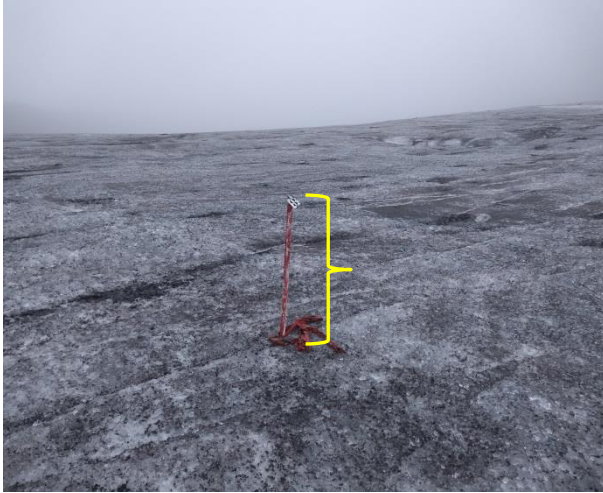


*Fotografía 2. Baliza No. 9. Reducción del espesor de la superficie glaciar  
Izquierda: Marzo 2019. Derecha: Enero 2020. Autor: J. Ceballos.*



*Fotografía 3. Baliza No.9A. Reducción del espesor de la superficie glaciar. Izquierda: Marzo 2019.  
Derecha.: Enero 2020. Autor: J Ceballos.*





Fotografía 4. Baliza No 8. Reducción del espesor de la superficie glaciar. Izq: Jun/2019. Der.: Ene/2020. Autor: J ceballos.



Fotografía 5. Baliza No.11. Reducción del espesor de la superficie glaciar. Izq: Jun/2019. Der.: Ene/2020





Fotografía 6. Baliza N 14. Reducción del espesor de la superficie glaciar. Izq: Jun/2019. Der.: Ene/2020

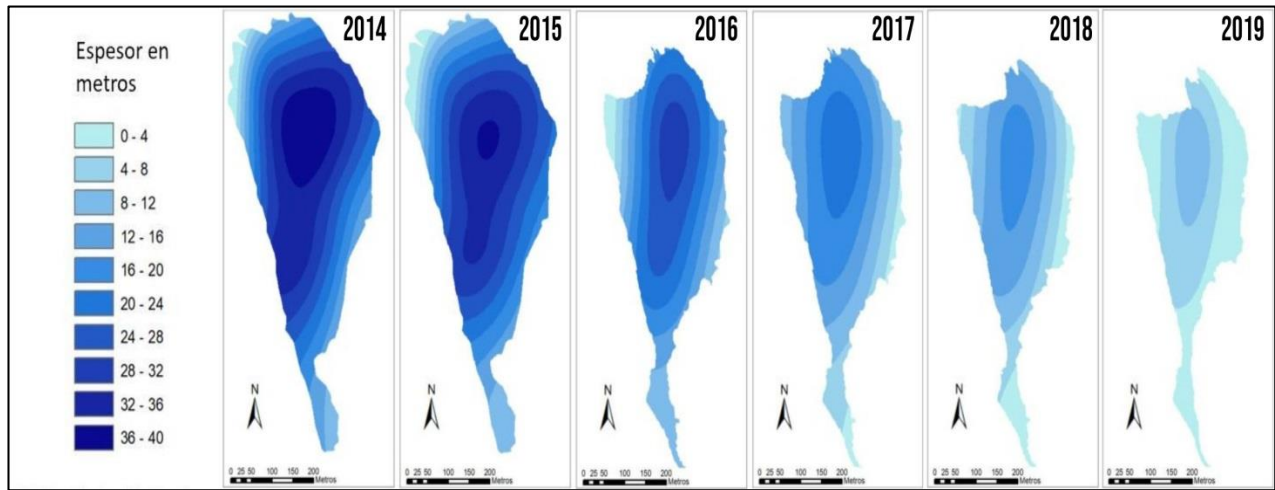


Figura 4. Evolución del espesor en la superficie del glaciar Conejera. Fuente: Ideam 2019



## 4. Acumulación de nieve

- El ciclo hidrológico reportado se caracterizó, en general, por la ausencia de acumulación de nieve lo cual ha repercutido en la intensificación de las pérdidas de masa. El promedio del manto de nieve para el periodo fue de **3 centímetros** con un máximo de **18 cm. en noviembre** (Figura 5) y cinco periodos con menos de 1 cm de nieve acumulada. En la Figura 6 se muestra el registro mensual multianual de nieve acumulada sobre el glaciar donde se evidencia la tendencia a la disminución. La fotografía 7 muestra uno de los pocos eventos de precipitación de nieve durante el periodo.

