



El ambiente
es de todos

Minambiente

INFORME TECNICO
DEL ESTADO DEL GLACIAR RITACUBA BLANCO
SIERRA NEVADA EL COCUY O GÜICÁN
Parque Nacional Natural El Cocuy
Año de monitoreo: febrero a diciembre de 2019



Vista del sector norte de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán. Diciembre de 2019. Autor: J. Ceballos

SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL
GRUPO DE SUELOS Y TIERRAS

Bogotá, D.C., agosto de 2020



Bogotá, D.C. Colombia - Sur América
Sede correspondencia
Calle 25 D No. 96 B - 70 Bogotá D.C. Código postal: 110911
PBX (571) 3527160 Fax Server: 3075621 - 3527160 Opc.2
Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 3527180
Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 2681070
• www.ideam.gov.co



Contenido

1. Presentación.....	3
2. Balance de masa glaciológico.....	4
3. Cambio en el espesor de la superficie del glaciar ... ¡Error! Marcador no definido.	
4. Acumulación de nieve	10
5. Cambio de área y fragmentación glaciar	12
6. Condiciones hidrometeorológicas durante el periodo.....	13
7. Otros procesos observados y registrados	19





1. Presentación

El segundo glaciar de estudio *in situ* del IDEAM, es la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, en el sector Ritacuba Blanco con una serie de datos de balance de masa por el método directo desde 2008 y con una frecuencia de visita bimestral. En un principio se seleccionaron los glaciares Ritacuba Negro y Ritacuba Blanco, pero por accesibilidad y seguridad -sus grietas hacen el recorrido muy peligroso- se detuvo la investigación en el glaciar Ritacuba Negro, quedando actualmente el Ritacuba Blanco. El área de estudio suma un área aproximada de 0.36 km² y se encuentra sobre la vertiente noroccidental de la sierra (Figura 1). El periodo de monitoreo reportado en este informe comprende del 23 de febrero al 2 de diciembre de 2019 (282 días), tiempo durante el cual se realizaron seis campañas de campo bimestrales (febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre) para un reporte del balance de masa total intraanual de cinco periodos. Habitualmente el ciclo hidrológico de monitoreo para este glaciar es de febrero a febrero del año siguiente, pero debido a situaciones locales de orden público a comienzos del año 2020, no fue posible realizar la última campaña de campo prevista para finales de febrero de 2020. Posteriormente por la declaratoria de la emergencia sanitaria se interrumpieron las mediciones.



Figura 1. Localización del sector de monitoreo (recuadro rojo) en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán. Imagen Planet Scope, febrero de 2019. Fuente: Ideam 2020



2. Balance de masa glaciológico

- El balance de masa glaciológico¹, (que representa el “estado de salud” de un glaciar), para el periodo comprendido entre el 23 de febrero y el 2 de diciembre de 2019 (282 días) fue de **+383.9 milímetros equivalentes de agua (mm e.a.)**, siendo el **tercer periodo anual consecutivo con un balance de masa positivo (2017, 2018 y 2019)** desde que el IDEAM inició un monitoreo instrumental periódico en 2009. Antes de este trienio, en la serie de reportes anuales solamente en 2012 se había registrado otro periodo de balance positivo. Aunque la ganancia de masa en 2019 fue menor a la registrada en 2018, llama la atención el comportamiento para los últimos tres años, característica relacionada con la dinámica del clima local que se explica más adelante. No obstante, a pesar de esta ganancia de masa, **el balance de masa acumulado sigue siendo negativo** para los 11 años reportados, el cual es de **-1852 mm e.a.** La Figura 2 muestra los balances de masa totales anuales desde 2009 así como el valor acumulado.
- El comportamiento intraanual del balance de masa para el periodo reportado (Figura 3) tiene un comportamiento particular que incorpora patrones climatológicos tanto de la región Andina como de la Orinoquía en los cuales se destacó el periodo de lluvias de mitad de año característico de esta última región natural y que logra influir en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán; así, se registró una importante **ganancia** de masa durante los meses de **junio y julio (periodo 2019-3)** de **+382 mm e.a.** Los demás periodos se observa un comportamiento que refleja los patrones pluviométricos de ambas regiones. El periodo con mayores **pérdidas** en 2019 se registró entre el final de **abril y comienzo de junio (periodo 2019-2)** con **-122 mm e.a.** Una explicación general de este comportamiento del balance de masa y su relación con el clima se presenta más adelante. Sin embargo, para comprender mejor esta relación se recomienda aumentar la periodicidad de las mediciones bimensuales a mensuales; incluso lo ideal es implementar un sistema de medición adicional al sector sur de la Sierra Nevada ya que, por la extensión y diferencias altitudinales de sus glaciares, el comportamiento puede variar de acuerdo a condiciones locales.

¹ ¿Qué es un Balance de masa glaciar y cómo se puede interpretar? Visite: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/balace-de-masa-glaciologico> ó <https://wgms.ch/global-glacier-state/>



