

INFORME DEL ESTADO DE LOS **GLACIARES** COLOMBIANOS 2022



INFORME DEL ESTADO DE LOS
GLACIARES
COLOMBIANOS
2022

GUSTAVO FRANCISCO PETRO URREGO
Presidente de Colombia

FRANCIA ELENA MÁRQUEZ MINA
Vicepresidenta de Colombia

MARÍA SUSANA MUHAMAD GONZÁLEZ
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

SANDRA YOLIMA SGUERRA CASTAÑEDA
Viceministra (e) de Políticas y Normalización Ambiental

FRANCISCO JAVIER CANAL ALBÁN
Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam

GHISLIANE ECHEVERRY PRIETO
Directora general

JUAN FERNANDO ACOSTA MIRKOW
Secretario general

FABIO ANDRÉS BERNAL QUIROGA
Subdirector de Hidrología

ELIZABETH PATIÑO CORREA
Subdirectora de Estudios Ambientales

LINA MARÍA CABALLERO VILLALOBOS
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

TC. JORGE GIOVANNI JIMÉNEZ SÁNCHEZ
Subdirector de Meteorología

ÍNGRID TATIANA SIERRA GIRALDO
Jefe de Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas

CÉSAR AUGUSTO SÁNCHEZ WALDRON
Jefe de Oficina Asesora de Planeación

JUAN DAVID GARCÍA CASTAÑO
Jefe de Oficina de Informática

GILBERTO ANTONIO RAMOS SUÁREZ
Jefe de Oficina Asesora Jurídica

MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO
Jefe de Oficina de Control Interno

MIGUEL ÁNGEL AYALA TOVAR
Coordinador del Grupo de Comunicaciones y Prensa

Consejo Directivo

MARÍA SUSANA MUHAMAD GONZÁLEZ
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

FRANCISCO JAVIER CANAL ALBÁN
Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio

SEBASTIÁN CAMILO CARRANZA TOVAR
Director de Cambio Climático y Gestión del Riesgo

FERNEY CAMACHO
Director de Infraestructura - Ministerio de Transporte

PAOLA RICAURTE AYALA
Asesora de la Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Departamento Nacional de Planeación

SANDRA LILIANA MORENO MAYORGA
Directora de la Dirección Técnica Geoestadística - Departamento Nacional de Estadística (DANE)

HECNEY ALEXCEVITH ACOSTA
Director general - Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)

© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Edición
Jorge Luis Ceballos Liévano
Yina Paola Nocua Ruge

Coordinación técnica
Jorge Luis Ceballos Liévano
Yina Paola Nocua Ruge

Producción técnica
Jorge Luis Ceballos Liévano
Yina Paola Nocua Ruge

Fotografía carátula
Yina Paola Nocua Ruge

Coordinación editorial
Andrés Felipe Tapiero Ríos

Corrección de estilo
Andrés Felipe Tapiero Ríos

Diseño editorial y diagramación
Luisa Fernanda Rodríguez Arias

ISSN: 2806-0261 (En línea)

Cítese como: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. (2023).
Informe del estado de los glaciares colombianos 2022. Ideam.

Publicación aprobada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)
Diciembre del 2023, Bogotá, D. C., Colombia

Distribución gratuita

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente.
Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam.

Agradecimientos

Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por su sigla en inglés)
Aguas y Aguas de Pereira (Adalberto Arroyave y Miguel A. Amézquita)
Alcaldía Municipal de Güicán de la Sierra (Boyacá)
Asociación Caldense de Guías de Turismo (Asdeguías)
Asociación de Guías e Intérpretes de Turismo Güicán (Asguinturg)
Chemonics International Inc. Colombia Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE
Guías de montaña de El Cocuy y Güicán
Guías de montaña de Manizales
Heidi Sevestre (glacióloga, Francia)
Juan Ignacio López (glaciólogo, Instituto Pirenaico de Ecología - CSIC, España)
Nina Adjanin (Northwest Missouri State University)
Nuño Domínguez Angulo (periodista del diario El País, España)
Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales
Oficina del Servicio de Pronósticos y Alertas del Ideam (OSPA)
Parque Nacional Natural El Cocuy
Parque Nacional Natural Nevado del Huila
Parque Nacional Natural Los Nevados
Red de Monitoreo Participativo Volcán Nevado del Tolima
Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por su sigla en inglés)
Unión Temporal Operación Nevados (UTON)
Universidad Tecnológica de Pereira (Juan Mauricio Castaño, Jorge Andrés Correa, Juan C. Berrío y Óscar E. Duque)



Glaciar Santa Isabel - Fuente: Yina Paola Nocua (2022).



Glaciar Santa Isabel - Fuente: Alejo (2022).

Contenido

Presentación	10
Introducción	12
1 ¿Por qué son tan especiales los glaciares en Colombia?	14
2 ¿Cuál fue el impacto de La Niña en los glaciares?	14
3 Área glaciar nacional en 2022, evolución histórica y volumen de hielo	27
4 La Altitud de la Línea de Equilibrio: indicador de la respuesta del glaciar al cambio climático	30
5 Estado de los glaciares de Colombia	33
5.1. Volcán Nevado Santa Isabel (<i>Poleka Kasue</i>)	33
5.2. Sierra Nevada El Cocuy o Güicán (<i>Zizuma</i>)	47
5.3. Volcán Nevado del Tolima (<i>Dulima</i>)	63
5.4. Volcán Nevado del Huila (<i>Wila</i>)	69
5.5. Volcán Nevado del Ruiz (<i>Kumanday</i>)	73
5.6. Sierra Nevada de Santa Marta (<i>Chundua o Gonawindwa</i>)	79
6 Conociendo la historia de los glaciares en Colombia	84
Conclusiones	91
Insumos para el cálculo del área glaciar en el 2022	92
Referencias	93
Enlaces de interés	93

Presentación

El informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) titulado “El estado del clima en América Latina y el Caribe 2021” destaca, para la región, las consecuencias de la megasequía, las precipitaciones extremas, las olas de calor terrestres y marinas, y el deshielo de los glaciares. En relación con este último aspecto, reporta que “los glaciares de los Andes tropicales han perdido, al menos, un 30 % de su superficie desde la década de 1980, y presentan una tendencia negativa en cuanto a su balance de masas de $-0,97$ metros de equivalente en agua al año durante el período de monitoreo (1990-2020)”. También, subraya que “el retroceso de los glaciares y la correspondiente pérdida de masa de hielo han agravado el riesgo de escasez de agua para la población y los ecosistemas andinos” (2022, p. 3).

En Colombia, los glaciares no son importantes fuentes hídricas, en comparación con los páramos y bosques altoandinos, pero sí son excelentes indicadores naturales de la tendencia del cambio climático actual. Además, los nevados nacionales tienen varias concepciones y comprensiones sociales: configuran un patrimonio ambiental de la nación, están protegidos bajo la figura de Parques Nacionales Naturales, representan una identidad espiritual para las comunidades indígenas aledañas a ellos y son un escenario para montañistas y el turismo de aventura, además del común –pero importante– valor contemplativo que tienen desde una multitud de puntos de observación en el territorio nacional.

Por esta razón, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), en su misión de realizar el estudio y seguimiento a los ecosistemas de la nación, divulga anualmente información y análisis acerca de este especial patrimonio ambiental colombiano.

Este quinto informe presenta información histórica y actual de la evolución de la cobertura glaciar colombiana durante el 2022, con base en el procesamiento y la interpretación de imágenes satelitales de los seis actuales glaciares, y datos y análisis obtenidos directamente en campo (en el caso de dos glaciares). No se presenta cartografía para todos los glaciares, ya que en el informe del 2021 se publicaron mapas detallados; en cambio, en esta ocasión se muestran cambios mediante fotografías.

Se destaca que el proceso estadístico diseñado y desarrollado por el Ideam sobre el sistema de monitoreo y seguimiento a la dinámica de los glaciares nacionales (Balance de Masa Glaciar y área y cambio de cobertura glaciar) fue certificado en 2022 por el DANE, bajo la Norma Técnica de la Calidad del Proceso Estadístico (NTC PE), 1000: 2020.

Adicionalmente, y como forma de apropiación del conocimiento histórico del paisaje colombiano, a partir de este reporte se incluyen brevemente aspectos históricos sobre cómo personajes nacionales y extranjeros han interpretado, asumido y registrado estos especiales ambientes naturales.



Glaciar Santa Isabel - Fuente: Jorge Ceballos (2022).



Introducción

La dinámica glaciar en Colombia está controlada por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y, localmente, por condiciones geográficas como el clima local, la altitud y el tamaño del glaciar, entre otros. En general, el área glaciar en Colombia continúa reduciéndose, manteniendo el ritmo de decrecimiento que desde hace algunas décadas se viene presentando, con una reducción anual del 3 al 5 % del área. Para inicios del 2022, fue de $33,09 \pm 0,63 \text{ km}^2$, que, al ser comparada con el área a principios del 2021 ($34,20 \pm 0,67 \text{ km}^2$), evidencia una reducción de la cobertura glaciar nacional de aproximadamente $1,11 \text{ km}^2$ (3,2 %). Se destaca, para este periodo, al igual que en 2021, la influencia del fenómeno extremo de variabilidad climática La Niña, que impactó los nevados con mayor precipitación y acumulación de nieve y granizo, y menguó ligera, local y temporalmente el derretimiento. Esto se observó, durante el periodo en altitudes superiores a 4.300 metros, particularmente en los Parques Nacionales Naturales Los Nevados y El Cocuy, donde el Ideam realiza un monitoreo periódico en terreno.

El indicador ambiental Balance de Masa Glaciar, que se calcula con base en datos tomados directamente sobre la superficie de dos glaciares, se manifestó de manera diferenciada. En la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán se evidenciaron ganancias sucesivas de masa, especialmente en la zona norte, mientras que en el glaciar Santa Isabel las pérdidas de masa continuaron, lo que lo convierte en el glaciar nacional con el mayor ritmo de derretimiento y cuya extinción es inminente en algunos años.

El ciclo glaciar reportado en este informe comprende desde inicios de febrero de 2022 hasta inicios de febrero de 2023, período que abarca aproximadamente el fin de la temporada seca de cada año en la región Andina central.

1. ¿Por qué son tan especiales los glaciares en Colombia?

Los glaciares o nevados en Colombia se pueden considerar de especial comportamiento respecto al clima dada su ubicación latitudinal en el planeta. Su cercanía al Ecuador terrestre o paralelo 0° se traduce en una sensibilidad propia; razón por la cual es acertado denominarlos glaciares ecuatoriales. Solo existen tres zonas en el planeta con esta distinción: 1) Colombia y Ecuador, en Sudamérica; 2) Kenia, Tanzania, Uganda y República Democrática del Congo, en África, 3) Indonesia, en el Sudeste Asiático y Oceanía. (figura 1). Para este caso de la franja ecuatorial, el comportamiento de los glaciares está condicionado por estas características latitudinales (dinámica de la Zona de Confluencia Intertropical) y locales (altitud, pendiente, exposición a la radiación solar y condiciones climatológicas locales).

Figura 1. Distribución global de los glaciares ecuatoriales.



Fuente: <http://www.grid.unep.ch/glaciers/graphics.php>.

Las seis pequeñas masas glaciares que actualmente tiene Colombia, son relativamente insignificantes en la contabilidad de los glaciares a nivel mundial, pero, debido a que son glaciares ecuatoriales, son especiales e importantes como indicadores de los cambios térmicos en la baja atmósfera (tropósfera). Cada una de estas seis masas glaciares, que altitudinalmente tienen su límite inferior alrededor de los 4.800 metros, actualmente se encuentran muy fragmentadas y relativamente a baja altitud, condición que favorece su derretimiento ante el actual cambio climático.

Adicional a esa exclusividad geográfica en el planeta, los nevados nacionales han sido componentes fundamentales de los paisajes de la sociedad colombiana, pues han sido entendidos, utilizados y definidos, desde el marco cultural de cada segmento de la población, por los diferentes grupos sociales del país. Para campesinos, indígenas, montañistas, artistas, científicos y habitantes de ciudad, los glaciares de Colombia cumplen distintas funciones dentro de sus territorios y se insertan en sus prácticas sociales de distintas maneras (Ideam, 2012).

2. ¿Cuál fue el impacto de “La Niña” en los glaciares?

El comportamiento de los glaciares colombianos entre 2021 y 2022, durante este fenómeno climático, fue diferencial. Si bien aumentaron las precipitaciones sólidas (nieve y granizo) en los dos sitios de estudio directo (glaciar Santa Isabel y Sierra Nevada El Cocuy o Güicán), las dinámicas

fueron distintas. En el caso del glaciar Santa Isabel, se registró una reducción en la pérdida de masa de 11 % entre 2021 y 2022, mientras que en El Cocuy (sector glaciar Ritacuba Blanco) se evidenció una ganancia de masa de 78 % para el mismo periodo. Esta diferencia se atribuye a condiciones locales propias de cada glaciar.

En el primer caso, se trata de un glaciar que no supera los 5.000 metros de altitud y en el que, por lo tanto, las precipitaciones sólidas tienden a derretirse rápidamente. Por el contrario, en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán las precipitaciones de nieve sobre el glaciar presentaron una tendencia a acumularse en el tiempo, lo que generó, por ejemplo, algunos depósitos de nieve de hasta 2,66 metros para el periodo de noviembre-diciembre de 2022. Sin embargo, dentro de la misma sierra nevada el comportamiento no fue uniforme, dado que los glaciares que la componen tienen altitudes diferentes, pues los del sector sur suelen ser más bajos, y, en cambio, en el sector norte se presentan altitudes de hasta 5.300, lo cual condiciona el comportamiento glaciar.

Cabe resaltar que los comportamientos de los balances de masa no tuvieron relación con la reducción generalizada del área en los seis nevados colombianos, a pesar de las condiciones frías imperantes y del incremento en las nevadas durante La Niña. Para el caso del glaciar Santa Isabel, la reducción del área fue del 17 % y para El Cocuy, del 2,6 %. Nuevamente, las condiciones locales cumplieron un rol fundamental en la dinámica glaciar, así como las condiciones globales de cambio climático. Estos indicadores ambientales (balance de masa y cambio de área) se detallan más adelante para cada uno de los dos glaciares de monitoreo en terreno.

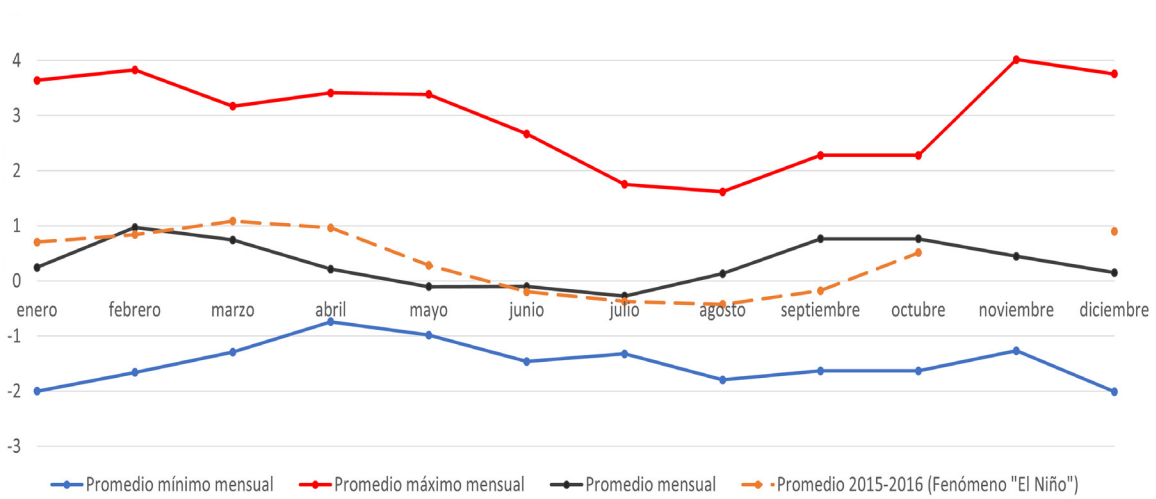
Continuando con el impacto de La Niña, en 2022, al igual que en 2021, se registraron varias nevadas en la alta montaña, algunas de ellas en los Parques Nacionales Naturales Los Nevados y El Cocuy (fotografías 3, 4, 5, 6 y 7), que alcanzaron a cubrir el páramo desde los 4.200 m de altitud aproximadamente. En uno de estos eventos, guías locales de montaña que hacen parte del proyecto Mapam (Monitoreo Ambiental Participativo en Alta Montaña) pudieron medir espesores promedio de nieve y granizo de hasta 15 cm en el superpáramo.

El comportamiento de la temperatura del aire también estuvo influenciado por este fenómeno de variabilidad climática. La figura 2 muestra el comportamiento de la temperatura del aire promedio mensual durante 2022 y su comparación con el promedio mensual durante el fenómeno de El Niño de 2015 y 2016; dicha temperatura se registró en la Estación Meteorológica Móvil de Altitud (en adelante, EMMA), localizada sobre la superficie del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras, a 4.712 metros de altitud. Aunque la temperatura durante el año fue relativamente homogénea, resultó sobresaliente el comportamiento de la temperatura máxima, que facilitaría la fusión glaciar.

La figura 3 muestra el comportamiento de la temperatura máxima, mínima y promedio diaria en 2022. La temperatura promedio diaria fue de 0,27 °C, que, comparada con el promedio histórico para esta estación (2010-2021) de 0,30 °C, evidencia una ligera disminución, como resultado de La Niña. No obstante, quizá lo más llamativo fueron los contrastes en la dinámica diaria de la temperatura a lo largo del año. El promedio de la temperatura máxima diaria para el 2022 se registró en 3 °C, que fue 0,17 °C menor que el registro histórico (3,17 °C), y el promedio de la temperatura mínima diaria para el mismo año se registró en -1,4 °C, que fue 0,2 °C más baja que el registro histórico de -1,6 °C. La temperatura instantánea más baja ese año fue de -5,2 °C, el 8 de marzo (4:19 a. m.), y de -4,78 °C, el 1 de febrero (3:27 a. m.). Las temperaturas instantáneas más altas se registraron el 29 de noviembre (1:32 p. m.), con 9,64 °C, y el 10 de mayo (09:48 a. m.), con 8,55 °C. Durante 2022, el 65 % de los datos horarios de temperatura de la EMMA estuvieron por encima de 0 °C , situación que favorece la fusión del hielo.

