

LOS GLACIARES COLOMBIANOS, EXPRESIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL



REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM



CONTENIDO

3	PRESENTACIÓN
3	LOS GLACIARES COLOMBIANOS ACTUALES
4	LA INVESTIGACIÓN DE GLACIARES EN EL TERRITORIO NACIONAL
6	RECESIÓN DE LOS GLACIARES
9	ESTADO ACTUAL DE LOS GLACIARES EN COLOMBIA
9	SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA
11	SIERRA NEVADA DEL COCUY
13	VOLCÁN NEVADO DEL HUILA
14	VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ
16	VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL
18	VOLCÁN NEVADO DEL TOLIMA

IDEAM, PÁGINA PRINCIPAL ([HTTP://WWW.IDEAM.GOV.CO](http://www.ideam.gov.co))

PRESENTACIÓN

Los cambios climáticos han sido elemento común durante el Cuaternario (período geológico actual que comenzó hace aproximadamente dos millones de años); descensos y aumentos de temperatura trajeron como consecuencia glaciaciones, redistribución de especies vegetales y animales, sedimentación y cambios del nivel del mar.

Hace aproximadamente 116.000 años la temperatura del planeta comenzó a descender (Van der Hammen, 1985; Flórez, 1992). Pero fue solo hace 70.000 años aproximadamente cuando ocurrió un descenso térmico pronunciado que generó sobre las cimas de las montañas colombianas un fuerte crecimiento en sus glaciares. Este fue el inicio de la última glaciación sobre el territorio colombiano.

La máxima extensión de los glaciares en nuestro medio alcanzó los 3000 (\pm 200) metros sobre el nivel del mar hacia los 35.000 años A.P. (Van der Hammen, 1985) ocupando una superficie de 17.109 Km² (Flórez, 1992). Para aquel tiempo la Sabana de Bogotá tenía vegetación de páramo. La temperatura continuó disminuyendo hasta aproximadamente 20.000 años A.P.; posteriormente la tendencia fue al aumento de la temperatura lo que generó una deglaciación de las masas de hielo (fusión).

Este ascenso continuó hasta un óptimo térmico entre los 6.000 y 7.000 años A.P. Se ha tomado como época media 10.000 años A.P. como fin de la última glaciación y el comienzo del interglacial o época actual. A partir de aquel óptimo térmico la temperatura ha descendido gradualmente pero con descensos y ascensos cortos como el actual, que posiblemente tenga influencias antrópicas.

El último avance glaciario (formación de hielo) ocurrió entre los años 1600 y 1850 D.C conocido como la Pequeña Edad Glacial o Neoglaciación, período en el cual los glaciares colombianos se recuperaron un poco con un límite inferior del hielo que alcanzó los 4200 m.s.n.m. cerca al ecuador, 4400 m.s.n.m. en la parte central de los Andes colombianos y 4600 m.s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta (Flórez, 1992).

De aquellos años hacia el presente, los glaciares han ido en pleno retroceso. En la década del cuarenta se presentó una anomalía térmica mundial que se reflejó en nuestros glaciares; así lo demuestran investigaciones realizadas por E. Kraus en la Sierra Nevada del Cocuy quien observó un fuerte retroceso entre 1948 y 1958.

Por consiguiente, los glaciares colombianos son tan solo restos de la última glaciación y con tendencia a desaparecer rápidamente si persisten las actuales condiciones climáticas que no dan lugar a la existencia y crecimiento del hielo. (Figura No. 1)

En nuestro planeta tan solo tres regiones presentan actualmente glaciares cerca al Ecuador, Nueva Guinea, África Oriental y Los Andes. Estas masas glaciarias se catalogan como **Glaciares de Montaña** por su ubicación topográfica culminando la alta montaña o **Glaciares Cálidos o Intertropicales** por tener temperatura próxima o igual al punto de fusión (Flórez, 1992).

LOS GLACIARES COLOMBIANOS ACTUALES

En Colombia existen actualmente seis (6) glaciares o nevados (figura No. 2). Ellos son:

Sierra Nevada de Santa Marta (máx. altitud 5775 m.), volcán Nevado del Ruiz (Cordillera Central, 5400 m.), volcán Nevado Santa Isabel (Cordillera Central, 5110 m.), volcán Nevado del Tolima (Cordillera Central, 5280m.), volcán Nevado del Huila (Cordillera Central, 5655 m.), y Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental, 5490 m.).

De los seis, cuatro están sobre estructuras volcánicas clasificadas como activas (volcanes-nevados) y los dos restantes están sobre rocas no volcánicas (sierras nevadas de Santa Marta y El Cocuy). En la actualidad y debido a condiciones exógenas (cambio global) y endógenas (volcanismo), los neva-

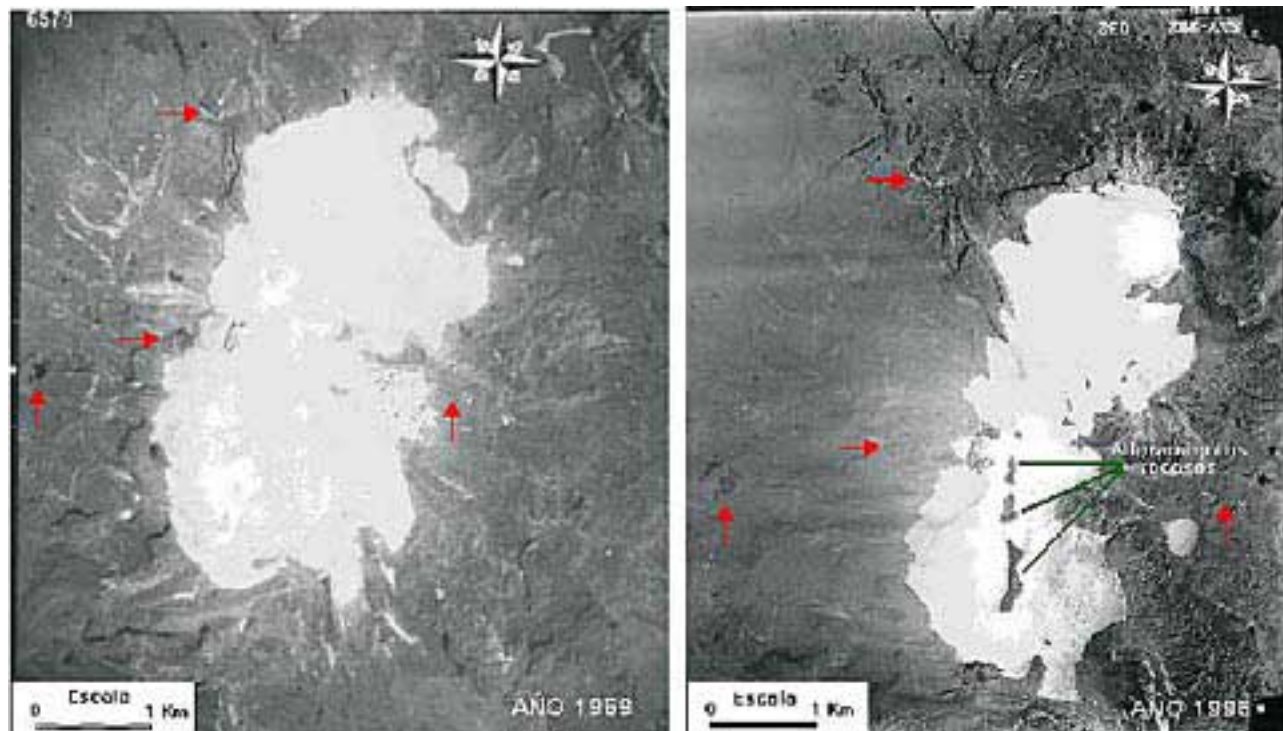


Figura No. 1. Comparación en dos fotografías aéreas a escalas similares, la cual muestra la disminución de área glacial en el volcán nevado Santa Isabel entre 1959 (izquierda) y 1996 (derecha). Las flechas de color rojo detallan puntos de comparación con el fin de visualizar de una mejor forma dicha disminución; obsérvese además en la foto del 1996 la aparición de afloramientos rocosos en la cima del glaciar. Fuente: Fotografías aéreas IGAC.

dos en nuestro país presentan un balance glacial de masas negativo, es decir mayor pérdida que crecimiento de hielo. La figura No. 3 representa las áreas actuales de acuerdo con los cálculos más recientes.