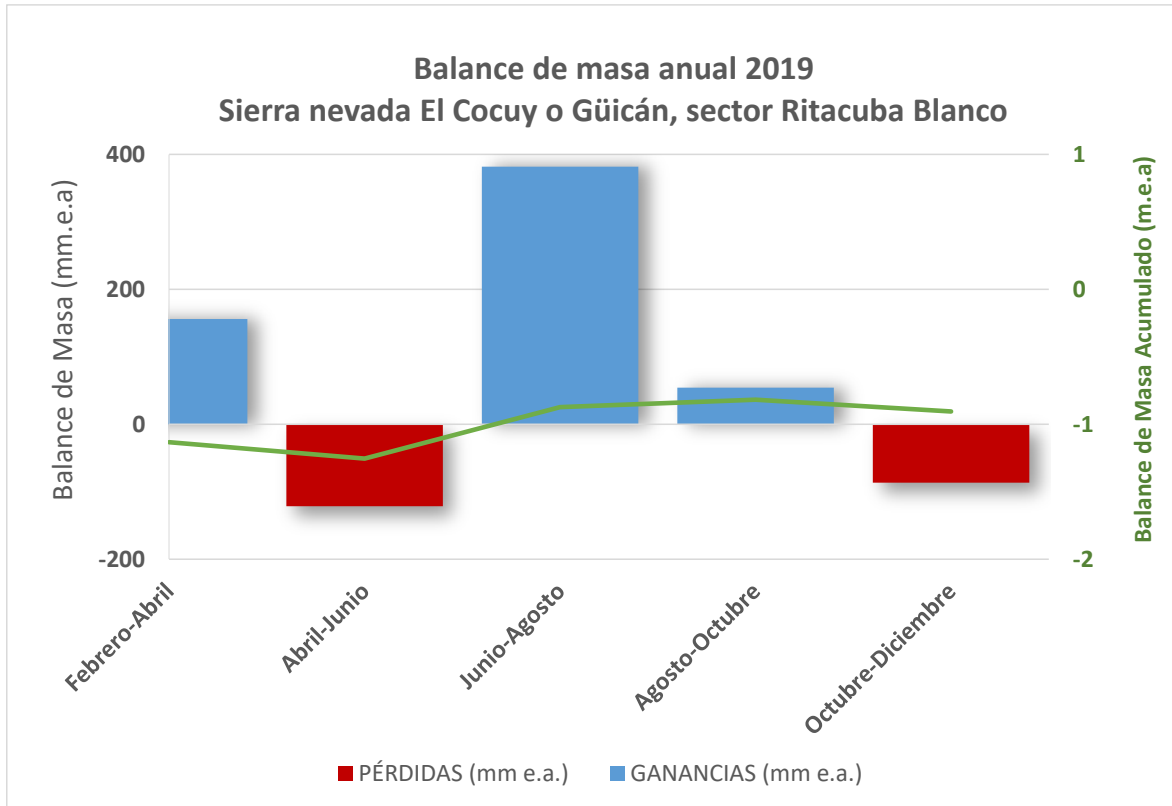


Figura 2. Balance de masa glaciológico interanual 2019 del glaciar Ritacuba Blanco, Sierra Nevada El Cocuy o Güicán. Fuente: Datos de campo Ideam 2019

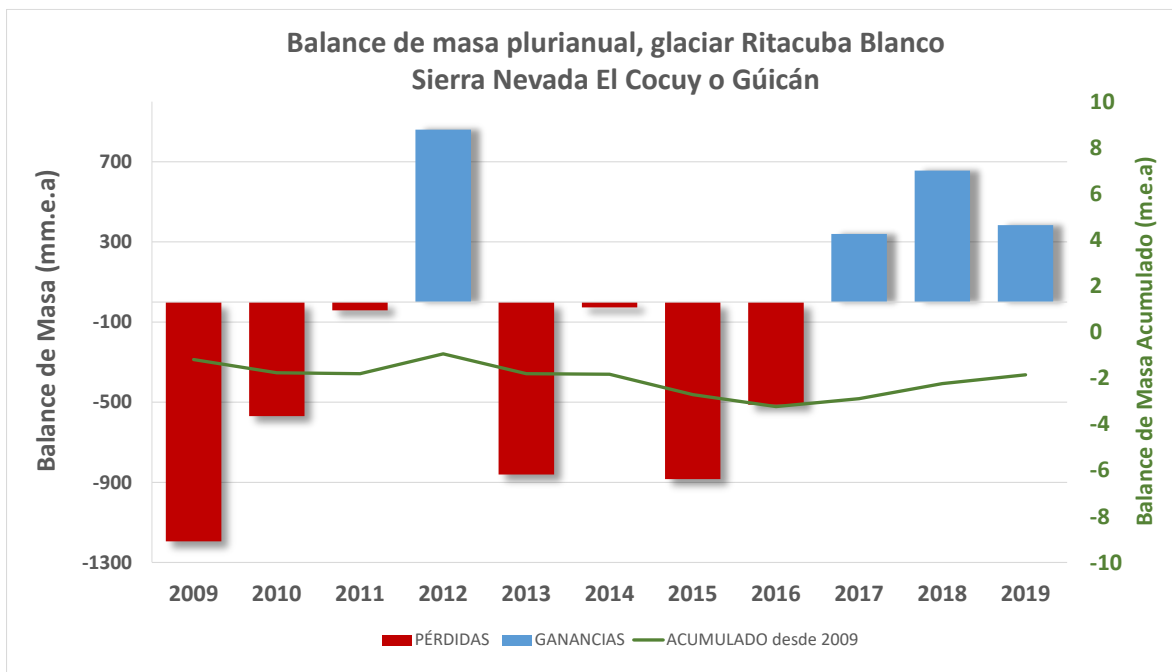


Figura 3. Balance de masa glaciológico plurianual del glaciar Ritacuba Blanco, Sierra Nevada El Cocuy o Güicán. Fuente: Ideam 2020





- 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 ciclo hidrológico 2019 a **4984 metros**, oscilando durante el año entre los 4885 y 5052 metros. El promedio multianual (2009-2019) se localiza a 5014 metros. El hecho que en 2019 haya descendido la ELA es un buen indicador y refleja el relativo buen estado de la Sierra Nevada. La Figura 4 expone la evolución de la ELA durante la última década. Es de resaltar la importancia del seguimiento a esta variable ya que es un indicador de la evolución de la criósfera terrestre y su relación con el actual cambio climático.

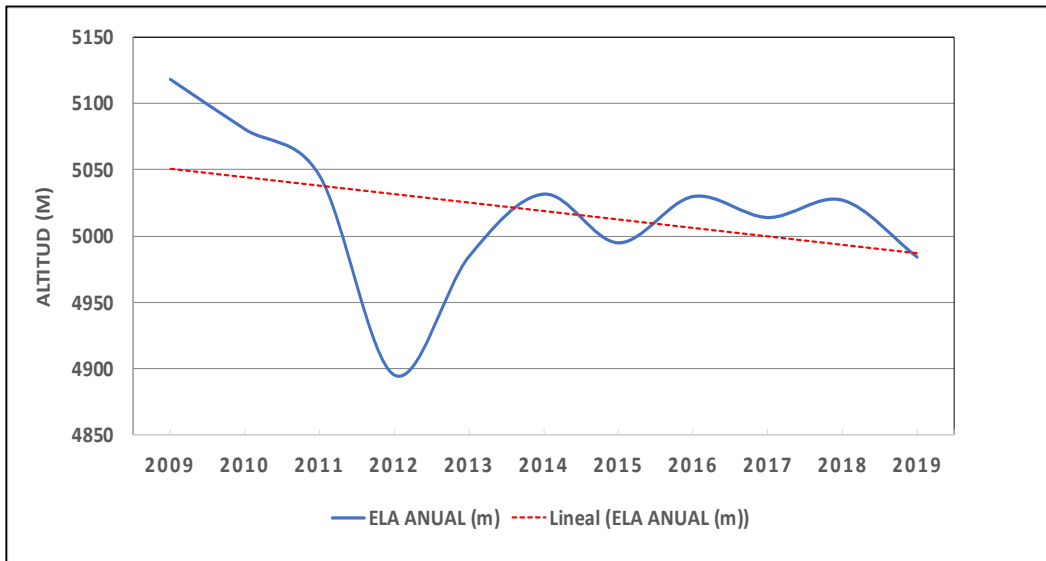


Figura 4. Evolución de la Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA). Fuente: Ideam

- El Cuadro 1 muestra una síntesis de las variables glaciológicas más importantes en el monitoreo glaciar durante el periodo reportado-