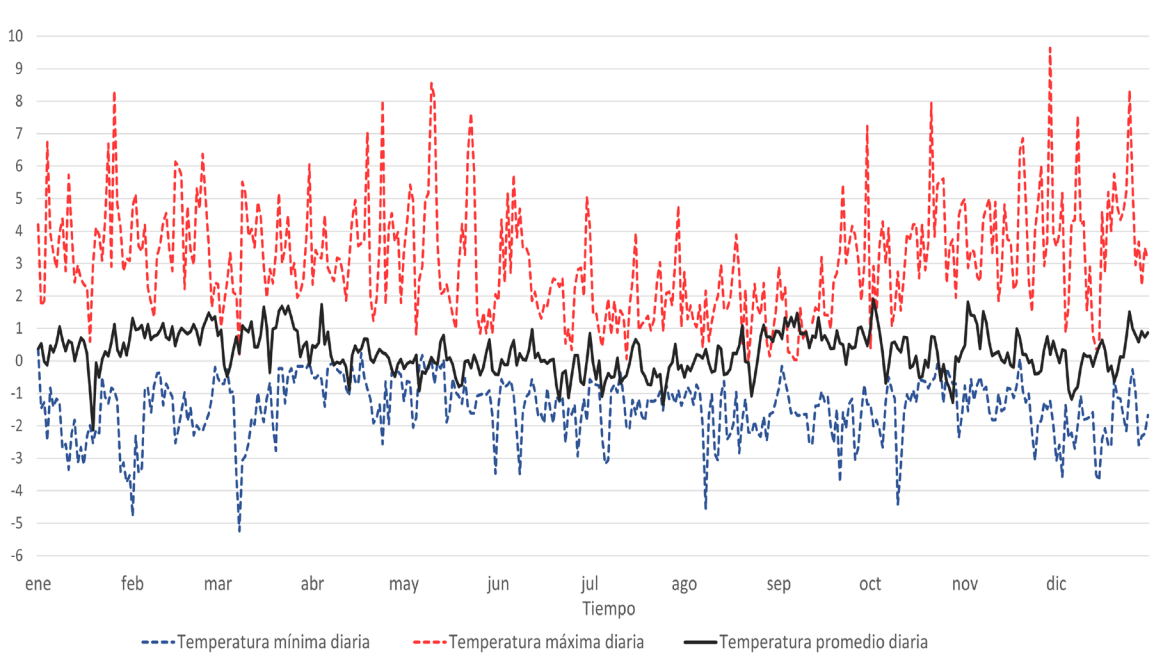
La figura 4 muestra el comportamiento de la temperatura promedio mensual desde el 2010 hasta el 2022, con una tendencia al aumento.

Figura 2. Temperatura del aire promedio mensual, según la, Estación Meteorológica Móvil de Altitud (EMMA), localizada sobre la superficie del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras (4.712 metros de altitud), durante el 2022, comparada con el promedio mensual histórico (2010-2021).



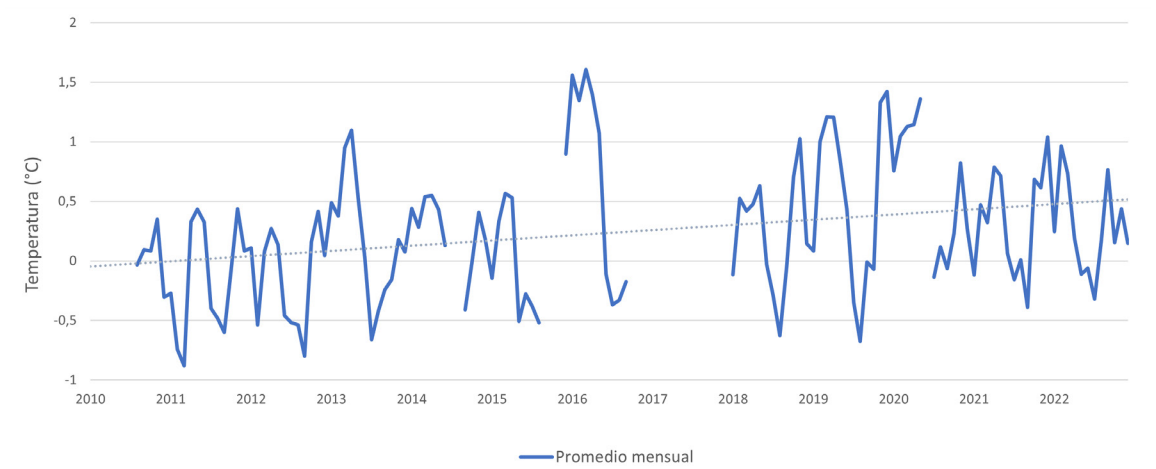
Fuente: Ideam, (2023).

Figura 3. Temperatura máxima, mínima y promedio diaria en 2022, según la Estación Meteorológica Móvil de Altitud (EMMA), localizada sobre la superficie del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras (4.712 m s. n. m.).



Fuente: Ideam, (2023).

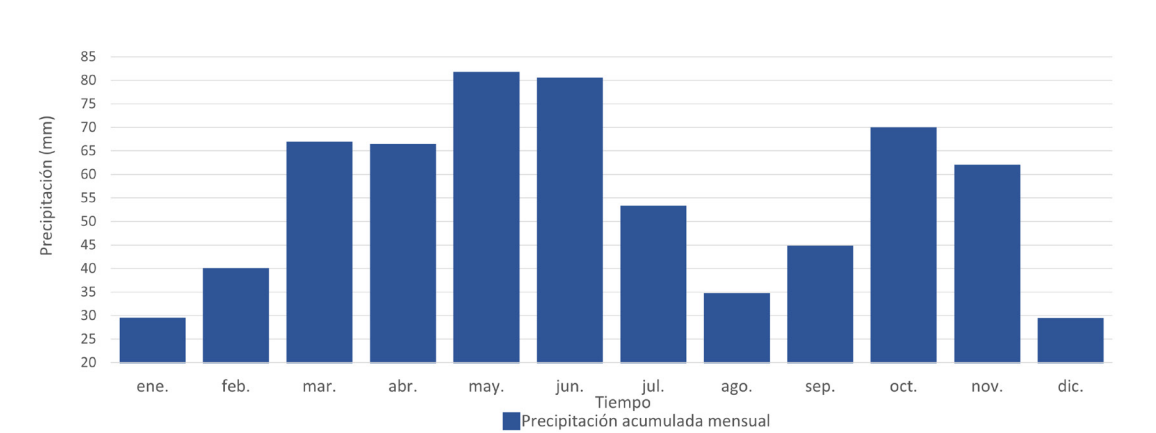
Figura 4. Temperatura del aire promedio mensual (2010 - 2022) registrada en la Estación Meteorológica Móvil de Altitud (EMMA).



Fuente: Ideam, (2023).

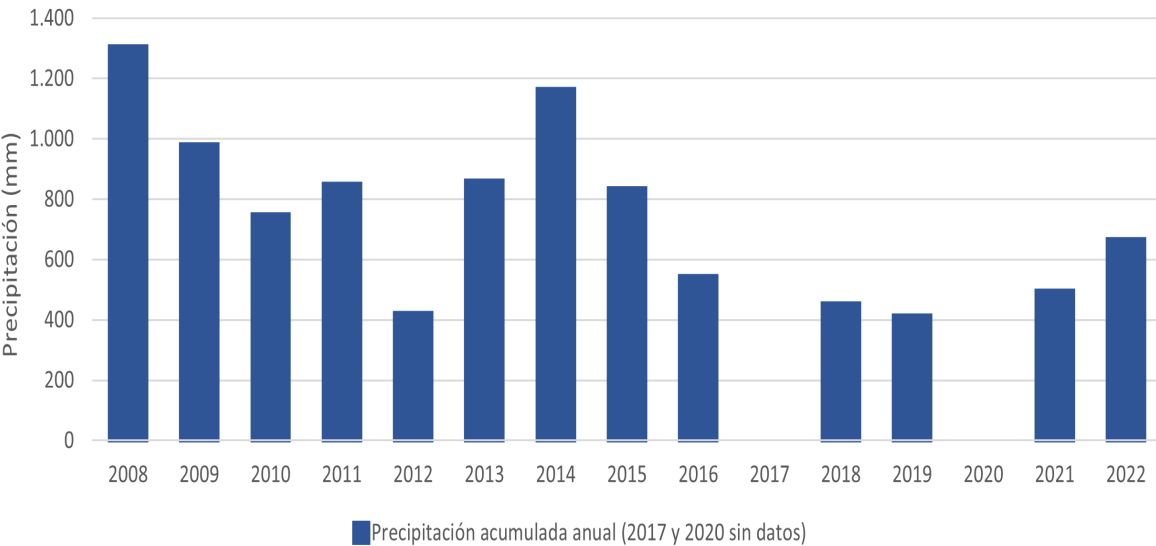
Respecto a la precipitación en esa zona, la figura 5, muestra, para el 2022, en la estación meteorológica Sendero Laguna Verde (4.329 m s. n. m), ubicada a 4 km del glaciar Santa Isabel y a 4.329 metros de altitud, un claro comportamiento bimodal en la distribución mensual, propio de la región Andina. El acumulado total fue de 635 mm, con dos eventos de máxima precipitación el 19 de mayo, de 12,3 mm, y el 29 de noviembre, de 10,7 mm. Comparando estos datos con los del 2016, que estuvo influenciado por El Niño, con un registro de precipitación acumulado total de 512 mm, se encuentra un aumento de 123 mm. La Figura 6, muestra el comportamiento de la precipitación acumulada anual del 2008 al 2022 (para el 2017 y el 2020 no se tienen registros).

Figura 5. Precipitación mensual en la estación meteorológica Sendero Laguna Verde (4.329 m s. n. m) en 2022, Parque Nacional Natural Los Nevados.



Fuente: Ideam, 2023.

Figura 6. Precipitación acumulada anual, estación meteorológica Sendero Laguna Verde, (4.329 m s. n. m.), Parque Nacional Natural Los Nevados.



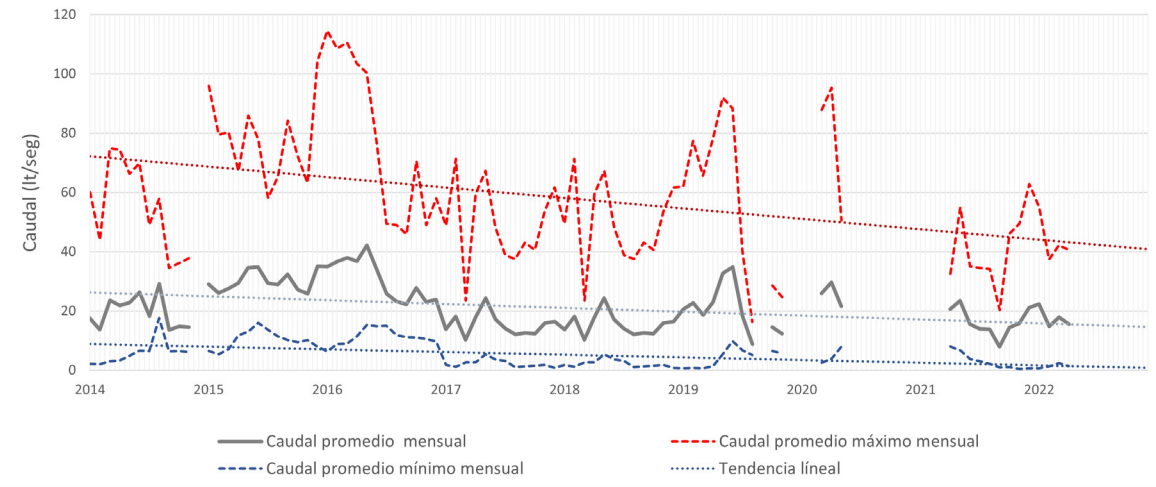
Fuente: Ideam, (2023).

El caudal de agua de derretimiento proveniente del glaciar Conejeras que registra la estación hidrometeorológica Conejeras-2 (4.699 m. s. n. m.), ubicada a 200 metros del borde glaciar, midió durante el periodo de enero - abril de 2022 (únicos datos disponibles) un valor máximo promedio de 43,8 l/s, que, comparado con el histórico (2014-2021) de 63 l/s, presenta una reducción de 19,2 l/s. El promedio durante el mismo periodo fue de 17,7 l/s, que, comparado con el histórico (2014-2021) de 22,9 l/s, presenta una disminución de 5,2 l/s, y el caudal mínimo promedio para el mismo periodo fue de 1,4 l/s, que representa 4,9 l/s menos que el promedio histórico (6,3 l/s).

Los días que registraron mayores caudales fueron el 31 de enero, con un caudal medio de 48,4 l/s, y el 20 de enero, con un caudal medio 42,1 l/s; los días con menor registro de caudal fueron el 7 de enero, con un caudal medio de 4 l/s, y el 9 de febrero, con un caudal medio 3,5 l/s. La figura 7 muestra el comportamiento del caudal mensual máximo, medio y mínimo histórico (2009 - abril 2022) en la estación Conejeras 2, donde se puede observar, a partir del 2016 (fenómeno de El Niño), una disminución en los aportes hídricos, como resultado de la rápida reducción de área y volumen del glaciar.

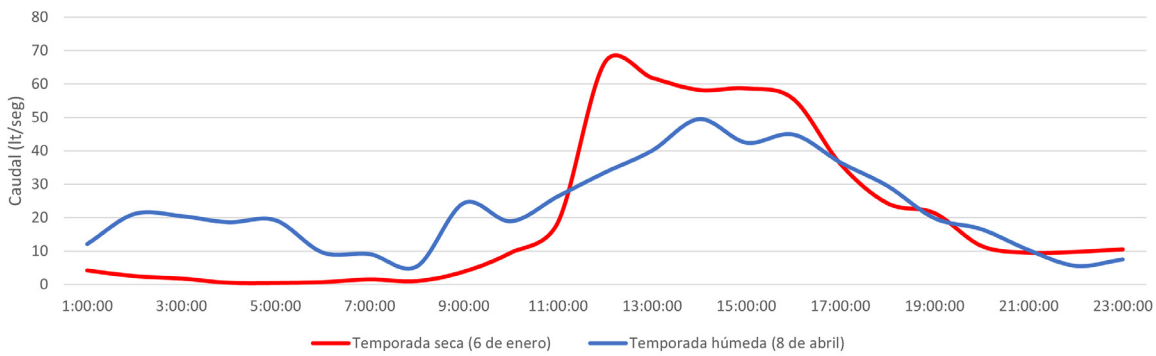
La figura 8, muestra un ejemplo del comportamiento del caudal durante un día en temporada seca y uno en temporada húmeda durante el periodo de enero- abril de 2022: en un día seco y soleado (alrededor del mediodía), el glaciar ha ganado suficiente energía (proveniente del sol) para cambiar de estado sólido a líquido, con un máximo de aporte entre las 12 m. y las 3 p. m., para luego descender gradualmente, debido a que en la tarde, por su declinación y paredes de rocas que impiden la llegada de energía, recibe poca energía solar. Por el contrario, en época de lluvia los caudales se atenúan porque no hay suficiente radiación solar directa y el comportamiento se asocia a precipitaciones de nieve que se funden durante el día.

Figura 7. Caudal máximo, medio y mínimo mensual histórico (2009- abril 2022), estación hidrometeorológica Conejeras 2, (4.699 m s. n. m.), Parque Nacional Natural Los Nevados.



Fuente: Ideam, (2023).

Figura 8. Comportamiento del caudal durante un día en temporada seca (6 de enero) y un día en temporada húmeda (8 de abril), durante el 2022.



Fuente: Ideam, (2023).

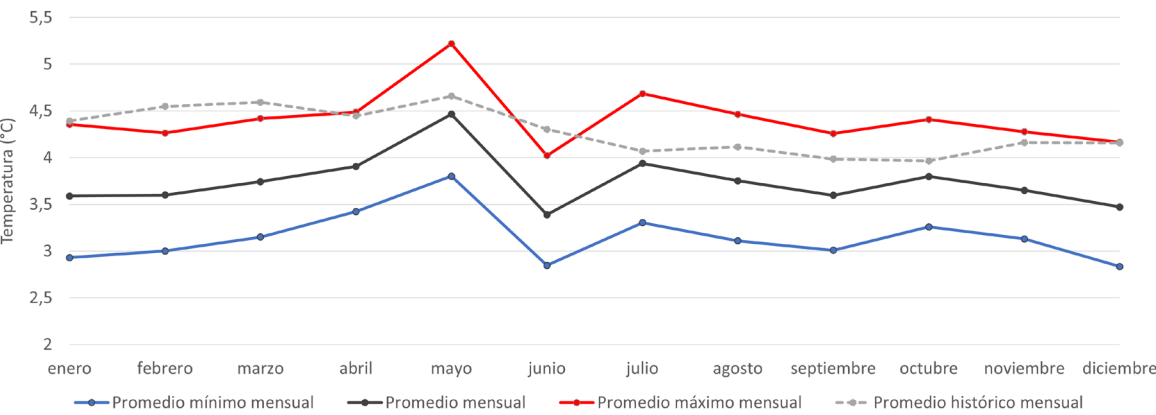
Respecto a la Sierra Nevada El Cocuy ó Güicán, la estación hidrometeorológica La Laja Ritacuba Negro (4676 m s. n. m), ubicada al norte de la sierra (figura 9), muestra el comportamiento de la temperatura del aire promedio mensual en 2022, que, comparado con el promedio mensual histórico (2014-2021), evidencia una disminución de los valores promedios, como resultado del impacto de La Niña. En esta figura también se puede apreciar cierta homogeneidad durante el año.

La figura 10 muestra la temperatura promedio diaria, máxima y mínima del aire registrada en la misma estación hidrometeorológica, con un promedio de 3,7 °C en 2022, valor ligeramente menor al promedio histórico para esta estación meteorológica (2014 - 2021), que es de 4,3 °C. El 31 de enero y el 2 de febrero de 2022 fueron los días más fríos del año, con una temperatura de -2,6 °C (5:59 a. m.) y -2,4 °C (8:00 a. m.), respectivamente. Los días con la temperatura más alta se registraron el 4 de mayo (12:23 p. m.), con una temperatura de 11,2 °C, y el 3 de mayo (11:51 a. m.), con una temperatura de 11 °C . Al igual que en el glaciar Santa Isabel, se deben resaltar los contrastes diarios, comportamiento natural de la alta montaña ecuatorial.

Durante el 2022, el 98 % de los datos horarios de temperatura de esa estación meteorológica estuvieron por encima de 0 °C. Si bien esta situación favorecería la fusión del hielo, hay que tener en cuenta que la estación meteorológica se localiza aproximadamente a 120 metros altitudinalmente más abajo que el borde del hielo. Esto, se contrapone con el hecho de que las precipitaciones de nieve durante ese año aumentaron considerablemente el albedo (variable física que controla la fusión glaciar), lo que redujo el ingreso de la energía solar que el glaciar necesita para fundirse.

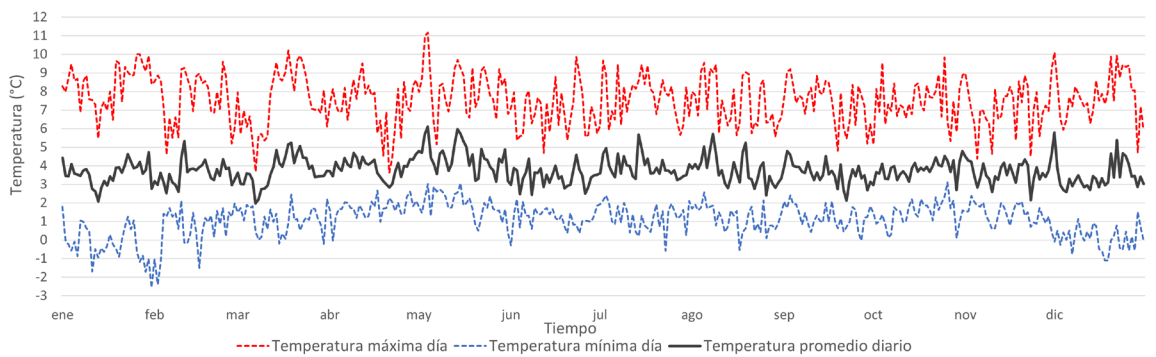
Figura 9. Comportamiento de la temperatura del aire promedio mensual registrada en la estación La Laja Ritacuba Negro, en el sector glaciar Ritacuba Negro, al norte de la Ssierra Nnevada El Cocuy o Güüicán (4.676 m s. n. m.), durante el 2022, comparada con el promedio mensual histórico (2010-2021).

Figura 9. Comportamiento de la temperatura del aire promedio mensual registrada en la estación La Laja Ritacuba Negro, en el sector glaciar Ritacuba Negro, al norte de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán (4.676 m s. n. m.), durante el 2022, comparada con el promedio mensual histórico (2010-2021).