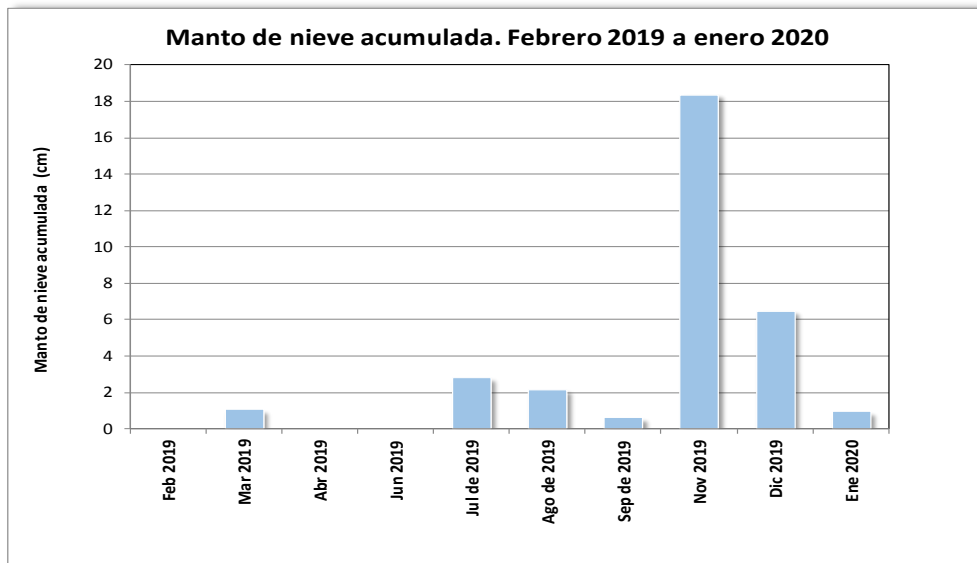


Figura 5. Manto de nieve depositada sobre el glaciar Santa Isabel, sector Conejeras durante 2019. Fuente: Ideam

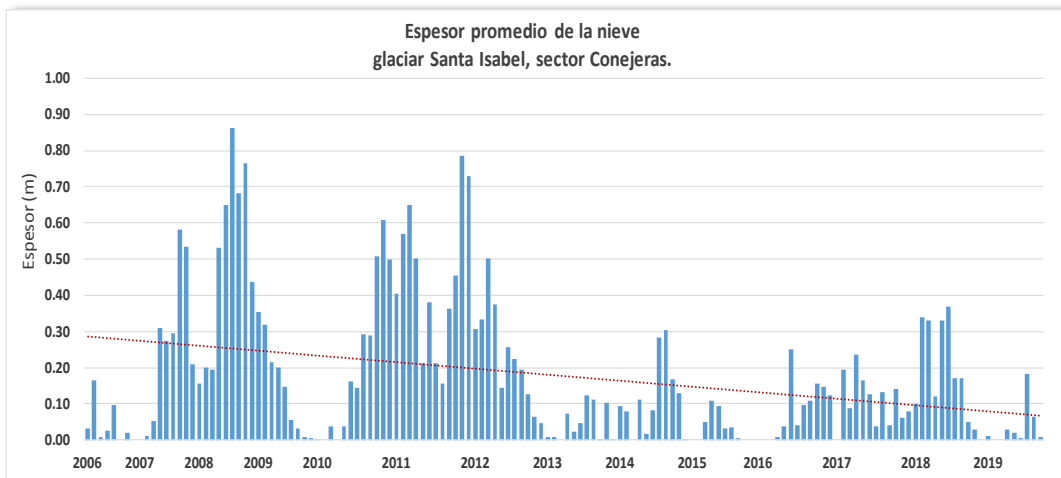


Figura 6. Manto de nieve depositada mensualmente sobre el glaciar Conejeras (2006 – 2019). Fuente: Ideam