LA INVESTIGACIÓN DE GLACIARES EN EL TERRITORIO NACIONAL

La observación, monitoreo y captura de información estrictamente glaciológica y climatológica de los glaciares o nevados colombianos ha sido poca, pero lo suficiente como para lograr interesantes conclusiones y plantear algunas hipótesis.

Las masas glaciares actuales de Colombia, relictos de la última glaciación, son de gran interés científico. En la actualidad el IDEAM, realiza estudios a nivel de glaciología en el Volcán Nevado Santa Isabel y la Sierra Nevada del Cocuy, por ser dos áreas que presentan condiciones distintas en relación al substrato rocoso: el primero se encuentra sobre un volcán catalogado como activo (cordillera Central), y el segundo sobre rocas sedimentarias (cordillera Oriental).

Los estudios glaciológicos en Colombia presentan dificultades para su desarrollo debido a que el acceso a estas áreas de alta montaña, es difícil y no siempre las condiciones de tiempo atmosférico son las mejores para realizar su monitoreo. Debido a ello solo la época óptima para visitarlos es al final y a comienzo de año, dependiendo siempre de la posición de la Zona de Confluencia Intertropical.

El cálculo de áreas glaciares se realiza con base en interpretación de fotografías aéreas, cuya información es transferida a bases cartográficas. El volumen exacto de hielo de los glaciares colombianos

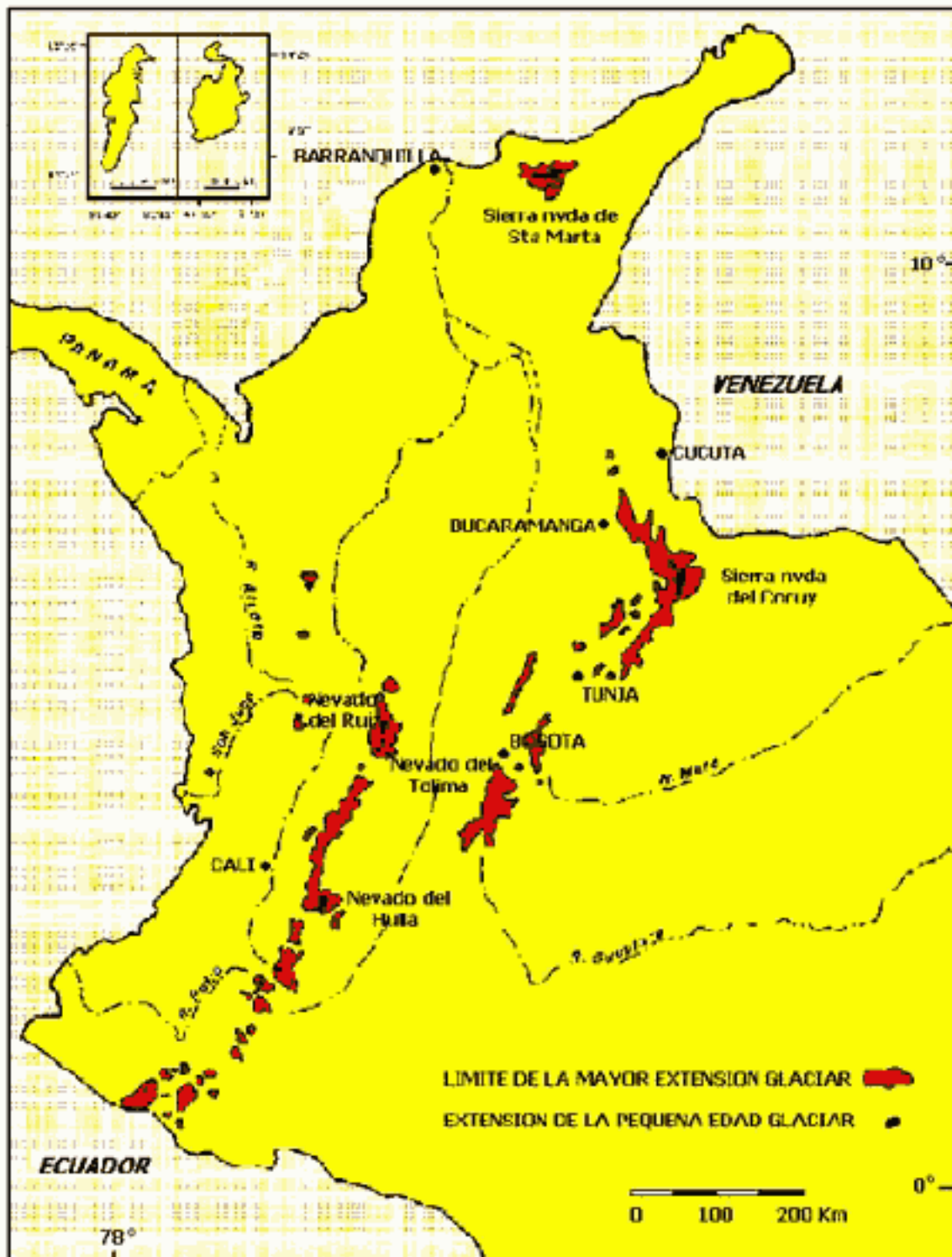


Figura No. 2. Ubicación de los glaciares o nevados actuales del país.

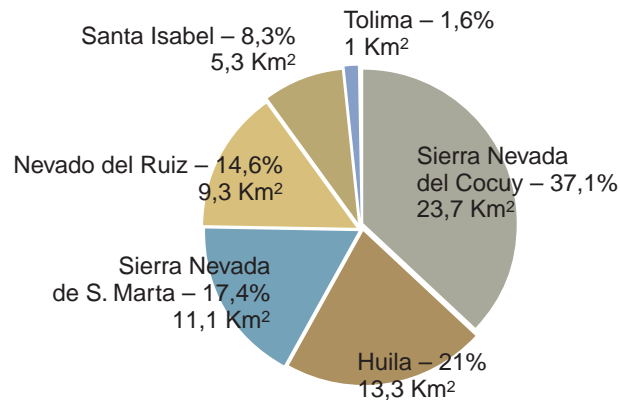


Figura No. 3. Área actual de los glaciares en Colombia. Fuente: Estudio de la Alta Montaña Colombiana. Convenio IDEAM-UNAL 1997. Area Total 63.7 Km².

sigue siendo incertidumbre y tema de investigación. El método más exacto y directo consiste en la utilización de técnicas de prospección geofísica que hasta el momento solo el Ingeominas está intentando llevar a cabo en el Nevado del Ruiz. Mediante estos métodos geofísicos y desde la superficie del hielo se puede conocer con exactitud su profundidad o espesor. Conociendo la profundidad en varios puntos y el área es posible calcular el volumen.