Fuente: Ideam, (2023).

Figura 10. Temperatura promedio diaria, máxima y mínima en 2022, en la estación hidrometeorológica La Laja Ritacuba Negro (4.676 m s. n. m.), Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, Parque Nacional Natural El Cocuy.

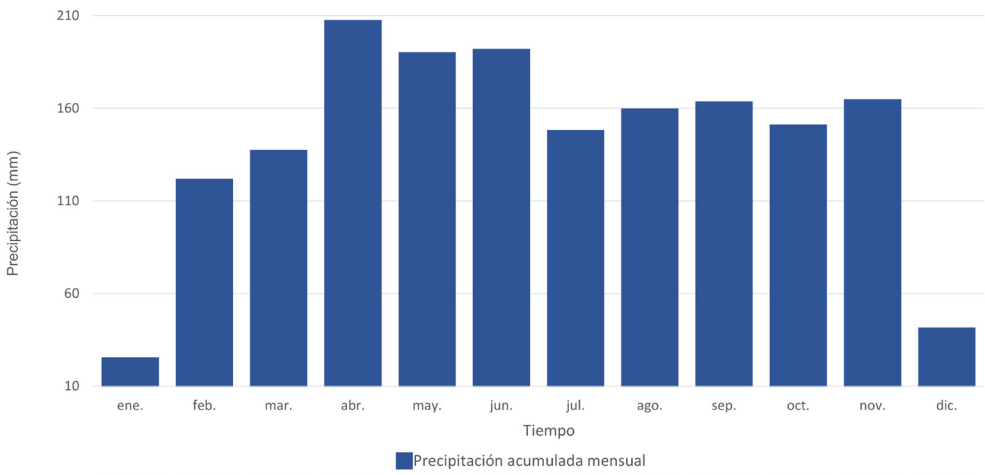


Fuente: Ideam, (2023).

La figura 11 muestra el comportamiento de la precipitación mensual para el 2022, de acuerdo con la misma estación hidrometeorológica, la cual registró un total de 1.652 mm en 2022, con

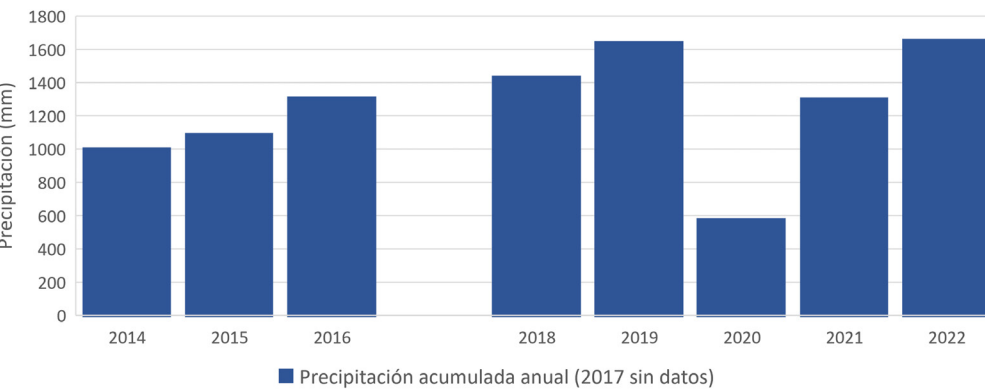
un evento máximo de lluvia el 22 de septiembre, de 26,3 mm, seguido del día 18 de julio, con una precipitación de 25 mm. Se evidencia que el régimen de la lluvia no sigue estrictamente el patrón bimodal de la región Andina y presentaría una influencia de la vertiente del oriente colombiano. La Figura 12, muestra el comportamiento de la precipitación acumulada anual a partir del 2014 hasta el 2022 (del 2017 no se tienen registros).

Figura 11. Precipitación mensual en 2022, resgistrada en la estación hidrometeorológica La Laja Ritacuba Negro (4.676 m s. n. m.), Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, Parque Nacional Natural El Cocuy.



Fuente: Ideam, (2023).

Figura 12. Precipitación acumulada anual registrada en la estación hidrometeorológica La Laja Ritacuba Negro (4.676 m s. n. m.).



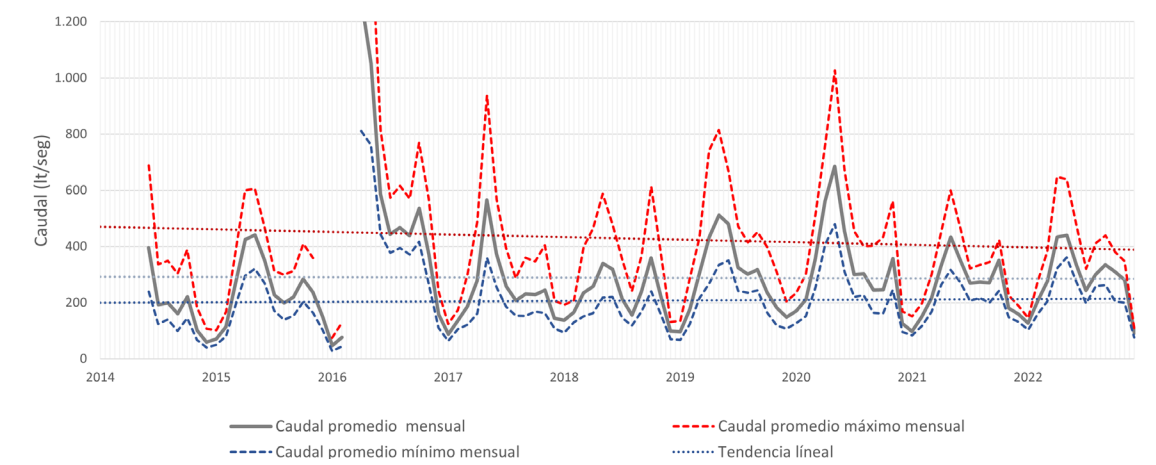
Fuente: Ideam, (2023).

El caudal medio registrado en la misma estación hidrometeorológica fue, en promedio, para el 2022, de 291,4 l/s, que representa 9,8 l/s más que el promedio histórico (junio 2014-2021) de 281,6 l/s; el promedio de los caudales máximos para el mismo año fue de 385,5 l/s, que, comparado con el registro histórico (junio 2014-2021) de 417,8 l/s, evidencia una diferencia de 32,3 l/s, y el promedio mínimo para el 2022 registró una cifra de 220 l/s, que, al contrastarse con el histórico 201 l/s, permite observar un aumento de 19 l/s. En todos los casos, en el 2022 se incrementaron los aportes hídricos.

Los días que registraron mayores caudales fueron el 1 de mayo, con un caudal medio de 2017,5 l/s, y el 30 de abril, con un caudal medio de 1984,3 l/s; los días con menor registro de caudal fueron el 23 de diciembre, con un caudal medio de 30,6 l/s, y el 22 de diciembre, con un caudal medio de 31,6 l/s. La figura 13 muestra el comportamiento del caudal mensual máximo, medio y mínimo histórico (junio 2014-2022) en la estación La Laja Ritacuba Negro.

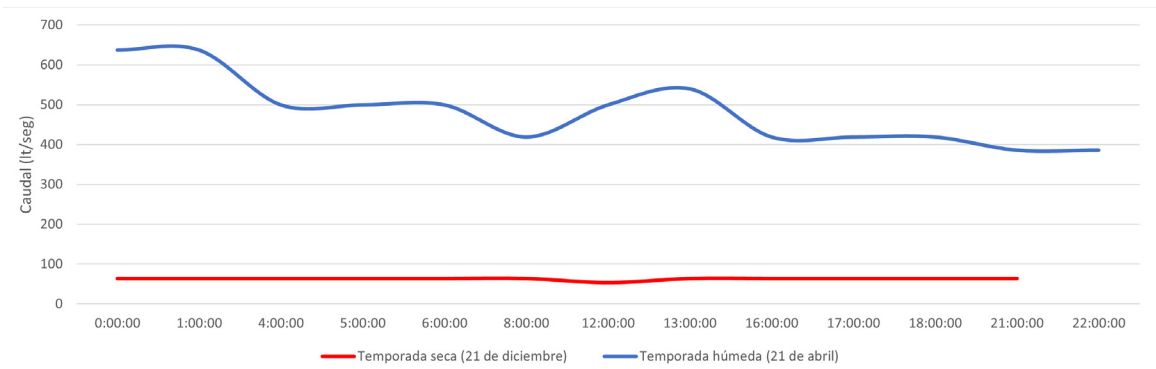
Por su parte, la figura 14 presenta un ejemplo del comportamiento del caudal durante un día en temporada seca y uno en temporada húmeda durante el 2022, donde se aprecia que para un día seco existe un caudal de base constante aportado por las lagunas ubicadas aguas arriba de la estación hidrométrica (laguna de Cardenillo) y para un día típico de lluvia aumenta considerablemente el caudal, como respuesta a precipitaciones líquidas y sólidas que escurren por las rocas duras de arenisca y con poco aporte de fusión glaciar.

Figura 13. Caudal máximo, medio y mínimo mensual histórico (junio 2014-2022) registrado en la estación hidrometeorológica La Laja Ritacuba Negro (4.676 m s. n. m.), Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, Parque Nacional Natural El Cocuy.



Fuente: Ideam, (2023).

Figura 14. Comportamiento del caudal durante un día en temporada seca (3 de enero) y un día en temporada húmeda (11 de mayo), en el 2022.



Fuente: Ideam, (2023).

Fotografía 1. Nevada en el páramo, Parque Nacional Natural Los Nevados.



Fuente: Yina Paola Nocua, (2022).

Fotografía 2. Nevada presentada durante noviembre en el Parque Nacional Natural Los Nevados.



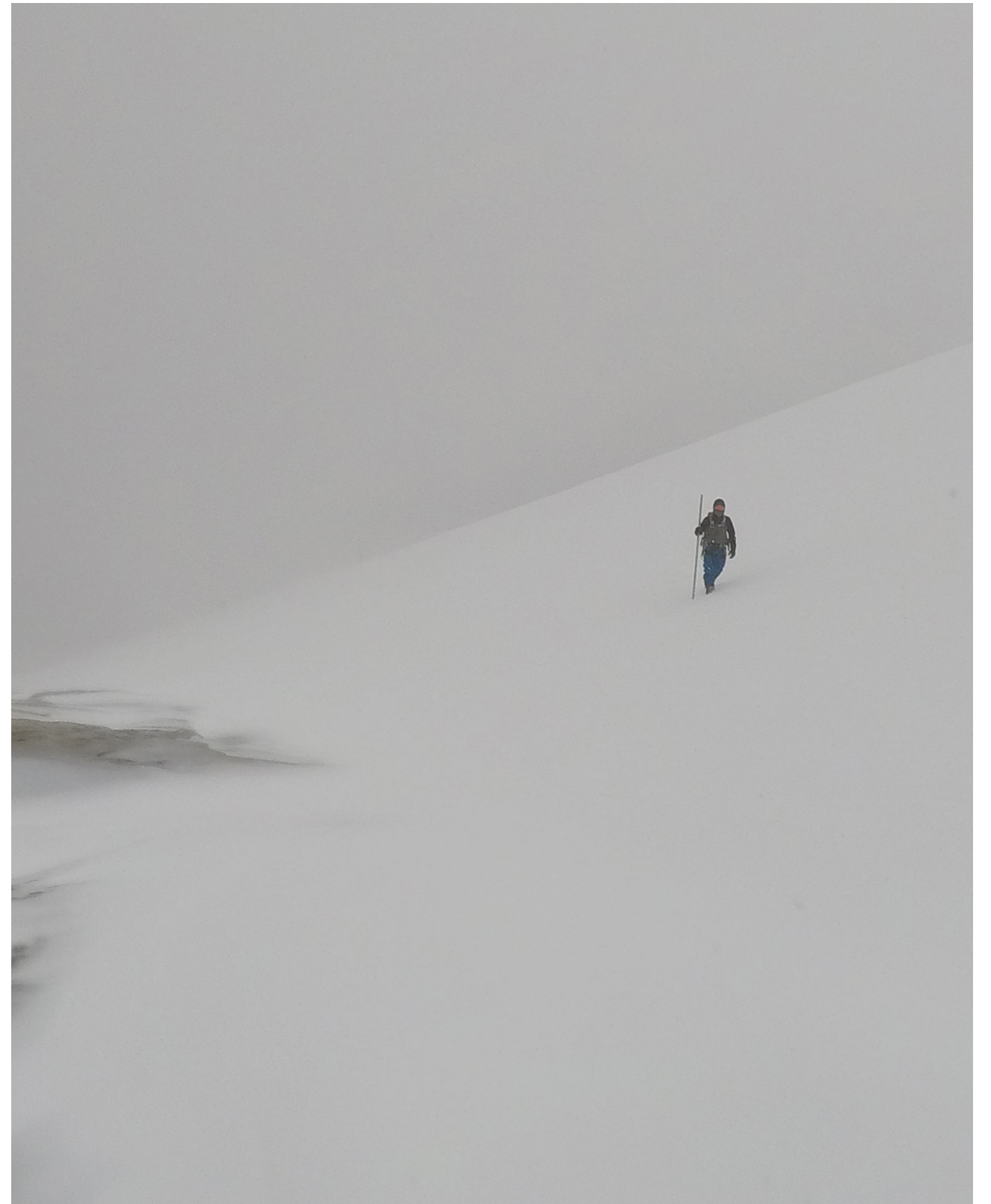
Fuente: Yina Paola Nocua, (2022).

Fotografía 3. Nevada en el Parque Nacional Natural El Cocuy (junio de 2022)



Fuente: Jorge Luis Ceballos, (2022).

Fotografía 4. Nevada en el Parque Nacional Natural El Cocuy (junio de 2022), sector glaciar Ritacuba Blanco.



Fuente: Jorge Luis Ceballos, (2022).

Fotografía 5. Nevada en el Parque Nacional Natural Los Nevados, sector glaciar El Hongo (marzo de 2022).



Fuente: Yina Paola Nocua, (2022).

3. Área glaciar nacional en 2022, evolución histórica y volumen de hielo

El área glaciar en Colombia continúa reduciéndose, a pesar de la ocurrencia del fenómeno de variabilidad climática La Niña en 2021 y 2022. Para inicios del 2022, fue de **33,09 ±0,63 km²**, que, al ser comparada con el área a principios del 2021 (34,20 ±0,67 km²), evidencia una reducción de aproximadamente **1,11 km² (3,2 %)** de la cobertura glaciar nacional. Este es un valor anual ligeramente mayor que el reportado el año inmediatamente anterior, cuando la disminución, entre 2020 y el 2021, fue de 0,99 km² (2,8 %). Aunque durante el 2022 prevalecieron condiciones climáticas asociadas a La Niña, esta situación no impidió que continuara el ritmo de derretimiento glaciar que desde inicios de la segunda década del 2000 es de 3 al 5 % anual.

A pesar de la ocurrencia de La Niña, que fue relativamente favorable para los glaciares nacionales, los resultados del monitoreo indican que la cobertura glaciar colombiana, en general, continuó su reducción, y, en particular, para cada nevado fue diferencial, según sus condiciones locales. Se destaca, nuevamente, el rápido derretimiento del glaciar Santa Isabel, con una reducción de 17 % de su área, entre el 2021 y el 2022; situación que se viene acentuando desde 2016, cuando ocurrió el último fenómeno climático extremo de El Niño.

En términos absolutos, los glaciares con mayor reducción de área, aparte del Santa Isabel, fueron la Sierra Nevada de El Cocuy o Güicán (-0,34 km²), el volcán Nevado del Ruiz (-0,28 km²) y la Sierra Nevada de Santa Marta (-0,27 km²), y el de menor reducción fue el glaciar del Tolima (-0,02 km²). En términos porcentuales, el glaciar Santa Isabel continúa con las mayores pérdidas de área (17.1 %), seguido de la Sierra Nevada de Santa Marta (4.8 %). (ver tabla 1).

Tabla 1. Evolución del área glaciar en Colombia, entre 2021 y 2022.

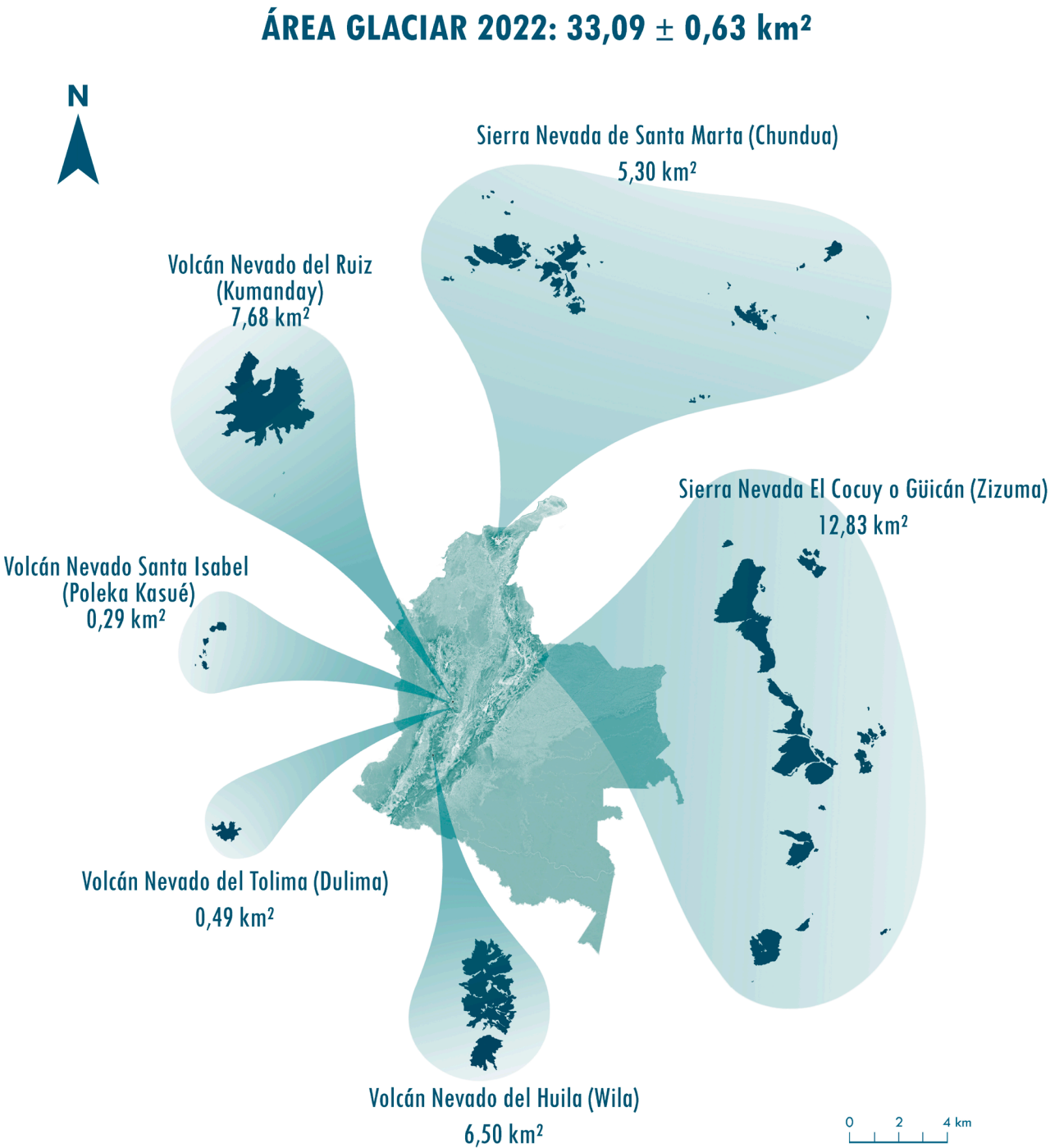
Cambio de área glaciar en Colombia Periodo 2021 a 2022 (km²)							
Periodo	Sierra Nevada de Santa Marta (Chundua)	Sierra Nevada El Cocuy o Güicán (Zizuma)	Volcán Nevado del Ruiz (Kumanday)	Volcán Nevado Santa Isabel (Poleka Kasue)	Volcán Nevado del Tolima (Dulima)	Volcán Nevado del Huila (Wila)	Total Colombia
2021	5,57	13,17	7,96	0,35	0,51	6,64	34,20
2022	5,30	12,83	7,68	0,29	0,49	6,50	33,09
Reducción del área	-0,27	-0,34	-0,28	-0,06	-0,02	-0,14	-1,11
Reducción del área (%)	4,8%	2,6%	3,5%	17,1%	3,9%	2,1%	3,2%

Fuente: Ideam, (2023).