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	
23/02/2019 a 25/04/2019	61	156	100	-71.0	-61.3	-49.0	4989.5
25/04/2019 a 06/06/2019	41	-122	94	14.0	-109.8	-82.0	5051.6
6/06/2019 al 9/08/2019	63	382	193	19.5	-100.0	-78.0	4884.6
9/08/2019 al 10/10/2019	61	54	184	140.5	-19.3	-18.0	4972.0
10/10/2019 al 2/12/2019	52	-86	sin dato	96.5	-30.5	-19.5	5022.5

Cuadro 1. Variables glaciológicas para el periodo 2019





Cambio en el espesor de la superficie del glaciar

- Tal como lo expresan las cifras del balance de masa glaciológico, fue poco el cambio del glaciar Ritacuba Blanco en el último periodo de monitoreo. De acuerdo con las diez balizas o estacas instaladas sobre la superficie del glaciar (Figura 5) 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 **aumentó 29 centímetros en promedio**: 114 cm disminuyó en la parte baja, 94 cm aumentó en la parte media y 106 cm aumentó en la parte alta, (Cuadro 1). Esta diferencia refleja muy bien el comportamiento de un glaciar en sus diferentes partes: por un lado, en la parte baja o zona de ablación que es la zona del glaciar donde más se intensifica y evidencia el derretimiento debido a la altitud más baja y mayor temperatura. Muy diferente a la parte alta por encima de los 5000 metros donde prevalecen temperaturas por debajo de cero grados Celsius y la precipitación sólida tiende a conservarse.

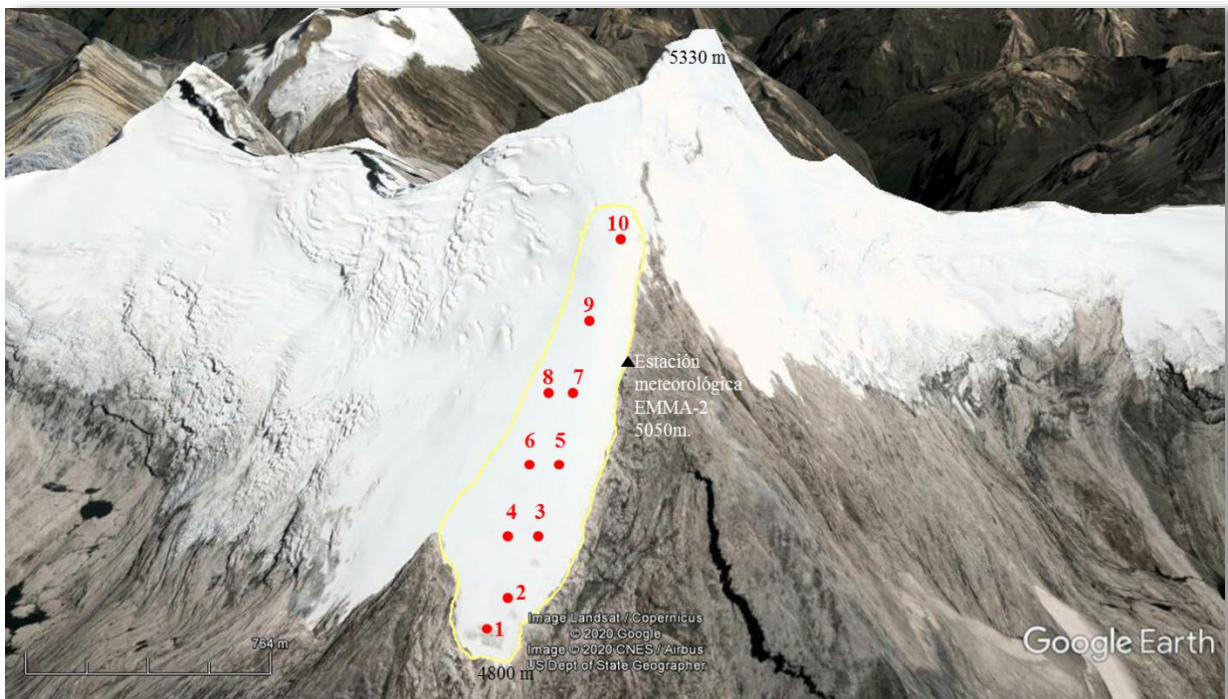
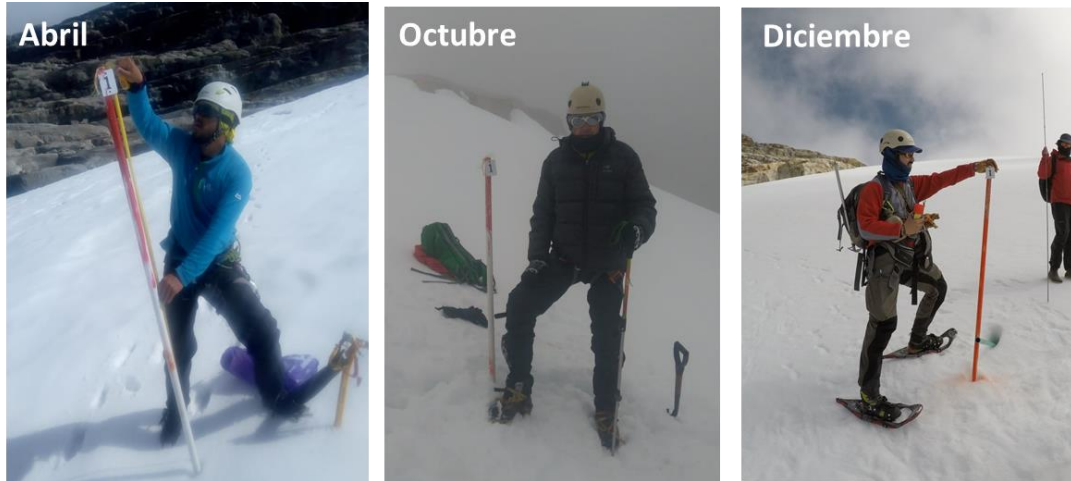


Figura5. Red de balizas de ablación instaladas sobre el glaciar Ritacuba Blanco. Fuente: Google Earth

- 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 1 a 5 se evidencian los cambios durante el periodo reportado (nótese en algunas fotos los cambios comparando la llave amarilla)



Fotografía 1. Baliza No. 1 (4872m) Autores: F. Blanco, J. Ceballos.