Fotografía 7. Acumulación temporal de nieve ocurrida el 3 de noviembre de 2019

## 5. Cambio de área y fragmentación glaciar

- El área del glaciar Santa Isabel para comienzos de 2019 se calculó en 0,52 km<sup>2</sup> conformada por ocho fragmentos de hielo (Figura 7). La cifra de área para 2017 fue de 0,65 km<sup>2</sup> indicando una reducción de 20% en dos años. Para el cálculo del área glaciar del periodo 2019 se utilizaron imágenes de satélite *Sentinel* (13/02/2019) y *Planet Scope* (01/05/2019) y localmente fotografías aéreas de dron y datos de levantamiento topográfico con GPS diferencial. El error en el cálculo es de  $\pm 0,04$  km<sup>2</sup>.
- Se llama la atención a dos de los fragmentos de hielo del glaciar Santa Isabel localizados al sur del glaciar ya que son los últimos que pertenecen a la cuenca del río Otún (fragmentos 7 y 8 en la figura 7).
- En la última campaña de campo del ciclo hidrológico 2019, llevada a cabo del 28 de enero al 1 de febrero de 2020, se realizó un recorrido terrestre por la divisoria de aguas del volcán nevado para inspeccionar siete de los ocho últimos fragmentos de hielo del Santa Isabel (fotografías 8 a 13), para los cuales se propone una toponimia con el fin de identificarlos para su seguimiento (Cuadro 2).

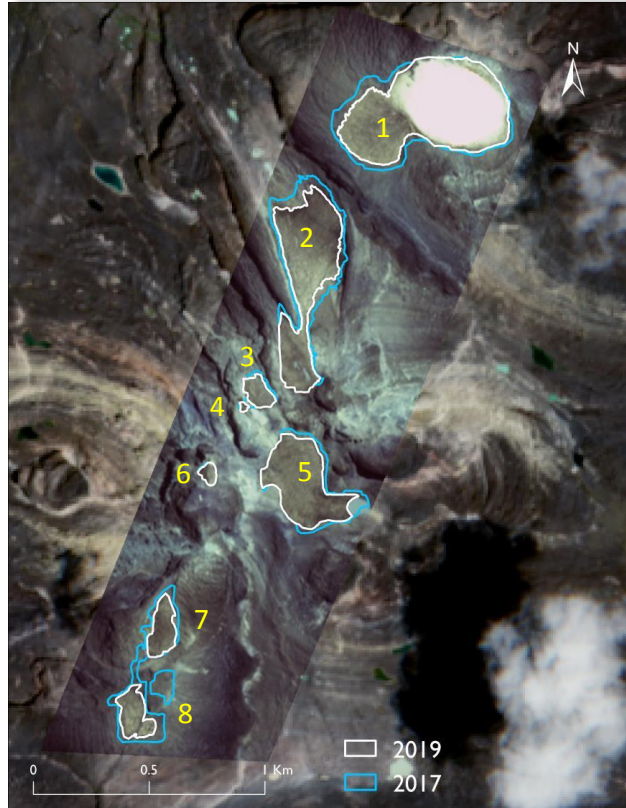


Figura 7. Glaciar Santa Isabel. Cambio de área entre 2017 y 2019 y sus ocho fragmentos. Mosaico de imágenes de satélite Sentinel (feb/2019) y Planet Scope (may/2019)

Cuadro 2. Fragmentos del glaciar Santa Isabel. Área y propuesta de toponimia

Número según figura 7	Area (Ha)	Toponimia propuesta
1	22.9	Cumbre norte
2	13.6	Conejeras
3	1.3	Cuadrado
4	0.1	- sin identificar en terreno -
5	8.9	Laguna verde
6	0.5	Escondido
7	2.2	Otún Norte
8	2.4	Otún Sur