Un estudio realizado en 2022 y publicado en la revista Scientific Data, estimó, con base en imágenes satelitales multitemporales y una combinación de varios modelos matemáticos, en **1,68 ±0,24 km³** el volumen de hielo para los glaciares en Colombia.

La figura 15 muestra la ubicación en el territorio de los actuales seis glaciares y su representación a la misma escala espacial para comparación de su tamaño. La tabla 2, por su lado, expone la evolución de estos actuales seis glaciares colombianos en los últimos 170 años (final de la Pequeña Edad de Hielo), y la figura 16, la evolución en las últimas seis décadas.

Figura 15. Mapa con la ubicación de los actuales seis glaciares colombianos



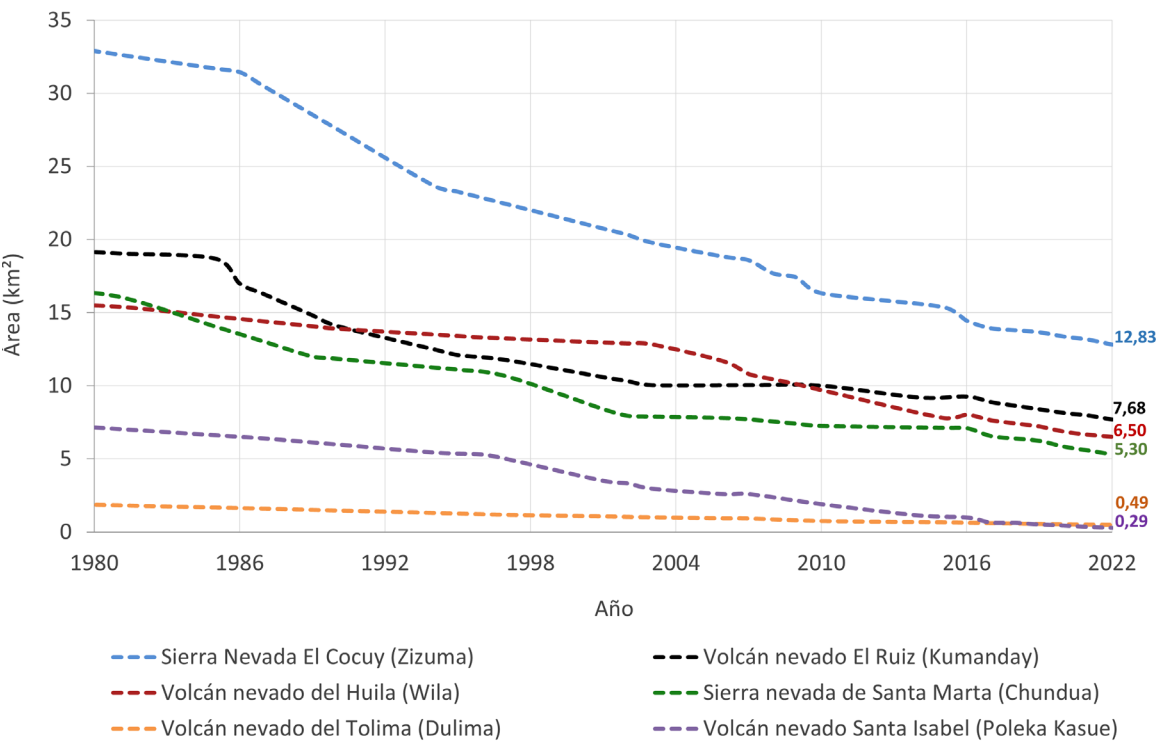
Fuente: Ideam, (2023).

Tabla 2. Evolución del área de los seis actuales glaciares colombianos en los últimos 170 años

Cambio de área glaciar en Colombia (km²)							
Periodo	Sierra Nevada de Santa (Chundua)	Sierra Nevada El Cocuy o Güicán (Zizuma)	Volcán Nevado del Ruiz (Kumanday)	Volcán Nevado Santa Isabel (Poleka Kasue)	Volcán Nevado del Tolima (Dulima)	Volcán Nevado del Huila (Wila)	Total Colombia
	Área (km²)	Área (km²)	Área (km²)	Área (km²)	Área (km²)	Área (km²)	Área (km²)
±1850	81,6	148,7	47,5	27,8	8,6	33,7	349
50's	20,4	38,9	21,0	9,40	2,7	17,5	109
80's	16,1	35,7	18,7	6,40	1,60	15,4	91
90's	12,2	23,7	14,1	5,30	1,18	13,9	67,81
2010	8,17	16,54	10,3	1,91	0,76	9,70	47,20
2016	7,10	14,46	9,26	1,00	0,64	8,01	39,54
2017	6,55	13,94	8,88	0,65	0,61	7,63	36,65
2019	6,23	13,67	8,39	0,52	0,56	7,21	36,57
2020	5,83	13,38	8,14	0,45	0,53	6,86	35,19
2021	5,57	13,17	7,96	0,35	0,51	6,64	34,20
2022	5,30	12,83	7,68	0,29	0,49	6,50	33,09

Fuente: Ideam, (2023).

Figura 16. Evolución del área glaciar colombiana en las últimas seis décadas (1980-2022)

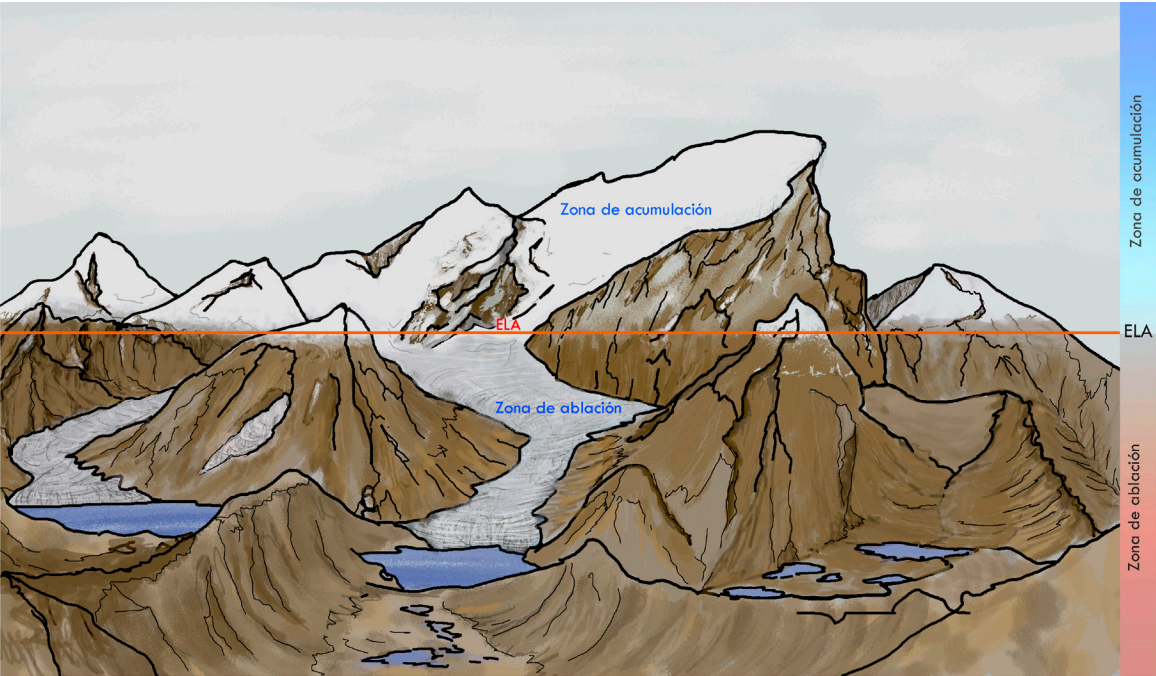


Fuente: Ideam, (2023).

4. La Altitud de la Línea de Equilibrio: indicador de la respuesta del glaciar al cambio climático

La Altitud de la Línea de Equilibrio, también conocida como ELA, por sus siglas en inglés (Equilibrium-Line Altitude), es el conjunto de puntos en la superficie del glaciar donde, en un determinado momento, el balance de masa es cero en un determinado momento. La línea de equilibrio separa las zonas de acumulación y ablación (Cogley et al., 2011). En altitudes superiores a la ELA el glaciar tiende a conservarse y por debajo a derretirse (figura 17). Los cambios en el clima pueden causar, a su vez, variaciones en las altitudes de la línea de equilibrio (Oerlemans y Hoogendoorn, 1989), de modo que, a medida que el cambio climático se incrementa, así mismo la ELA asciende.

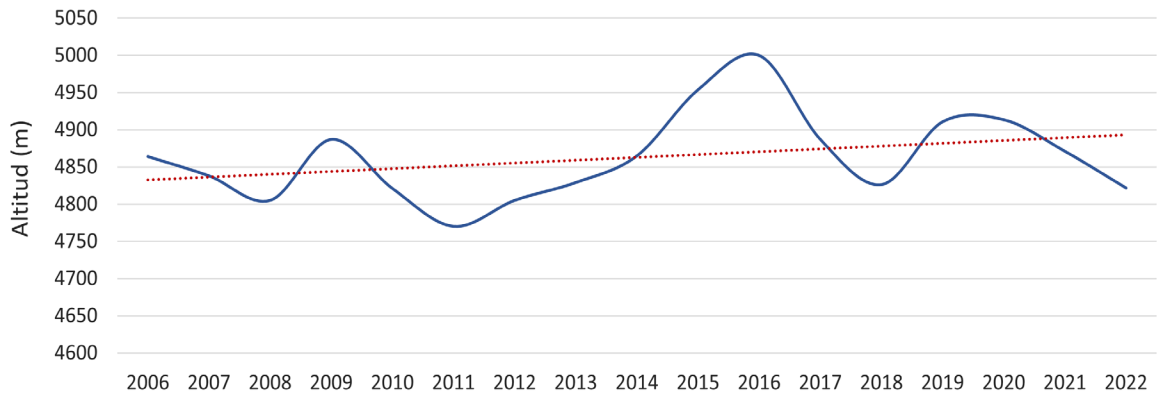
Figura 17. Línea de equilibrio o ELA



Fuente: Ideam, (2023).

La Altitud de la Línea de Equilibrio o ELA se calcula matemáticamente a partir de datos del balance de masa de varios puntos distribuidos sobre la superficie glaciar. De acuerdo con mediciones en campo, en el glaciar Santa Isabel la ELA, para el 2022, se situó, en promedio, a 4.822 m s. n. m., 49 metros más abajo que la altitud del 2021 (4.871 m s. n. m). El promedio histórico para el glaciar Santa Isabel fue de 4.844 m s. n. m. Este ligero descenso se atribuye a los efectos del fenómeno climático de La Niña sobre el glaciar, durante el 2022. Su historial puede observarse en la figura 18, donde es evidente el impacto de los fenómenos de “El Niño” de 2008-2009 y 2015-2016, así como de La Niña de 2010-2011. La tendencia de la ELA de este glaciar ha sido de ascenso y, en la mayor parte del tiempo, en altitudes cercanas a su cumbre, lo que explica por qué este se ha mantenido en una constante zona de ablación (por debajo de la ELA) y, en gran parte, su proceso de derretimiento.

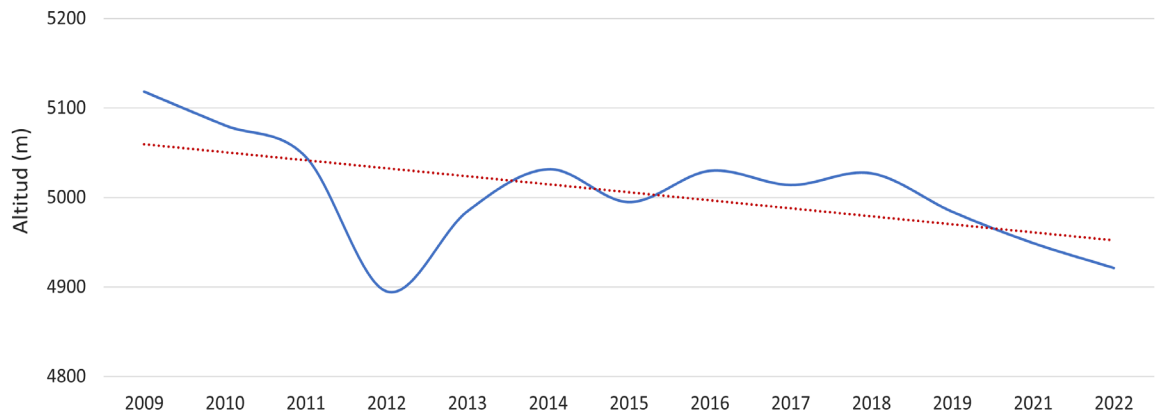
Figura 18. Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA), glaciar volcán Nevado Santa Isabel, sector glaciar Conejeras (2006- a 2022).



Fuente: Ideam, (2023).

En el caso de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, para el 2022, la Altitud de la Línea de Equilibrio o ELA, en promedio, se situó a los 4.921 m s. n. m., 28 metros más abajo que la altitud del 2021 (4.949 m s. n. m). El promedio histórico para esta sierra nevada es de 4.993 m s. n. m, lo que indica que la mayor parte del glaciar se mantuvo en zona de acumulación y, por lo tanto, el glaciar tenderá a conservarse. La figura 19 muestra la evolución de la Altitud de la Línea de Equilibrio para la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán durante el periodo 2009 - 2022, y, a diferencia de la ELA del glaciar Santa Isabel, aquí no fueron evidentes fenómenos climáticos extremos de El Niño o La Niña.

Figura 19. Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA), Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritacuba Blanco (2009- a 2022).



Fuente: Ideam, (2023).



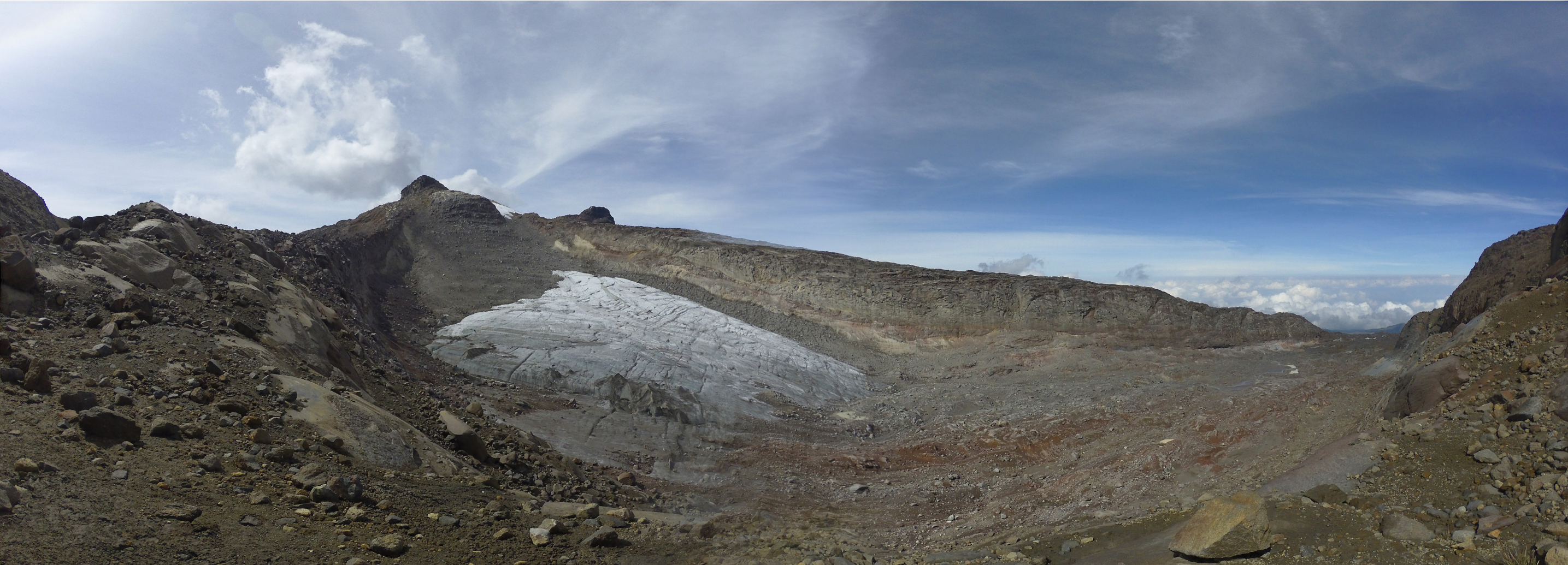
Glaciar Santa Isabel - Fuente: Alejo (2022).

5. Estado de los glaciares de Colombia

5.1. Volcán Nevado Santa Isabel (*Poleka Kasue*)

Localizado en la cordillera Central colombiana, en jurisdicción del Parque Nacional Natural Los Nevados, para el 2022, su área se calculó en **$0,29 \pm 0,03 \text{ km}^2$** , que, comparada con la del 2021 ($0,35 \pm 0,02 \text{ km}^2$), se redujo $0,06 \text{ km}^2$ (17 %), lo que lo convierte en el glaciar nacional con mayor ritmo de derretimiento. Dada esta tendencia, y, particularmente, el ritmo de derretimiento presentado desde la ocurrencia del último fenómeno de variabilidad climático El Niño de 2015-2016, su extinción total se estima en alrededor de una década. Su rápido derretimiento se atribuye principalmente a su baja altitud (cumbres menores a 5.000 m de altitud). Adicionalmente, una cobertura de ceniza volcánica sobre la superficie glaciar ha generado una reducción del albedo, con el consecuente aumento de la fusión del hielo, la cual, a su vez, ha estado acompañada de una reducción de las precipitaciones sólidas (fotografía 8).

Fotografía 6. Estado del glaciar volcán Nevado Santa Isabel en febrero de 2022 , sector glaciar Conejeras,. Parque Nacional Natural Los Nevados.