RECESIÓN DE LOS GLACIARES

En Colombia nuestros glaciares están siendo sometidos a una fuerte deglaciación provocada por causas naturales y acelerado por el hombre a través de sus actividades (efecto invernadero).

Como ya se explicó los glaciares tienden a desaparecer a corto y mediano plazo, tal como se ha venido evidenciando y registrando la desaparición de varios de ellos (Tabla No 1).

En total ocho pequeños nevados han desaparecido en el presente siglo, bien sea por efectos atmosféricos o por reactivación volcánica (Galeras, por ejemplo), aunque en épocas de lluvia estos y otros picos altos se cubren temporalmente de nieve pero no hay formación de hielo.

Se ha calculado la «Posible desaparición de los glaciares colombianos» cuyos resultados se presentan en la figura No. 4 y donde se expresa aproximadamente el plazo de su existencia, calculado con base en las huellas dejadas por el hielo al final del neoglacial (1850), fotografías aéreas de varias décadas y con datos recientes de campo.

Glaciar o Nevado	Año	Localización Latitud-Longitud	Departamento
Volcán Puracé	1940	2°19' - 76°24'	Cauca-Huila
Volcán Galeras	1948	1°14' - 77°22'	Nariño
Volcán Sotará	1948	2°06' - 76°36'	Cauca-Huila
Volcán Chiles	1950	0°50' - 71°56'	Nariño
Volcán Pan de Azúcar	1960	2°16' - 76°21'	Cauca-Huila
Volcán Quindío	1960	4°43' - 75°23'	Risaralda-Tolima-Quindío
Volcán del Cisne	1960	4°51' - 75°21'	Caldas-Tolima
Volcán Cumbal	1985	0°58' - 77°54'	Nariño

Tabla No.1. Glaciares colombianos desaparecidos en el presente siglo.

Vistos de esta manera, los nevados del Ruiz y del Tolima serían los más próximos a desaparecer y el Nevado del Huila el más longevo. Esta información variaría si, por ejemplo, se diera una reactivación volcánica, la cual aceleraría la deglaciación.

Vale la pena aclarar que es poca la observación sobre los nevados con relación a su larga historia, pero a medida que se desarrolle su investigación y se tengan más registros, se conocerán mejor sus comportamientos, en especial la información que ellos puedan aportar al entendimiento de los cambios climáticos.

Los análisis realizados a través de los resultados obtenidos mediante la interpretación de fotografías aéreas, ha permitido conocer aproximadamente la pérdida en área desde 1850 (final del neoglacial) hasta la actualidad para cada nevado (figura No. 5); en general dicha pérdida está entre un 60 y un 80%.

Las causas de la rápida deglaciación convergen a factores que a nivel mundial afectan la dinámica de la atmósfera, como es el caso de los efectos del desarrollo de la industrialización, sin control de emisiones.

Glaciares semejantes a los de Colombia como el Lewis (monte Kenia) en Africa Oriental, experimentó un rápido decrecimiento entre 1920 y 1930 debido según investigaciones, a una reducción de la precipitación, incremento en la nubosidad, decrecimiento del albedo y calentamiento de unas pocas décimas de grado centígrado. Estos factores generados en las dos últimas décadas del siglo XIX fueron consideradas como causas para el inicio de la recesión glaciaria en Africa Oriental. No se deben excluir causas naturales como las ya explicadas, pero el conocimiento actual impide por el momento plantear conclusiones sólidas.

Al comparar las pérdidas de los glaciares en Colombia con información de temperatura media anual de algunas estaciones de alta montaña con largos registros (figura No. 6) es posible observar una tendencia al aumento en unas cuantas décimas de grado desde mediados de la década del 70, cuyas causas no son conocidas pero probablemente estarán relacionadas con el calentamiento global.

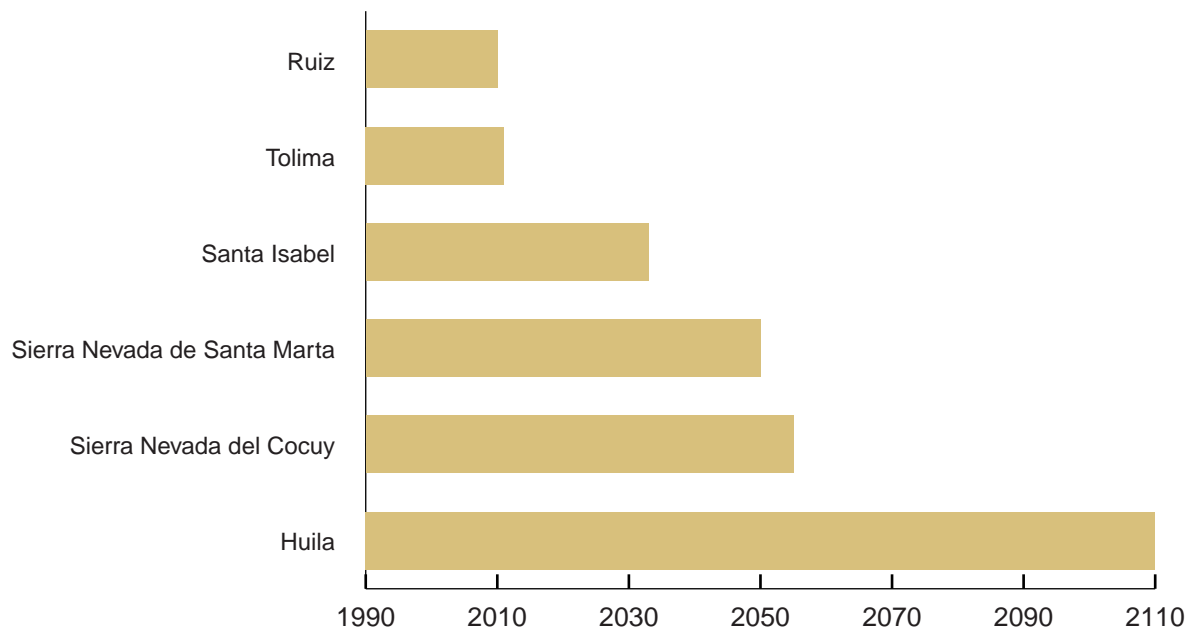


Figura No. 4. Análisis de información de campo y de interpretación de fotografías aéreas, permitieron establecer una época aproximada en la que desaparecerán los glaciares en el país. Fuente: «Estudio de la Alta montaña colombiana». IDEAM-UNAL, 1998.