*Fotografía 8. Fragmentos “Cumbre Norte”  
“Conejeras”(cima) y “Cuadrado”*



*Fotografía 9. Fragmento “Cuadrado”*

*Fotografía 10. Fragmento “Laguna verde”*





*Fotografía 11. Fragmento “Escondido”*

*Fotografía 12. Fragmento “Otún norte”*



*Fotografía 13. Fragmento “Otún sur”*



## 6. Condiciones hidrometeorológicas durante el periodo

- En el sector Conejeras del glaciar Santa Isabel, el IDEAM opera dos estaciones meteorológicas y una hidrológica cuyos datos son utilizados para relacionar la dinámica glaciar con las condiciones atmosféricas: Nevado Santa Isabel, tipo satelital y localizada a 4686 metros de altitud y EMMA (Estación Meteorológica Móvil de Altitud) tipo automática, localizada a 4740 metros de altitud sobre la superficie del glaciar Conejeras. La estación hidrológica Conejeras-2, tipo automática localizada a 4699 metros de altitud y a 200 metros del borde del glaciar, consiste de una canaleta tipo Parshall que confina y mide el nivel de toda el agua superficial de fusión glaciar.
- La precipitación total durante el periodo febrero 2019 - febrero 2020 fue de **1332 mm** lo cual se considera normal para la altitud. Las figuras 8 y 9 muestran la distribución mensual y diaria de la lluvia y su relación con la temperatura promedio mensual y diaria. Se considera que los datos se aproximan a la realidad, dado que generalmente cuando ocurre la precipitación hay viento lo cual no permite a los sensores capturar y registrar toda la precipitación. A esto se suma la dificultad técnica para medir lluvia sólida.
- La Figura 10 muestra la dinámica de la temperatura diaria media, promedio máxima y promedio mínima en la cual se evidencia las amplitudes diarias habituales de la alta montaña, así como el comportamiento mensual donde igualmente se percibe la influencia típica de los vientos alisios de julio y agosto en la región Andina que reducen considerablemente la temperatura ambiente. Así, el día más frío del periodo fue el **30 de agosto de 2019** desde la madrugada y hasta el amanecer con la temperatura instantánea más baja registrada a las **5:30 AM** con **-5.7 C°**.
- Del registro de datos disponible para la EMMA (cada media hora del 1 de enero al 10 de diciembre de 2019), se destaca que la temperatura ambiente sobre el glaciar (a 2m de altura), estuvo el **62% del periodo por encima de 0 C°** lo cual repercutió facilitando la fusión glaciar.
- Por el contrario, la temperatura instantánea más alta se registró el **7 de febrero de 2020** con **9 C° a medio día**, pero igualmente se registraron temperaturas altas para la altitud entre los **8 y 8.8 C°**, en diciembre de 2019 y enero y febrero de 2020 entre las 11 y las 15 horas.

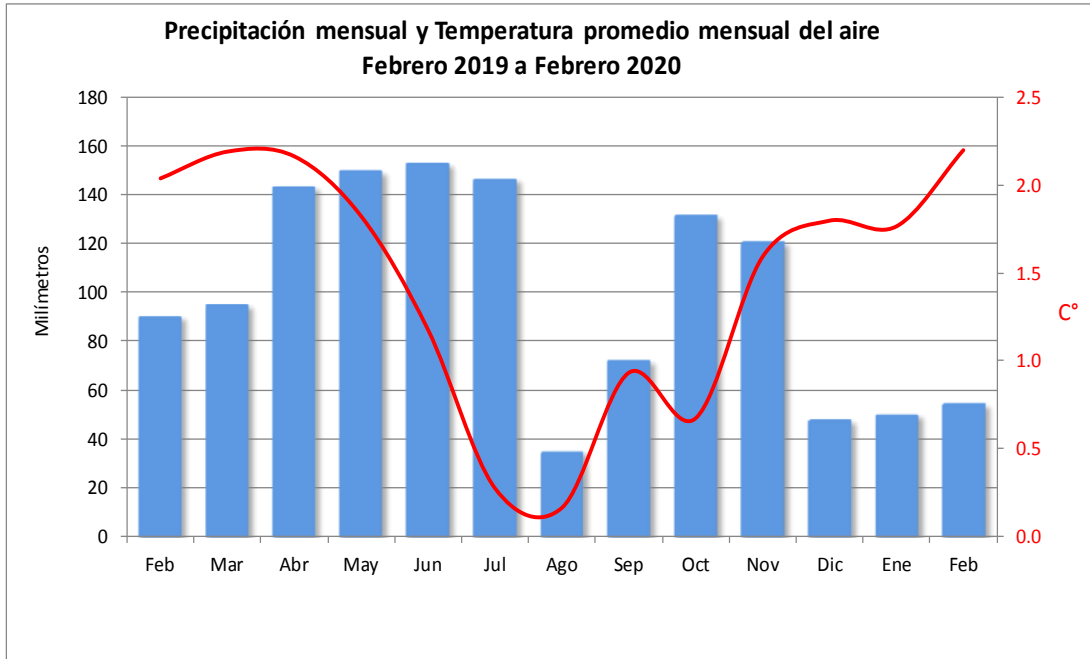


Figura 8. Precipitación mensual y temperatura media.