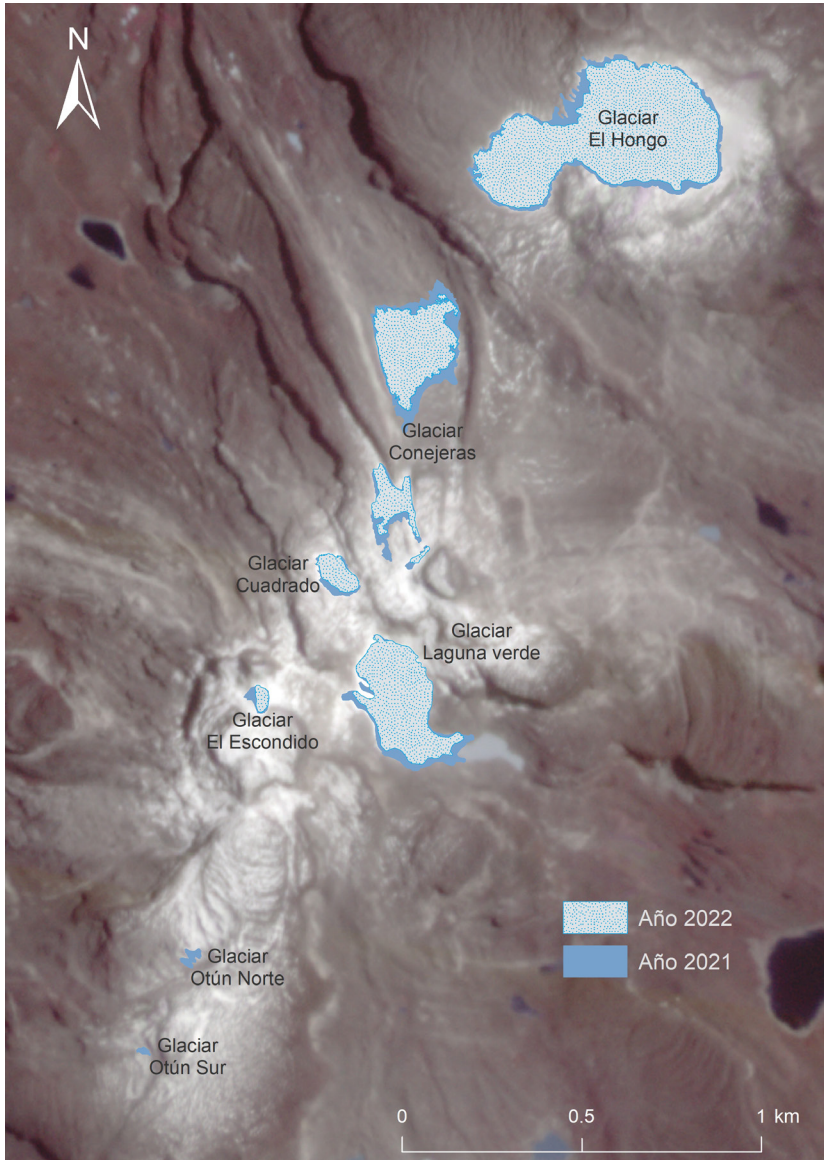
Fuente: cámara de foto-seguimiento glaciar, 2022 (Ideam, 2023).

En enero de 2022, en el marco de un proyecto colaborativo entre Aguas y Aguas de Pereira, la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y el Ideam, por medio de cámaras fotográficas automáticas, se evidenció en terreno que los relictos de hielo nombrados por el Ideam como “Otún Norte” y “Otún Sur” quedaron extintos. Según este reporte, la cuenca del río Otún ha dejado de tener aportes hídricos del glaciar. A partir de los registros fotográficos, se estima que su extinción ocurrió durante la temporada seca de diciembre del 2021 y enero del 2022. El glaciar Santa Isabel, en 2022, pasó de estar conformado por nueve a siete fragmentos de hielo, (figura 20), que, por su reducido tamaño y nulo movimiento, bien podrían denominarse técnicamente como “glaciaretas”.



Glaciar Santa Isabel - Fuente: OVSM (2022).

Figura 20. Evolución del área glaciar en el volcán Nevado Santa Isabel, durante el 2021 y el 2022.



Fuente: Ideam, (2023).

El indicador ambiental Balance de Masa Glaciar se estima directamente en terreno desde el 2006, mediante mediciones sucesivas sobre la superficie del glaciar Conejeras, en el volcán Nevado Santa Isabel, y representa las ganancias y pérdidas de masa del glaciar. Durante el ciclo hidrológico 2022 (febrero del 2022 a febrero del 2023), con recopilación de datos de campo en siete campañas de monitoreo (figuras 21 y 22), se calculó un balance de masa de -2434 mm e. a. (figura 23), lo que indica que este glaciar registró nuevamente, y de manera continua, desde que se realizan mediciones directas en campo (2006), un balance anual negativo (figura 24) con pérdidas de masa acumuladas de 56,4 metros equivalentes de agua. Al comparar el balance de masa de 2022 con el de 2021 (-2743 mm e. a.), se evidencia una ligera reducción en las pérdidas, lo que se asocia al impacto del fenómeno de La Niña en 2022. Se destaca una ligera ganancia de masa de 46,1 mm e. a., entre mayo y junio, causada por la acumulación de nieve sobre el glaciar y atribuida al mismo fenómeno climático. La distribución de la precipitación sólida sobre el glaciar,

en el transcurso del año, se muestra en la figura 25, donde se aprecia la estacionalidad de la Zona de Confluencia Intertropical. En cuanto a la serie histórica de la acumulación de nieve sobre el glaciar, se ha evidenciado una tendencia a la disminución en el tiempo (figura 26).

Figura 21. Comportamiento de la baliza o estaca de ablación N.º 9A, instalada sobre la superficie del glaciar en la zona de ablación, durante marzo, julio y noviembre, en el sector glaciar Conejeras, Parque Nacional Natural Los Nevados.



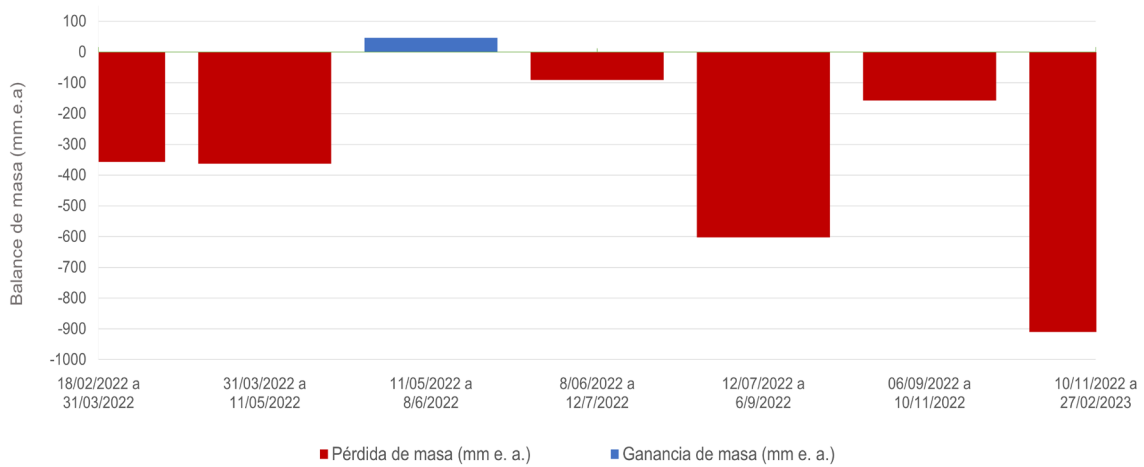
Fuente: Ideam, (2023).

Figura 22. Comportamiento de la baliza o estaca de ablación N.º 14, instalada sobre la superficie del glaciar en la zona de acumulación, durante febrero, julio y noviembre, en el sector glaciar Conejeras, Parque Nacional Natural Los Nevados.



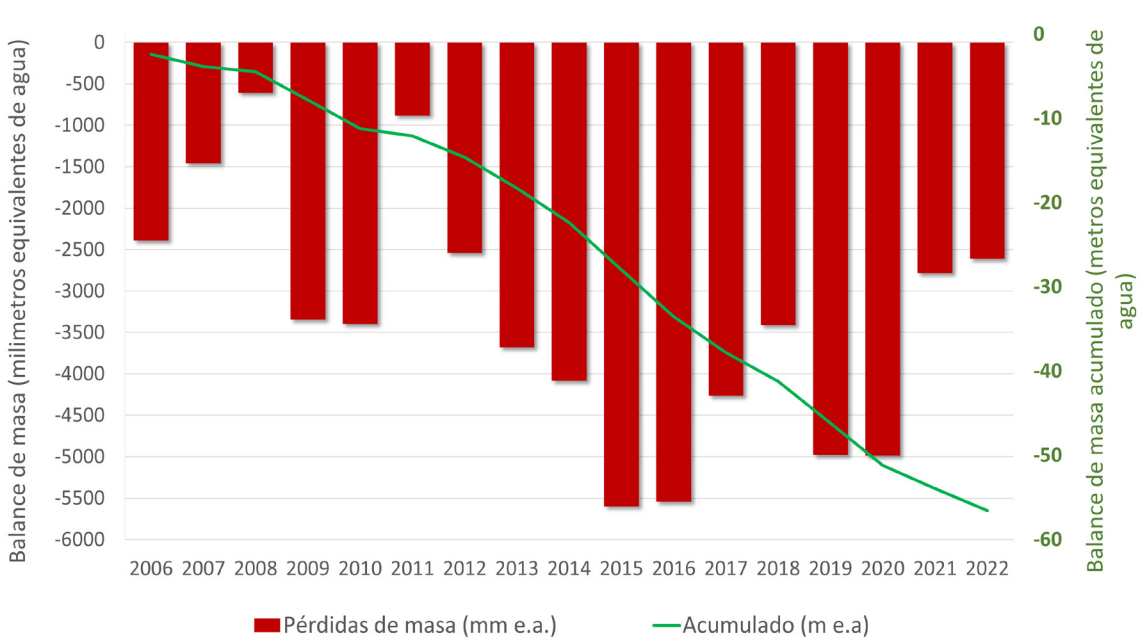
Fuente: Ideam, (2023).

Figura 23. Balance de masa intraanual del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras, durante el año hidrológico 2022.



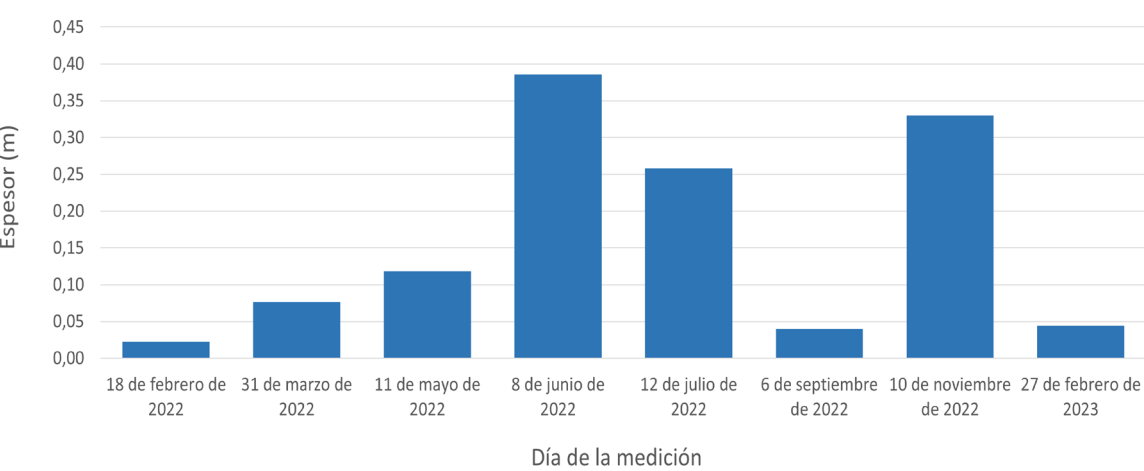
Fuente: Ideam, (2023).

Figura 24. Balance de masa multianual y acumulado del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras, durante el año hidrológico 2022.



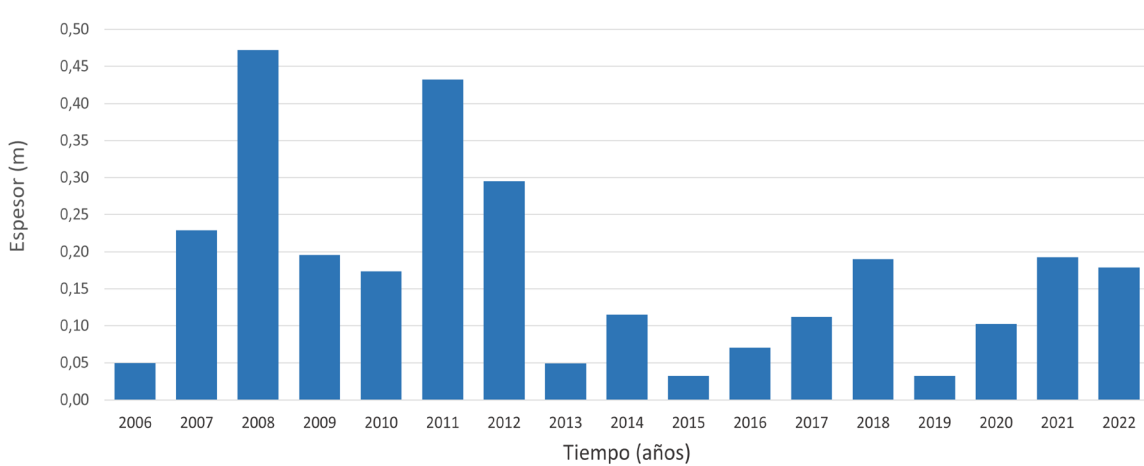
Fuente: Ideam (2023).

Figura 25. Espesor promedio de la nieve medida en cada campaña de campo, durante el 2022, en el glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras.



Fuente: Ideam, (2023).

Figura 26. Espesor promedio anual de la nieve medida en campo, en el glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras.



Fuente: Ideam (2023).

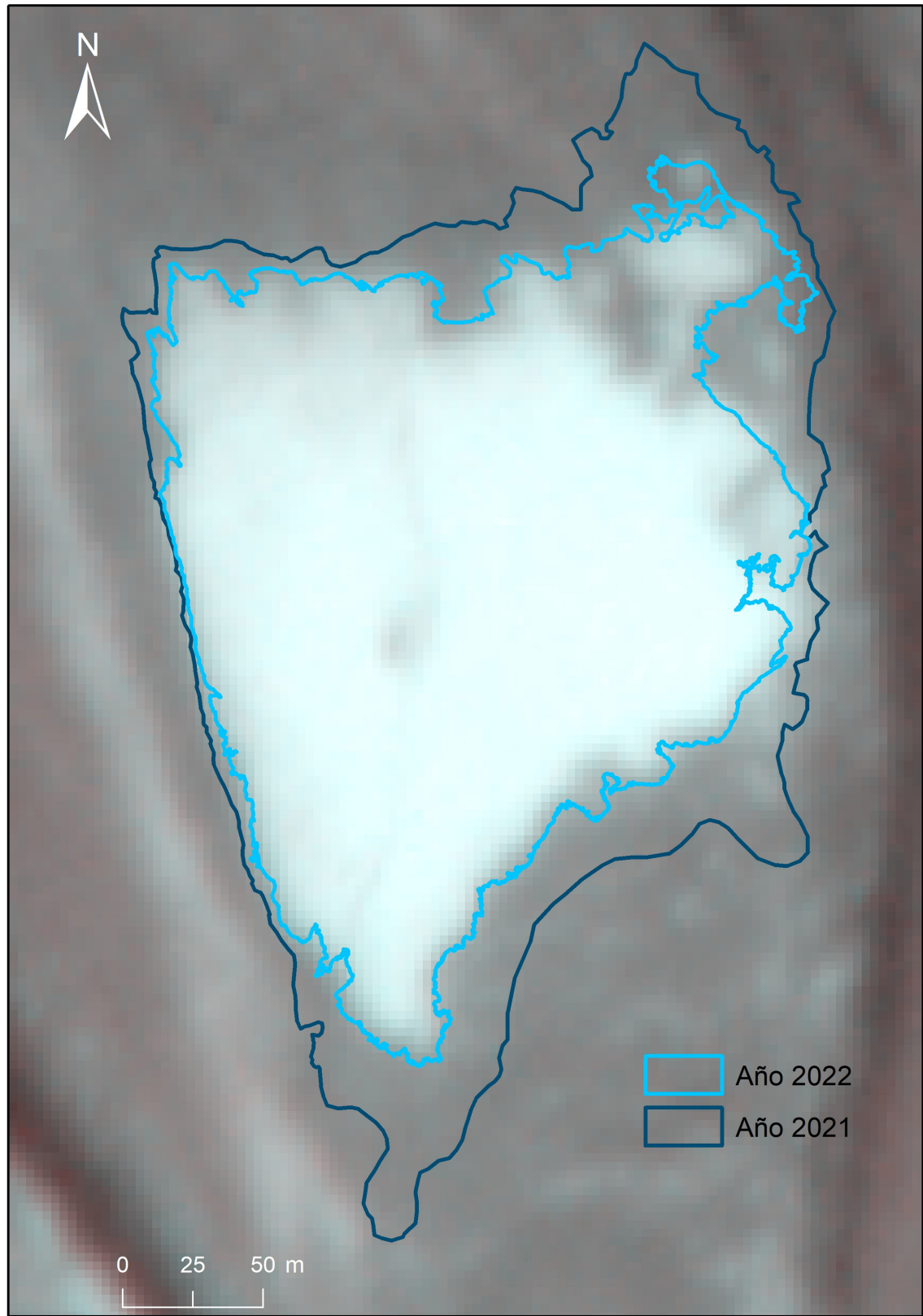
A continuación, se muestran los sectores del volcán Nevado Santa Isabel donde se pueden observar los mayores cambios de la cobertura glaciar.

Figura 27. Cambios de cobertura glaciar, sector glaciar Conejeras.



Fuente: Ideam (2023).

Figura 28. Cambios de cobertura glaciar en el sector glaciar Conejeras



Fuente: Imagen Planet Scope, 5 de marzo de 2022 (Ideam, 2023).

Figura 29. Cambios de cobertura glaciar en el volcán Nevado Santa Isabel



Fuente: desconocido (1986); Jorge Luis Ceballos (2019).

Figura 30. Cambios del glaciar Santa Isabel, sector glaciar Conejeras.



Fuente: cámara de foto-seguimiento glaciar (Ideam, 2023).



Glaciar Santa Isabel - Fuente: Alejo (2022).



Sierra Nevada El Cocuy o Güicán - Fuente: Yina Paola Nocua (2022).

5. 2. Sierra Nevada El Cocuy o Güicán (Zizuma)

La Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, el glaciar más extenso del país, está localizada en la cordillera Oriental colombiana, en jurisdicción del Parque Nacional Natural El Cocuy. Para el 2022, su área se calculó en **$12,83 \pm 0,29 \text{ km}^2$** , que, comparada con la del 2021 ($13,17 \pm 0,38 \text{ km}^2$), muestra una reducción de $0,34 \text{ km}^2$ (2.6 %). Esta sierra nevada está conformada por 41 fragmentos de hielo, de los cuales 23 son superiores a una hectárea; el más grande tiene una superficie de $4,86 \text{ km}^2$ (Picacho - Ritacuba Blanco - Ritacuba Negro - Ritacuba Norte). En la figura 31, se muestra el estado del sector glaciar Ritacuba Blanco, en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán.

Figura 31. Estado del glaciar de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritacuba Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy.