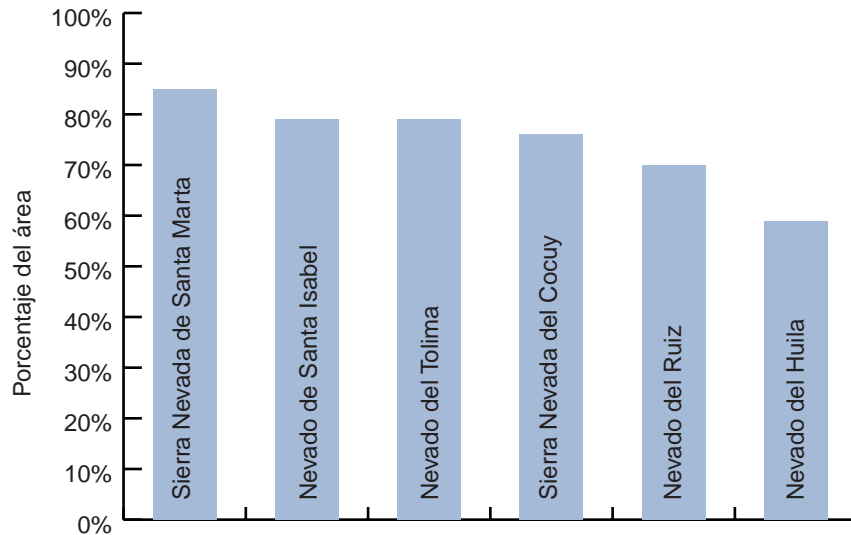


Figura No. 5. Pérdida de área en porcentaje de los glaciares desde 1850.

Llama la atención el aumento de la temperatura media entre los años 1986 y 1988, que de ser cierto la tendencia a nivel nacional (investigación en curso), posiblemente afectará los glaciares en los próximos años debido a que las masas de hielo tienen un «tiempo de respuesta» que es la medida en tiempo (años) que tarda un glaciar en ajustarse a los cambios climáticos. Para Colombia este tiempo es desconocido pero se puede comparar, a modo de idea, con los glaciares africanos que podría ser del orden de una o dos décadas. Sin embargo la ocurrencia del último Fenómeno Cálido del Pacífico afectó fuertemente los nevados, experimentándose para el caso de la Sierra Nevada de El Cocuy, retrocesos de hasta 30 metros en promedio entre enero de 1997 y enero de 1998, cuando lo normal es de 10 a 15 metros por año. La casi nula nubosidad aumentó el tiempo de exposición del hielo a la radiación lo que dio origen a su rápida fusión.

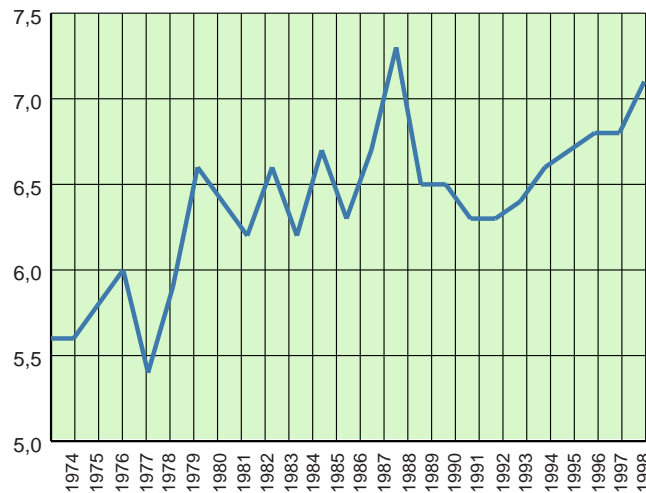


Figura No. 6. Temperatura media anual (1974-1994). Estación: El Cocuy (3716 m.s.n.m.) Güicán (Boyacá) - Q. Lagunillas.

ESTADO ACTUAL DE LOS GLACIARES EN COLOMBIA

SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Los glaciares actuales de la Sierra Nevada de Santa Marta se ubican entre las coordenadas 10° 47' y 10° 52' de latitud norte y 73° 34' y 73° 44' de longitud oeste ocupando las cumbres de la Sierra, macizo litoral más alto del mundo, lo que hace especial a sus glaciares, particularmente por su latitud más norte que la del resto del país (figura No.1).

El área glaciar hace parte de los municipios de Riohacha y San Juan del Cesar en el Departamento de La Guajira, Santa Marta y Aracataca en el Magdalena y Valledupar en el Cesar.

EL PLENIGLACIAL

Durante el mayor avance glaciar en la Sierra, la masa de hielo tuvo su límite inferior entre los 3300 y 3400 m pero en algunos lugares alcanzó incluso los 2800 m., cubriendo un área de 1239 Km². De aquel máximo avance quedó un sistema morrénico conocido con el nombre de Estadio Aduriameina. Posteriormente, un segundo y marcado avance dejó un sistema de morrenas. A este avance se le conoce como Estadio Mamancanaca ubicado entre los 3500 y 3400 m. (Figura No. 1). A estos máximos glaciares pueden atribuírseles el modelado del relieve hoy existente con sus numerosas lagunas.

EVOLUCIÓN RECIENTE (1850 - 1995)

Durante la Pequeña Edad Glaciar o Neoglacial (1500 - 1850), el hielo en la Sierra alcanzó a cubrir 82,6 Km² con un volumen aproximado de 2223,0 x 10⁶ m³ y un límite inferior del hielo entre los 4400 a 4700 metros de altitud. Este avance produjo un sistema morrénico bien diferenciado conocido bajo el nombre de Estadio Bolívar.

De acuerdo con la figura No.1, el glaciar se distribuía en tres masas alargadas en sentido Este - Oeste respondiendo principalmente a condiciones topográficas. Resalta el hecho que el límite inferior del hielo descendía más por los flancos Norte y Noroeste (4400 - 4500 m) que por el sur (4600 - 4800 m).

Así mismo, la distribución del hielo presentaba disimetrías desde el Estadio Mamancanaca (14000 - 21000 años A.P.) cuando la mayor parte de la masa glaciar se encontraba hacia el sur pero respondiendo ello también a condiciones topográficas.

A partir del año 1850 el retroceso glaciar y pérdida en área y volumen ha sido la característica más sobresaliente (figura No. 2). Desde 1939 se ha venido monitoreando el fenómeno gracias a un cubrimiento aerofotográfico decadal continuo. Las particularidades en 145 años de la dinámica glaciar en la Sierra Nevada de Santa Marta se pueden resumir en:

1. Al finalizar la Pequeña Edad Glaciar solo tres grandes masas conformaban el piso glaciar.
2. Para 1954 (un siglo después) la masa había perdido un 76% de su área y se había dividido en 50 glaciares de diferente tamaño. Esta división en varias masas es ciertamente uno de los factores que aceleró la deglaciación por la exposición de mayor área a los agentes atmosféricos.
3. Entre 1954 y 1995 (41 años) 17 masas de hielo entre 3 y 10 ha. desaparecieron debido a estas condiciones de poco tamaño y nula alimentación. Para 1995 la Sierra estaba conformada por 43 glaciares. Esta cifra es resultado de la subdivisión de algunos glaciares y la desaparición de otros.

4. Las principales lenguas glaciares han retrocedido en estas cuatro últimas décadas entre 6 y 17 metros aproximadamente por año, dependiendo de la alimentación y topografía subyacente al glaciar.

7. Como consecuencia de la fusión glacial es evidente la formación de veinte lagunas, de las cuales cuatro se han colmatado.

8. Desde los años 50 se aprecia una paulatina deglaciación no solo en el límite inferior sino en las cumbres, traducida en cornisas desnudas. Esta característica es la más destacable en la actualidad (figura No. 3).

MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL

Los 11,1 Km² actuales (1995) de hielo, se reparten en 43 masas independientes con áreas que van desde 1 hasta 300 ha. Debido a la fuerte deglaciación varios aspectos morfológicos definen hoy a la Sierra:

El fenómeno es generalizado y afecta tanto a su límite inferior (que retrocede continuamente) como a las cimas que presentan numerosas cornisas de roca ya desnuda, en donde el hielo por falta de alimentación no puede sostenerse en aquellas fuertes pendientes en que culmina la Sierra. Como resultado, nueve picos ya no están glaciados: Parra Lleras, Menders, Ruiz Wilches, Ojeda, Tulio Ospina, Codazzi, Nevado Ramírez, Tairona y Guardián.