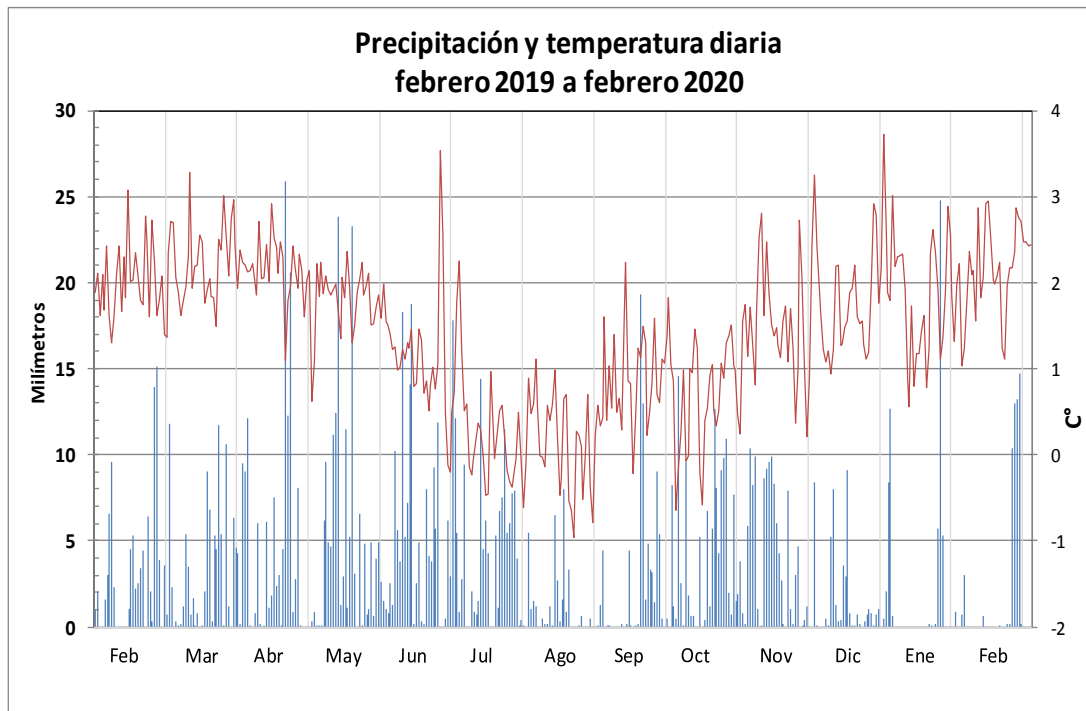


Figura 9. Precipitación y temperatura ambiente diaria





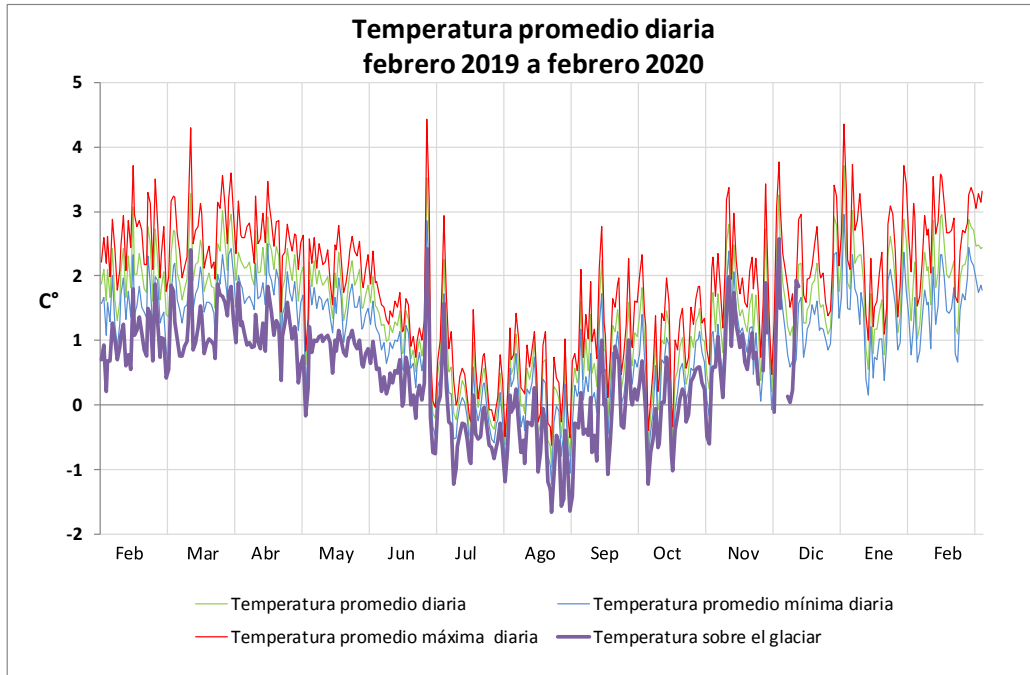


Figura 10. Temperatura ambiente promedio diaria máxima y mínima

- El agua de fusión glaciar tuvo un comportamiento normal dentro del régimen glaciar, caracterizado por una marcada variabilidad diaria relacionada directamente con las condiciones locales atmosféricas (radiación solar de onda corta incidente particularmente), a la vez que esa dinámica diaria está condicionada por la estacionalidad del clima (Figura 11). Es de destacar que los aportes máximos del glaciar ya ocurrieron durante el fenómeno climático extremo “El Niño” 2015-2016 y desde entonces el glaciar ha entrado en una etapa de decadencia hídrica por la fuerte reducción de su área. A nivel diario, los picos de aportes se registraron en un lapso de tiempo de 6 a 8 horas después que el glaciar inicia un lento proceso para adquirir la suficiente energía solar para cambiar de estado sólido a líquido. El proceso que inicia aproximadamente a las 7 AM tiene su máximo de flujo entre las 2 y 4 PM para luego descender a medida que la temperatura disminuye y el glaciar deja de ganar energía.
- Si bien es cierto que la temperatura es una variable importante para explicar la dinámica glaciar, ciertas longitudes de onda de la radiación solar explican mejor la fusión glaciar. En este sentido, no se observa claramente una relación entre el caudal y la temperatura pero el asunto es más claro al detallar la dinámica diaria de los caudales y la radiación solar de onda corta incidente (la que más afecta al glaciar) y que se muestra en la Figura 12 para el día 26 de junio de 2019 cuando se registró el mayor caudal instantáneo con **164,6 lts/seg a las 2:00PM**. Se observa en la figura un retraso de aproximadamente cuatro horas en la respuesta del glaciar entre el incremento de esta radiación en horas de la mañana y su registro en la estación hidrológica.



- Al igual que la precipitación, se reporta igualmente la dificultad técnica de capturar y registrar el 100% del agua superficial de fusión glaciara debido a las condiciones locales como distancia del glaciar al sitio de registro (200m), la existencia de una laguna entre el glaciar y la estación hidrológica, la sedimentación en la canaleta Parshall, la infiltración y el flujo de agua por fuera de la canaleta (se estima que en los días de mayor derretimiento, entre 15 a 30% del caudal deja de registrarse debido al flujo de agua fuera de la canaleta).