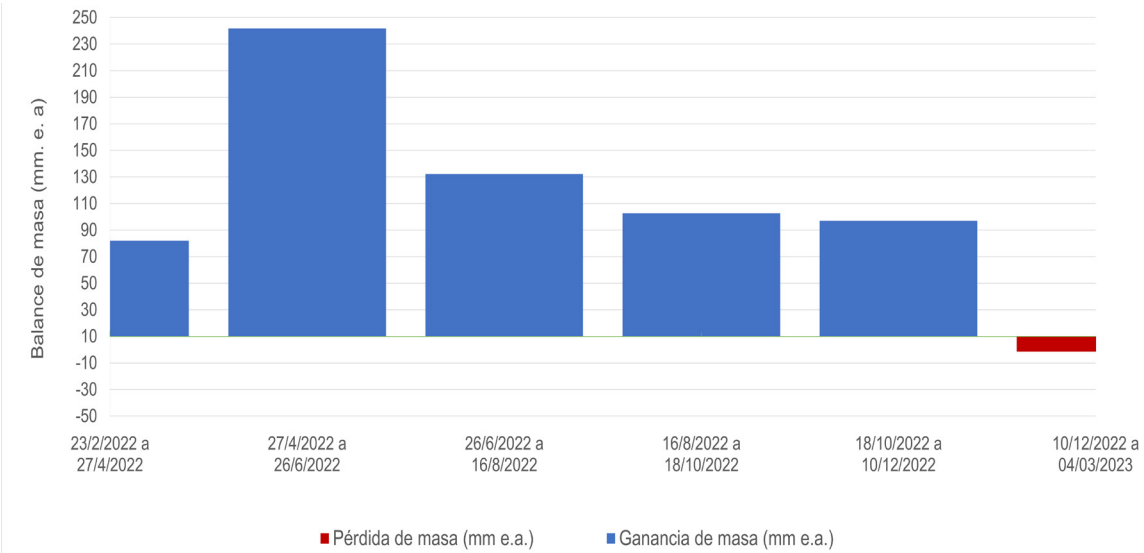


Fuente: Yina Paola Nocua (2022).

El indicador ambiental Balance de Masa Glaciar se estima con datos tomados directamente en terreno desde el 2009, en el sector glaciar Ritacuba Negro, localizado al norte del sector glaciar Ritacuba Blanco. Debido al fracturamiento del Ritacuba Negro, que impidió continuar con las mediciones, se trasladó la red de instrumentos de medición (balizas o estacas) al sector glaciar Ritacuba Blanco, en noviembre de 2013. Durante el ciclo hidrológico 2022 (de febrero del 2022 a marzo del 2023), se calculó un balance de masa de +654 mm e. a. (figura 32). Este sería el quinto año consecutivo, desde 2017, en el que se registraron balances positivos (figura 33), si se omite el año 2020, cuando no fue posible realizar mediciones en terreno debido al aislamiento sanitario.

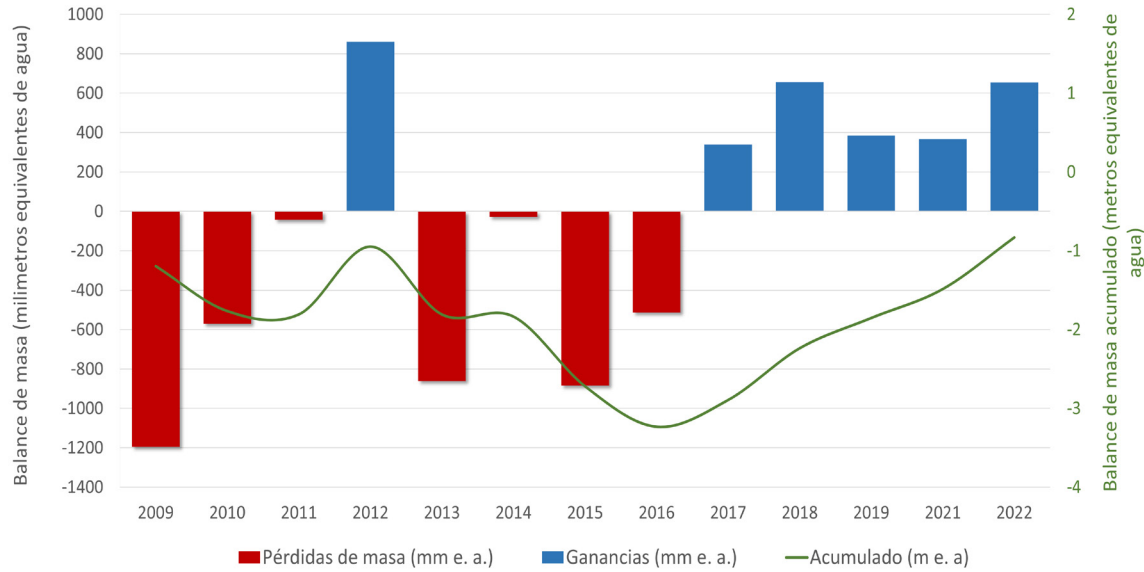
Estos balances positivos o ganancias de masa se pueden atribuir a condicionamientos geográficos y climáticos locales, tales como mayores altitudes de las masas glaciares y vientos cargados de humedad provenientes de la cuenca del Orinoco y de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, que se condensan y generan precipitaciones sólidas en las partes altas de la cordillera; , incluso, existiría un comportamiento diferencial de norte a sur en esta sierra nevada, a juzgar por observaciones en terreno en cuanto a menores precipitaciones de nieve al sur. Una de las características notables en el monitoreo glaciar de la parte norte de la sierra ha sido el aumento en la nieve depositada sobre el glaciar durante el 2022 (figura 34), peculiaridad que ha permanecido desde 2017 (figura 35). Las figuras 36 y 37 muestran el comportamiento de las balizas o estacas instaladas sobre la superficie del glaciar Ritacuba Blanco, durante diferentes meses del ciclo hidrológico 2022.

Figura 32. Balance de masa intraanual del glaciar Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritak u'wa Blanco, durante el año hidrológico 2022.



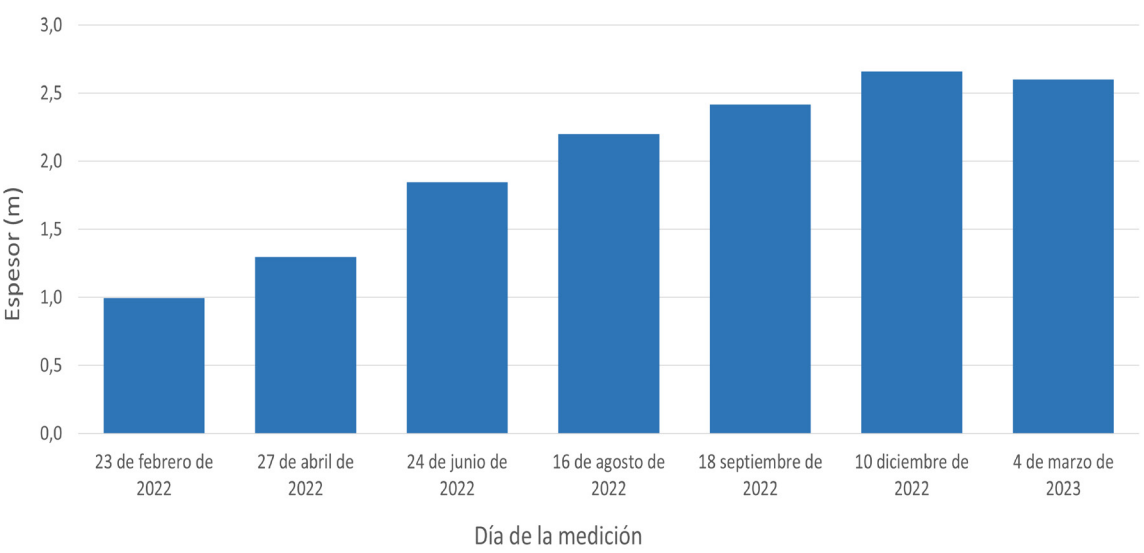
Fuente: Ideam (2023).

Figura 33. Balance de masa multianual y acumulado del glaciar Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritacuba Blanco, durante el año hidrológico 2022.



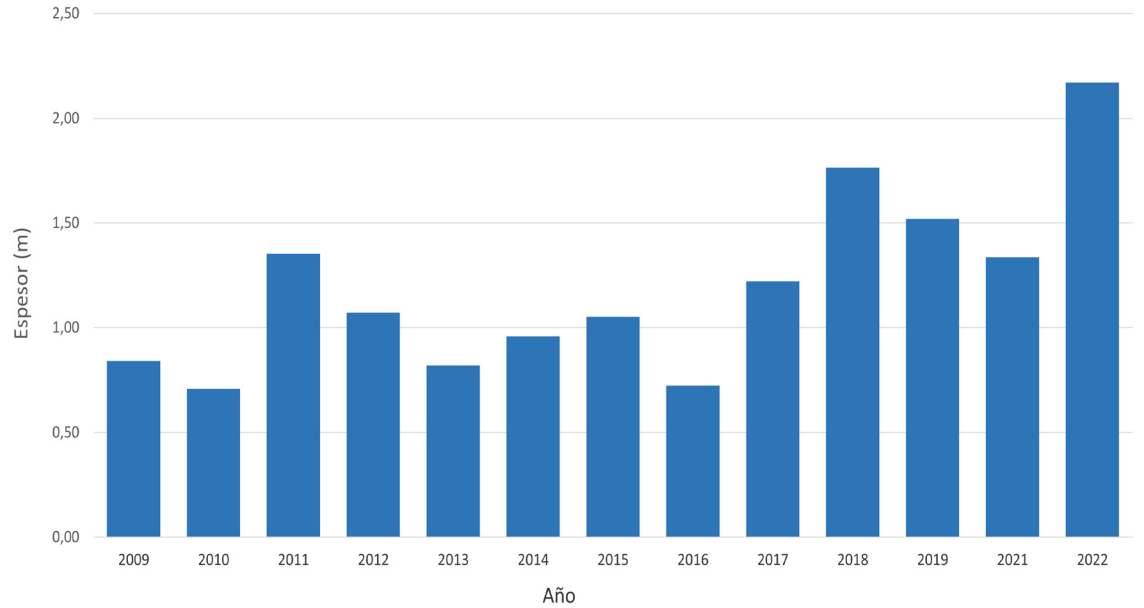
Fuente: Ideam (2023).

Figura 34. Espesor promedio de la nieve medida en cada campaña de campo, durante el 2022, en el glaciar Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritacuba Blanco.



Fuente: Ideam (2023).

Figura 35. Espesor promedio anual de la nieve medida en campo, en el glaciar Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, sector glaciar Ritak u'wa Blanco.



Fuente: Ideam (2023).

Figura 36. Comportamiento de la baliza o estaca de ablación N.º 3, instalada sobre la superficie del sector glaciar Ritacuba Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy, durante febrero, junio y diciembre.



Fuente: Ideam (2023).

Figura 37. Comportamiento de la baliza o estaca de ablación N.º 10, instalada sobre la superficie del sector glaciar Ritacuba Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy, durante febrero, junio y diciembre.



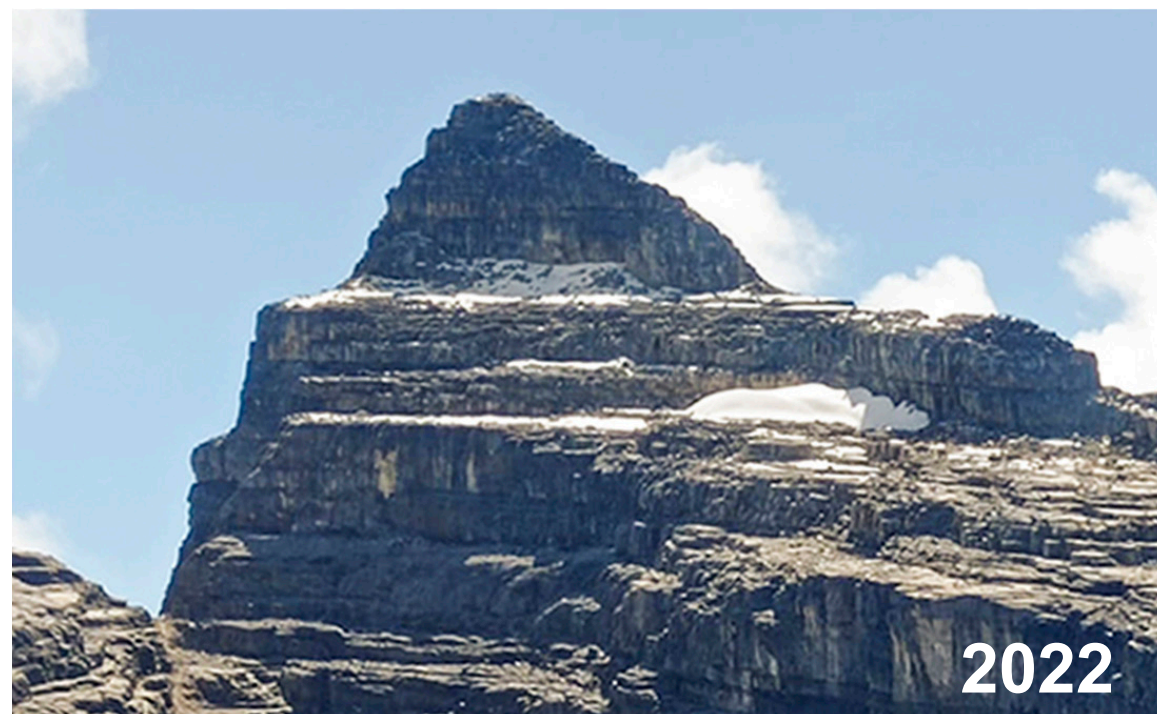
Fuente: Ideam (2023).

A continuación, se muestran los sectores de la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán donde se pueden observar los mayores cambios de la cobertura glaciar.

Figura 38. Cambio de cobertura glaciar en el sector Campanillas, Sierra Nevada El Cocuy o Güicán.



Figura 39. Cambio de cobertura glaciár en el sector Pan de Azúcar, Sierra Nevada El Cocuy o Güicán.



Fuente: Klaus Schutze (1998); Jorge Luis Ceballos (2009, 2019, 2022).

Fuente: Erwin Kraus (1948); Yina Paola Nocua (2021).

Figura 40. Cambio de cobertura glaciar en el sector Cerros de La Plaza, Sierra Nevada El Cocuy o Güicán.



Fuente: Thomas van der Hammen (1959); Ideam (2015); Angie Gómez (2023).

El deshielo glaciar generado por el impacto del cambio climático y las condiciones climáticas locales va dejando huellas a su paso, una de ellas, que se hizo evidente, durante el 2022, en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, fue la aparición de cuevas de hielo en el área de ablación del sector glaciar Ritacuba Blanco. (fotografía 7 y figura 41).

Fotografía 7. Cueva de hielo descubierta durante abril de 2022, en el sector glaciar Ritak u'wa Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy.



Fuente: Yina Paola Nocua (2022).

Figura 41. Cueva de hielo descubierta durante abril de 2022, en el sector glaciar Ritacuba Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy.



Fuente: Yina Paola Nocua (2022).

En septiembre de 2021, el equipo de glaciología del Ideam, en un trabajo conjunto con mujeres de los municipios de Panqueba, Guacamayas, El Cocuy y Güicán de la Sierra; profesionales del Parque Nacional Natural El Cocuy, y con el apoyo de la Alcaldía de Güicán de la Sierra, instaló una

cámara de foto- seguimiento en el sector glaciar Cóncavo, con el objetivo de realizar un monitoreo participativo en el sector Laguna Grande de la Sierra, en el marco del Proyecto de Monitoreo Ambiental Participativo en la Alta Montaña (Mapam) (fotografías 8 y 9).

Fotografía 8. Instalación de la estructura para la cámara de foto- seguimiento glaciar, sector glaciar Cóncavo, Parque Nacional Natural El Cocuy.



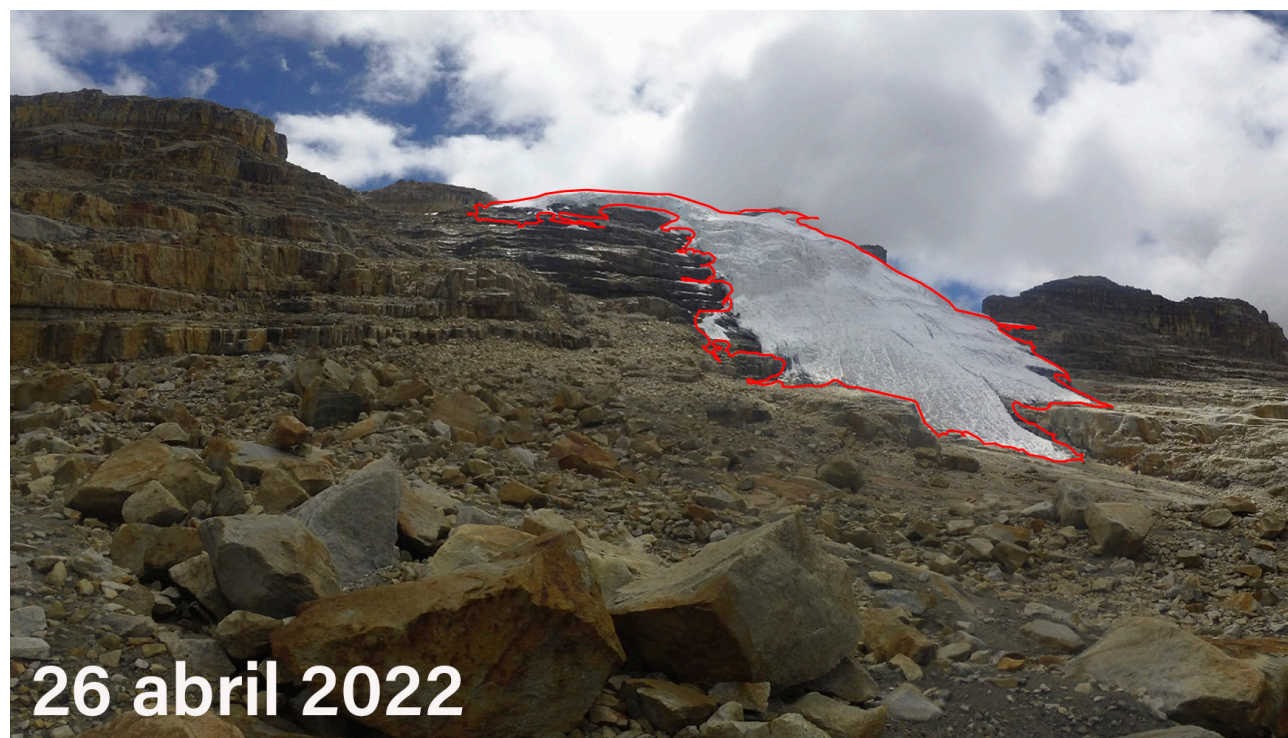
Fuente: Yina Paola Nocua, (2021).

Fotografía 9. Cámara de foto- seguimiento glaciar instalada en el sector glaciar Cóncavo, Parque Nacional Natural El Cocuy.



Fuente: Yina Paola Nocua, (2021).

Figura 42. Glaciar Cóncavo, Parque Nacional Natural El Cocuy, durante el periodo del 1 de octubre de 2021 al 26 de abril de 2022.



Fuente: cámara de foto-seguimiento glaciar (Ideam, 2023).