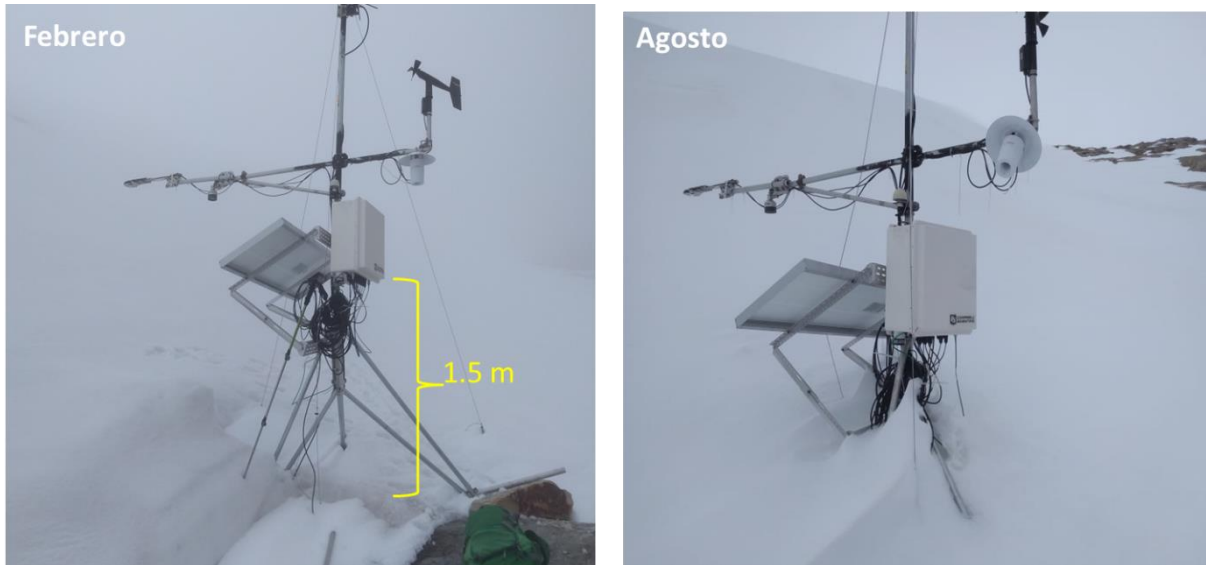
Fotografía 2. Baliza No.6 (5010m.). Nótese los cambios comparando el símbolo de llave. En Junio se reinstaló la baliza (junio+). Autor: J. Ceballos.



Fotografía 3. Baliza No 8 (5055 m.). Aumento del espesor de la superficie glaciar
Autores: J. Ceballos, A. Ospina.



Fotografía 4. Baliza No.10 (5151 m). Aumento del espesor de la superficie glaciar. En agosto 2019 la baliza estaba a un metro bajo la nieve. Autores: L. Zuluaga, J. Ceballos.



Fotografía 5. Estación meteorológica (5025 m). Autor: J. Ceballos.

3. Acumulación de nieve

- El ciclo hidrológico reportado se caracterizó, en general, por la acumulación de nieve lo cual repercutió en la estabilidad del glaciar y en las ganancias de masa. El promedio del manto de nieve sobre el glaciar para el periodo reportado fue de **152 cm** con un máximo de **193 cm en agosto** (Figura 6). En la Figura 7 se muestra el registro multianual de nieve acumulada sobre el glaciar donde se evidencia la tendencia a la estabilidad. Durante las campañas de campo y ante la predominancia de precipitación sólida se evaluó periódicamente la evolución de la nieve descubriendo que en aproximadamente 4 a 5 meses se generó un proceso de recristalización (sinterización) donde se evidenciaron diferentes fases en menos de un metro de espesor: nieve - nieve granular – neviza – hielo blanco. Una explicación de este proceso se describe más adelante.

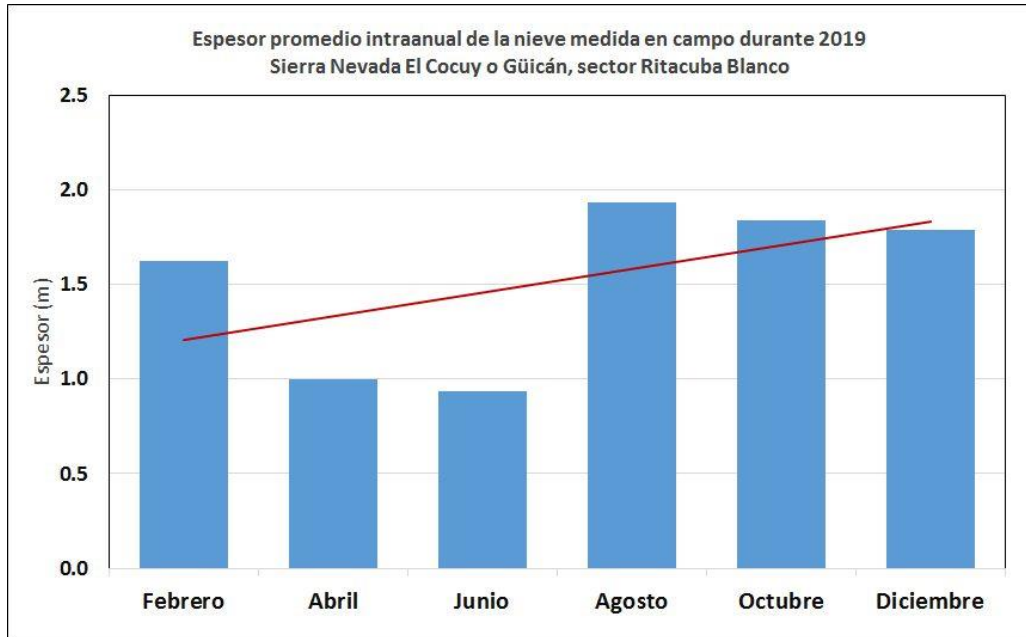


Figura 6. Manto de nieve depositada sobre el glaciar Ritacuba Blanco durante los periodos de medición en 2019. Fuente: Ideam

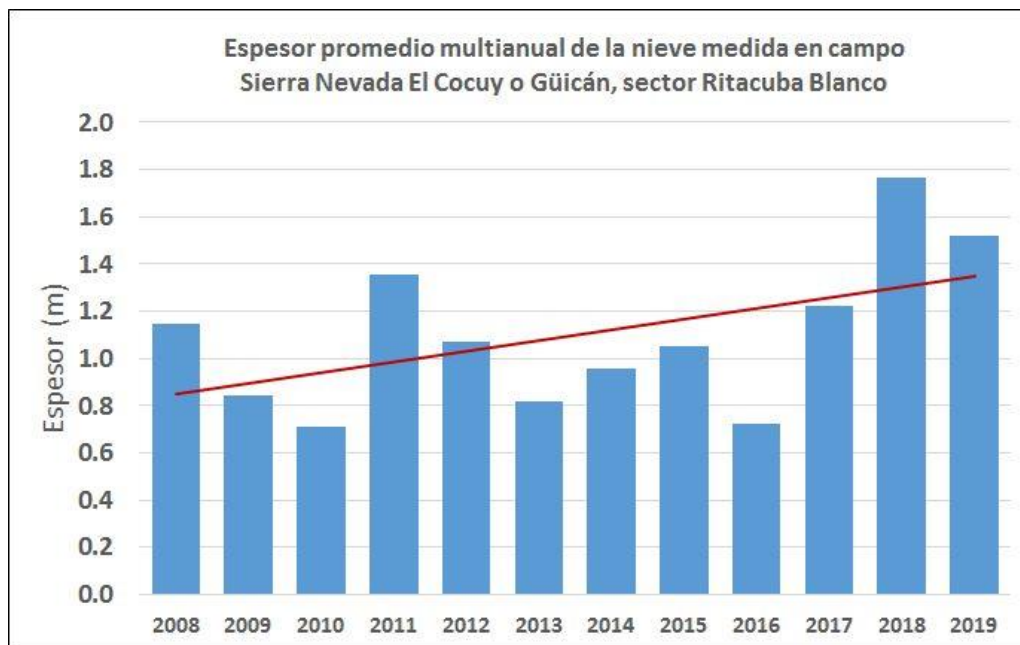


Figura 7. Manto de nieve promedio depositada sobre el glaciar Ritacuba Blanco (2008 – 2019). Fuente: Ideam





4. Cambio de área

- El área glaciaria de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán para comienzos de 2019 se calculó en **13,27 ($\pm 0.26^2$) km²** y está conformada por treinta y siete (37) bloques de hielo en total. De estas unidades cinco (5) son mayores a 100 hectáreas, veinticuatro (24) fragmentos tienen más de media hectárea y ocho (8) menores a esta medida (Figura 8). La cifra del área glaciaria reportada para el año 2017 era de 13,5 km², indicando así una reducción de **1.7%** en dos años. Para el cálculo del área glaciaria representativa para el año 2019 se utilizaron imágenes satelitales *Sentinel* (15/02/2019) como insumo principal para los procesos semiautomatizados e imágenes *RapidEye* (15/02/2019) para la interpretación manual por su resolución espacial de 5 metros.

Si bien la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán denota pérdidas como el resto de nevados del país, es el glaciar más estable del país durante el lapso reportado. Existen dos condiciones relativas locales que podrían reducir el ritmo del derretimiento: varios de sus glaciares están sobre 5.000 m de altitud y la humedad proveniente del oriente contribuiría al mantenimiento de precipitaciones sólidas.



Figura 8. Glaciares de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán. Cambio de área entre 2017 y 2019. Mosaico de imágenes satelitales *Sentinel* (febrero 2019) y *RapidEye* (febrero 2019)

² La incertidumbre se estima por medio de la raíz cuadrada de la suma cuadrática de los errores independientes (delineación visual, ortorrectificación de la imagen satelital, presencia de nieve), multiplicado por el perímetro del glaciar.



5. Condiciones hidrometeorológicas durante el periodo

- En la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, el IDEAM mantiene en funcionamiento siete estaciones hidrometeorológicas cuyos datos son utilizados para relacionar la dinámica glaciar con las condiciones atmosféricas. De estas, cuatro se encuentran por encima de los 4300 metros de altitud (msnm): las estaciones tipo satelital Nevado del Cocuy (4676 msnm) y Laguna de la Plaza (4378 msnm), así como las estaciones automáticas La Laja-Ritacuba Negro (4307msnm) y Ritacuba Blanco EMMA2 (Estación Meteorológica Móvil de Altitud 2) ubicada al borde del glaciar del mismo nombre (5027msnm).
- En el sector Laguna de la Plaza (4378 msnm) la precipitación total durante el periodo marzo 2019 – diciembre 2019 fue de **2543 mm** lo cual se considera normal para dicha altitud. Las figuras 9 y 10 muestran la distribución mensual y diaria de la lluvia y su relación con la temperatura promedio mensual y diaria de la estación 'Ritacuba Blanco EMMA2' ubicada en zona proglaciar. Como se puede observar, hay una correlación positiva entre las altas lluvias y las bajas temperaturas. Las estaciones frías y lluviosas tienen correspondencia con la precipitación y acumulación de nieve, por ende, favorecen condiciones de baja fusión glaciar.

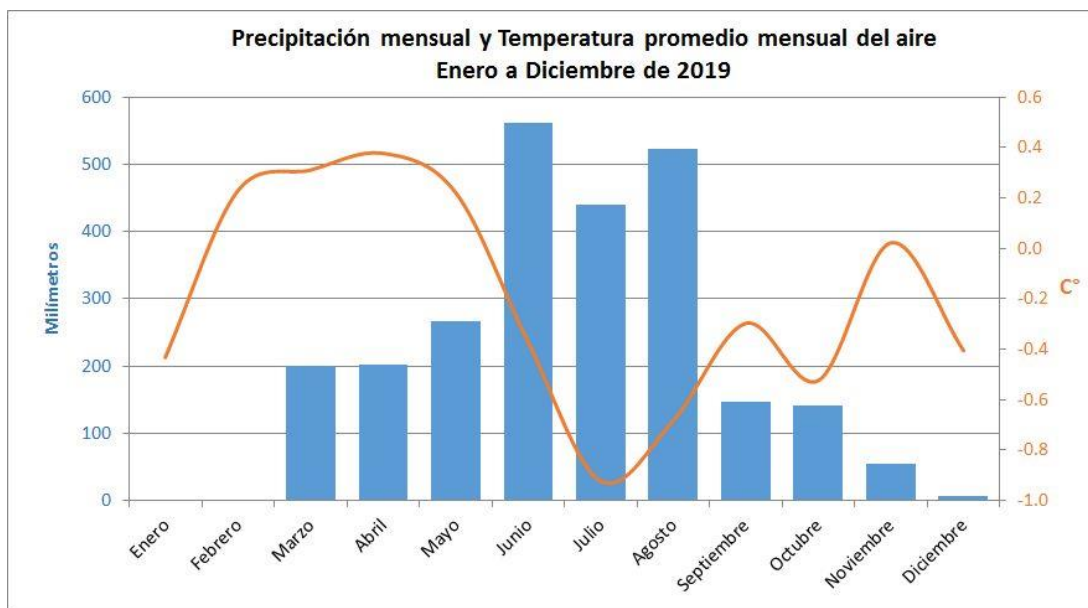


Figura 9. Precipitación acumulada mensual (est. Laguna de la Plaza) y temperatura media mensual (est. EMMA2).

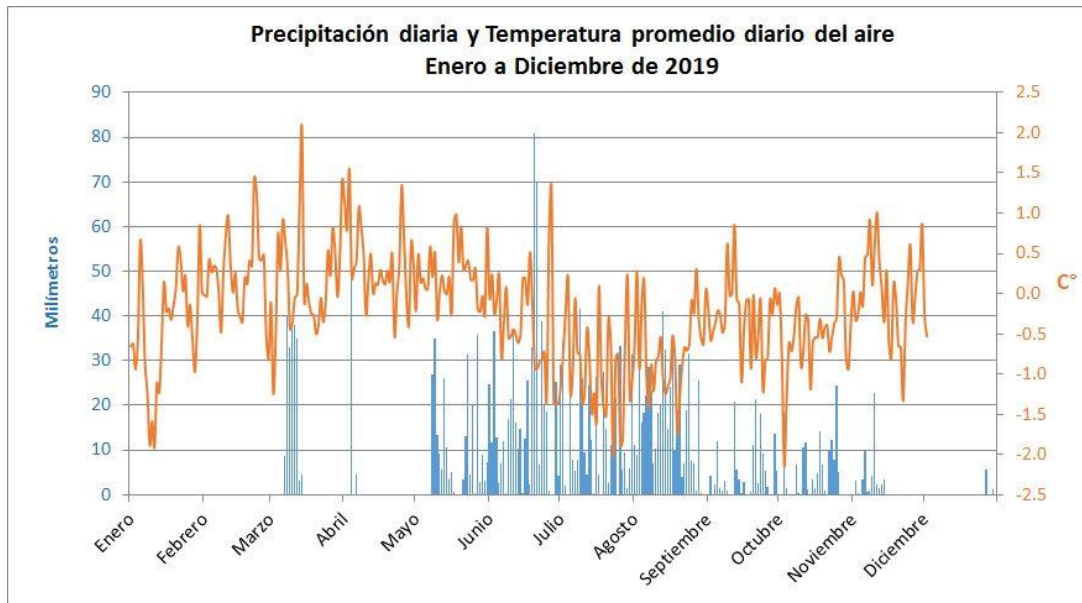


Figura 10. Precipitación acumulada diaria (est. Laguna de la Plaza) y temperatura promedio diaria (est. EMMA2).

- La Figura 11 muestra la dinámica de la temperatura diaria media, promedio máxima y promedio mínima en la estación Ritacuba Blanco EMMA2, que permite evidenciar las amplitudes diarias habituales de la alta montaña. La temperatura ambiente a lo largo del año es oscilante por debajo y encima de los cero grados centígrados. De igual forma, en el comportamiento mensual de la temperatura se evidencia la influencia de las estaciones frías y lluviosas de un régimen bimodal, particularmente a principio y mitad del año. En el año hidrológico 2019, los días más fríos fueron el 11 de enero y el 11 de julio, con datos de temperatura instantánea más baja registrada de **-5.0 y -4.9 °C** hacia las 5:00 a.m. y 6:00 a.m. respectivamente. Por el contrario, la temperatura instantánea más alta se registró el **14 de marzo de 2020** con **6.7 °C**.
- Del registro de datos disponible para la EMMA2 (cada hora del 1 de enero al 2 de diciembre³), se destaca que la temperatura ambiente sobre el glaciar (a 2 metros de altura), estuvo el **61% del periodo por debajo de 0 °C**, ambiente necesario para la precipitación sólida así como la génesis y conservación de hielo glaciar.

³ La amplitud de los datos meteorológicos se debe a la necesidad de una descarga manual de los mismos en campo, debido a fallas en la transmisión satelital de esta.

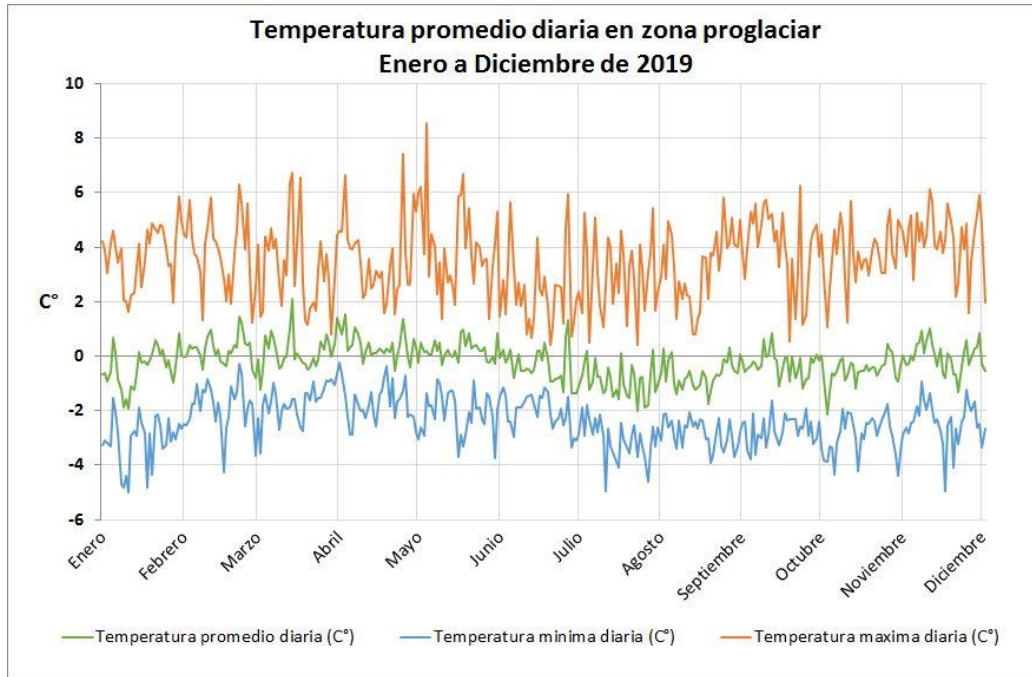


Figura 11. Temperatura promedio diaria, valores promedio, máxima y mínima (est. EMMA2).

- La escorrentía, parte de la cual corresponde a agua de fusión glaciar, se caracteriza en la alta montaña por una marcada variabilidad diaria y estacional, relacionada directamente con las condiciones locales atmosféricas (precipitación o radiación solar). La correlación directa entre la precipitación y el comportamiento del caudal se observa en la figura 12. Esta alta correspondencia entre caudal y precipitación, medidas en la estación La Laja-Ritacuba Negro⁴ y que denota poca infiltración; se debe a la litología (areniscas), la disposición de los estratos sedimentarios (buzamiento y ladera estructural) y un ecosistema de alta montaña proglaciar de baja vegetación y sin suelo consolidado. De ahí que el caudal medido en la estación no necesariamente corresponda porcentualmente a una parte considerablemente a agua de fusión glaciar como si lo puede ser mayoritariamente de lluvia.
- A escala diaria se observa igualmente una relación entre el caudal y la temperatura debido a los cambios entre el día y la noche. La figura 13 muestra el caudal instantáneo y la temperatura del aire para uno de los días más cálidos y fríos del periodo analizado.

⁴ La amplitud de los datos hidrometeorológicos hasta agosto de 2019 se debe a la necesidad de la descarga manual en el marco de una comisión de campo, dada la naturaleza automática de esta estación. El IDEAM tenía dentro de su plan operacional una visita a la estación La Laja-Ritacuba Negro a inicios del año 2020, la cual se vio suspendida debido a la emergencia sanitaria provocada por la pandemia a escala global.

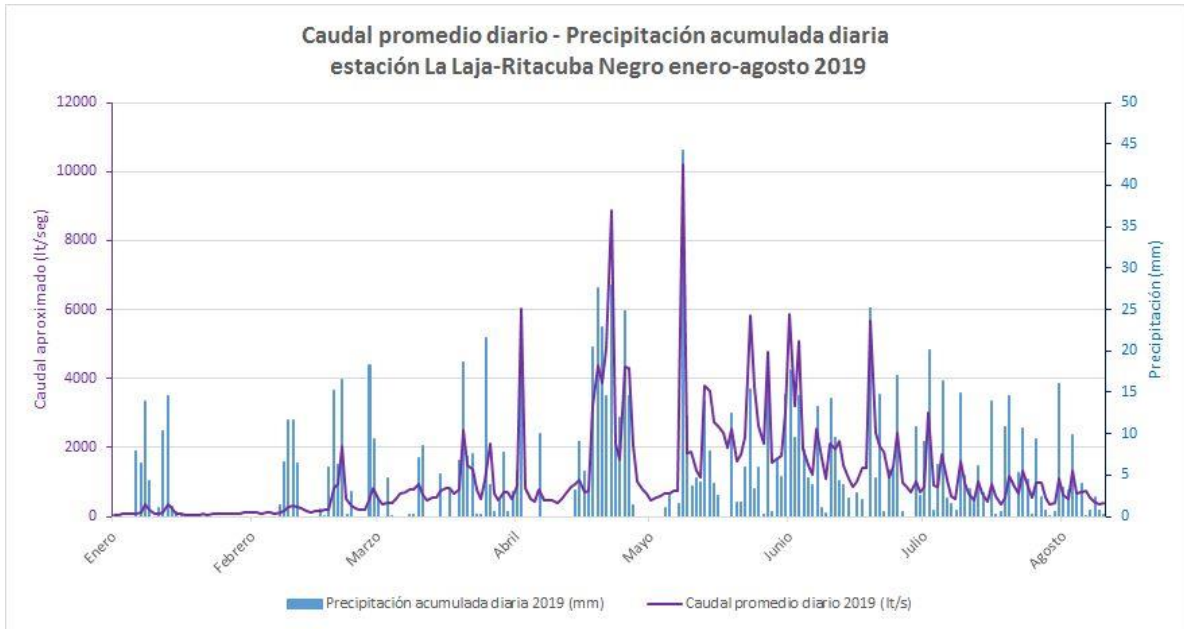


Figura 12. Caudal promedio diario y precipitación acumulada diaria (est. La Laja-Ritacuba Negro).

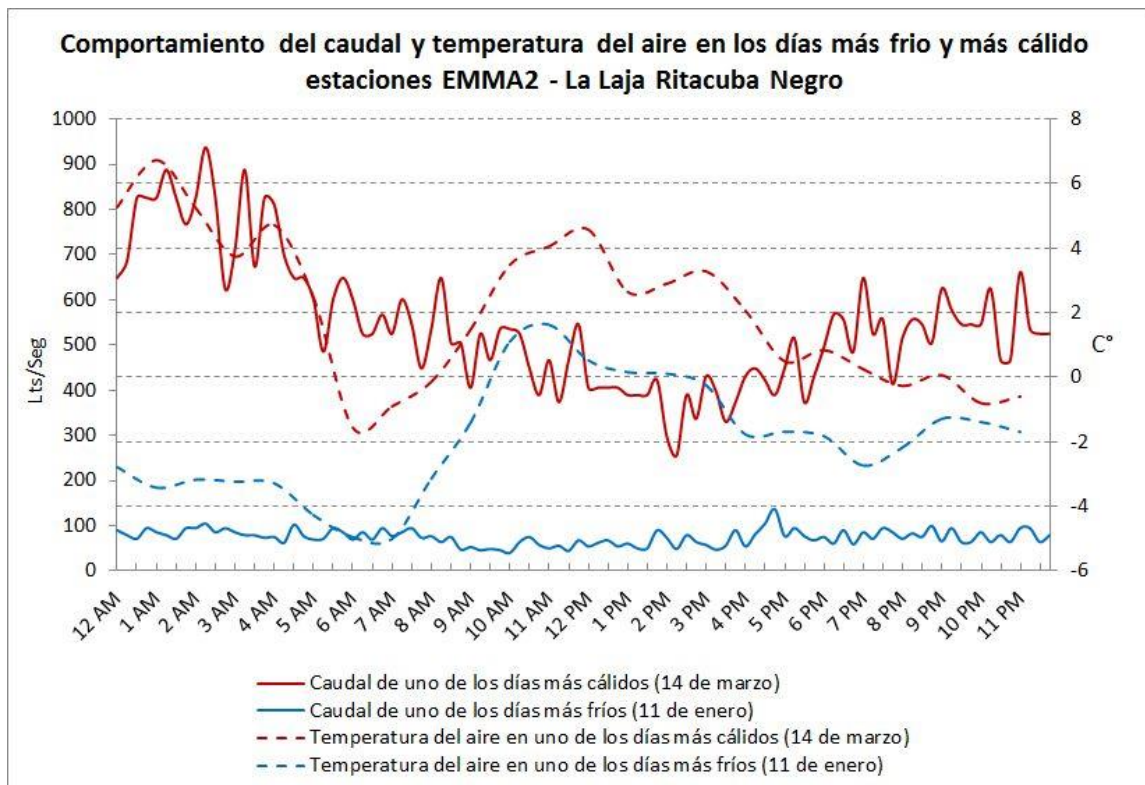


Figura 13. Comportamiento del caudal y temperatura del aire en dos de los días más frío y cálido (est. La Laja-Ritacuba Negro).





- En una escala interanual, es interesante el comportamiento comparativo del periodo estudiado con los valores registrados durante el fenómeno climático extremo “El Niño” 2015-2016. Si bien esta variabilidad climática no tiene una influencia tan fuerte en el sector de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán como lo puede tener en la cordillera central, se puede observar claramente la diferencia en la precipitación entre los años 2019 y 2016 entre enero y agosto (figura 14), siendo notoria la disminución de lluvias en el año del Niño. Así mismo, a pesar de menores lluvias, se destaca en el año 2016 el registro de valores de caudal más altos (figura 15). La explicación de este fenómeno puede deberse en principio al aumento de la escorrentía producto del agua de fusión glaciara. No obstante, el IDEAM recomienda mejorar y mantener en estado óptimo los instrumentos de medición, así como la implementación de nuevos sensores de medición, con el fin de conocer de mejor manera el comportamiento de la alta montaña colombiana.

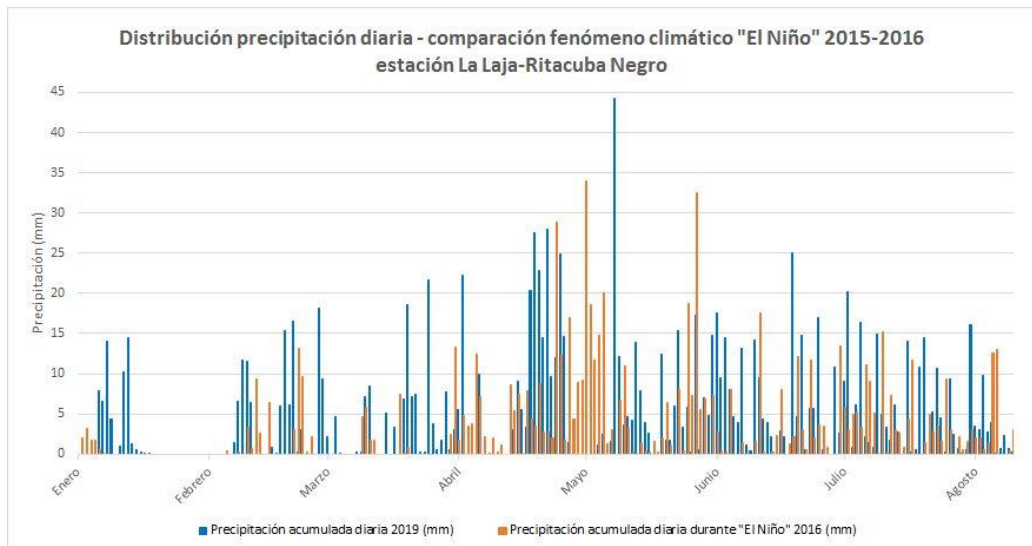


Figura 14. Distribución de la precipitación diaria, una comparación entre los años 2019 y 2016 (est. La Laja-Ritacuba Negro).

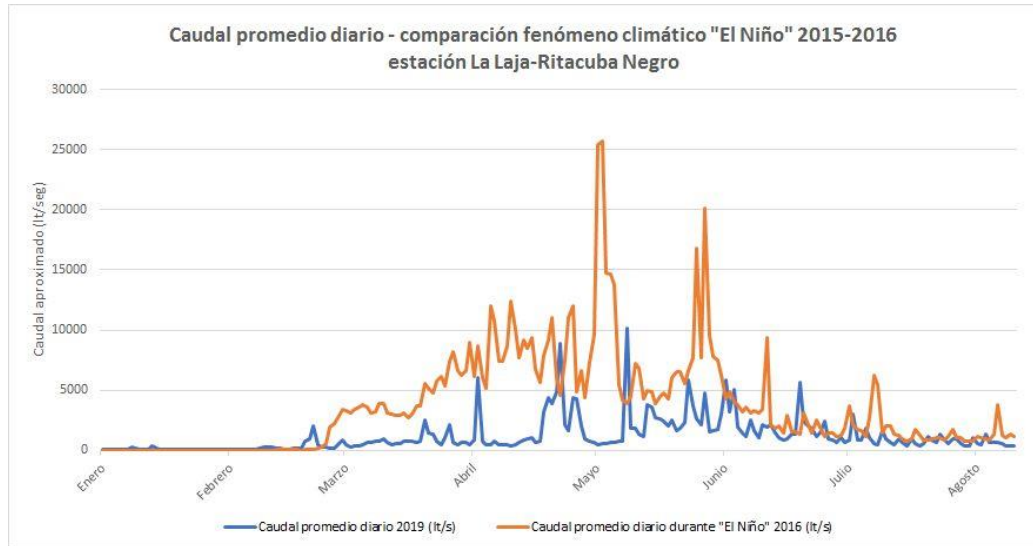


Figura 15. Caudal promedio diario, una comparación entre los años 2019 y 2016 (est. La Laja-Ritacuba Negro).



7. Otros procesos observados y registrados

- A lo largo del año 2019 se observó un proceso de sinterización de la nieve o diagénesis de hielo⁵: la transformación progresiva de nieve en hielo. La formación de hielo es un proceso que puede tomar hasta décadas en completarse. La base fundamental es la acumulación de nieve y sobreimposición continua (mayor presión sobre la nieve más profunda) de capas de esta. El tiempo que tarda la nieve en transformarse en hielo depende fundamentalmente de la temperatura (derretimiento y recongelación). Para el caso del glaciar de estudio, indudablemente el peso de la nieve y la temperatura por debajo de cero grados Celsius asociado a las horas de la noche y madrugada facilitaron este fenómeno.

En la fotografía 6 se puede observar cuatro muestras del paso de nieve a hielo blanco. Aunque a este hielo recién formado aún le falta tiempo para convertirse en hielo glaciar, el proceso resulta interesante ya que poco se ha documentado en Colombia.

De acuerdo a la nivometría –la descripción y clasificación sistemática de una cobertura de nieve de acuerdo con su morfología o procesos de formación- se define nieve como la precipitación sólida compuesta de cristales de hielo entrelazados y con una densidad entre 10 y 400 kg m⁻³. La neviza es el estado intermedio entre nieve y hielo; es la nieve que ha sobrevivido al menos una temporada de ablación, pero aún no se considera hielo glaciar y su densidad convencionalmente se entiende entre 400 y 830 kg m⁻³. Por último, el hielo glaciar se asume desde una densidad de 830 kg m⁻³ a la cual se compactan los espacios vacíos (Figura 7).



Fotografía 6. Izquierda: Proceso de sinterización de la nieve o diagénesis de hielo en un metro de la superficie del glaciar. Derecha: Pozo de monitoreo de nieve.

Autores: J. Ceballos, Víctor Niño (Guardaparque PNN El Cocuy)

⁵ véase Rivera, Andrés., Bown, Francisca., Napoleoni, Felipe., Muñoz, Camilo & Vuille, Mathias. 2016. Balance de masa glaciar. Ediciones CECs. Valdivia, Chile.



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
Andrés Cruz. Estudiante Ingeniería Ambiental, Universidad Sergio Arboleda
Asociación de Autoridades Tradicionales y Cabildos U'WAS (ASOU'WA)
Corporación Cumbres Blancas
Cristian Ríos. Geógrafo, Universidad Nacional de Colombia. Pasante en IDEAM.
Edwin Prada. Guía de montaña
Fabián Blanco. Guía de montaña
Francisco Rojas, Geógrafo, Contratista IDEAM
Heidi Sevestre. Glacióloga, Francia
Ignacio López. Geógrafo, científico del Centro Pirenaico de Ecología, España
Inés Carrasquer. Bióloga, estudiante de maestría, Universidad de los Andes
Nina Adjani, Docente, Ohio University, EEUU.
Parque Nacional Natural El Cocuy
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

Jose Alejandro Ospina Niño

Contratista Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM. Bogotá.