Un aparente estado caótico o desordenado de los glaciares en grupos diseminados, muchos de ellos sin alimentación y ocupando generalmente el pie de las cornisas. Esto se debe en parte a las condiciones topográficas (pendientes fuertes) que limitan la permanencia, flujo y alimentación del hielo.

Un aspecto interesante sigue siendo la vertiente hacia la cual están presentes las masas de hielo. Análisis sobre fotografías aéreas demuestran una acumulación preferencial hacia los flancos con exposición norte y noroeste. Esto indicaría, o bien condiciones climáticas (vientos) favorables a la formación de hielo, o topográficas que facilitan su acumulación.

Este último factor tomaría fuerza ya que las rocas metamórficas ofrecen un relieve fuerte de valles tectónicamente controlados que determina la localización de los glaciares, pero la tendencia de acumulación hacia el norte llama la atención especialmente si se observa que hacia el sur hay superficies con pendientes muy similares que permitirían la acumulación del hielo.

Esta exposición actual hacia el norte coincide además con la vertiente más húmeda en su parte media pero dado el desconocimiento del comportamiento climático en la alta montaña de la Sierra, no es posible deducir que la humedad también pueda afectar la acumulación del hielo hacia ciertos flancos.

Este análisis teórico necesitaría de información primaria que la sustente, pero es de suponer que es en primer lugar la forma del relieve y luego las condiciones climáticas que determinan la ubicación actual del hielo para la Sierra Nevada de Santa Marta.

De acuerdo con cálculos areales entre 1954 y 1995 la Sierra presenta una tendencia actual a perder el 1,3% anual. Este dato se toma como base para hacer una aproximación acerca de su evolución y decir que si continúan las presentes condiciones climáticas y estimando estas pérdidas anuales de forma similar, los glaciares de la Sierra desaparecerían aproximadamente en el año 2050.

DISTRIBUCIÓN DEL DRENAJE DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA

La Sierra Nevada de Santa Marta es una estrella hidrográfica donde nacen ríos hacia las vertientes norte, occidental y suroriental. Los cauces principales confluyen al mar Caribe (Figura No. 1).

Hacia el norte corre el río Palomino, con otros cauces de menor caudal que drenan directamente al mar Caribe. Otras grandes cuencas como la del Tucurinca y Mamancanaca recogiendo numerosos ríos

primarios y quebradas de segundo y tercer orden primordialmente, pasa a llamarse Río Aracataca drenando directamente a la ciénaga Grande de Santa Marta.

Hacia la vertiente suroriental el río Guatapurí recoge el drenaje proveniente del río Donachuí y gran cantidad de afluentes menores, el Guatapurí drena finalmente al río Cesar.

La cuenca del Palomino recibe un 52% del total del drenaje del glaciar de la Sierra, perteneciente a la vertiente norte caracterizada por mayor humedad que el costado sur del macizo, mientras que la cuenca del Tucurín y Mamancanaca reciben un 27% (vertiente occidental) y la del Guatapurí recoge un 20% aproximadamente.

SIERRA NEVADA DEL COCUI

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La Sierra Nevada del Cocui se localiza sobre las cumbres más altas de la cordillera Oriental entre las latitudes 6° 21' a 6° 34' y entre los 72° 15' a 72° 20' de longitud oeste, siendo la única área glaciar actual sobre esta cordillera.

Administrativamente la Sierra pertenece a los municipios de Chita, El Cocui y Güicán en el Departamento de Boyacá y a los de la Salina en Casanare y Tame en Arauca.

EL PLENIPLACIAL

Muy posiblemente durante la máxima extensión glaciar, la Sierra Nevada de el Cocui cubría desde la Laguna de Tota hasta el Páramo de Berlín (figura No. 1) con un límite glaciar que alcanzó los 2600 msnm en algunos lugares. Posterior al máximo avance sobrevino el receso glaciar con avances menores (Estadios). Lo que hoy se aprecia son los restos de la última glaciación y cubre las partes más altas de la cordillera.

EVOLUCIÓN RECIENTE (1850 - 1994)

La Sierra Nevada del Cocui siempre ha sido (inclusive actualmente) el área glaciada más extensa del país por lo menos desde el final del Neoglacial. La disposición del sustrato (arenisca) formando planos estructurales (reveses) subhorizontales ha facilitado la formación de los glaciares.

Para 1850, según registros morrénicos, el Cocui ocupaba el 43% de los nevados (148,7 Km²). Posterior a esa fecha, el fenómeno como ya se ha explicado, ha sido el del constante retiro o deglaciación, traducido en pérdida de área y volumen. Dentro del período observado se destaca para la Sierra lo siguiente:

- Entre 1850 y 1955 (105 años) la Sierra perdió un 76% de su área y entre 1955 y 1994 (39 años) perdió el 39%.
- El soporte estructural de la Sierra ha condicionado la acumulación y flujo glaciar: Las capas sedimentarias buzcan hacia el oeste siendo consecuentes con las pendientes (revés), mientras que al este, afloran las capas cortadas y con inclinación opuesta a la pendiente del terreno por lo que se forman cornisas abruptas (frentes) (figura No. 2). Como consecuencia, los glaciares prevalecen sobre dos reveses de la Sierra. Sobre el escarpe número 1 de la Figura 2 de mayor extensión, se han acumulado la mayor parte de los glaciares, flanco que justamente está expuesto a la vertiente de condiciones secas (Chicamocha) comparado con la vertiente oriental más húmeda (Llanos Orientales). Esto como se menciona, es por razones estrictamente topográficas.

- Se ha monitoreado el retroceso de una decena de lenguas glaciares cuyo comportamiento se muestra en la figura 2. Según estas observaciones y mediciones de campo, la velocidad del retiro es de 15 metros por año.
- El lugar clásico de observación del retroceso glaciar ha sido el glaciar que culmina en el Pico El Cóncavo, allí Erwin Krauss desde 1938 inició la observación del receso glaciar y periódicamente se realiza la misma tarea cuyos resultados aparecen en la (figura No. 3). En 1938, este glaciar caía directamente sobre la Laguna Grande con paredes de 60 a 70 metros aproximadamente formando «iceberg» en la laguna (Krauss). Hoy el glaciar se halla a medio kilómetro de distancia y 180 m. de altura lo separan de la laguna.
- Al comenzar la década del 40 se presentó una anomalía térmica de amplitud mundial, lo que implicó un retroceso general de glaciares. Al respecto Krauss en su viaje de 1948 detectó un fuerte retroceso que podría correlacionarse con aquella anomalía que terminó en 1946.
- A propósito de pequeñas variaciones climáticas la información de temperatura de la estación climatológica más cercana a la Sierra a 3700 m. de altitud indica un aumento en la temperatura media de casi un grado y medio, (figura No. 4) afirmando con esto una causa del rápido receso glaciar. La gráfica muestra también un máximo en 1988, hecho que coincide con un aumento de la temperatura a nivel mundial en 1987.

MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL

La Sierra Nevada de el Cocuy es la masa glaciar más extensa del país (figura No. 5) ofreciendo para la alta montaña colombiana un paisaje espectacular a pesar de su disminución.

Las 34 masas glaciares actuales (1994) ocupan un área aproximada de 23,7 Km². El 80% se encuentra ubicado sobre el revés del escarpe expuesto al oeste (figura No. 2) una mínima parte aún permanece sobre los frentes que ofrecen una pendiente subvertical que imposibilita la acumulación de hielo. Además de lo anterior la Sierra Nevada del Cocuy se caracteriza por:

- Recessos fuertes en sus bordes glaciares del orden de 15 m/año en promedio y cuyo proceso se ha facilitado por:
- División de las masas glaciares: La división consiste en ruptura del glaciar al no poder soportar fuertes pendientes y por la disminución en su masa.
- La exposición del área glaciada hacia la vertiente de condiciones menos húmedas (Chicamocha) podría tener algún grado de importancia, pero se contraponen el hecho que los glaciares hacia el oriente tienen retrocesos similares. La falta de información climática no permite hacer mayores planteamientos.
- Localmente, detritos de lutita y arenisca negra desde pequeños bloques hasta limos incorporados en el glaciar, aumentan la absorción de energía y por consiguiente la fusión del hielo.
- El resultado de la pasada acción erosiva del hielo sobre los estratos sedimentarios ha formado escalones de 4 metros de alto en promedio sobre la arenisca. Por este efecto topográfico, el hielo actualmente ha disminuido de espesor, tratando de seguir los escalones por lo cual se agrieta o se desploma en bloques. Esto aumenta el área de exposición y lógicamente la fusión.
- Las fuertes pendientes son mayores a medida que se asciende. Para el hielo es cada vez más difícil sostenerse sobre las paredes, se fractura y cae periódicamente, quedando localmente expuesta la roca.
- Se han observado localmente túneles subglaciales de 1 a 1.5 m. de alto y ancho y 5 a 15 m. de longitud aproximadamente, producto de la concentración y escurrimiento de las aguas de fusión glaciar.

- Las masas mas grandes (Ritacubas, Laguna Grande, San Pablín Norte, Picacho y El Castillo) conforman el 64% de la Sierra y están separadas por abruptos estructurales.
- Por último, se ha calculado para la Sierra que de seguir el actual comportamiento de balance glaciar negativo y con una perdida de 1% anual, a mediados del próximo siglo existiría un mínimo de masa glaciar sobre los escarpes más altos (Ritacubas) (figura No. 6).

DISTRIBUCIÓN DEL DRENAJE

El eje de la divisoria hidrográfica tiene una dirección norte-sur a lo largo de 23 Kms. La Sierra Nevada del Cocuy es una estrella hidrográfica con dos grandes vertientes: Occidental (Magdalena) y Oriental (Orinoquia).

El balance de acumulación negativo que presenta la Sierra aporta gran cantidad de agua a la vertiente Occidental, de hecho, un 76% es drenado por los ríos: Lagunillas, Cóncavo y San Pablín afluentes del río Nevado que posteriormente desemboca al río Chicamocha, mientras en el costado Oriental nacen los ríos Playón, San Lope, Mortiñal y Negro que drenan hacia el río Casanare drenando un 7% del área glaciar. Los ríos Ratoncito y Bojabá fluyen al río Arauca evacuando un 17% del área glaciar.

El total de aporte a la vertiente Oriental es de un 24% del área glaciar. Cabe destacar que el flanco oriental hay un mayor aporte de agua por la alta precipitación y humedad.

VOLCÁN NEVADO DEL HUILA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El volcán nevado del Huila se localiza a los 2° 56' de latitud norte y 76° 02' de longitud oeste (punto central del volcán) siendo el más meridional y alto de la cordillera Central. Con base en cálculos fotogramétricos, Flórez (1992) calculó los cuatro puntos más altos del volcán-nevado, de sur a norte: 5655 m, 5469 m, 5631 m y 5516 m.

Su localización como volcán es particular ya que no conforma un grupo como la mayoría de volcanes; después del volcán Machín, último volcán del Macizo Ruiz-Tolima, hay un espacio de 185 km al sur sin existencia de estructuras volcánicas hasta el Huila.

Igualmente, el nevado ocupa la cumbre topográfica de la cordillera pero todos los cursos de agua que nacen allí drenan hacia el río Magdalena, caso particular en donde no coinciden la divisoria de aguas con la divisoria topográfica. Esto además de particular, tiene incidencia en los riesgos volcano-glaciares que se concentran hacia el flanco oriental de la cordillera (caso similar al del volcán-nevado del Tolima).

Administrativamente el nevado ocupa las jurisdicciones de los municipios de Teruel (Huila), Planadas (Tolima) y Belalcázar (Cauca).

EL PLENIGLACIAL

Es muy probable que una sola masa de nieve y hielo ocupara las áreas por encima de los 3000 m. desde el páramo de las Hermosas hasta el Macizo Colombiano (noreste del Páramo de las Papas) que también pudo haber sido la mas extensa Sierra Nevada para aquella época.

En el área del nevado del Huila existen vestigios que el hielo alcanzó los 3000 y 2800 m. como también de sistemas morrénicos o alturas superiores (estadios) pero al respecto, no se ha realizado una cronología de los eventos y su correlación con los de otras áreas del país.

MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL Y EVOLUCIÓN RECIENTE (1850-1996)

Durante la Pequeña Edad Glacial el Huila cubría 33,7 km² y el borde inferior llegaba a 4250 m (\pm 100).

La masa glaciaria sigue la configuración alargada del volcán de sentido norte-sur (6,5 km). Los 13,4 km² de hielo para 1996 (Ingeominas) lo hacen el segundo glaciar más grande del país (figura No. 1), aunque poco comparable con el área del Cocuy (el Huila es un poco más de la mitad del Cocuy).

A pesar que su altitud parece favorecer la alimentación del glaciar y reducir su deglaciación, y de haber sido el nevado con los índices más bajos de pérdida areal, el aspecto que ofrece actualmente es sorprendente: Es uno de los nevados más agrietados por todos sus flancos, característica que indicaría su estado senil sin mayor alimentación y con fuerte receso en volumen. También cabe anotar que el fuerte sismo del 4 de Junio de 1994 que desató una avalancha sobre la cuenca del río Páez debió aumentar el sistema de grietas del glaciar.

Si bien su área ha disminuido poco en los años observados, parece por su morfología agrietada, que su espesor se ha reducido bastante. Además le sucede como al resto de los glaciares que el receso ha empezado a despejar de hielo las cumbres y ya son apreciables algunos afloramientos rocosos sobre los flancos y cimas. Las fumarolas en la cima del volcán a través del hielo aumentan evidentemente la fusión local del hielo.

El Huila actualmente presenta una tasa de pérdida en su área de 0,7% anual, la menor de los glaciares, lo que haría de este nevado el más duradero si continúan las actuales condiciones climáticas.

VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El conocido volcán del Ruiz (también llamado antiguamente por los primeros pobladores indígenas, Cumanday o Tamá) se ubica en las coordenadas geográficas 4° 54' de latitud norte y 75° 19' de longitud oeste (punto central del Volcán) y alcanza una altitud de 5310 m. en el borde noroccidental del cráter Arenas, sobre el eje de la cordillera Central, siendo el glaciar (y el Volcán activo) más septentrional de esta cordillera.

Político-administrativamente pertenece a los municipios de Villamaría (Caldas), Casabianca, Villahermosa y Murillo (Tolima), además de ser parte del Parque Nacional Natural Los Nevados.

EL PLENI-GLACIAL

El volcán durante el mayor avance glaciario estuvo cubierto por hielo hasta los 3200-3400 m. por el flanco Occidental y 3000-3200 m. por el flanco Oriental (Flórez, 1992).

Para aquella época pleniglacial (45000-35000 años AP, Flórez, 1992), una sola masa glaciaria cubría toda esta zona desde el sur del nevado del Tolima hasta cerca de Pensilvania (Caldas), 55 km al norte del Ruiz) (figura No. 1). Posterior al máximo avance glaciario, ascensos y descensos térmicos hicieron que el hielo fluctuara entre los 4000 y 3400 m. Aproximadamente.

Al final de la última glaciación y con el respectivo aumento térmico, el hielo solo cubría altitudes superiores a los 4000 m., y continuaban unidos mediante el hielo, los volcanes Ruiz, Cisne, Santa Isabel y Quindío (excepto el Tolima).

Durante la pequeña edad glaciaria la masa logró descender hasta los 4500 m. por el occidente y 4300 m. por el oriente cubriendo las estructuras volcánicas adventicias de La Olleta y La Pirámide.

EVOLUCIÓN RECIENTE (1850-1997)

No solo el receso generalizado y global ha afectado los glaciares, también la actividad volcánica para este caso ha acelerado el retiro. Los reportes históricos de actividad después de la Pequeña Edad Glaciar (1845, 1934, 1984-1990) seguramente aceleraron la fusión glaciaria.

Los eventos de 1845 y 1985 se reseñan brevemente más adelante para explicar las amenazas y riesgos inherentes a la relación glaciar-volcán, menores actualmente pero de todas maneras potenciales.

Es de destacar que a pesar de la actividad volcánica la velocidad de deglaciación ha sido similar no solo a la de otros volcanes-nevados sino a la de las Sierras Nevada, lo que conduciría a pensar en la fuerte incidencia exógena.

Prácticamente la historia reciente del retroceso glaciario del Ruiz se divide en dos: antes y después de la actividad de 1985. Entre 1850 y antes de los inicios de la actividad, la deglaciación fue a un ritmo de 0,5% anual en promedio. Durante la mayor actividad volcánica presentada a finales de 1985 el Ruiz perdió aproximadamente un 10% de su masa glaciaria (1,7 km²); posteriormente, las pérdidas han sido de 5% anual en promedio, perdiendo en los últimos 10 años un 45% del área glaciaria (figura No. 2).

En cuanto a pérdidas de volumen, el glaciar del Ruiz es uno de los mejores estudiados. El proceso de disminución del volumen se resume en la tabla No. 2.

Según esta tabla, la mayor pérdida se produjo en los períodos 1946-1954 y 1975-1985, este último debido en gran parte a la erupción de 1985. Lo interesante es que para Linder «la erupción de 1985 no produjo una pérdida anormalmente alta de volumen», él calcula una fusión de 115 millones de m³. Esto reforzaría la propuesta de la fuerte influencia climática en la deglaciación de las masas de hielo.

La fuerte pérdida de volumen que detectó Linder entre 1946 y 1959 (139.4 x 10⁶m³) parece correlacionarse bien con la anomalía térmica mundial a principios de la década del 40 y con el fuerte retroceso observado por Krauss en 1948 en la Sierra Nevada del Cocuy.

MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL

La mayor parte de los actuales 9,37 km² (1997) del hielo del Ruiz, cubren la «meseta» superior que caracteriza al volcán. Una menor porción del actual hielo desciende por los fuertes escarpes del volcán especialmente hacia el sur y sureste. El límite inferior glaciario o frente de ablación se ubica entre los 5000 al sur y los 5200 al norte.

El receso desde 1959 ha afectado en particular las largas lenguas que caracterizaban al Ruiz como Nereidas, Recio y La Cabaña actualmente inexistentes. Es común también para el Ruiz la existencia de túneles subglaciares resultado de la concentración de aguas de fusión y calentamiento endógeno.

Período en años	Pérdida volumen (millones de m ³)
1946 - 1954	139,4
1959 - 1975	42,5
1975 - 1985	137,7
1985 - 1987	64,9
1959 - 1987	238,7

Tabla No. 2. Pérdidas aproximadas de volumen para el nevado del Ruiz. (Tomado de Linder, 1993).

Actualmente el Ruiz posee una masa glaciaria continua en la «meseta» de 8,44 km² aproximadamente y dos masas independientes catalogadas como hielo muerto (sin alimentación) correspondientes a restos de las lenguas más largas que tuvo el Ruiz; Nereidas (0,68 km²) y Regio (0,25 km²).

SISTEMA DE DRENAJE

El nevado del Ruiz hace parte de la divisoria de aguas de la cordillera Central. El río Recio posee un área de alimentación de un 36% y el río Chinchina de 40.3%, mientras que hacia el río Lagunillas un 18,4% drena del glaciar.

El nevado del Ruiz, presenta cuatro grandes receptores de drenajes: el río Lagunillas, río Gualí, río Recio y río Chinchiná, que hoy por los procesos acelerados de fusión recogen más agua y mayor cantidad de sedimentos provocando una mayor inestabilidad y disección de las corrientes. Los tres primeros vierten sus aguas a la vertiente oriental de la cordillera Central entregando sus aguas al río Magdalena.

Es muy importante tener en cuenta, que aunque la masa glaciaria se haya reducido considerablemente desde 1850, el área actual representa un alto volumen de agua, que con cualquier activación de las erupciones volcánicas fácilmente consigue fundirse.

VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El punto central del nevado corresponde a las coordenadas geográficas 4° 48' latitud norte y 75° 23' de longitud oeste, la mayor altura que alcanza el Santa Isabel es 5020 m (?) y sus máximas alturas coinciden con la divisoria de aguas de la cordillera Central.

Este volcán nevado corresponde político-administrativamente a los municipios Santa Isabel y Murillo en el departamento del Tolima, Villamaría en Caldas y Santa Rosa de Cabal y Pereira en Risaralda.

EL PLENI-GLACIAL

Una masa continua de hielo y nieve cubría todo el complejo volcánico Ruiz-Tolima y llegaba cerca a Pensilvania (Caldas 55 km al norte del Ruiz) (Fig. 1.19) con un límite inferior glaciario máximo por el flanco oriental de 3100 m (± 200) y de 3400 m (± 200) por el occidente, límites que correspondían con el máximo descenso de algunas lenguas glaciares ya que el área de acumulación de hielo estaba por encima de los 3600 m.

Al finalizar la última glaciación (tardiglacial, 14000 - 10000 años AP) existía aún una masa glaciaria continua para esta zona, excepto el nevado del Tolima que ya se había separado. El límite inferior del hielo para la época se ubicaba por encima de los 4000 m.

Ya para el Holoceno medio (7500 - 3000 años AP) los glaciares de esta zona se individualizaron. A partir del máximo térmico hace aproximadamente 6500 años la temperatura ha descendido gradualmente con pequeñas oscilaciones como el pequeño aumento debido al efecto invernadero.

Durante la Pequeña Edad Glaciaria, el Santa Isabel logró descender hasta los 4350 m. por el oriente y 4500 por el occidente con un área de 27.8 km².

EVOLUCIÓN RECIENTE (1850-1997), MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL

La dinámica reciente del volcán-nevado Santa Isabel se puede sintetizar así:

- Históricamente el hielo del Santa Isabel ha descendido más por el flanco oriental (figura No. 1), pero en los últimos 30 años la situación se invirtió. Esto se explicaría por la actividad volcánica superficial expresada en fumarolas por el flanco oriental y aparentemente un leve aumento de la temperatura de la roca que acelera la fusión.
- La figura No. 2 muestra la evolución del límite inferior glaciar desde 1850, en donde para 1995 el límite tiende a ser igual en ambos flancos pero visto el glaciar en planta se aprecia claramente en el sector central del glaciar y por el flanco oriental, cómo el retroceso ha sido muy superior «adelgazando» la masa glaciar. Esto evidenciaría un calentamiento local subsuperficial.
- Entre 1959 y 1995 (36 años) el Santa Isabel perdió 44% de su área, comportamiento similar analizado para otros glaciares (volcánicos y no volcánicos).
- Así como en algunos glaciares de las Sierras Nevadas de Santa Marta y El Cocuy, el receso ha afectado tanto su límite inferior como las cimas. Para el caso del Santa Isabel desde hace pocos años se han venido despejando varios afloramientos rocosos cerca a la cima dejando ver algunos domos que caracterizan al volcán; de hecho, 13 hectáreas de «calvas» o rocas desnudas afloran actualmente en la parte superior del flanco oriental del glaciar. Al respecto, se plantea la inquietud de la influencia exógena (acaso vientos provenientes del valle del Magdalena?).
- Es muy probable que el próximo cambio importante en este glaciar sea su división en dos masas divididas en el centro donde la fusión ha sido particularmente rápida.
- Monitoreos de campo demuestran una velocidad aproximada de retroceso glaciar (pérdida de hielo en longitud) entre 10 - 15 m/año (valores similar para la Sierra Nevada de El Cocuy).
- La actividad reciente del volcán del Ruiz aceleró la fusión en el Santa Isabel por caída de ceniza y lapilli sobre este. Según mediciones hechas en los últimos años, la pérdida de espesor ha variado entre 2 y 3 m por año. Con base en las medidas fotogramétricas hechos por Linder (1990) las pérdidas en espesor para el período 1959 - 1987 varían entre 20 y 70 m en los bordes y entre 10 y 20 m en la parte alta.
- El área glaciar actual es de 5.3 Km².

SISTEMA DE DRENAJE

El nevado volcán Santa Isabel se ubica en las divisorias de la cordillera Central, y su masa glaciar se halla sobre el estrato-volcán en donde alternan capas de lava de forma y composición diferentes (Flórez, 1992).

La red de drenaje se presenta de forma radial, adaptándose a la estructura estrato-volcánica. El glaciar por el costado occidental aporta aguas a los ríos Claro que desemboca directamente en el río Magdalena, como al río Otún que drena al río La Vieja, aproximadamente un 41% de la masa glaciar total, drena a la vertiente occidental de la cordillera central, río Cauca.

Mientras que el costado oriental los ríos Totarito con un 0,2% y el río Recio con un 30,2% recoge aguas producto de la deglaciación, drenando directamente a la vertiente oriental de la cordillera central, al río Magdalena. Además un alto porcentaje de la masa glaciar, un 27,7%, drena a Laguna Verde considerado como un sistema cerrado de drenaje.

La mayor actividad volcánica del Santa Isabel se presenta a finales del terciario y principios del cuaternario. Parte de los flujos lávicos que fluyeron del este y oeste según Flórez 1992, alcanzaron hasta 20 y 30 km, parte de dichos flujos se encauzaron y siguieron los cañones de los ríos Otún y Totaré en su salida; en los piedemontes formaron unos conos de deyección donde se asientan centros urbanos como Pereira y Dos Quebradas en Risaralda, y Venadillo y Lérica en el Tolima.

VOLCÁN NEVADO DEL TOLIMA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Volcán Nevado del Tolima hace parte del complejo volcánico Ruiz-Tolima. El glaciar yace sobre la parte superior del cono volcánico, estructura que por su buen estado de conservación (casi simétrico que indica actividad holocénica) y actividad fumarólica en su pequeño cráter e hidrotermal en la base, es clasificado como activo.

El volcán nevado con una altitud de 5250 m. aproximadamente en su cumbre, no se ubica sobre el eje de la Cordillera Central como el Ruiz o Santa Isabel; la estructura volcánica se halla sobre el flanco oriental y todos los drenajes corren hacia el río Magdalena. Hace parte de los municipios de Ibagué y Anzoátegui en el departamento del Tolima. El nombre deriva del vocablo indígena KARIB; «yma» que significa lo supremo y «tol», nieve; nieve suprema.

EL PLENIGLACIAL

Durante la máxima extensión glaciar de la última glaciación (30000 - 35000 años AP) una sola masa de hielo cubría todo el complejo volcánico Ruiz - Tolima. Las lenguas glaciares alcanzaron los 3000 m de altitud.

Para el final de la glaciación y debido al aumento térmico, el límite inferior del hielo se ubicaba en los 4000 m. y el Tolima ya era un glaciar independiente.

Posteriormente y durante la Pequeña Edad Glaciar (1850 D.C.) el hielo avanzó hasta los 4300 m. sobre el flanco sur y a 4450m. en los demás costados.

EVOLUCIÓN RECIENTE (1850 - 1997)

Desde la Pequeña Edad Glaciar, el Tolima siempre ha sido el glaciar más pequeño debido a la condición estructural (tamaño) que le imprime el mismo cono volcánico.

Entre 1850 y 1958 (108 años) el volcán perdió un 71% de su área y entre 1958 y 1997 (39 años) un 60%, el valor más alto respecto a los demás glaciares para este período, esto se debe principalmente a que por su área reducida cualquier pérdida porcentualmente eleva el dato (La evolución de su receso se muestra en la figura No. 1).

El receso en las últimas décadas se debe no solo a los pequeños cambios térmicos sino a la fuerte pendiente en la parte superior del cono volcánico.

MORFOLOGÍA Y TENDENCIA ACTUAL

Una pequeña masa de hielo ocupa la cumbre del volcán y de esta descienden algunas lenguas de hielo. También de la cumbre descienden flujos de lava holocénica que el glaciar no logró erosionar.

El límite inferior del hielo se ubica entre un amplio rango, 4850 (SW) y 5100 (NE) debido al descenso fuerte de algunas lenguas. El glaciar del Tolima por tener un área muy pequeña, su desaparición podría ser rápida. Se estima que de mantener la actual pérdida de área de 4.2% anual el glaciar desaparecería alrededor del año 2010 siendo el primero de los glaciares actuales en hacerlo.

A este análisis cuantitativo se opone el hecho que el Tolima culmina aproximadamente a los 5250 m., lo que supone una persistencia del hielo debido a la altitud y a las condiciones de humedad que harían mantener cierta acumulación, por lo menos en la cima del volcán.

SISTEMA DE DRENAJE

El volcán-nevado del Tolima con su estructura casi simétrica, posee un perfecto sistema radial de drenaje. El glaciar residual depositado sobre la cima sirve de alimentación a las cuencas de los ríos Totaré con un 41% y Combeima con un 52%.

En una menor proporción el nevado del Tolima aporta aguas a las cuencas del río Toche (Coello) con 41% y río San Romualdo (China) con un 5.6%. Las cuatro grandes cuencas Totaré, Combeima, Toche y San Romualdo drenan a la vertiente oriental de la cordillera Central, directamente al río Magdalena.