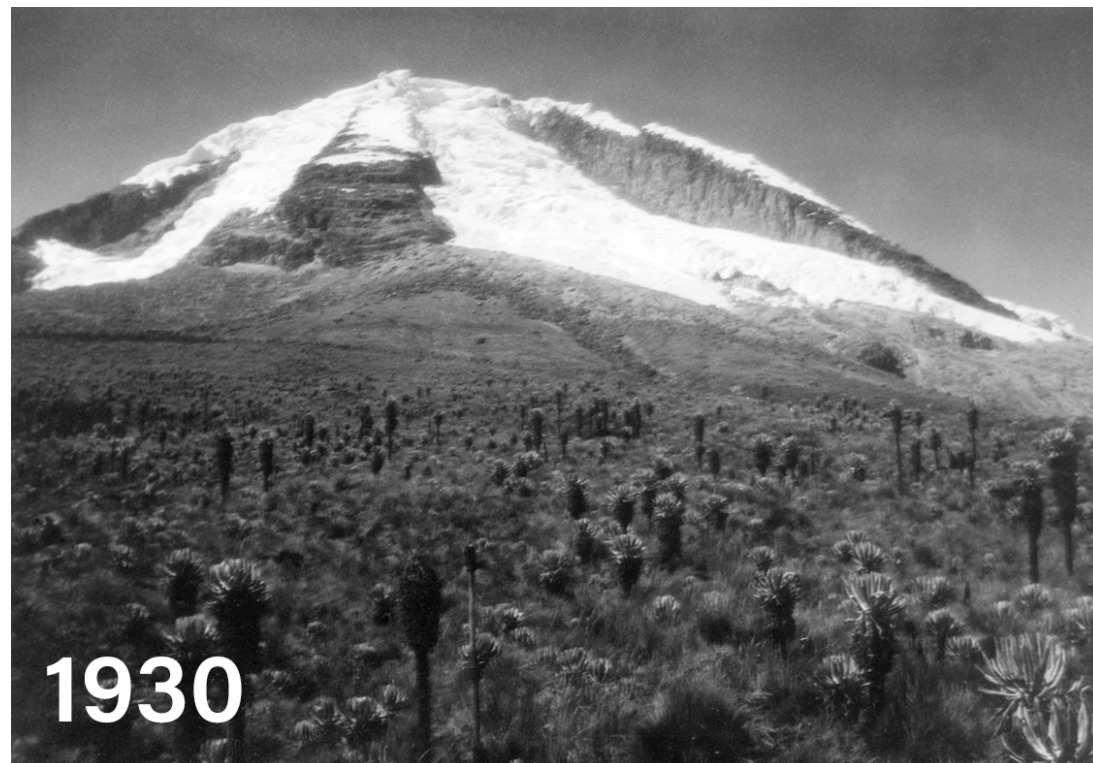


Volcán Nevado del Tolima, sector glaciar Shimmer - Fuente: Alexander Herrera (2022).

**5. 3. Volcán Nevado del Tolima
(*Dulima*)**

El volcán Nevado del Tolima (Dulima) está Localizado en la cordillera Central colombiana, en jurisdicción del Parque Nacional Natural Los Nevados. Este glaciar estaba históricamente compuesto por una única masa de hielo. Para el 2021, se reportó una pequeña fragmentación del hielo en la lengua del glaciar Combeima; sin embargo, para el 2022, dicho fragmento ya no existía. En el 2022, además, su área se calculó en **0,49 ± 0,06 km²**, que, comparada con la del 2021 (0,51 ±0,06 km²), evidencia una reducción de 0,02 km² (3.9 %). A pesar de lo pequeño, la relativa baja reducción de su área se atribuye, principalmente, a que la actual cobertura glaciar se encuentra por encima de los 5.000 metros de altitud (zona considerada como de acumulación por sus bajas temperaturas, que tienden a conservar las precipitaciones de nieve).

Figura 43. Cambio de cobertura del volcán Nevado del Tolima, durante 1930 y 2022.



Fuente: Hendrik Hoeck (1930); Juan José Escobar (2022).

Figura 44. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Tolima, durante 1935 y 2019.



Fuente: Scadta (publicada por Fernando P.) (1935); Santiago Gaviria (2019).

Figura 45. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Tolima, durante 1930 y 2015.



Fuente: Hendrik Hoeck (1930); F. Rojas (2015).

Figura 46. Cambio de cobertura en el sector glaciar Krauss, volcán Nevado del Tolima, durante 1930 y 2015.



Fuente: Hendrik Hoeck (1930); F. Rojas (2015).



Estado del glaciar del volcán Nevado del Huila - Fuente: Juan José Escobar (2023).

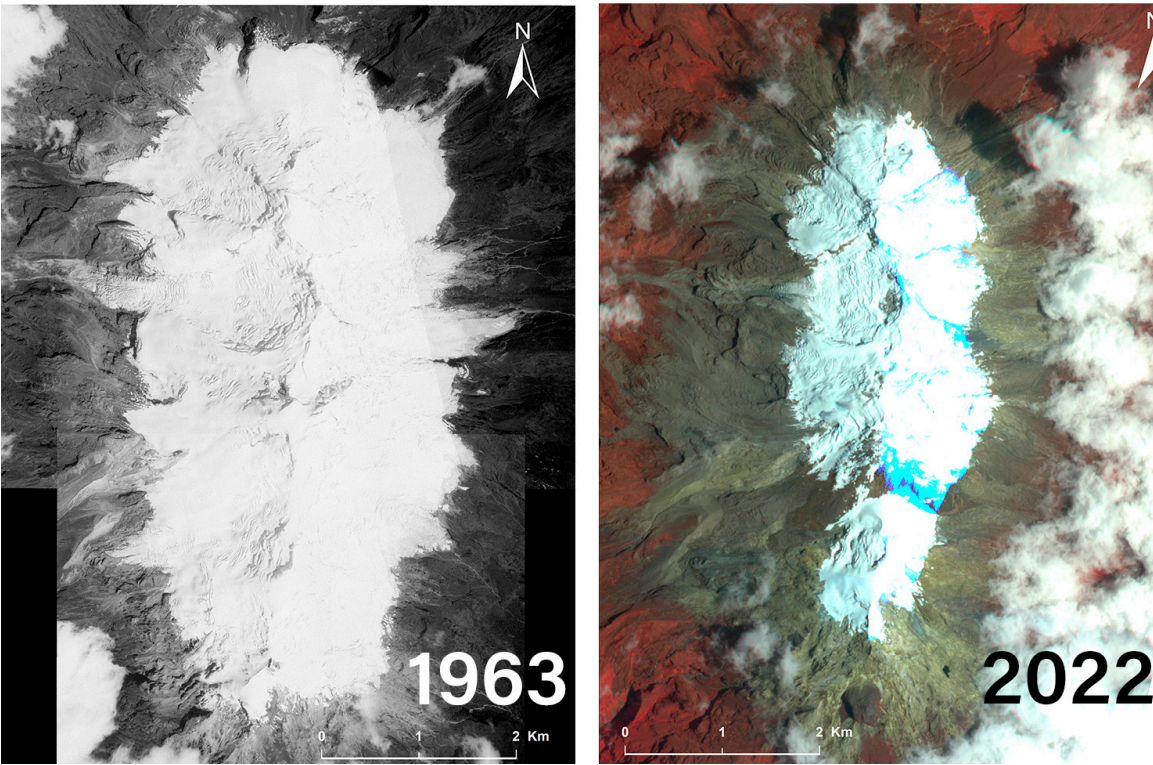
5. 4. Volcán Nevado del Huila (*Wila*)

El volcán Nevado del Huila se encuentra localizado en la cordillera Central colombiana, en jurisdicción del Parque Nacional Natural Nevado del Huila. Es el glaciar más meridional y con el punto de mayor altitud en los Andes colombianos, y está subdividido en dos grandes fragmentos de hielo que, para el 2022, se calcularon con una área total de **$6,50 \pm 0,46 \text{ km}^2$** , la cual, comparada con la del 2021 ($6,64 \pm 0,42 \text{ km}^2$), muestra una reducción de $0,14 \text{ km}^2$ (2.1 %).



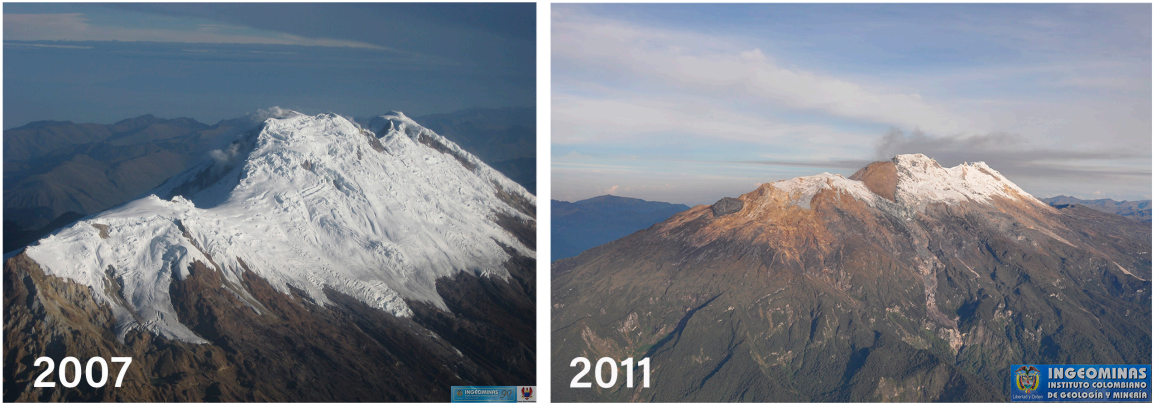
A continuación, se muestran los sectores del volcán Nevado del Huila donde se pueden observar los mayores cambios de la cobertura glaciar.

Figura 47. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Huila, durante 1963 y 2022.

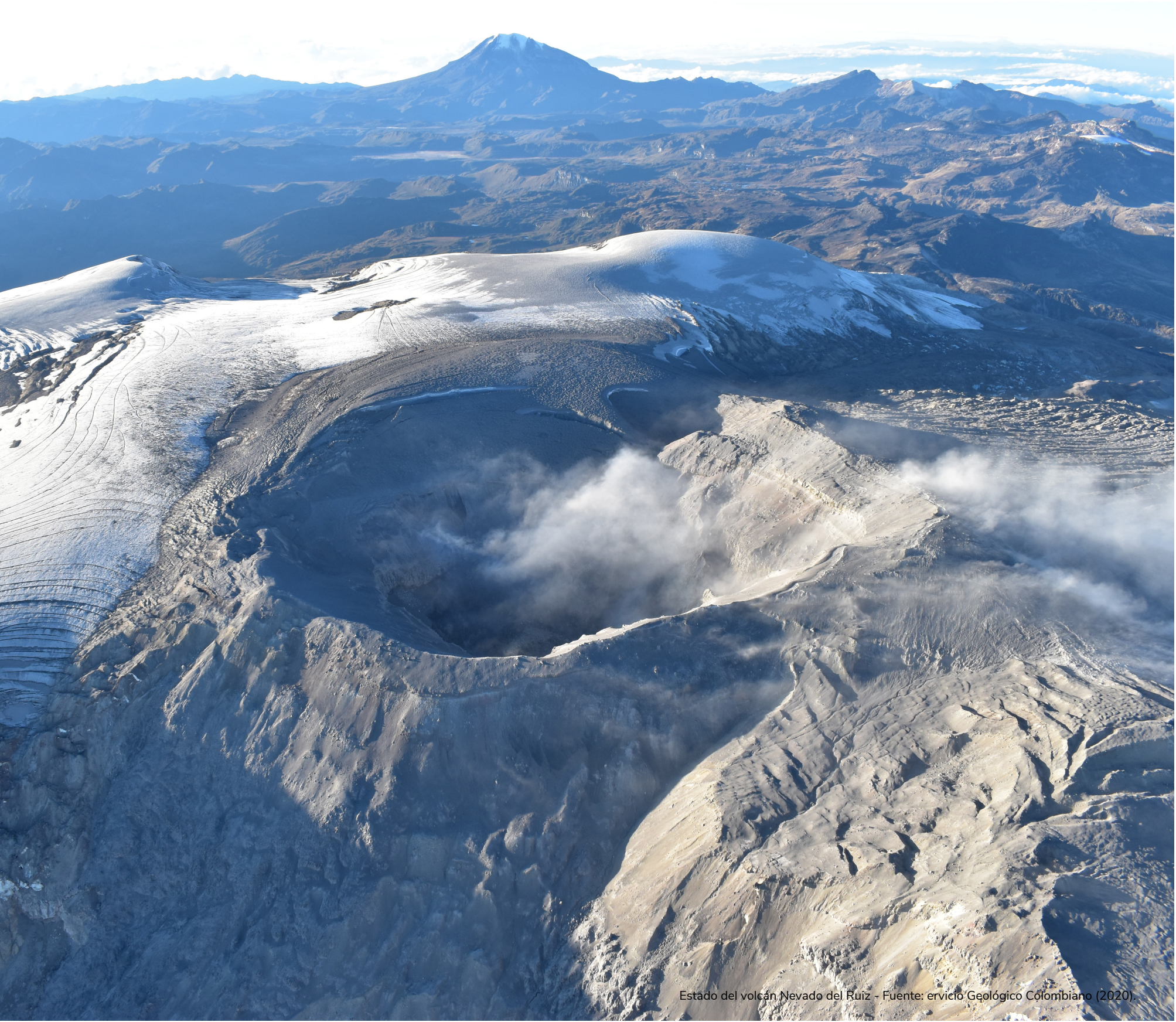


Fuente: fotografía aérea - IGAC (1963); imagen de satélite Planet Scope - Ideam (2015).

Figura 48. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Huila, durante 2007 y 2011.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano (2007, 2011).



Estado del volcán Nevado del Ruiz - Fuente: erviceo Geológico Colombiano (2020).

**5. 5. Volcán Nevado del Ruiz
(Kumanday)**

El volcán Nevado del Ruiz está localizado en la cordillera Central, en jurisdicción del Parque Nacional Natural Los Nevados, y es el glaciar más icónico de la región Andina central. Está compuesto por una única masa de hielo, cuya área, para el 2022, se calculó en **7,68 ±0,26 km²**, que, comparada con la del 2021 (7,96 ±0,29 km²), muestra una reducción de 0,28 km² (3.5 %). La característica destacada de este volcán nevado ha sido la emisión de ceniza volcánica y su acumulación sobre parte o la totalidad del glaciar, lo que generó, dependiendo del espesor acumulado, un incremento en el derretimiento (depósitos de ceniza de pocos centímetros) o un aislamiento térmico del glaciar (depósitos de ceniza mayores a 15 cm aprox.). Durante el fenómeno climático extremo La Niña, fue común que la nieve cubriera los depósitos de ceniza.

Figura 49. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Ruiz, durante 1930 y 2015.



Fuente: Hendrik Hoeck (1930); F. Rojas (2015).

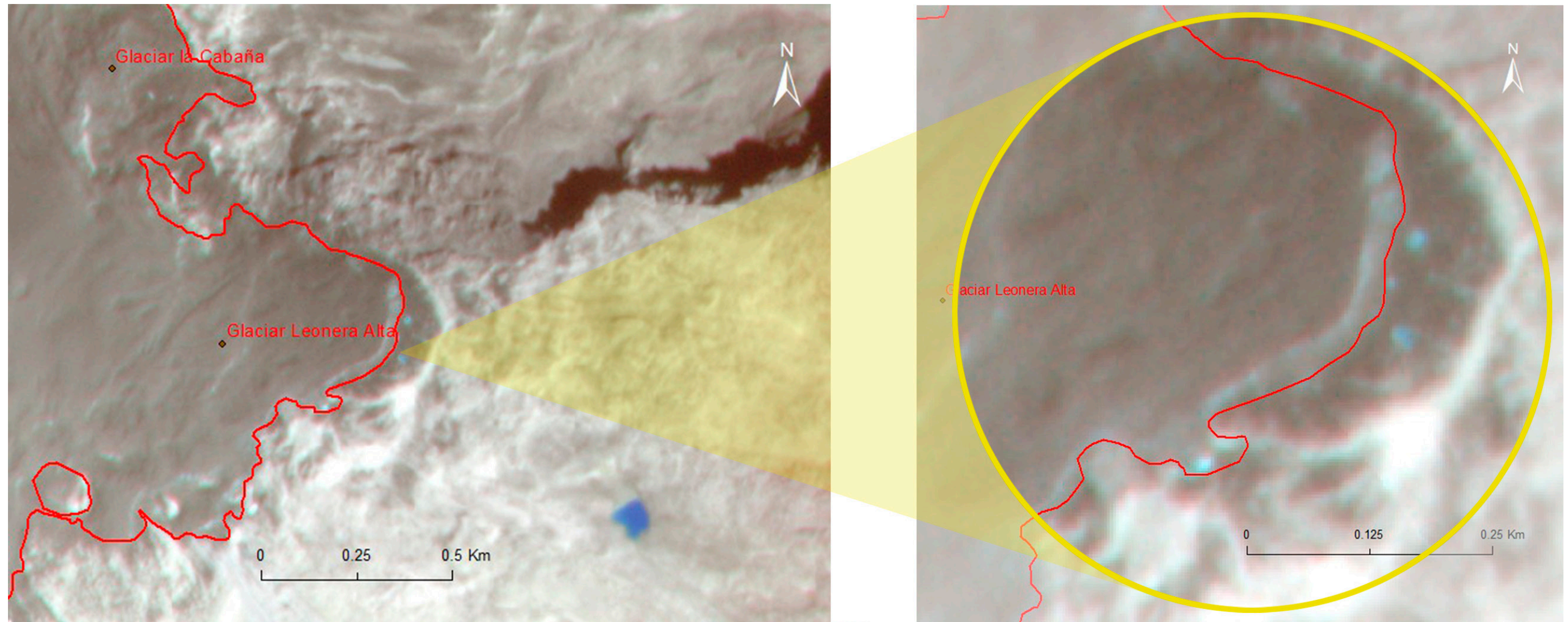
Figura 50. Cambio de cobertura glaciar en el volcán Nevado del Ruiz, durante 1987 y 2020.



Fuente: desconocido (1937); Milton Ordóñez - Servicio Geológico Colombiano (2020).

Para el 2022, se resalta que, gracias al análisis de imágenes satelitales de alta resolución, se logró identificar la aparición de nuevas lagunas periglaciares en el sector glaciar Leonera Alta, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 51. Hallazgo de lagunas periglaciares en el sector glaciar Leonera Alta, volcán Nevado del Ruiz.



Fuente: imagen de satélite Planet Scope del 2022 - Ideam (2023).



Picos Simón Bolívar y Cristóbal Colón (5775 m. aprox) y sus glaciares. Sierra Nevada de Santa Marta - Fuente: Fuerza Aérea Colombiana (2017)

**5. 6. Sierra Nevada de Santa Marta
(*Chundua o Gonawindwa*)**

La Sierra Nevada de Santa Marta está localizada a unos cuantos kilómetros del mar Caribe; es el macizo litoral más alto del mundo y el glaciar más septentrional de Sudamérica. Está en jurisdicción del Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta y en territorio de cuatro pueblos indígenas: arhuaco, kogui, wiwa y kankuamo. Para el 2022, su área se calculó en **5,30 ±0,17 km²**, que, comparada con la del 2021 (5,57 ±0,21 km²), evidencia una reducción de 0,27 km² (4.8 %). La característica destacada de esta sierra es la cantidad de fragmentos glaciares; tiene 48 en total, de los cuales 29 tienen un área superior a una hectárea; el fragmento glaciar más grande tiene una superficie de 1,67 km² (sector Pico Simons).