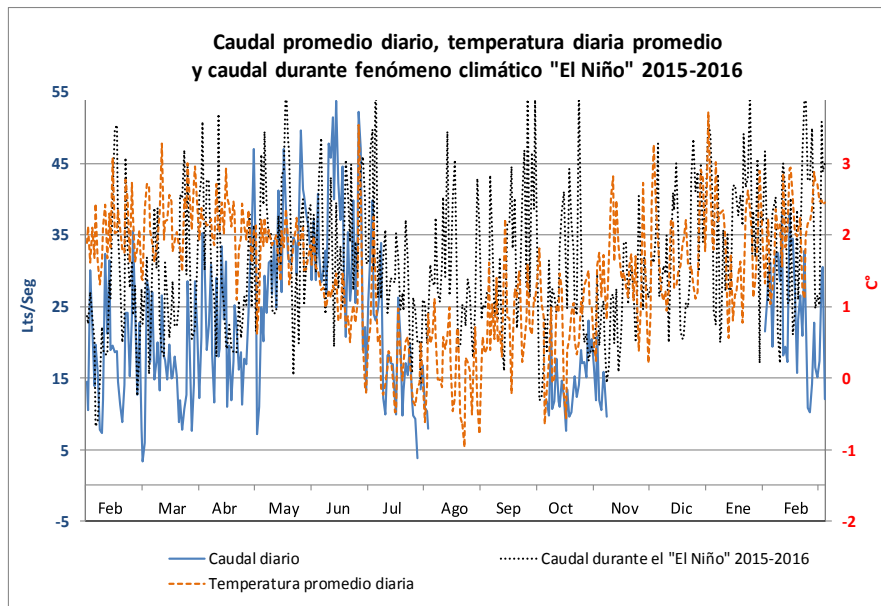


Figura 11. Caudal y temperatura ambiente diaria promedio

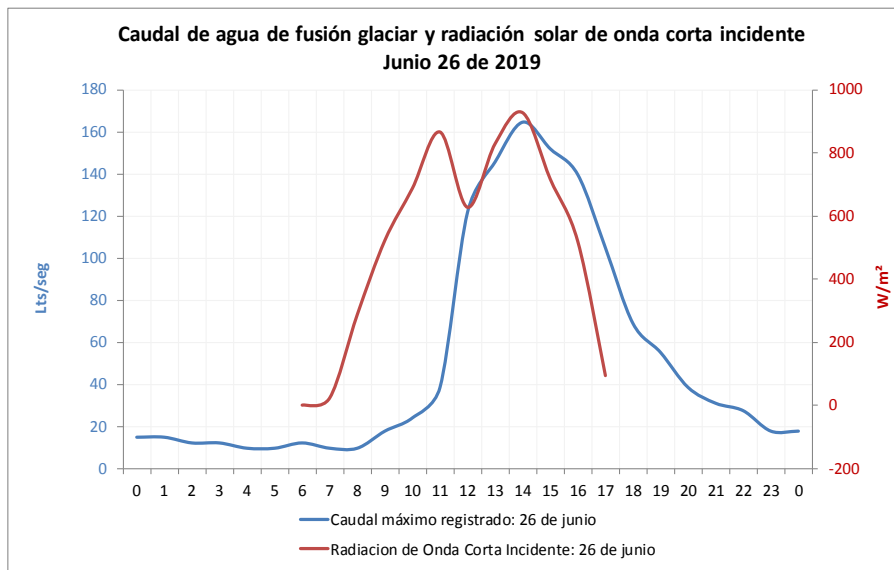


Figura 12. Caudal y radiación solar de onda corta incidente el 26 de junio de 2019



## 7. Otros procesos observados y registrados

- Como se había previsto en las observaciones de campo, el estrechamiento del glaciar que se aprecia en el recuadro de la fotografía 14, progresó y a principios del año 2020 el glaciar Conejeras prácticamente se dividió en dos partes. Aunque en verificación de campo en enero de 2020, se constató que aún persistía un metro de espesor de hielo en esa zona el cual estaba recubierto de rocas provenientes de los taludes laterales.



Fotografía 14. Glaciar Conejeras y su división. Izq.: Feb 2019, der.: Ene 2020. Autor: J. Ceballos.

- El proceso de derretimiento fue tan intenso durante el periodo que un “estoraque” o “meseta” de hielo evolucionó en pocos meses (Fotografía 15).



Fotografía 15. Estoraque o Meseta de hielo sobre el glaciar Conejeras. Sep/ 2019. Autor: F. Rojas

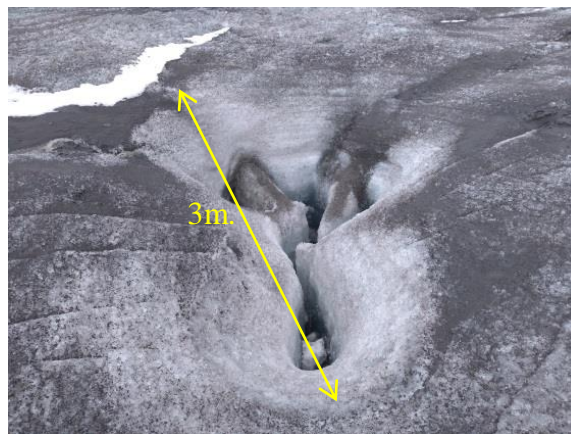




- Desde 2018, un “molino” o cueva vertical evolucionó como consecuencia de la socavación de un curso de agua líquida subglaciar al contacto con el hielo y alcanzó una profundidad de ocho metros. La geofoma glaciar se localiza cerca al borde del glaciar Conejeras por lo que fue necesario, en conjunto con el PNN Los Nevados, aislarlo mediante banderines y cintas como medida de advertencia y prevención a los visitantes. (Fotografías 16). La fotografía 17 muestra otro “molino” en evolución.



*Fotografía 16. Izq.: Molino glaciar. Derecha superior: Aislamiento preventivo. Derecha abajo: Vista aérea del molino. Autor: J. Ceballos.*



*Fotografía 17. Molino en evolución. Feb 2019. Autor: J. Ceballos.*





- Los “Conos de fusión” glaciario son comunes sobre la superficie del glaciar Conejeras debido a la acumulación de ceniza volcánica que en ciertas zonas logra proteger al glaciar y lo aísla térmicamente. A medida que el hielo a su alrededor se derrite, se forman estos montículos de hielo recubiertos por la ceniza (Fotografía 18).



Fotografía 18. “Conos de fusión” glaciario. Feb 2019

- Durante los meses de fuerte derretimiento, la canaleta Parshall que confina las aguas de fusión glaciario para su medición) presentó problemas de sedimentación y caudal por fuera de su estructura (Fotografía 19).



Fotografía 19. Estación hidrológica “Conejeras 2” ( canaleta Parshall)



- Las aguas de fusión glaciaria han formado en varias partes del glaciar túneles (Fotografía 20).



*Fotografía 20. Túneles subglaciares. Autor: J. Ceballos.*

- El agua de fusión glaciaria del Conejeras drena hacia una laguna, de allí transita hacia la estación Conejeras-2 para su registro y medio kilómetro aguas abajo forma una cascada de 30 metros aproximadamente (Fotografía 21), que junto con el agua del páramo, forma la quebrada Santa Bárbara, que confluye en el río Claro a 2700 metros de altitud donde se localiza la estación hidrológica del mismo nombre del río.



*Fotografía 21. Cascada de aguas de fusión del glaciar Conejeras. Feb 2019. Autor: J. Ceballos*



## Agradecimientos

A las siguientes personas y entidades por la participación en las labores de campo:

Alejandro Ospina. Geógrafo, Contratista IDEAM  
Alexander González. Ingeniero Ambiental, estudiante de maestría, Universidad de los Andes  
Antoine Kremer. Fotógrafo, Francia  
Ana María Rozo. Ecóloga, Pontificia Universidad Javeriana  
Andrés Cruz. Estudiante Ingeniería Ambiental, Universidad Sergio Arboleda  
Andrés Tangarife. Geólogo, estudiante de maestría, Technical University of Darmstadt, Alemania  
Asociación Caldense de Guías de Turismo (Asdeguías)  
Corporación Cumbres Blancas  
Cristian Ríos. Geógrafo, Universidad Nacional de Colombia. Pasante en IDEAM.  
Duaney Izquierdo. Pueblo indígena Arhuaco  
Fabián Blanco. Guía de montaña  
Fabien Anthelme. Biólogo, Investigador del IRD, Francia.  
Francisco Rojas, Geógrafo, Contratista IDEAM  
Héctor Manuel Sánchez. Conductor  
Heidi Sevestre. Glacióloga, Francia  
Ignacio López. Geógrafo, científico del Centro Pirenaico de Ecología, España  
Inés Carrasquer. Bióloga, estudiante de maestría, Universidad de los Andes  
Julián Holguín. Guía de montaña  
Luis Daniel Llambí. Ecólogo, docente Universidad de Los Andes, Venezuela  
Luis Fernando Penagos. Guía de montaña  
Mauricio Serna (padre e hijo) conductores.  
Nina Adjani, Docente, Ohio University, EEUU.  
Norine Khedim. Estudiante de doctorado, Université Grenoble Alpes, Francia.  
Parque Nacional Natural Los Nevados (guardaparques)  
Sebastián Montero. Ecólogo, Pontificia Universidad Javeriana  
Subdirección de Hidrología, Grupo Automatización, IDEAM.

---

Mayor información e informes anteriores pueden ser consultados y descargados en:

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023828/023828.html>

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022428/022428.htm>

<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares>

<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/investigacion-publicaciones>

---

Informe elaborado por Jorge Luis Ceballos Liévano.

Profesional Especializado, Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM. Bogotá.

[jceballos@ideam.gov.co](mailto:jceballos@ideam.gov.co)