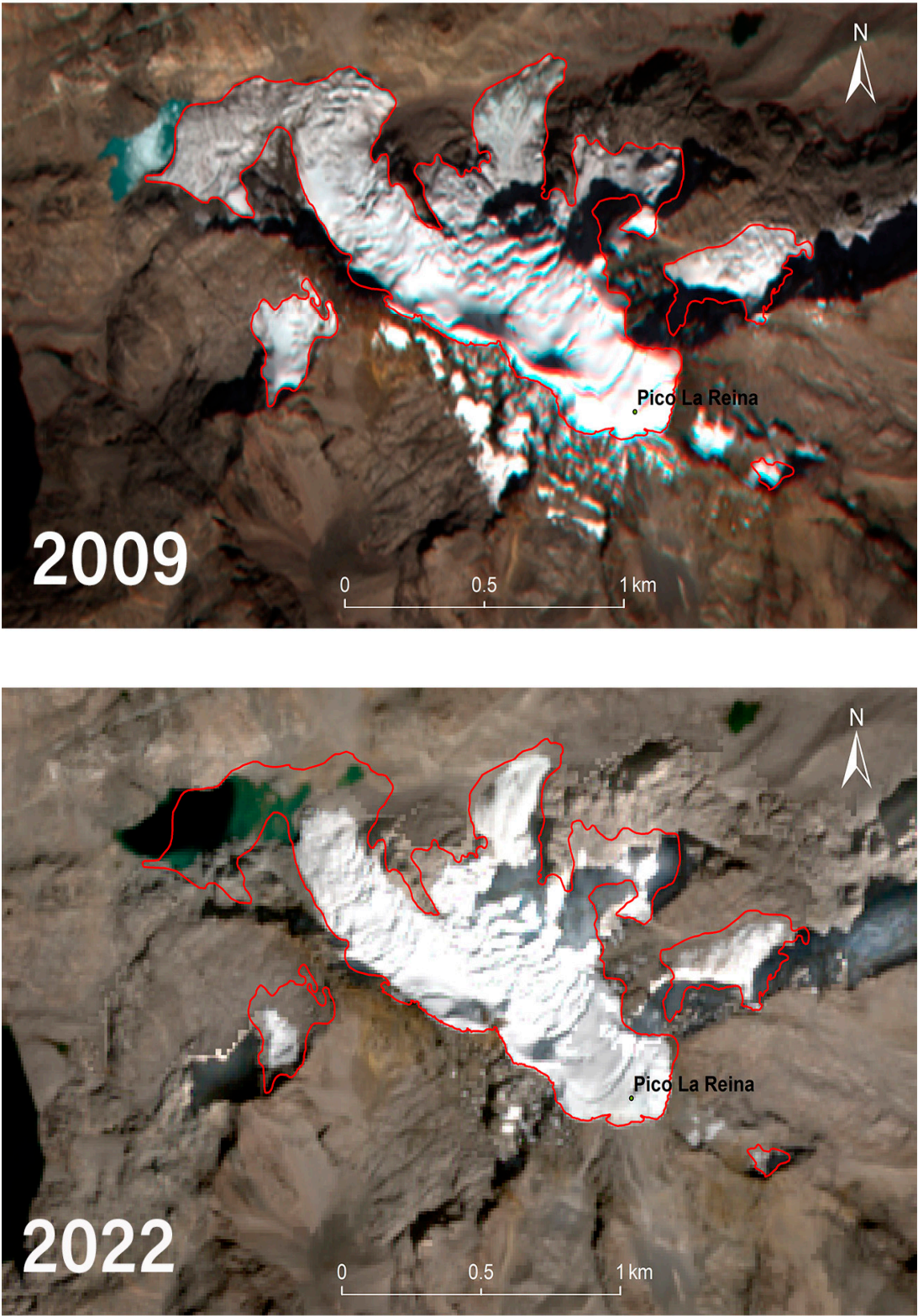
A continuación, se muestran los sectores de la Sierra Nevada de Santa Marta donde se pueden observar los mayores cambios de la cobertura glaciar.

Figura 52. Cambios de cobertura glaciar, sector glaciar Pico Guardián, durante 1951 y 2019.



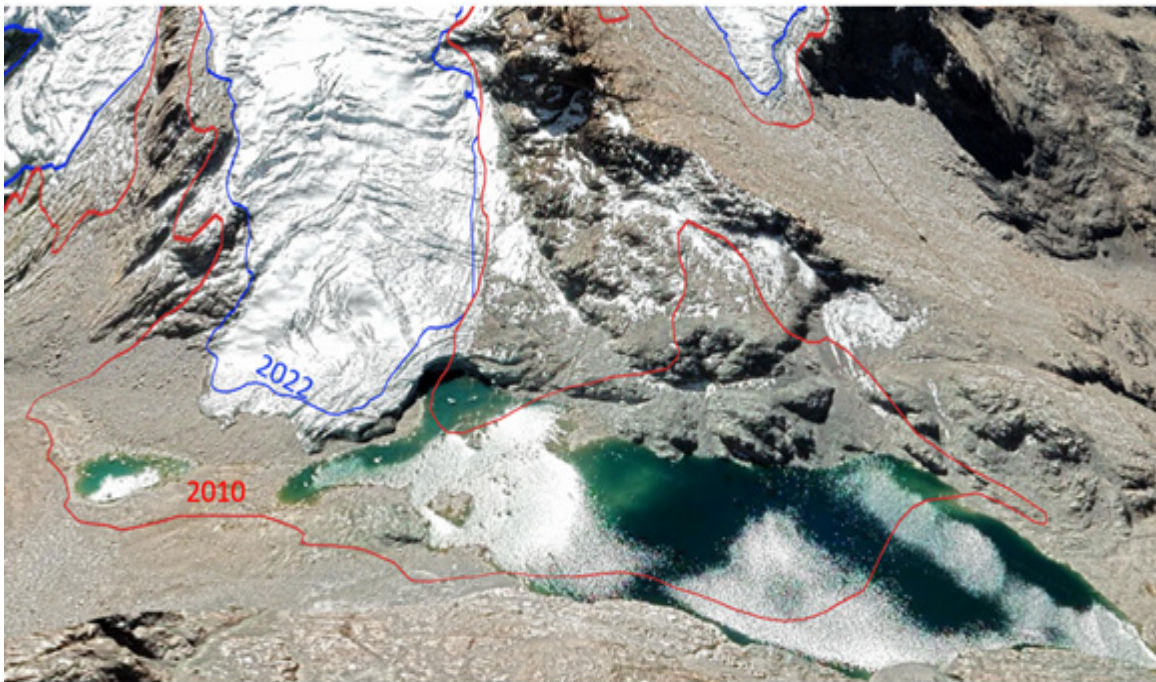
Fuente: Erwin Krauss (1951) - tomado de internet; Stephen Ferry (2019).

Figura 53. Cambio de cobertura glaciar en el sector glaciar La Reina, durante 2009 y 2022.



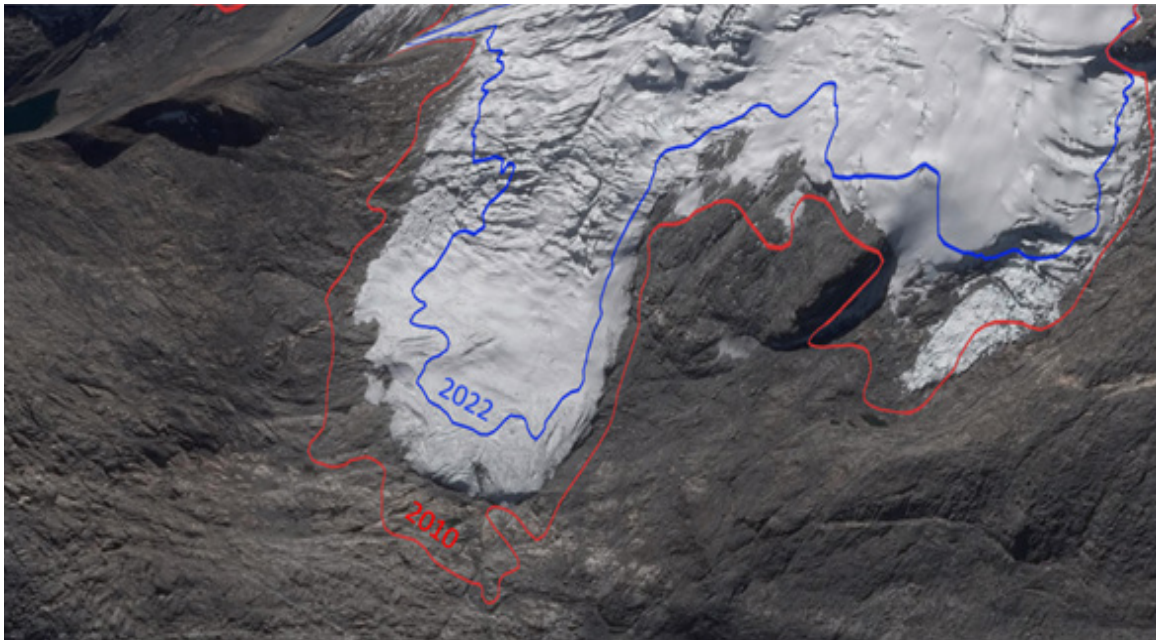
Fuente: imagen de satélite Alos (2009); imagen de satélite Sentinel (2022). Ideam (2023).

Figura 54. Cambios de cobertura glaciar en el sector del Pico La Reina, durante 2010 yal 2022.



Fuente: imagen tomada de Google Earth, 21 de febrero de 2021 (Ideam , 2023).

Figura 55. Cambios de cobertura glaciar en el sector Pico Colón



Fuente: imagen tomada de Google Earth, 12 de enero de 2017 (Ideam, 2023).

Figura 56. Cambios de cobertura glaciar en la Sierra Nevada de Santa Marta, durante 1992 y 2019.



Fuente: Schutze (1992); Duaney (2019).



Volcán Nevado Santa Isabel, sector glaciar El Hongo (Cumbre Norte), Parque Nacional Natural Los Nevados - Fuente: Yina Paola Nocua, (2022).

6. Conociendo la historia de los glaciares en Colombia

El reconocimiento y la comprensión de la historia de los glaciares, y su evolución en el tiempo y en el espacio, permiten apreciar la magnitud de los cambios y las transformaciones frente a los cambios de la atmósfera, así como valorar su significado y su presencia en el territorio. En el contexto de la historia de Colombia, la Comisión Corográfica, dirigida por Agustín Codazzi en el siglo XIX, tuvo un papel importante en la exploración y documentación de la geografía del país. Aunque su enfoque principal no era el estudio de los glaciares, esta comisión realizó un trabajo valioso para la cartografía y descripción de las regiones de Colombia, lo que incluía la identificación y el mapeo de las áreas montañosas donde se encuentran los glaciares.

En ese período, los glaciares de Colombia, como los del resto del mundo, eran mucho más extensos que en la actualidad (349 km², a mediados del siglo XIX, y, actualmente, 33 km²), debido a que imperaban unas condiciones climáticas frías que contribuyeron a mantener esos hielos y nieves. En el ámbito mundial, a este período se le denominó ese período en el ámbito mundial como la Pequeña Edad de Hielo, que abarcó aproximadamente desde el siglo XIV hasta mediados del siglo XIX. Desde entonces, los glaciares del planeta han experimentado una disminución significativa como resultado de las nuevas condiciones de la tropósfera; proceso denominado en lo que se ha denominado cambio climático y en cuyas causas hay consenso sobre la influencia antrópica de ese cambio. Este proceso de retroceso glaciar es una evidencia tangible, o, mejor, un indicador de los cambios ambientales que están ocurriendo en el planeta.

Reconociendo este contexto, este informe a partir de este informe se presentan, para su apreciación, pinturas, fotografías, figuras e información de cómo en Colombia se han interpretado y registrado estos cambios en los glaciares desde diferentes puntos de vista y grupos de la sociedad.

Figura 57. Acuarela de Comisión Corográfica. Vista de la Sierra Nevada de Chita o Güicán (Sierra Nevada El Cocuy o Güicán).



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Figura 58. Acuarela de Comisión Corográfica. Nevado del Quindío, (actual Paramillo del Quindío).



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Figura 59. Acuarela de Comisión Corográfica. Vista de la ciudad de Cali y del Nevado del Huila.



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Figura 60. Acuarela de Comisión Corográfica. Vista de los volcanes Cumbal y Chiles, (actualmente sin cobertura glaciár).



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Figura 61. Acuarela de Comisión Corográfica. "Mesa de Herveo, Ruíz, Tolima y Santa Isabel y el gran cráter."



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Figura 62. Acuarela de Comisión Corográfica. "Entrada a Bogotá por San Victorino y vista lejana de los nevados del Tolima, Quindío, Santa Isabel, Ruíz y Mesa de Herveo. Manuel María Paz, 1853".



Fuente: Comisión Corográfica. Biblioteca Nacional de Colombia.

Los glaciares nacionales, llamados comúnmente como Nevados, tienen varias concepciones y comprensiones sociales: representan un patrimonio ambiental de la nación, representan una identidad espiritual para las comunidades indígenas aledañas a ellos y son un escenario para montañistas y el turismo de aventura. A continuación, algunas fotografías históricas.

Figura 63. Turismo en la década de los 50 en el volcán Nevado del Ruiz.



Fuente: desconocido.

El volcán Nevado del Ruiz, además de ser una atractivo turístico y deportivo, también ha sido un escenario escogido para retratar a las concursantes del Reinado Internacional del Café.

Figura 54. Reinado Internacional del Café, celebrado en el volcán Nevado del Ruiz, en la década del 50.



Fuente: desconocido.

Figura 55. Participantes en la expedición del volcán Nevado del Tolima



Fuente: desconocido (1930).

Figura 56. Práctica del montañismo en la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, en 1930.



Fuente: Hendrik Hoeck (1930).

Conclusiones

La cobertura glaciar nacional continúa disminuyendo. Entre 2021 y 2022, se redujo 3,2 % (1,11 km²). Aunque su ritmo se redujo ligeramente durante ese periodo, debido a los efectos del fenómeno climático extremo La Niña, continúa la disminución de la cobertura glaciar colombiana.

Persiste el rápido derretimiento del glaciar Santa Isabel, el cual registró las mayores pérdidas de área durante el período reportado (17 %), lo que lo convierte en el glaciar nacional con mayor ritmo de derretimiento. Se destaca, para este glaciar, la extinción de los dos últimos relictos de hielo que pertenecían a la cuenca del río Otún. De continuar la actual tendencia de derretimiento, su extinción total podría darse en el transcurso de los próximos 10 años; suceso que dependerá de la dinámica del clima local, la actividad del volcán Nevado del Ruiz y la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos tipo El Niño o La Niña.

El impacto del fenómeno climático extremo La Niña sobre los glaciares colombianos se reflejó en un aumento de precipitaciones sólidas (nieve y granizo), las cuales lograron estabilizar temporalmente el derretimiento glaciar (caso del glaciar Santa Isabel y la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán).

El indicador ambiental Balance de Masa Glaciar, que se calcula para dos glaciares colombianos (Sierra Nevada El Cocuy o Güicán y el volcán Nevado Santa Isabel), continuó en el 2022 siendo disímil entre ambos sitios, lo que se atribuye, principalmente, a condiciones geográficas y climáticas locales y regionales. Así mismo, el balance de masa acumulado sigue siendo negativo para ambos sitios, pero desigual en sus pérdidas de masa.

Por quinto año (2017, 2018, 2019, 2021 y 2022), la Sierra Nevada El Cocuy o Güicán, en el sector Ritacuba Blanco, presenta un balance de masa positivo (ganancia) como resultado de condiciones atmosféricas regionales y locales que han permitido frecuentes precipitaciones de nieve acumulada sobre la superficie. Sin embargo, en esta sierra nevada se presentan diferencias de norte a sur en la dinámica de sus glaciares.

La ubicación ecuatorial de los glaciares colombianos los hace particularmente sensibles a las condiciones climáticas actuales, pero, a pesar de que existe una condición global de cambio climático, hay circunstancias locales que acentúan o menguan su reducción. Algunas de ellas son la altitud, la pendiente, el clima local y la exposición a la radiación solar. Adicionalmente, los eventos climáticos regionales ENSO, en la fase cálida El Niño, acentúan el derretimiento, como en el caso del evento 2015-2016. Por el contrario, la fase fría La Niña tiende a estabilizar la reducción glaciar, como en el caso del evento 2010-2011 y, recientemente, el evento 2021-2022.



Insumos para el cálculo del área glaciar en el 2022

Las imágenes de satélite utilizadas para actualizar el área glaciar colombiana fueron donadas en el marco del Memorando de Entendimiento MoU-2019-1 entre el Ideam y Chemonics International Inc., sucursal Colombia, a través del proyecto “Modelos Innovadores de Conservación para Páramos y Bosques”.

GLACIAR	INSUMO	RESOLUCIÓN ESPACIAL	FECHA DE TOMA
Volcán Nevado Santa Isabel (Poleka Kasue)	Imagen Planet Scope	3 m	03 de febrero de 2022
	Imagen Planet Scope	3 m (8bandas)	03 de mayo 2022
Volcán Nevado del Tolima (Dulima)	Imagen Planet Scope	3 m	12 de febrero de 2022
Volcán Nevado del Ruiz (Kumanday)	Imagen Planet Scope	3 m	17 de noviembre de 2021
	Imagen Planet Scope	3 m (8bandas)	03 de mayo de 2022
Sierra Nevada de Santa Marta (Chundua)	Imagen Sentinel	10 m	13 de enero de 2022
	Imagen Planet Scope	3 m	16 de enero de 2022
Sierra Nevada del Cocuy o Guicán (Zizuma)	Imagen Spot 6/7	1.5 m	22 de enero de 2022
	Imagen Sentinel 2	10 m	30 de enero de 2022
Volcán Nevado del Huila (Wila)	Imagen Planet Scope	3m	09 de marzo de 2022
	Imagen Planet Scope	3m	03 de febrero de 2022
	Imagen Sentinel	10 m	08 de enero de 2022

Referencias

Cogley, G., Hock, R., Rasmussen, A., Arendt, A., Bauder, A., Braithwaite, R., Jansson, P., Kaser, G., Möller, M., Nicholson, L. y Zemp, M. (2011). Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms., IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, COGLEY ET.AL.-IHP. Paris

Ideam. (2023). Informe del estado de los glaciares colombianos 2021. Ideam.

Ideam. (2012). Glaciares de Colombia: más que montañas con hielo. Ideam.

Oerlemans, J., y Hoogendoorn, N. (1989). Mass-Balance Gradients and Climatic Change. Journal of Glaciology, 35(121), 399-405. doi:10.3189/S0022143000009333

Organización Meteorológica Mundial. (2022). El estado del clima en América Latina y el Caribe 2021 (OMM-N° 1295). https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11271

Van Wyk de Vries, M., Carchipulla-Morales, D., Wickert, A. D. , y Minaya, V. (2022). Glacier thickness and ice volume of the Northern Andes. Sci Data 9 (34). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01446-8>

Enlaces de interés

Informe del estado de los glaciares 2021.
<http://www.ideam.gov.codocuments/11769/229819/Informe+del+estado+de+los+glaciares+2021/cb059781-d517-40aa-b49e-cbbfd55c15d0>

Informe del estado de los glaciares 2020.
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/229819/GLACIARES+COLOMBIANOS+2020/027da172-1c95-4842-9f69-3b4ddcfc8767>

Informe del estado de los glaciares 2019.
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/229819/Estado+de+los+glaciares+colombianos+2019/0fdd1967-28bd-4120-9d58-8ebe81deaf8c>

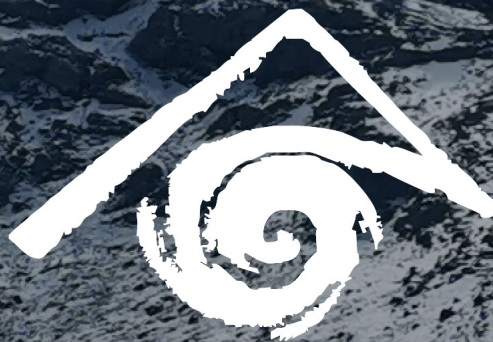
Informe del estado de los glaciares 2018.
<http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72621342/Informe+del+Estado+de+los+glaciares+colombianos.pdf/26773334-c132-4672-91db-f620e8a989f9>

Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022428/022428.htm>

Sitio web del Ideam, sección Glaciares.
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares>

Sitio web del Ideam, sección Glaciares (documentos de interés). <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/investigacion-publicaciones>





IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales