



INFORME DE ACTIVIDADES GLACIOLÓGICAS

2008 – 2009

Volcán nevado Santa Isabel - Sierra nevada de El Cocuy

Colombia



BICENTENARIO
de la Independencia de Colombia
1810-2010





**Informe de Actividades Glaciológicas:
Volcán nevado Santa Isabel - Sierra nevada
de El Cocuy. Colombia, 2008 - 2009.**

Autores

Jorge Luis Ceballos Liévano, IDEAM

jorgec@ideam.gov.co

Edgard Leonardo Real Núñez, Contratista

IDEAM

leonardo.real@ideam.gov.co

Félix Ignacio Meneses Arias, Consultor

Conservación Internacional Colombia -

IDEAM

Fimenesesa@ideam.gov.co

Subdirección de Ecosistemas e Información
Ambiental

Fotografías portada:

*Glaciar Ritacuba Blanco (2008), Cerros de la
Plaza (2008), Pico Cóncavo (2009), sierra
nevada de El Cocuy - Volcán nevado Santa
Isabel (2009). Foto Jorge Luis Ceballos L.*

Este documento se puede citar parcialmente con previa autorización de los autores.

Bogotá D.C., Mayo de 2010.

Disponible en www.Ideam.gov.co



Los autores agradecen a las siguientes personas, el apoyo en las labores de glaciología de campo y la asesoría técnica a:

IDEAM

Dr. Ricardo Lozano Picón, Dra. Luz Marina Arévalo, Mauricio Bermúdez (Q.E.P.D), Eduardo Tobón, Guillermo Olaya, Oscar Martínez, Leonardo Fajardo, Everth Mejía, Alberto Chaparro, Gilberto Alvarado, William Arteaga, Jorge Andrés Gonzalez, Álvaro Gonzalez, Liliana Zúñiga, Áreas Operativas 11 y 6.

Conservación Internacional CI

Klaus Schutze (Proyecto Inap componente B)

PNN Los Nevados

Jorge Lotero, Milton Arias, Elkin Montoya, Elisa Moreno, María Helena Giraldo. A concesión Nevados.

PNN El Cocuy:

Fabio Muñoz, Joaquín Valderrama, Víctor Raúl Buitrago, Jorge Carvajal, Omar López, Mario Reyes, Roberto Ariano.

IRD, Francia

Dr. Bernard Francou, Dr. Eric Cadier, Thomas Condom, Jean Emmanuel Sicart.

INAMHI, Ecuador

Bolívar Cáceres, Luis Maisincho.

GRUPO DE TRABAJO DE NIEVES Y HIELOS (GTNH)

Jair Ramírez, Edson Ramirez.

Universidad de Zürich

Dr. Christian Huggel.

World Glacier Monitoring Service (WGMS)

Dr. Michael Zemp.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Dr. Jefferson Simões, Rafael Ribeiro Rocha.

Secretaría General de la Comunidad Andina

Proyecto PRAA.

Banco Mundial

Walter Vergara.

A Carlos Valbuena, (Sierra Nevada de El Cocuy), Conrado Patiño (PNN Nevados) por sus quinzas y caballos.



VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL - SIERRA NEVADA DE EL COCUY (COLOMBIA)

INFORME DEL AÑO 2008 – 2009

1. INTRODUCCIÓN.

2. LOS GLACIARES EN COLOMBIA.

3. INVENTARIO DE LA RED DE INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN INSTALADOS HASTA EL AÑO 2009.

3.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

3.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

4. BALANCE DE MASA.

4.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

4.1.1 Balance de masa glaciar Conejeras.

4.1.2 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciar Conejeras.

4.1.3 Altitud línea de equilibrio (ELA) glaciar Conejeras.

4.1.4 Espacialización del balance de masa glaciar Conejeras año 2009.

4.1.5 Efectos del fenómeno climático El Niño en el glaciar Conejeras (Mayo - Diciembre de 2009).

4.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

4.2.1 Balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

4.2.2 Balance de masa acumulado para cada baliza.

4.2.3 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

4.2.4 Altitud línea de equilibrio (ELA) glaciar Ritacuba Negro.

4.2.5 Balance de masa glaciar Ritacuba Blanco.

4.2.6 Balance de masa acumulado para cada baliza.

4.2.7 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciar Ritacuba Blanco.

4.2.8 Altitud línea de equilibrio (ELA) glaciar Ritacuba Blanco.

4.2.9 Espacialización del balance de masa glaciar Ritacuba Blanco año 2009.

4.2.10 Efectos del fenómeno climático El Niño en los glaciares de la sierra nevada de El Cocuy (Mayo - Diciembre de 2009).

5. GEOMETRÍA DEL GLACIAR.

5.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

5.1.1 Levantamiento topográfico glaciar Conejeras 2009.

5.1.2 Retroceso del frente glaciar medidos sobre el terreno en el volcán nevado Santa Isabel.

5.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

5.2.1 Topografía glaciar Ritacuba Negro.

5.2.2 Topografía glaciar Ritacuba Blanco.

5.2.3 Retrocesos del frente glaciar medidos sobre el terreno en la Sierra Nevada de El Cocuy.

5.2.4 Actualización del área glaciar en la Sierra Nevada de El Cocuy periodo 2008 - 2009.

6. METEOROLOGÍA.

6.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

6.1.2 Conclusiones.

6.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

6.2.1 Análisis de los Datos Disponibles de la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Sierra Nevada de El Cocuy 3716 m.s.n.m.

6.2.2 Precipitaciones Año 2009. Pluviómetros Totalizadores Ubicados en el Glaciar Ritacuba Negro (cuenca río Cardenillo) y Ritacuba Blanco (cuenca río Playitas).

6.2.3 Datos medios mensuales de la estación automática satelital nevado de El Cocuy 4676 m.s.n.m.

7. HIDROLOGÍA.

7.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

7.1.1 Análisis de niveles y caudales en las estaciones hidrológicas Conejeras 1 y 2.

- 7.1.2 Calculo del escurrimiento base de origen glaciar, drenajes Conejeras 1 y Conejeras 2.
- 7.1.3 Identificación del ciclo diario drenajes Conejeras 1 y Conejeras 2.
- 7.1.4 Determinación de la altura de precipitación sólida para la cuenca del Río Claro.

7.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

7.3 Asistencia Técnica.

8. LABORES CON LA COMUNIDAD RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DE GLACIOLOGÍA.

- 8.1 Desarrollo e implementación de un programa de educación y sensibilización a niños y jóvenes en el tema de glaciares y alta montaña.
- 8.2 Creación de material de divulgación.

9. IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA, SOCIAL Y ECONÓMICA DE LA CUENCA DEL RÍO LAGUNILLAS EN LA SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

10. ACTIVIDADES DE DIVULGACION.

11. REFERENCIAS.

ANEXOS



1. INTRODUCCIÓN.

Este documento corresponde al segundo informe de actividades glaciológicas del IDEAM (primer informe años 2006-2007) que compila los trabajos y resultados obtenidos durante los años 2008 y 2009 el cual tiene como fin divulgar la información producida en el ámbito de la glaciología colombiana.

Se destaca para este periodo de observación, la influencia sobre los glaciares colombianos de la fuerte temporada invernal del segundo semestre de 2008 y “El Niño” de 2009. Por primera vez en Colombia se logra cuantificar los efectos del clima sobre dos nevados mediante el cálculo mensual del balance de masa glaciológico. En 2008 se logró evidenciar una recuperación del glaciar Santa Isabel (PNN Los Nevados) el cual fue resultado de un aumento por encima de lo normal de las precipitaciones y durante 2009, se demostró la influencia de un evento climático extremo como “El Niño” que trajo como consecuencia una considerable pérdida de masa en los glaciares de estudio.

En general, los glaciares colombianos continuaron se desequilibrio representado en pérdida de área del 3% anual, un retroceso del frente glaciar del orden de 20 metros anuales y un balance de masa glaciológico acumulado negativo de 3858,7 mm equivalentes de agua (marzo 2006 a diciembre de 2009).

El seguimiento a la dinámica glaciar durante el periodo, se caracterizó por la continuidad en las medidas mensuales para el cálculo del balance de masa, recopilación y análisis de los primeros datos sobre agua de fusión glaciar, continuidad en la operación y análisis de los datos de la red de estaciones de alta montaña asociada a los nevados.

Es de destacar que para el logro de los resultados fue definitivo el soporte institucional y el aporte financiero internacional del proyecto INAP Componente B (Banco Mundial-Conservación Internacional Colombia) en cuanto a una consultoría en glaciología y al inicio del “Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales” -PRAA- (Banco Mundial, Secretaria General de la Comunidad Andina) en cuanto a la donación de dos estaciones meteorológicas e imágenes de satélite ALOS. Así mismo, la asistencia técnica de la Universidad de Zurich (Departamento de Geografía), al Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por sus sigla en inglés), al Grupo de Trabajo de Hielos y Nieves Andinos -GTNH/PHI- y al Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD - por sus sigla en Francés- en Quito, Ecuador).

2. LOS GLACIARES EN COLOMBIA.

Colombia cuenta con un área glaciaria aproximada 46,8 km² (2007-2009) calculada por el IDEAM con base en imágenes de satélite (Landsat, Quickbird, Spot y Alos) representada en seis glaciares clasificados como ecuatoriales: Volcanes nevados del Ruiz (8,8 Km², 2007), Santa Isabel (2,6 Km², 2007), Huila (9,8 Km², 2009), Tolima (0,93 Km², 2007) y dos sierras nevadas, El Cocuy (17,4 Km², 2009) y Santa Marta (7,4 Km², 2009); Estos seis glaciares, están distribuidos en las cordilleras Central (volcánica), Oriental (rocas sedimentarias) y en la sierra nevada de Santa Marta (Igneo-metamórfica). (Figura 1 y Tabla 1)

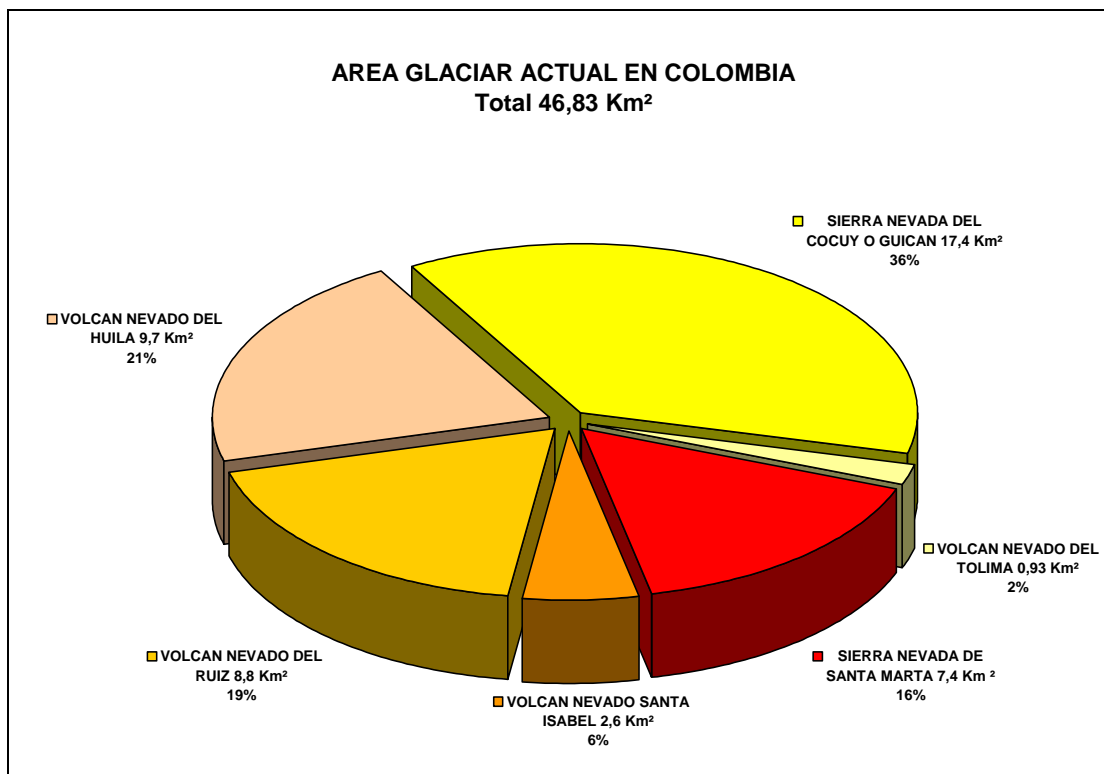


Figura 1. Área glaciaria actual en Colombia (2007-2009). Fuente IDEAM.

Tabla 1. Áreas glaciarias actuales de Colombia periodo 2007-2009.

Nombre del glaciar	Altitud (m)	Área (Km ²)	Superficie relativa con respecto al área glaciaria total de Colombia	Año de Actualización	Fuente
Sierra nevada de El Cocuy	5330	17.4	36 %	2009	Imagen satelital ALOS
Volcán nevado del Huila	5364	9.7	21%	2009	Imagen satelital



					ALOS
Volcán nevado del Ruiz	5330	8.8	19 %	2007	Imagen satelital Spot
Sierra nevada de Santa Marta	5775	7.4	16 %	2009	Imagen satelital ALOS
Volcán nevado Santa Isabel	5100	2.6	6 %	2007	Imagen satelital Spot
Volcán nevado del Tolima	5280	0.93	2 %	2007	Imagen satelital Spot

Con base en datos de área glaciaria de las últimas tres (3) décadas, es posible manifestar que en Colombia se ha reducido el área en un 57% con respecto a la de hace 30 años y con una tendencia actual de disminución del 3% por año (ver figura 2). De continuar esta tendencia y el actual ascenso térmico de la baja atmósfera, en el transcurso de tres a cuatro décadas no existirían masas de hielo en Colombia o habría algunas muy reducidas en las cumbres más elevadas, dependiendo de cómo evolucione, la línea de equilibrio (ELA), el porcentaje de área de acumulación (AAR), la topografía glaciaria y subglaciaria, el espesor de hielo, la micrometeorología sobre la superficie glaciaria (albedo, radiación incidente y reflejada) y los procesos climatológicos regionales (ENSO).

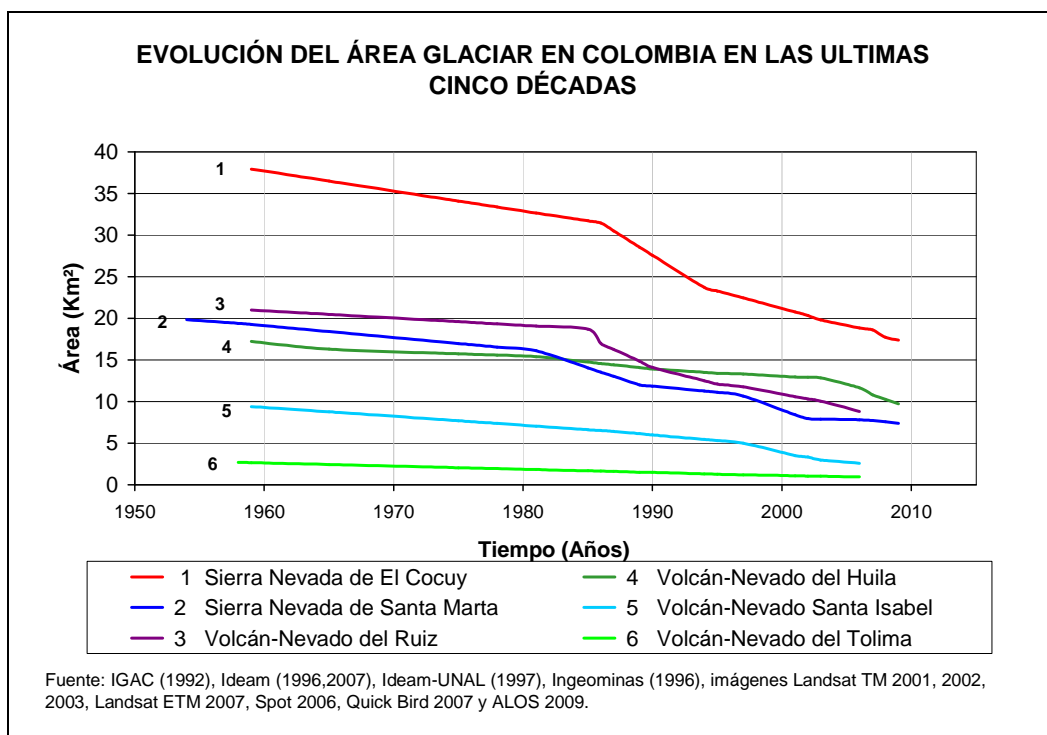


Figura 2. Evolución área glaciaria en Colombia. Últimas cinco (5) décadas.



3. INVENTARIO DE LA RED DE INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN INSTALADOS HASTA EL AÑO 2009.

3.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL. (4° 48' Latitud Norte, 75° 22' Longitud Oeste)

Desde el año 2006 se han intensificado las actividades de glaciología tendientes básicamente a instrumentar los glaciares de estudio con los elementos básicos y mantener una red de observación que permite tener una serie de datos fiables. La instrumentación glaciar primordialmente consiste de un pluviómetro totalizador y cuatro estaciones hidrometeorológicas representativas del comportamiento de los factores hidrometeorológicos del área cercana al glaciar Conejeras, en la siguiente tabla se describe la red de instrumentación en el nevado Santa Isabel. (Tabla 2 y Figura 4)

Tabla 2. Equipos instalados en el volcán nevado Santa Isabel.

GLACIAR	EQUIPOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	ALTITUD (m)	FECHA DE INSTALACION	OBJETIVO
Conejeras	Balizas	14	Glaciar Conejeras	4700-4920	2006	Captura de datos de ablación.
	Estación Hidrológica (automática)	2	borde glaciar	4686	2007-2008	captura de datos de nivel en los drenajes del glaciar
	Estaciones Climatológicas (automática)	2	Periglaciar - Páramo	4412-4318	2008	captura de información meteorológica (humedad relativa del aire, precipitación, temperatura del aire, humedad del suelo)
	puntos de retroceso longitudinal de frente glaciar	8	borde glaciar vertientes N, W, E, S	4700	1988	Medir retrocesos de frente glaciar
	Pluviómetros Totalizadores	1	borde glaciar	4680	2006	Capturar información de precipitación



Pozo de Acumulación	1	Cumbre norte volcán nevado santa Isabel	4958	2007	Captura de información de acumulación neta anual
---------------------	---	---	------	------	--

Aunque las series de datos de los diferentes factores hidrometeorológicos que inciden en la dinámica glaciaria para determinar escenarios probables en el marco del cambio climático todavía son reducidas, estas han permitido realizar las primeras aproximaciones y de esta manera establecer relaciones entre factores hidro meteorológicos y el balance de masa glaciológico de manera aproximada.

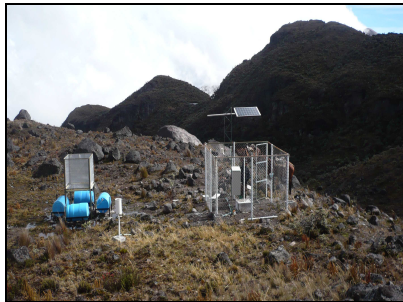


Figura 3. Izquierda arriba fotografía estación hidrológica Conejeras 1. Derecha arriba fotografía estación hidrológica Conejeras 2. Izquierda abajo fotografía estación climatológica sendero Conejeras. Derecha abajo estación climatológica sendero Laguna verde.

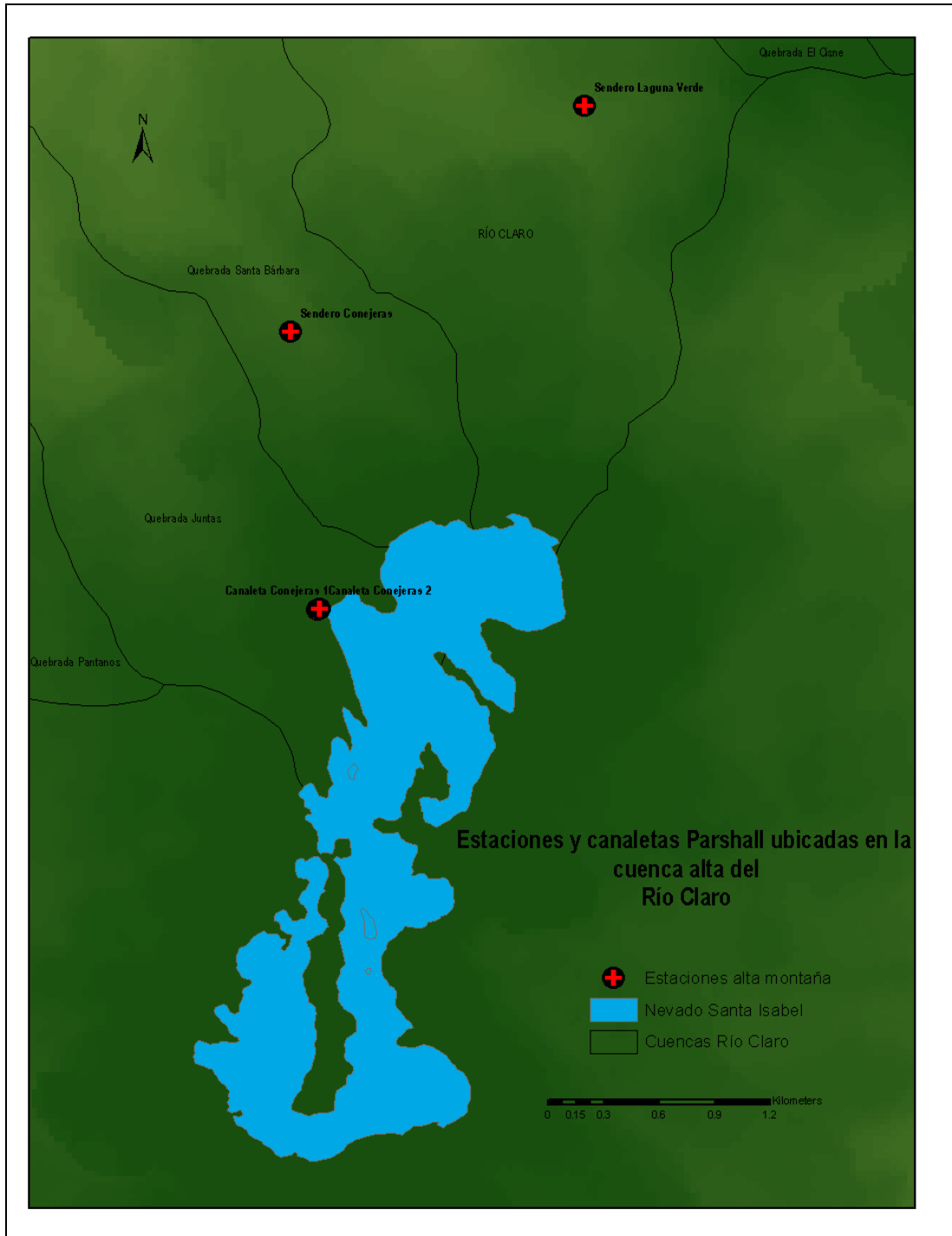


Figura 4. Mapa de red de estaciones ubicadas en la cuenca alta del Río Claro.



3.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUI. (6° 29' Latitud Norte, 72°18' Longitud Oeste)

Para realizar el seguimiento a la dinámica glaciaria de la sierra nevada de El Cocuy el IDEAM cuenta con los siguientes equipos:

Tabla 3. Equipos instalados en la Sierra nevada de El Cocuy para el monitoreo glaciario.

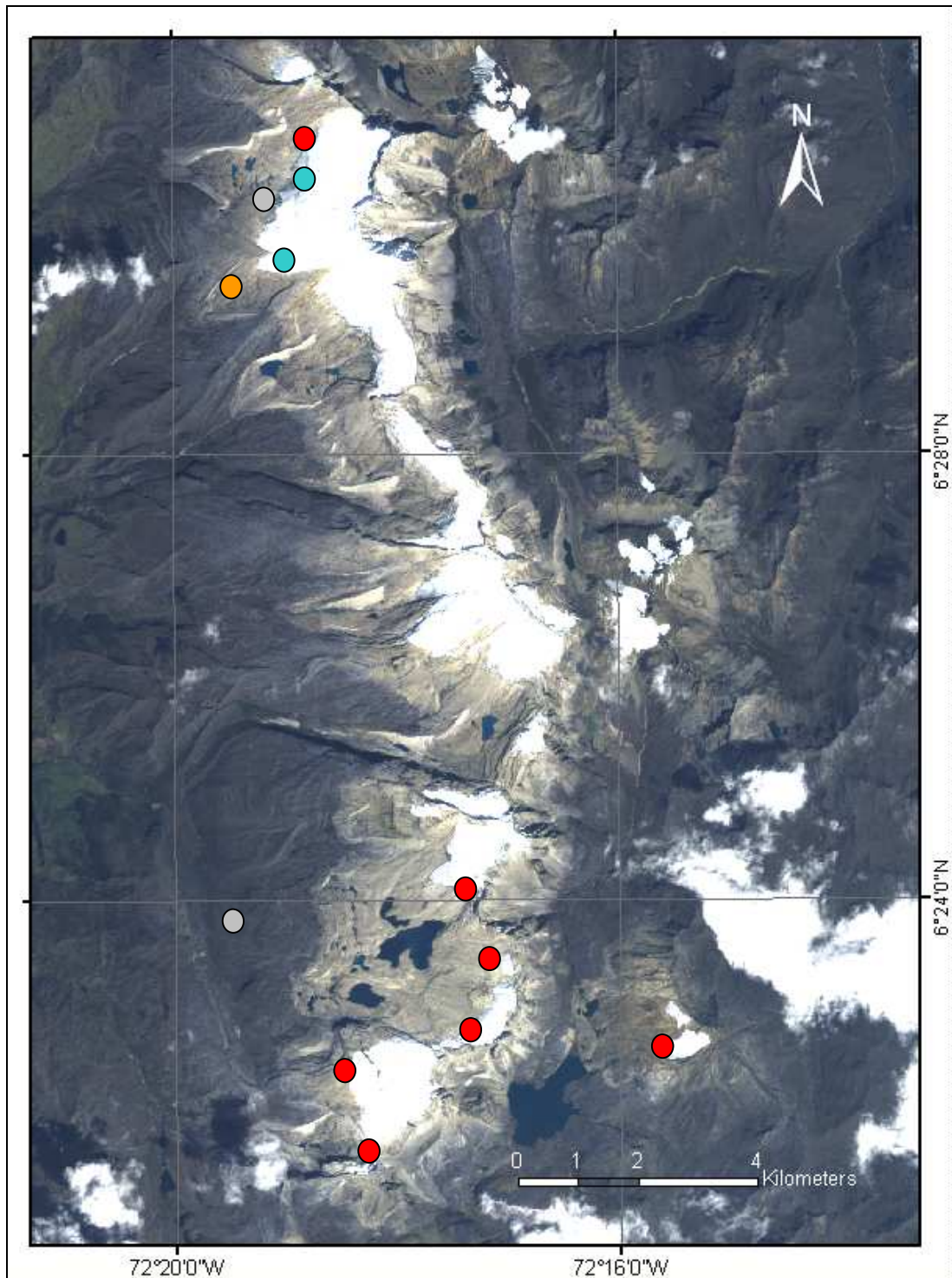
GLACIAR	EQUIPOS	CANTIDAD	UBICACIÓN	ALTITUD (m)	FECHA DE INSTALACION	OBJETIVO
Ritacuba Negro	Balizas	5	glaciar	4700 - 5000	Diciembre de 2006	Captura de datos de ablación.
	Mira	1	Río Cardenillo	4250	2006	Captura de datos de nivel en los drenajes del glaciar.
	Estación Automática Satelital	1	borde glaciar	4676	Diciembre de 2006	Captura de información meteorológica.
	puntos de retroceso longitudinal	2	borde glaciar	4722	Diciembre de 2005	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.
Ritacuba Blanco	Balizas	6	glaciar	4800 - 5100	Septiembre de 2008	Captura de datos de ablación y acumulación.
	Pluviómetros totalizadores	3	Cuenca Alta Río Playitas	4000 -4800	Mayo de 2009	Capturar información de precipitación.
	Pozo de acumulación	1	cumbre	5274	Diciembre de 2008	Captura de información de acumulación de nieve anual.
Pulpito del diablo	puntos de retroceso longitudinal	1	borde glaciar	4820	Marzo de 1986	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.
Laguna de La Plaza	puntos de retroceso longitudinal	2	borde glaciar	4620	Febrero de 1988	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.
Paso de Bella Vista	puntos de retroceso longitudinal	1	borde glaciar	4710	Diciembre de 2005	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.



Cerro Cóncono	puntos de retroceso longitudinal	3	borde glaciar	4600	Marzo de 1986	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.
Cerro Toti	puntos de retroceso longitudinal	2	borde glaciar	4740	Enero de 1997	Determinar retrocesos de frente glaciar sobre el terreno.



Figura 5. Izquierda fotografía de la baliza N° 4 instalada en el glaciar Ritacuba blanco. Derecha fotografía de la estación automática satelital instalada en el borde del glaciar Ritacuba Negro.



- Estaciones Meteorológicas
- Puntos de retroceso de frente glaciar
- Pluviómetros
- Balizas

Figura 6. Instrumentación sierra nevada de El Cocuy.

4. BALANCE DE MASA.

Fuente: (Contrato 017-2009 Edgard Leonardo Real; IDEAM) - (Contrato 087-2009 Ignacio Meneses IDEAM - CI) - (Contrato 107-2008 Eduardo Andrés Tobón; IDEAM). Supervisor Jorge Luis Ceballos

El **balance de masa**¹ corresponde al resultado de la suma de la acumulación y la ablación, este determina la variación de volumen del glaciar, el desplazamiento del hielo y las cantidades de nieve precipitada.

Para desarrollar la metodología de implementación y el cálculo del balance de masa el IDEAM ha tomado como referencia las experiencias internacionales de países como Ecuador y Bolivia con asesoría técnica del L'Institut de Recherche Pour le Développement (IRD, Quito , Ecuador) .

El balance de masa para la sierra nevada de El Cocuy (glaciares Ritacuba Blanco y Negro) y volcán nevado Santa Isabel (glaciar Conejeras), se ha calculado con las siguientes ecuaciones:

Balance de masa en el sitio durante un periodo de tiempo definido. (1) (2)

$$db/dt = \rho dh/dt + [dp/dt dz (1) = b_i = \rho_0 \Delta h + (\rho_2 h_2 - \rho_1 h_1) (2)$$

Donde ρ es la densidad del hielo de espesor h , que varía según el tiempo t . el primer término de la ecuación representa el cambio de la masa de hielo (con densidad constante) durante un periodo de tiempo. El segundo término es el cambio de densidad de la columna de espesor z sobre el periodo de tiempo t Ecuación (1); y b_i corresponde al balance de masa en el sitio, ρ_0 a la densidad del hielo (generalmente entre 0.82 a 0.92 g/cm³) y Δh al cambio de espesor Ecuación (2).

Balance de masa neto específico. (3)

$$Bn = (1/S) [\Sigma(bn_1S_1 + bn_2S_2 + \dots + bn_jS_j)] \text{ (Balance neto específico)(3)}$$

¹ RODOLPHE BUCHER, BOLIVAR AZARIN, PIERRE CHEVALLIER, YANN L'HOTE, ABRAHAM MACHACA, LUIS M ISINCHO, JAVIER MENDOZA, JAIR RAMIREZ, BERNARD FRANCOU Y OTROS. Métodos De Observación De Glaciares En Los Andes Tropicales. IRD. Versión-1:2004



Donde **B_n** corresponde al balance neto específico del glaciar en milímetros equivalentes de agua; **S** a su superficie total; **bn₁**, **bn₂**, **bn_j** al balance ponderado por el área **S_j** entre los diferentes rangos altitudinales Ecuación (3).

4.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

4.1.1 Balance de masa glaciar Conejeras.

De acuerdo con las observaciones realizadas se estima que el glaciar Conejeras no posee una zona de acumulación permanente. Sin embargo, durante los periodos de “invierno” fuerte puede tenerse una pequeña área donde se presentan pequeñas acumulaciones. Para la actualización del balance de masa glaciológico en el año 2008 - 2009 se realizaron nueve (9) comisiones² al nevado Santa Isabel en las cuales fue posible realizar cuatro perforaciones en los meses de julio, agosto, octubre y noviembre.

Tabla 4. Red de balizas glaciar Conejeras.

BALIZA	ALTITUD (m)
1	4721
2	4716
3	4717
4	4757
5	4755
6	4754
7	4789
8	4792
9	4799
10	4823
11	4810
12	4817
13	4857
14	4920

² Ver Anexo A.

Pozo de acumulación	4958
------------------------	------

Durante el periodo de abril a diciembre de 2009, no se reportó ninguna, acumulación de importancia, se presentaron pérdidas significativas en comparación con el total del tiempo transcurrido desde la instalación de las balizas hasta el mes de diciembre de 2009. Para el año 2009 no se presentó una acumulación considerable por encima de los 4850 m, respondiendo a una época seca muy fuerte en Colombia influenciada por un fenómeno El Niño el cual se marcó entre mayo y diciembre de este año (Ver Tabla 4).

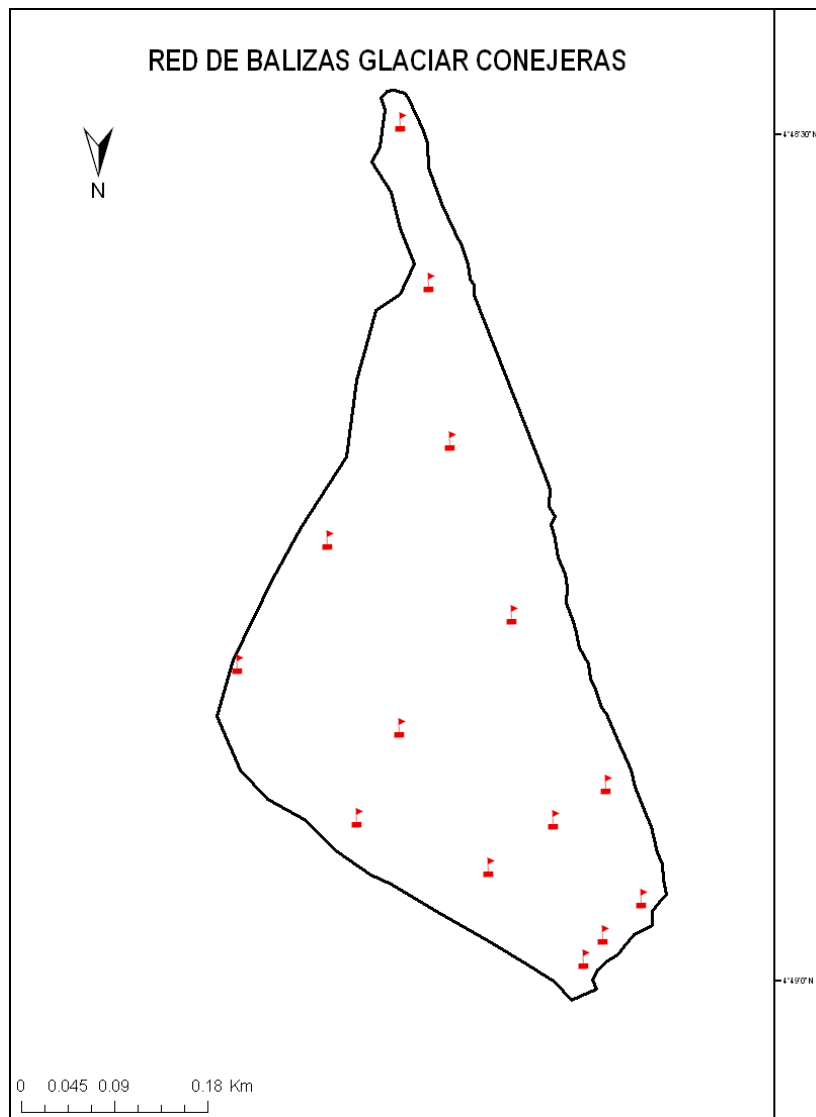


Figura 7. Red de balizas para el glaciar Conejeras.

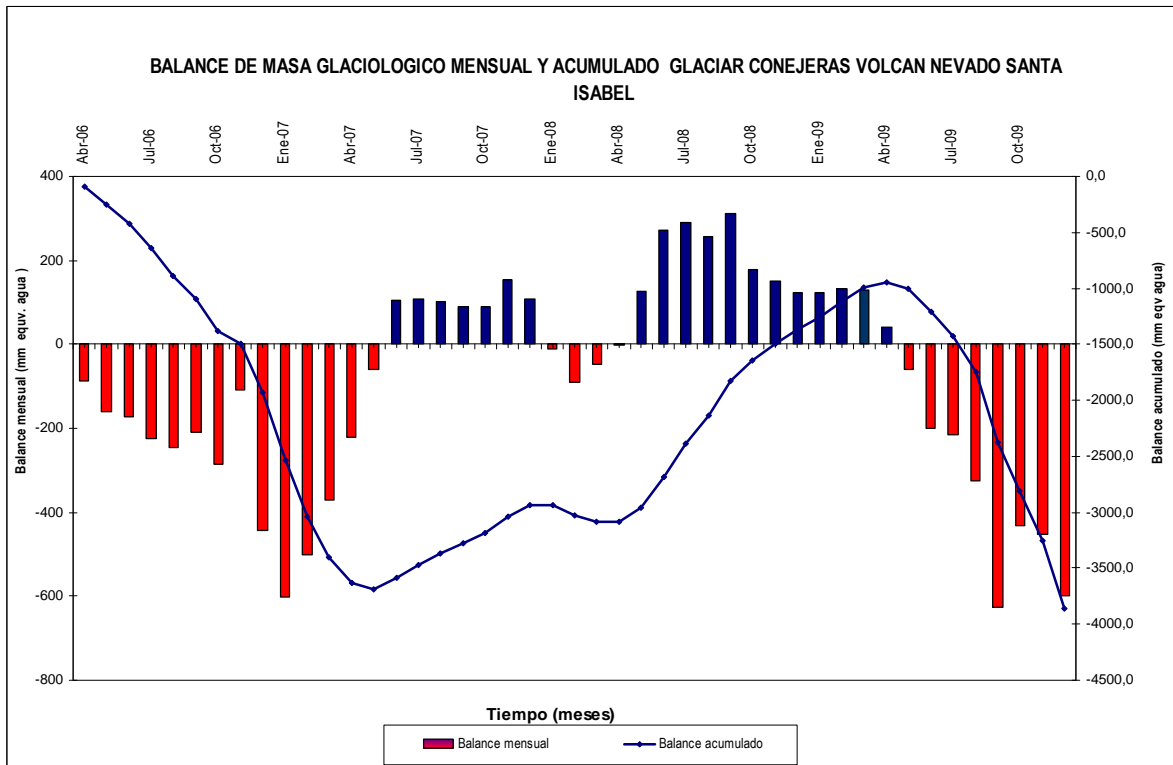


Figura 8. Gráfica balance de masa glaciario Conejeras periodo abril de 2006 a diciembre de 2009.

Tabla 5. Pérdida de masa glaciario observada para las balizas periodo 2006 - 2009.

Nº Baliza	Altitud (m)	mm equivalentes de agua
1	4689	-13632
2	4688	-12596
3	4690	-13640
4	4725	-8021
5	4725	-8350
6	4728	-9159
7	4789	-6764
8	4792	-4745
9	4767	-2366
10	4823	-1050
11	4810	-2787
12	4817	-4479
13*	4857	3231

14*	4920	11105
-----	------	-------

* las balizas 13 y 14 no presentaron pérdidas considerables durante el 2009.

La dinámica del glaciar Conejeras en el volcán nevado Santa Isabel, permitió determinar que en el periodo abril de 2006- diciembre de 2009 se presentó una pérdida de masa glaciar de – 3858 milímetros equivalentes de agua; dato que traducido a espesor de hielo y nieve indica una pérdida de 3,85 m (Ver Figura 8)

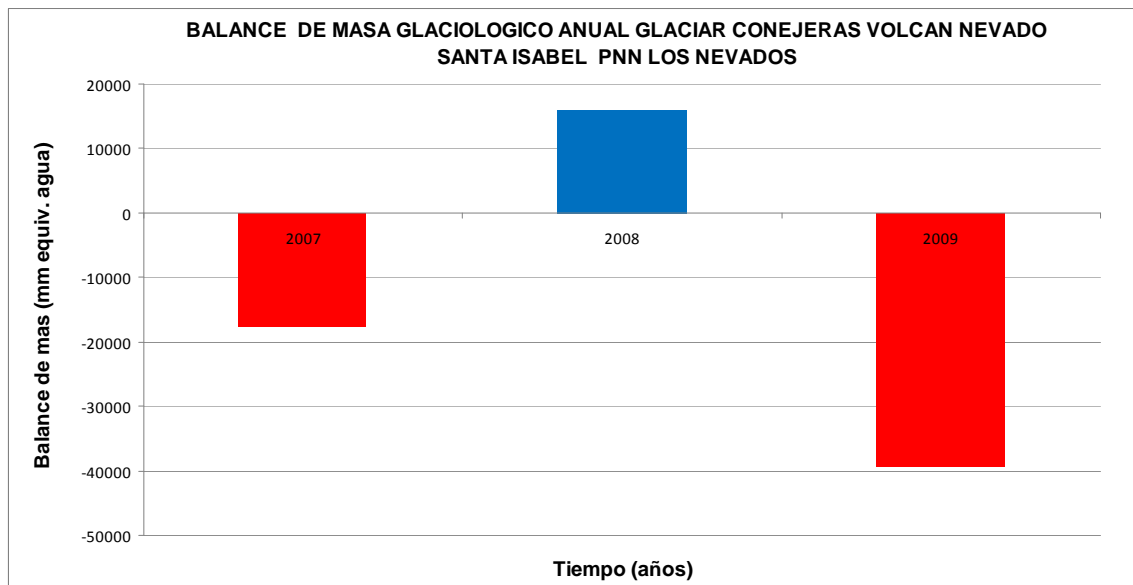


Figura 9. Balance de masa anual glaciar Conejeras.

4.1.2 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciar Conejeras.

A continuación se muestra el perfil altitudinal de la zona de ablación del glaciar Conejeras. Se han considerado 5 rangos altitudinales los cuales están comprendidos entre los 4731 y 4920 m.

Tabla 6. Balance de masa acumulado por rango altitudinal Abril de 2006 – Diciembre de 2009.

Balizas	Altitud (m)	Balance Rango Altitudinal (mm Equi - Agua)
1 - 3	4660 -4730	-13289,2
4 - 6	4710-4750	-8510,0
7- 9	4770 -4810	-4624,9
10 - 12	4810 -4832	-2771,8
13 -14	4857 -4920	7167,9

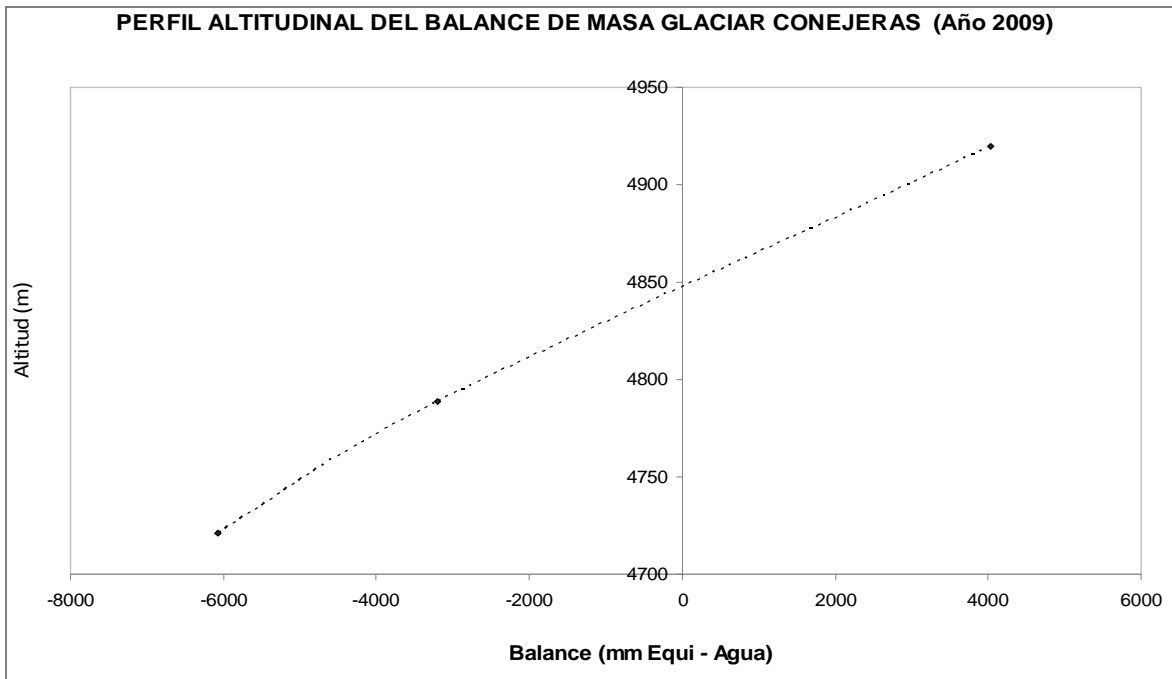


Figura 10. Perfil altitudinal del balance de masa glaciar Conejeras.

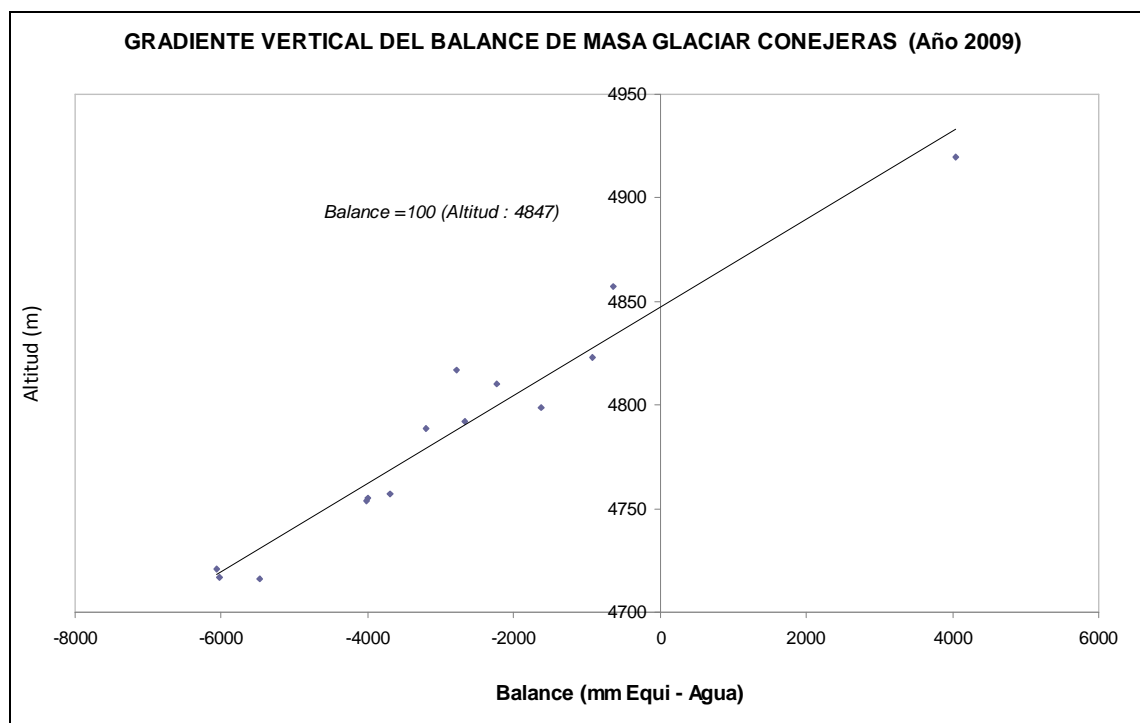


Figura 11. Gradiente vertical del balance de masa glaciar Conejeras.

El tratamiento de los datos del balance de masa permitió determinar que el gradiente vertical para el glaciar Conejeras en el año 2009 fue de 100mm por cada metro de altitud. El punto de intersección entre pérdidas y ganancias del gradiente vertical se encontraba para el año 2009 en 4829 m. (Ver Figura 11)

4.1.3 Altitud línea de equilibrio (ELA³) glaciar Conejeras.

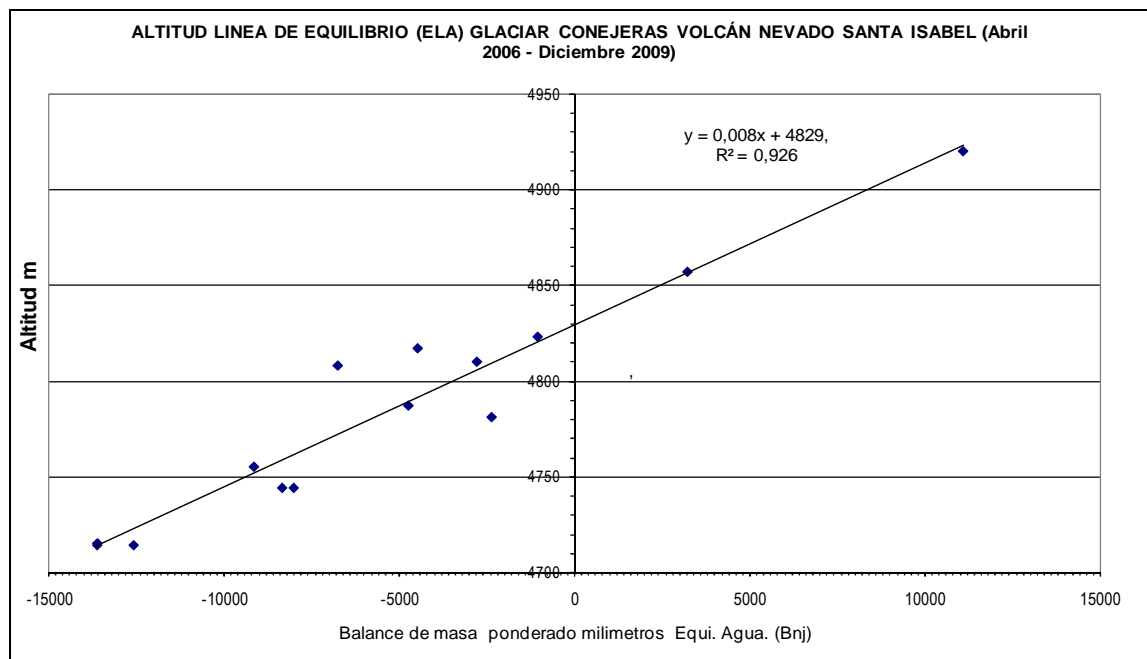


Figura 12. Altitud línea de equilibrio glaciar Conejeras volcán nevado Santa Isabel.

La línea de equilibrio para el glaciar Conejeras hasta diciembre de 2009 se encontraba a 4829 m de altitud, marcando claramente la línea de equilibrio cero (0) para el balance que separa la zona de ablación de la zona de acumulación. (Ver Figura 12)

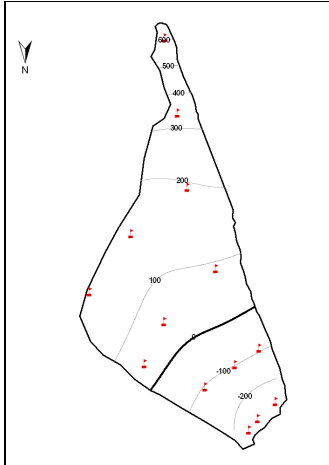
4.1.4 Espacialización del balance de masa glaciar Conejeras año 2009.

A través de la base cartográfica extraída de los diferentes levantamientos topográficos realizados en el glaciar Conejeras se actualizó tanto el área como las alturas de este glaciar para el año 2009. Con estos productos cartográficos se ha realizado el seguimiento y representación espacial del balance de masa glaciológico. (Ver Figura 13)

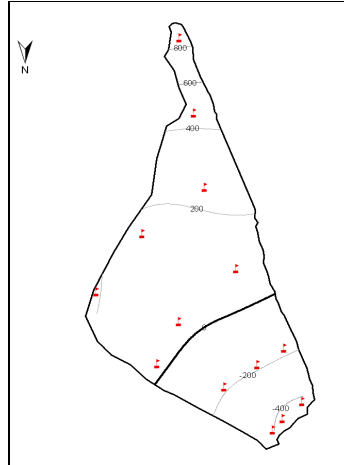
³ La **ELA** es el nivel altimétrico donde el balance de masa alcanza el valor de cero (0) mm equivalentes de agua y separa la zona de acumulación de la zona de ablación.



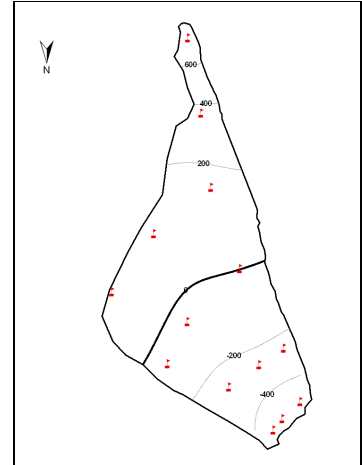
Febrero 2009



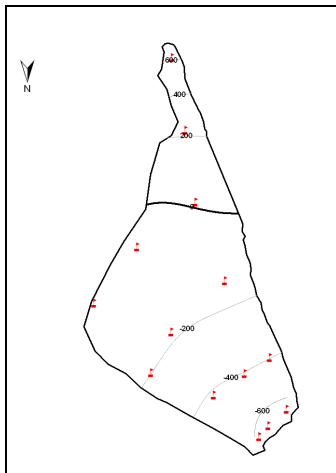
Marzo 2009



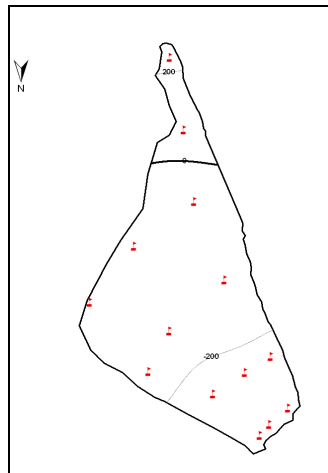
Abril 2009



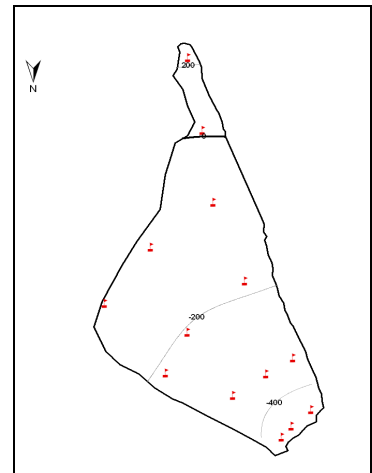
Mayo 2009



Junio 2009



Julio 2009



Agosto 2009



Septiembre 2009



Octubre 2009



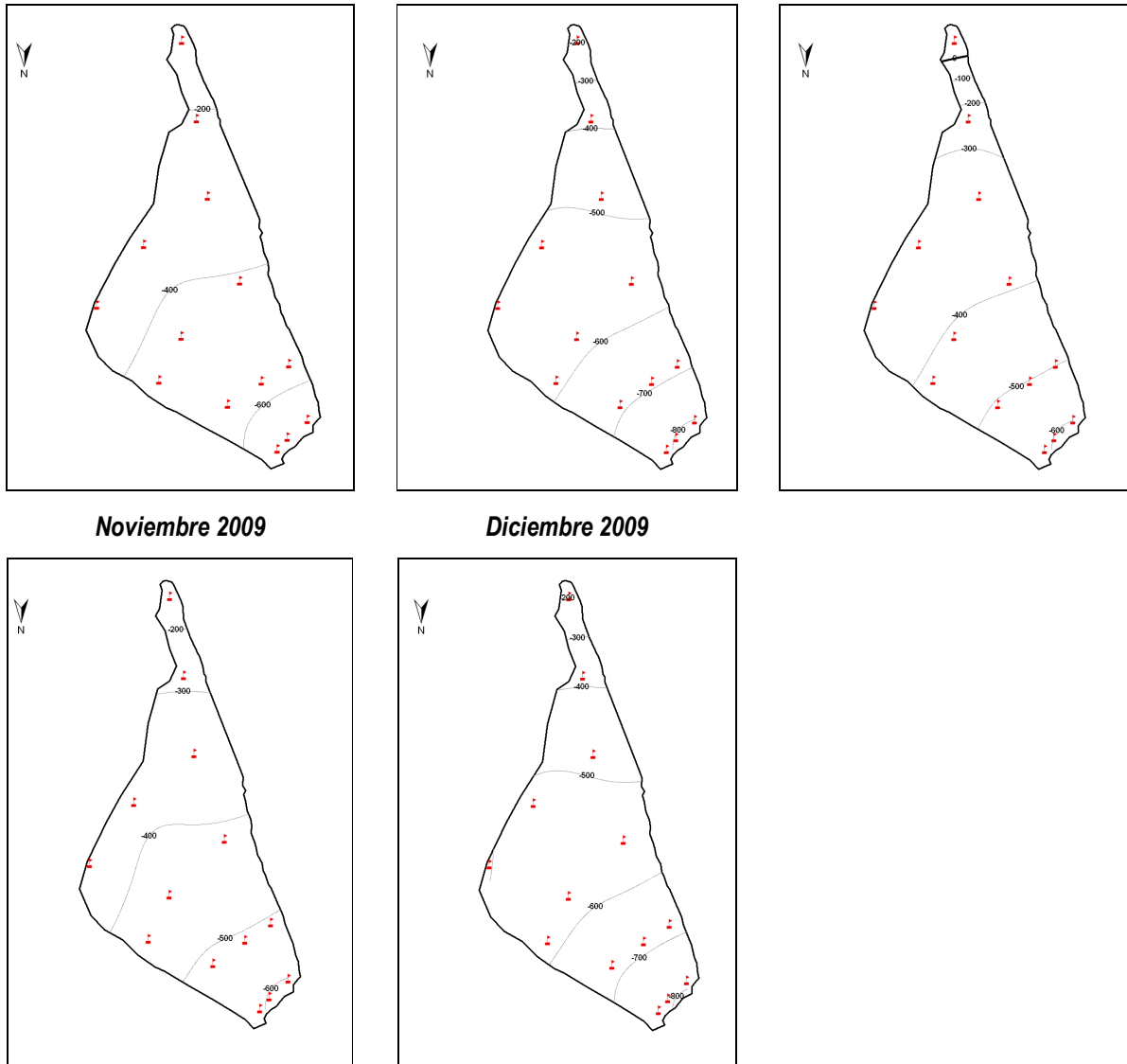


Figura 13. Fluctuación de la línea de equilibrio (ELA) glaciér Conejeras volcán nevado Santa Isabel durante el 2009.

4.1.5 Efectos del fenómeno climático El Niño en el glaciér Conejeras (Mayo - Diciembre de 2009).

Empleando los datos de las anomalías térmicas del océano Pacífico región 3 - 4 generados por el fenómeno cálido El Niño y los datos del balance de masa glaciér se observó que la deglaciación puede aumentar hasta en un 300% impactando de forma directa el comportamiento y dinámica propia del glaciér Conejeras

Tabla 7. Pérdidas de masa glaciér para el periodo mayo de 2009 – diciembre de 2009. (influencia del fenómeno El Niño)

Niño 2009	Balance mensual (mm Equi – Agua)	Balance acumulado (mm Equi – Agua)
May-09	-59,1	-1008,8
Jun-09	-200,5	-1209,3
Jul-09	-214,8	-1424,1
Ago-09	-326,1	-1750,2
Sep-09	-625,2	-2375,4
Oct-09	-430,5	-2805,9
Nov-09	-452,6	-3258,4
Dic-09	-600,3	-3858,7

Los resultados obtenidos demostraron una relación directamente proporcional, es decir que mientras las anomalías en la temperatura en el océano Pacífico se incrementan de igual forma las pérdidas de masa en el glaciar Conejeras aumentan.

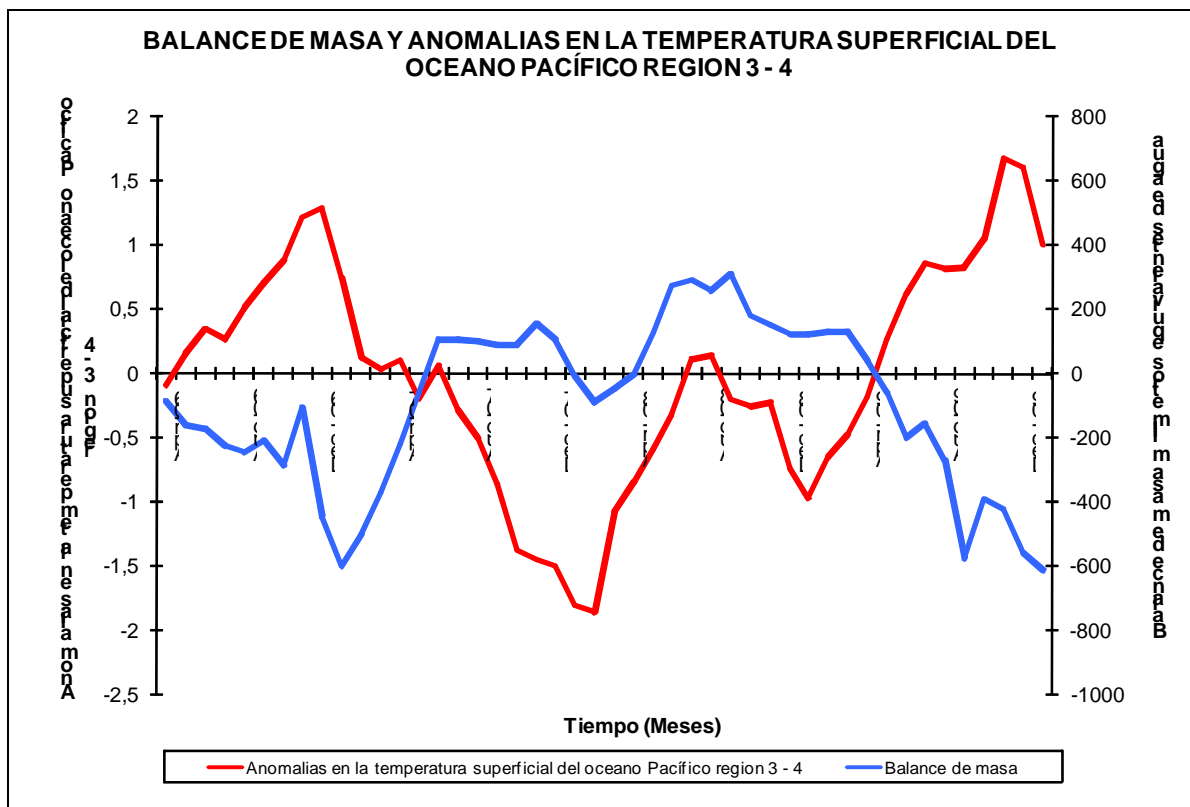


Figura 14. Balance de masa y anomalías en la temperatura superficial del océano Pacífico zona 3 - 4.

Durante el periodo de influencia de El Niño en el 2009 se demostró que las pérdidas de masa en el glaciar Conejeras nevado Santa Isabel fueron considerables (-2858 milímetros equivalentes de agua) es decir que en un lapso de 8 meses el glaciar perdió un espesor de 2,8 metros, valor elevado para un lapso de tiempo relativamente corto. Se estima que la pérdida continuará, ya que este fenómeno continuó durante el 2010. (Ver Figura 14)

4.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

4.2.1 Balance de masa glaciar Ritacuba Negro.



Figura 15. Fotografía glaciar Ritacuba Negro.

El balance de masa para el glaciar Ritacuba Negro se calculó hasta el mes de enero de 2009 debido a problemas de acceso al glaciar (grietas y fracturamientos). Para el cálculo de este balance se capturó información mensual⁴, desde enero de 2007 hasta enero de 2009, a través de la red de balizas (5 balizas) instaladas en la zona de ablación. (Ver Figura 15)

Los resultados obtenidos luego del realizar el cálculo del balance de masa para el glaciar Ritacuba Negro son los siguientes:

⁴ Nota: Para la obtención de la información base se realizaron cinco (6) campañas de campo a los sitios de estudio en la sierra nevada de El Cocuy. (Ver Anexo B)

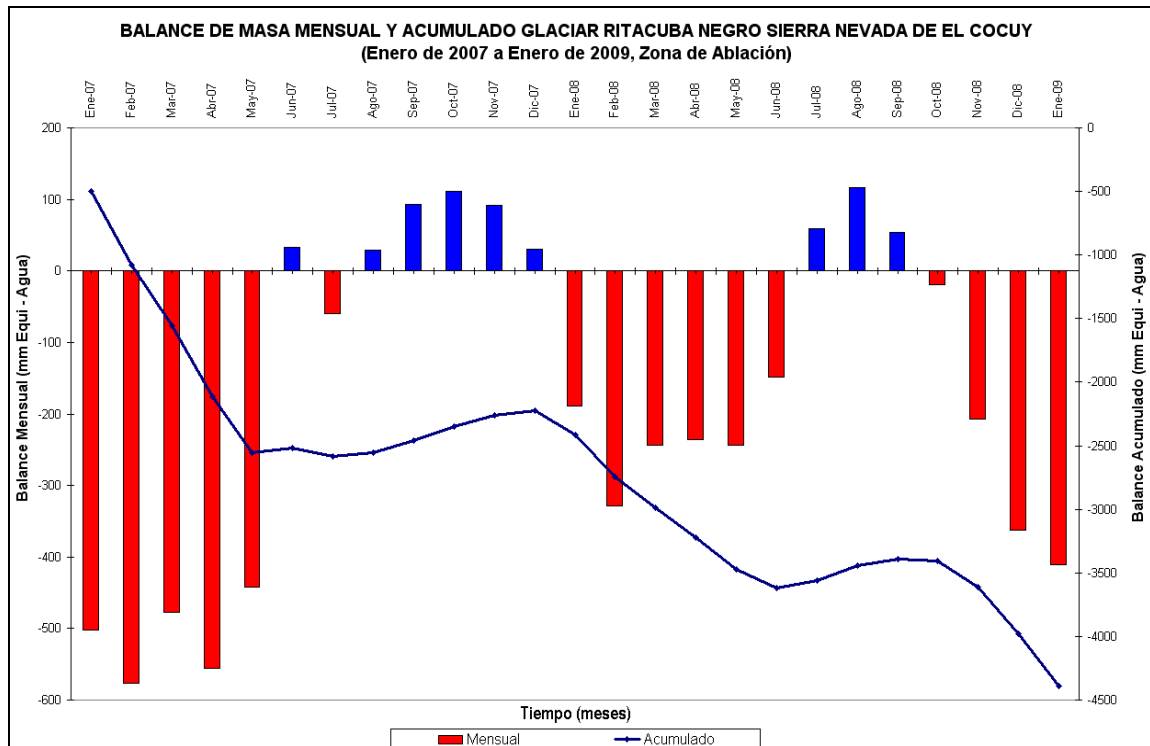


Figura 16. Grafica balance de masa glaciar Ritacuba Negro periodo enero de 2007 a enero de 2009.

La acumulación total para el glaciar Ritacuba Negro desde enero de 2006 hasta Enero de 2009 es de – 4387,75 milímetros equivalentes de agua; esto indica que en dos años el Ritacuba Negro ha perdido 4,38 m de espesor de hielo. (Ver Figura 16 y Tabla 8)

Tabla 8. Datos mensuales balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

Mes	Balance de Masa Mensual (mm Equi – Agua)	Balance de Masa Acumulado (mm Equi – Agua)
Ene-07	-501,6	-501,6
Feb-07	-576,1	-1077,8
Mar-07	-477,9	-1555,7
Abr-07	-556,0	-2111,8
May-07	-442,0	-2553,8
Jun-07	32,3	-2521,4
Jul-07	-59,9	-2581,4
Ago-07	29,2	-2552,2
Sep-07	92,6	-2459,5

Oct-07	110,7	-2348,8
Nov-07	91,2	-2257,6
Dic-07	30,7	-2226,8
Ene-08	-188,7	-2415,6
Feb-08	-329,1	-2744,7
Mar-08	-244,0	-2988,8
Abr-08	-236,1	-3224,9
May-08	-244,0	-3468,9
Jun-08	-148,6	-3617,6
Jul-08	59,3	-3558,2
Ago-08	116,4	-3441,
Sep-08	53,6	-3388,1
Oct-08	-18,6	-3406,7
Nov-08	-207,5	-3614,3
Dic-08	-362,5	-3976,9
Ene-09	-410,8	-4387,7

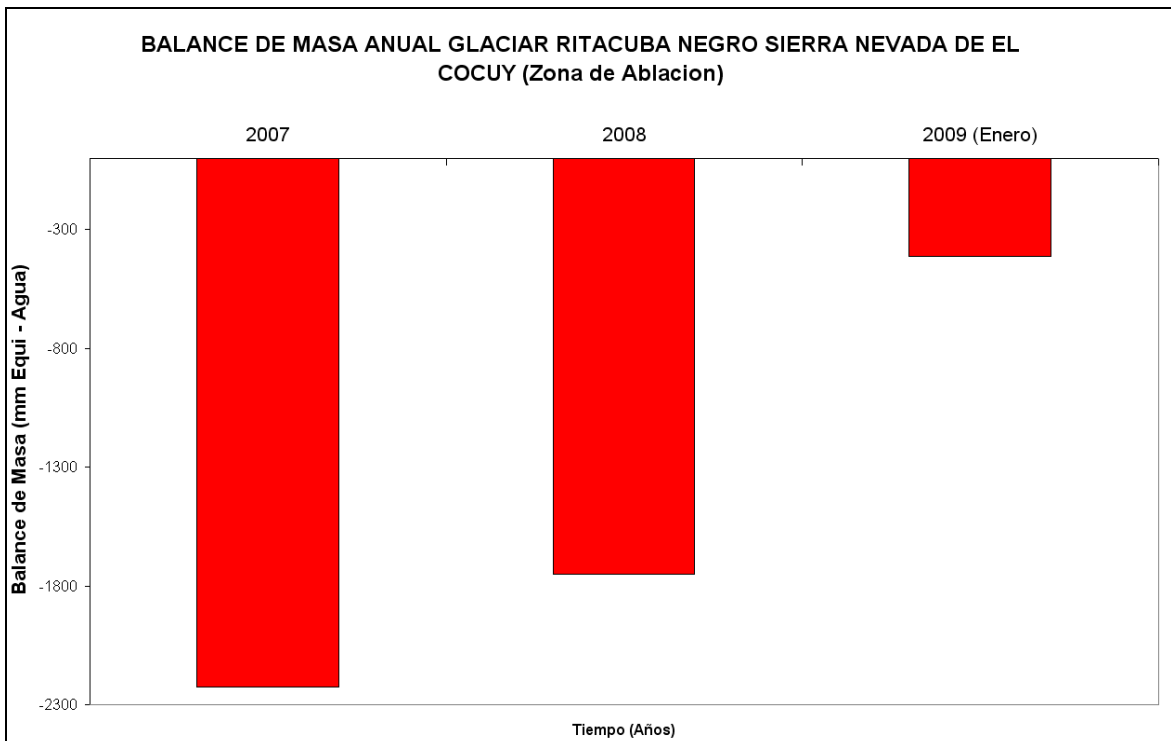


Figura 17. Balance de masa anual glaciar Ritacuba Negro



El balance de masa mensual se determina mediante el cálculo de pérdida entre periodos iguales, o periodos de cierre homogéneos, 30 o 31 días dependiendo del mes que se pretenda hallar; mientras que el balance de masa acumulado está determinado por la sumatoria periódica desde la fecha de instalación de las balizas, hasta las últimas medidas de emergencia encontradas.

4.2.2 Balance de masa acumulado para cada baliza.

A continuación se presenta el balance de masa glaciar acumulado por baliza para la totalidad del periodo de observación (Enero de 2007 a Enero de 2009). (Ver Tabla 7)

Tabla 9. Balance de masa acumulado para cada baliza.

Baliza Nº	Altitud (m)	Balance (mm Equi - Agua)
1	4729	-10025,5
2	4734	-10419,8
3	4780	-3546,6
4	4792	-3611,9
5	4850	638,6

4.2.3 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

A continuación se muestra el perfil altitudinal de la zona de ablación del glaciar Ritacuba Negro. Se han considerado 3 rangos altitudinales los cuales están comprendidos entre 4731 y 4850 m.s.n.m.

Tabla 10. Balance de masa acumulado por rango altitudinal Enero de 2007 – Enero de 2009.

Balizas	Altitud (m)	Balance Rango Altitudinal (mm Equi - Agua)
1 – 2	4732	-10222,6
3 – 4	4786	-3579,2
5	4850	638,6

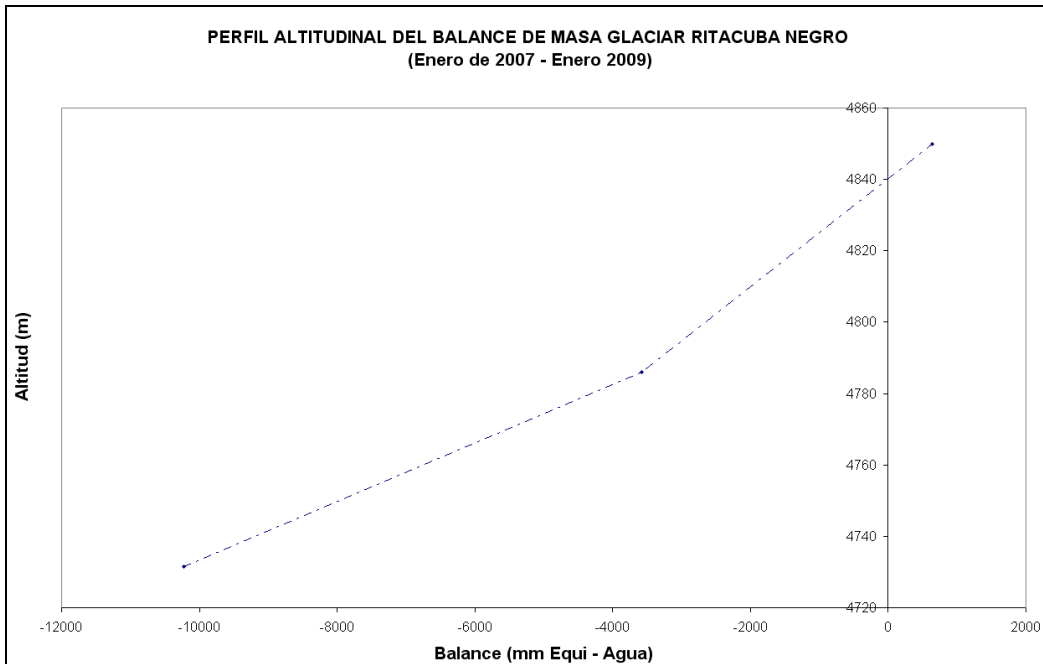


Figura 18. Perfil altitudinal del balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

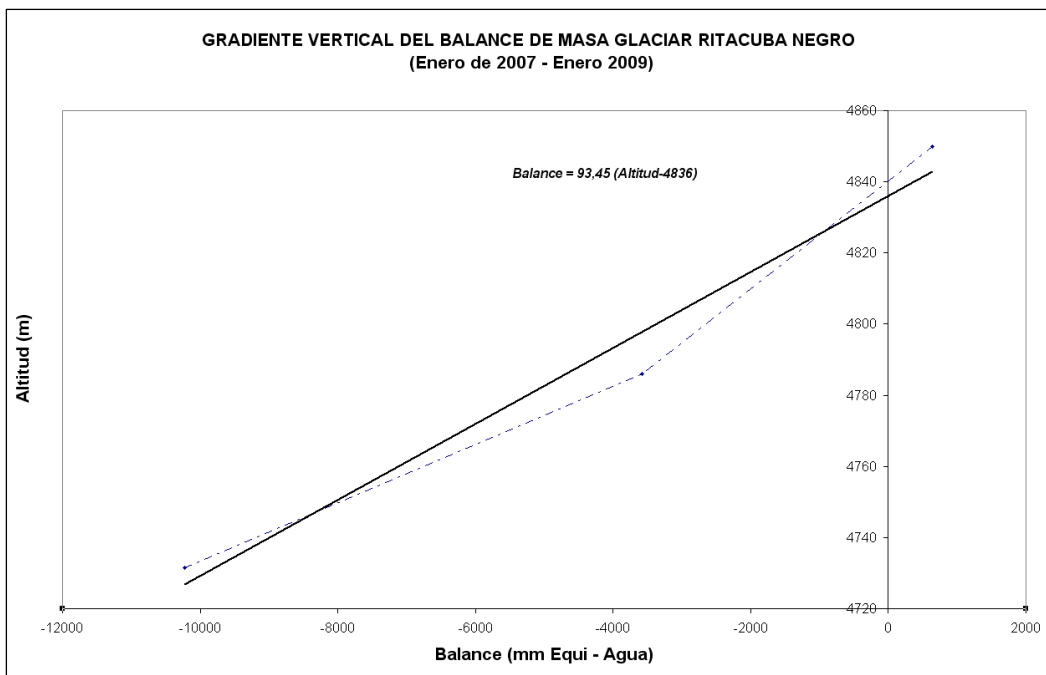


Figura 19. Gradiente vertical del balance de masa glaciar Ritacuba Negro.

A partir de los datos de ablación y acumulación capturados entre enero de 2007 y enero de 2009 se determinó que el valor del gradiente vertical del balance de masa para el glaciar Ritacuba Negro es de 93.45 mm/m. (Ver Figura 19)

4.2.4 Altitud línea de equilibrio (ELA) glaciar Ritacuba Negro.

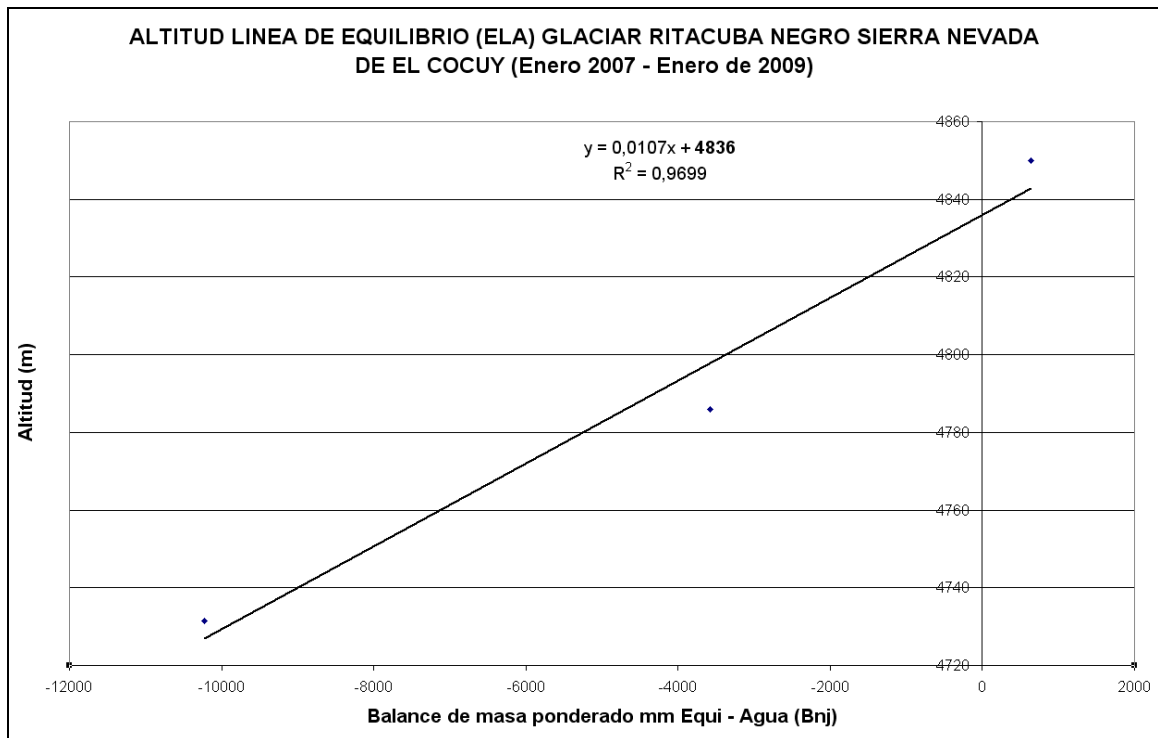


Figura 20. Altitud línea de equilibrio glaciar Ritacuba Negro sierra nevada de El Cocuy.

Como se observa en la figura 20, la línea de equilibrio para el glaciar Ritacuba Negro esta a 4836 m de altitud, marcando claramente la línea de equilibrio cero (0) para el balance que separa la zona de ablación de la zona de acumulación.

4.2.5 Balance de masa glaciár Ritacuba Blanco.



Figura 21. Fotografías glaciár Ritacuba Blanco.

El balance de masa en el glaciár Ritacuba Blanco se inició a causa de los problemas de acceso que se presentaron en el glaciár Ritacuba Negro, para el cálculo este balance se captura información bimensual⁵ a través de la red de balizas (6) instaladas en septiembre de 2008. (Ver Figura 21)

Los resultados obtenidos luego de calcular el balance de masa para el glaciár Ritacuba blanco durante el periodo noviembre de 2008 a diciembre de 2009 son los siguientes:

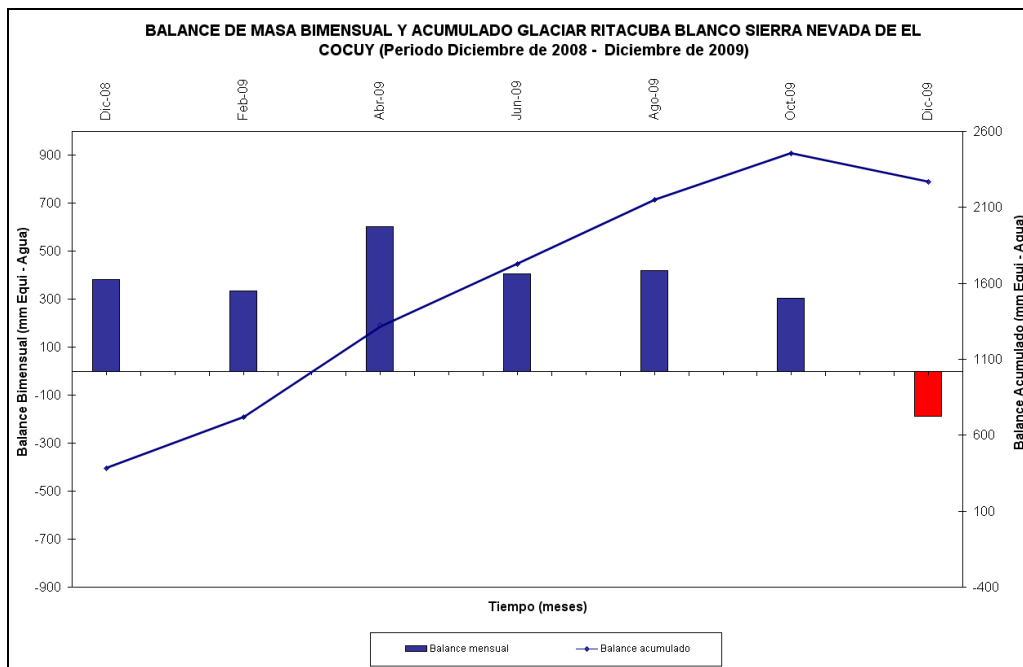


Figura 22. Balance de masa bimensual glaciár Ritacuba blanco periodo diciembre de 2008 – diciembre de 2009.

⁵ Nota: Para la obtención de la información base se realizaron cinco (5) campañas de campo a los sitios de estudio en la sierra nevada de El Cocuy. (Ver Anexo B)

Tabla 11. Datos mensuales balance de masa glaciar Ritacuba Blanco.

Mes	Balance de Masa Mensual (mm Equi – Agua)	Balance de Masa Acumulado (mm Equi – Agua)
Dic-08	384,0	384,0
Feb-09	336,1	720,1
Abr-09	603,4	1323,6
Jun-09	405,3	1729,0
Ago-09	421,1	2150,1
Oct-09	305,9	2456,1
Dic-09	-188,1	2267,9

Como se observa en la figura 22, la acumulación total para el glaciar Ritacuba Blanco desde Noviembre de 2008 hasta Diciembre de 2009 es de 2267,97 milímetros equivalentes de agua; esto indica que en dos años el Ritacuba Blanco ha ganado 2,2 m de espesor de hielo.

Cabe resaltar que el glaciar Ritacuba Blanco tiene un *Acumulation Area Ratio* (AAR⁶) del 100%, esto indica que la totalidad del área glaciar se encuentra por encima de la *Altitud de la Línea de Equilibrio* (ELA⁷), por lo tanto este balance cuantifica la ganancia en la zona de acumulación durante un determinado periodo de tiempo.



Figura 23. Fotografía del frente del glaciar Ritacuba Blanco. La línea acotada marca la ELA aproximada para el glaciar Ritacuba Blanco.

⁶ La **AAR** corresponde al porcentaje de área glaciar que se encuentra en acumulación, este valor está directamente relacionado con las fluctuaciones de la ELA.

⁷ La **ELA** es el nivel altimétrico donde el balance de masa alcanza el valor de cero (0) mm equivalentes de agua y separa la zona de acumulación de la zona de ablación.

4.2.6 Balance de masa acumulado para cada baliza.

A continuación se presenta el balance de masa glaciár acumulado por baliza para la totalidad del periodo de observación (Noviembre de 2008 a Diciembre de 2009) (ver tabla 10).

Tabla 12. Balance de masa acumulado para cada baliza, glaciár Ritacuba Blanco.

Baliza	Altitud	Balance
Nº	(m)	(mm Equi - Agua)
1	4859	175,0
2	4904	159,3
3	4952	202,1
4	4994	404,2
5	5050	692,4
6	5100	634,8

4.2.7 Perfil altitudinal y gradiente vertical del balance de masa glaciár Ritacuba Blanco.

A continuación se muestra el perfil altitudinal del glaciár Ritacuba Blanco. Se han considerado seis (6) rangos altitudinales los cuales están comprendidos entre 4859 y 5100 m.

Tabla 13. Balance de masa acumulado por rango altitudinal Noviembre de 2008 – Diciembre de 2009.

Balizas	Altitud	Balance Rango
	(m)	Altitudinal (mm Equi - Agua)
1	4859	175,0
2	4904	159,3
3	4952	202,1
4	4994	404,2
5	5050	692,4
6	5100	634,8

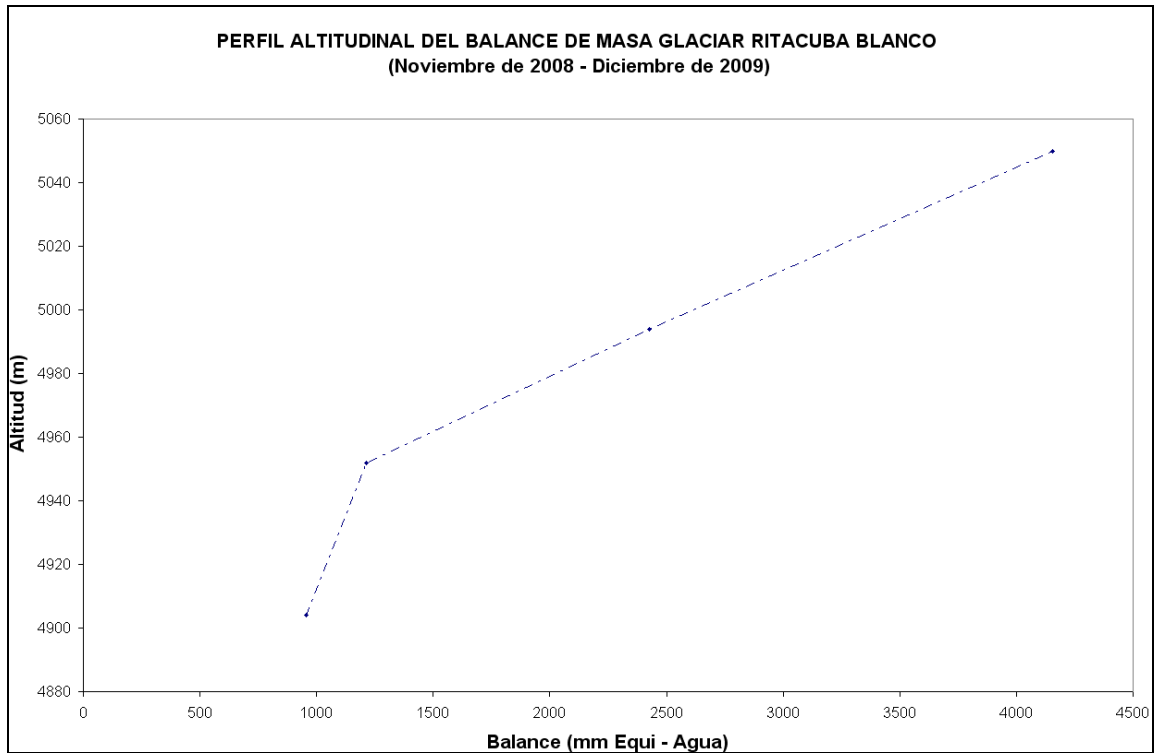


Figura 24. Perfil altitudinal del balance de masa glaciar Ritacuba Blanco.

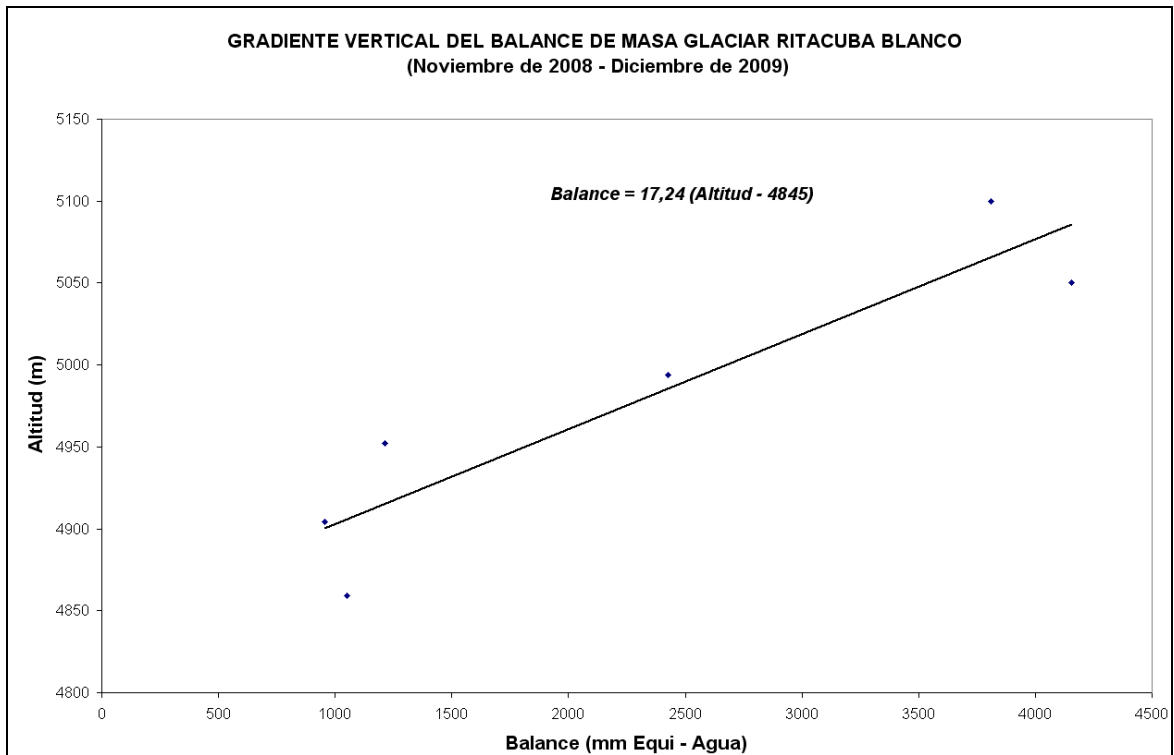


Figura 25. Gradiente vertical del balance de masa glaciar Ritacuba Blanco.

A partir de los datos de ablación y acumulación capturados entre Noviembre de 2008 y Diciembre de 2009 se determinó que el valor del gradiente vertical del balance de masa para el glaciar Ritacuba Blanco es de 17,24 mm/m. (Ver Figura 25)

4.2.8 Altitud línea de equilibrio (ELA) glaciar Ritacuba Blanco.

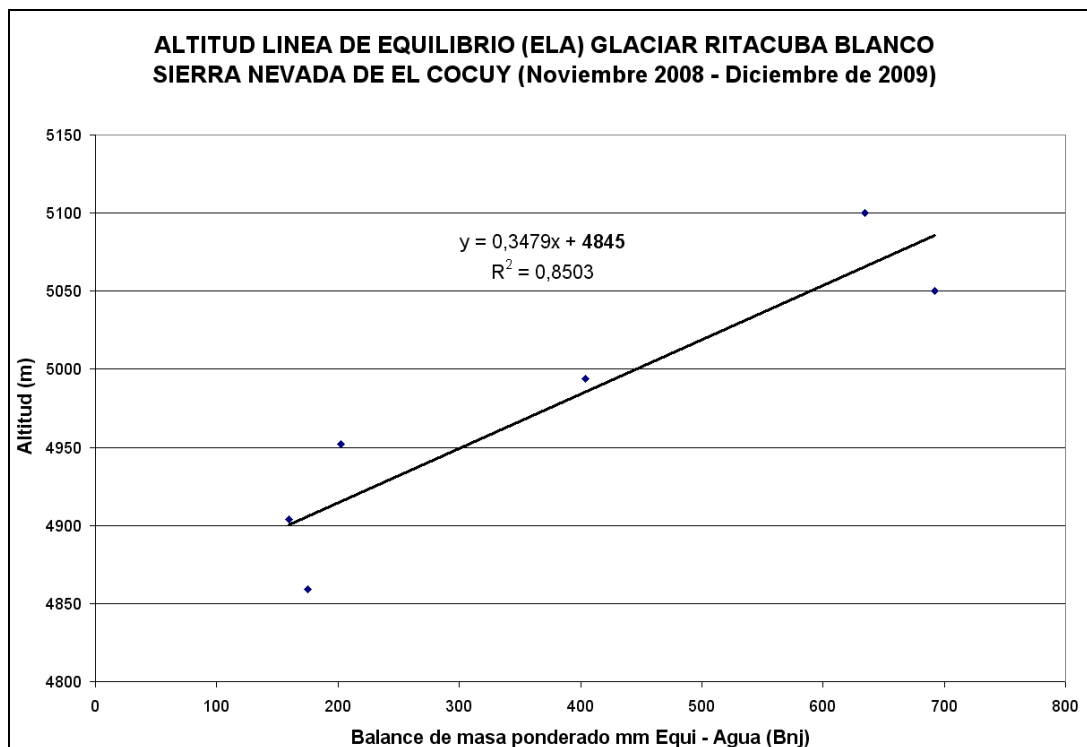


Figura 26. Altitud línea de equilibrio glaciar Ritacuba Blanco sierra nevada de El Cocuy.

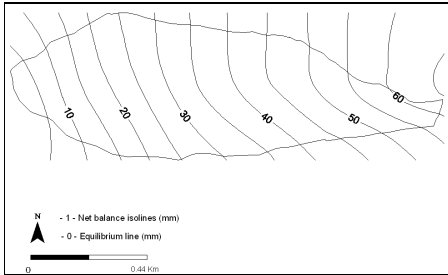
Como se observa en la figura 26, la línea de equilibrio para el glaciar Ritacuba Blanco está a 4845 m de altitud, este valor es muy similar al calculado para el glaciar Ritacuba Negro, por lo tanto, es posible afirmar que la ELA para la sierra nevada de El Cocuy es aproximadamente de 4840 m.

4.2.9 Espacialización del balance de masa glaciar Ritacuba Blanco año 2009.

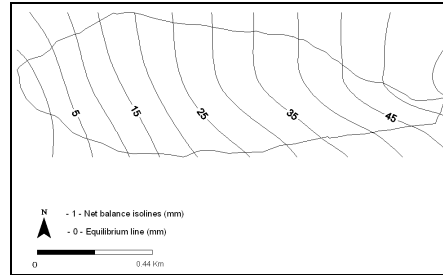
Utilizando el levantamiento topográfico realizado en el mes mayo de 2009 se calculó el área del glaciar Ritacuba Blanco (zona de cálculo del balance). Por medio de esta información se realizó una distribución espacial del balance sobre la superficie del glaciar generando líneas de "Isobalance".

La espacialización del balance de masa mensual del glaciar Ritacuba Blanco es la siguiente:

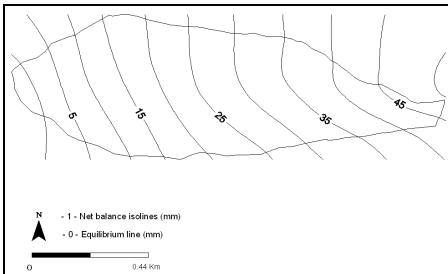
Diciembre 2008



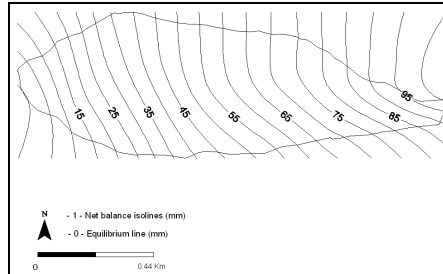
Enero 2009



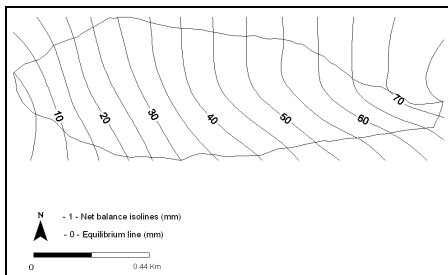
Febrero 2009



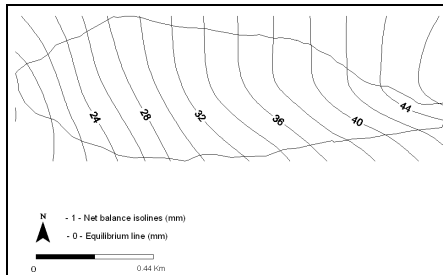
Marzo 2009



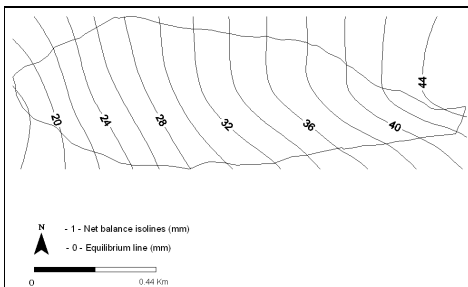
Abril 2009



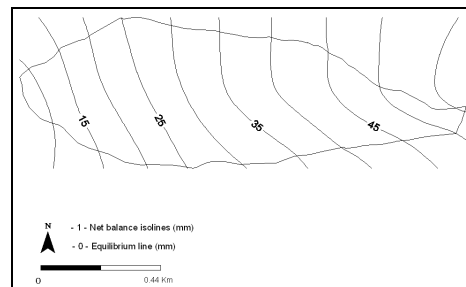
Mayo 2009



Junio 2009



Julio 2009



Agosto 2009



Septiembre 2009

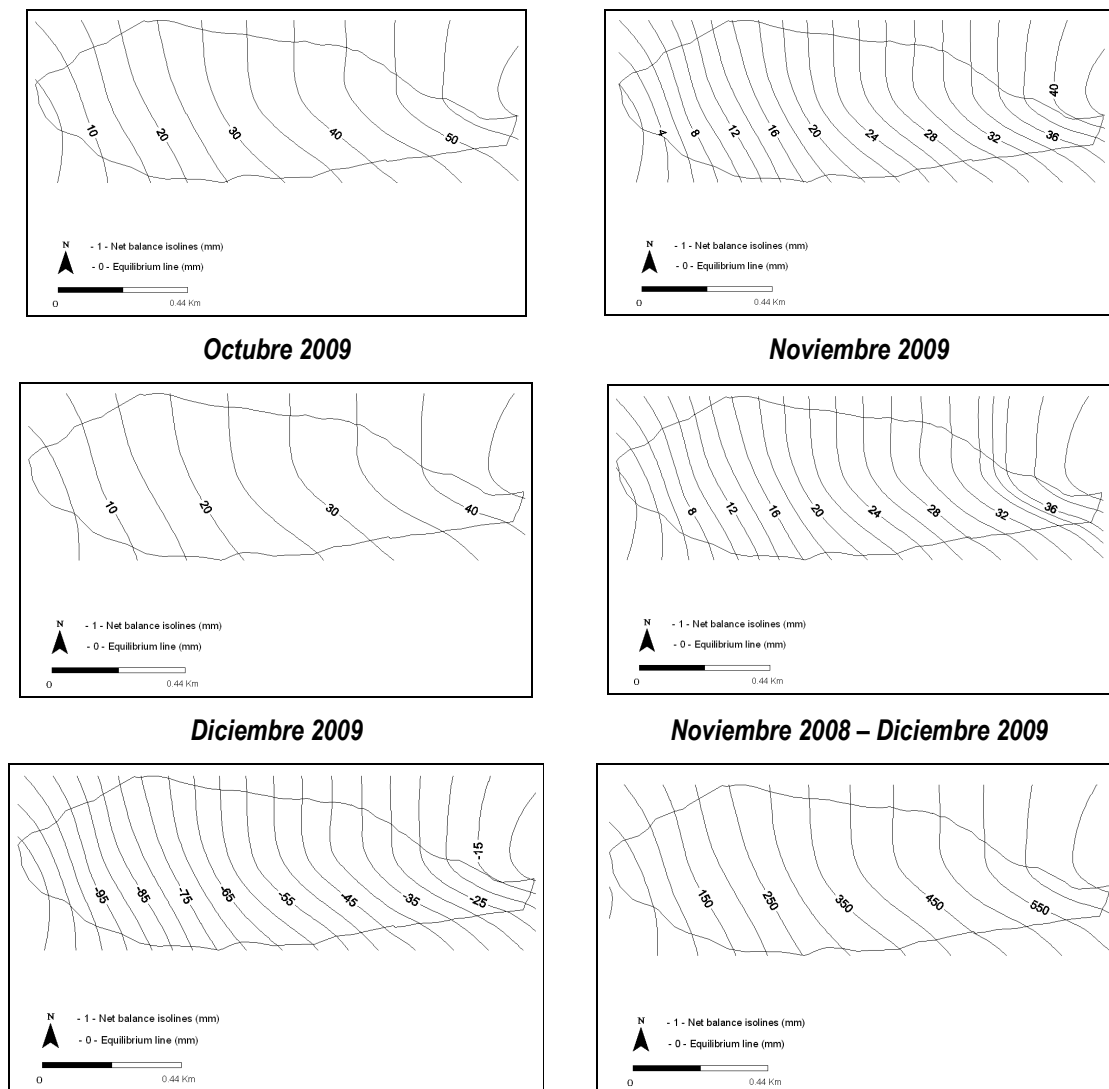


Figura 27. Espacialización del balance de masa glaciaria Ritacuba Blanco sierra nevada de El Cocuy.

4.2.10 Efectos del fenómeno climático El Niño en los glaciares de la sierra nevada de El Cocuy (Mayo - Diciembre de 2009).

Los eventos climáticos regionales extremos como el fenómeno “El Niño” determinan un cambio sustancial en la dinámica de los glaciares en Colombia los cuáles reaccionan de manera casi inmediata ante el incremento de la temperatura superficial del pacifico (sector 3-4).



Los resultados obtenidos mediante el balance de masa glaciar indican que un evento NIÑO puede incrementar la deglaciación hasta en un 300% generando un impacto directo sobre el retroceso de los glaciares tropicales existentes en Colombia.

Para el caso específico del glaciar Ritacuba Blanco en la sierra nevada de el Cocuy el efecto del último fenómeno del Niño se vio reflejado en una disminución significativa de la precipitación sólida, seguido de un incremento de la ELA en 300 m y la aparición de una zona de ablación bien definida entre los 4800 m y los 5100 m de altitud durante el periodo noviembre - diciembre de 2009.

Cabe resaltar que el glaciar Ritacuba Blanco se mantenía en equilibrio debido a que la totalidad de su área se encontraba sobre la línea de equilibrio calculada para este glaciar, pero a consecuencia del último fenómeno el Niño este glaciar ha entrado en desequilibrio el cual se cuantificó en una pérdida de 329.2 milímetros equivalentes de agua (ver figura 22).

5. GEOMETRÍA DEL GLACIAR.

Fuente: (Contrato 086-2008 Ignacio Meneses; IDEAM) - Fuente (Contrato 107-2008 Eduardo Andrés Tobón; IDEAM)- Fuente (Contrato 017-2009 Edgard Leonardo Real; IDEAM . Supervisor Jorge Luis Ceballos

5.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

La geometría glaciar atañe el cálculo de un área glaciar por medio de métodos topográficos. Es la determinación de un área aproximada la cual se calcula de la misma forma que una superficie cualquiera empleando para ello los principios de geometría básica, como ángulos, alturas y distancias, implica además la utilización de coordenadas reales o arbitrarias para saber la ubicación absoluta o relativa de una zona en particular.

El seguimiento espacial de los glaciares demanda el empleo de métodos e instrumentos en los campos de la topografía, el tratamiento de imágenes satelitales, o la fotogrametría a partir de aerofotografías, herramientas indispensables para analizar la dinámica de la masa de hielo que pueden ofrecer una alternativa a varias observaciones efectuadas usualmente a partir del terreno.

5.1.1 Levantamiento topográfico glaciar Conejeras 2009

La topografía glaciar resulta preponderante, ya que además de permitir actualizar las áreas glaciares, posibilita el cálculo del balance de masa y sirve de referente para observar el cambio (disminución o aumento) del glaciar, lo cual se puede relacionar con factores meteorológicos y climáticos

Los trabajos relacionados con la actualización del área glaciar para el año 2009 mediante un levantamiento topográfico, se efectuaron con un GPS de frecuencia sencilla marca LEICA SYSTEM 500 con receptor SR530 de precisión submétrica en el mes de abril, levantamiento que resultó parcial debido a las adversas condiciones atmosféricas presentes así como por el deficiente funcionamiento de las baterías del GPS. Posteriormente se complementó este levantamiento topográfico con uno realizado en el mes de junio del mismo año para poder establecer el área que actualmente ocupa el glaciar Conejeras.

Se generaron 84 puntos coordenados para el cálculo del área glaciar que junto a los 40 puntos creados en el primer levantamiento permitieron el cierre de la poligonal que representa el área del glaciar Conejeras; los bordes

del costado norte no presentaron mayor problema, ya que la superficie es homogénea y posibilita el recorrido sobre el glaciar. Los datos en bruto fueron descargados en el programa Surfer, para crear archivos TXT.

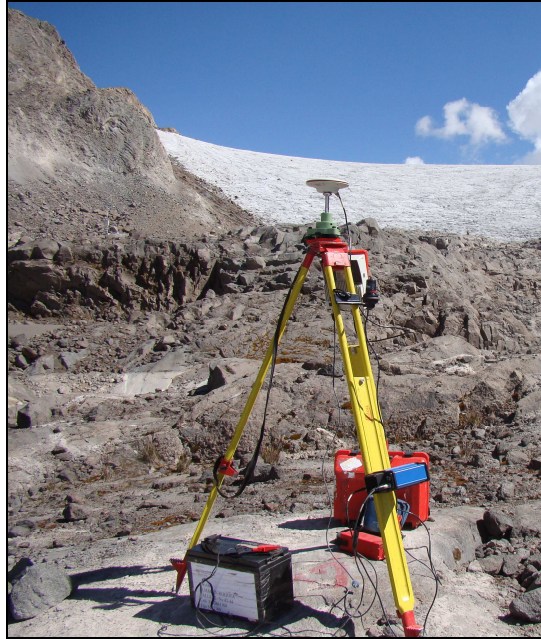


Figura 28. Instalación de equipos GPS base de frecuencia sencilla.

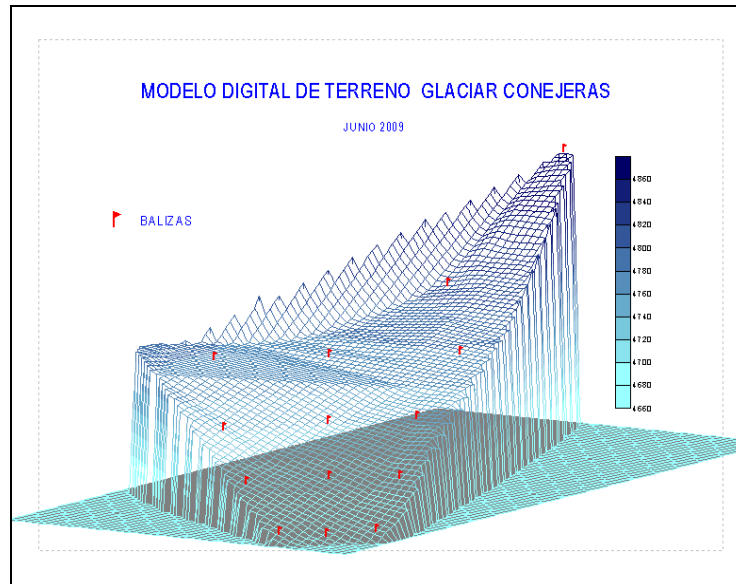


Figura 29. Modelo digital de terreno del glaciar Conejeras 2009.

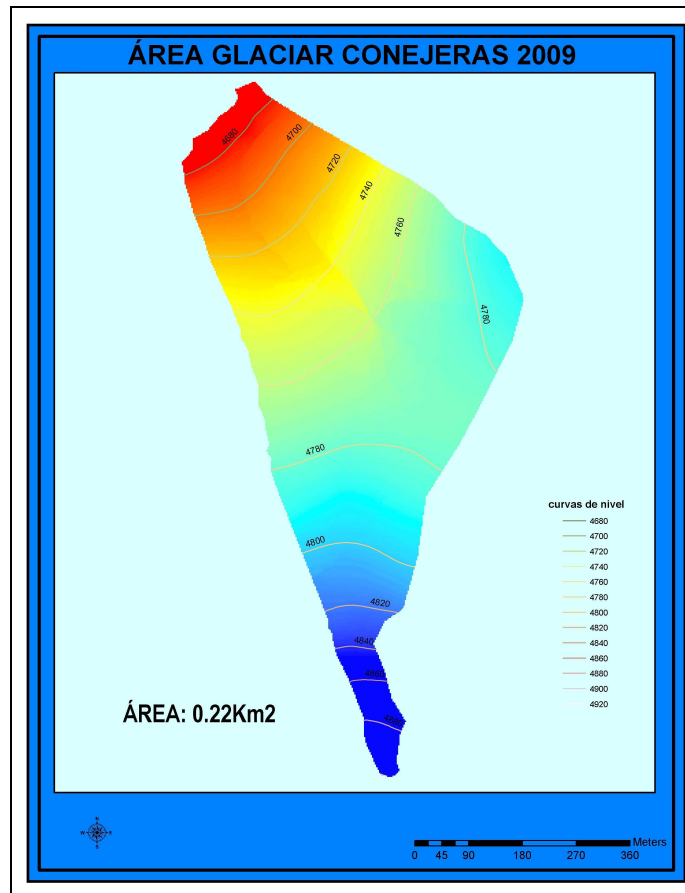


Figura 30. Área del glaciar Conejeras para el año 2009.

El área del glaciar Conejeras calculada mediante el levantamiento topográfico para el año 2009 fue de 0.22 km² o 220553 m², resultados que al ser comparados con el área calculada con el levantamiento topográfico realizado en febrero 15 de 2008 la cual fue de 0.31km² o 314659 m², muestran una pérdida de 0.09 km² (94106 m²) equivalentes a 9 hectáreas aproximadamente. (Ver Figura 30)

Los resultados obtenidos presentan un margen de error considerable, ya que cada levantamiento realizado no sigue los mismos bordes glaciares; existen sectores del glaciar, collado y parte sur que presentan disimetría ya que no es claro el límite que ocupa el glaciar, por tanto, si bien las deducciones realizadas con el GPS de frecuencia sencilla son verdaderas, los recorridos efectuados sobre el glaciar para determinar su área no siempre siguen rutas o límites bien definidos ya sea por ser zonas de riesgo o porque la divisoria del glaciar no está determinada con claridad. De todas formas se considera que el área calculada es representativa para los fines perseguidos.

Área glaciar Conejeras 2008	Área glaciar Conejeras 2009	Total área extinta (2008-2009)
0.31 Km ²	0.22 Km ²	0.09 Km ²

Tabla 14. Pérdida de área en el glaciar Conejeras para el periodo 2008 - 2009

5.1.2 Retroceso del frente glaciar medidos sobre el terreno en el volcán nevado Santa Isabel

Desde 1988 se tienen registros de campo del retroceso del frente glaciar para varios puntos del nevado Santa Isabel medidos en principio por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y a partir del año 1996 por el IDEAM. (Ver Figura 31)

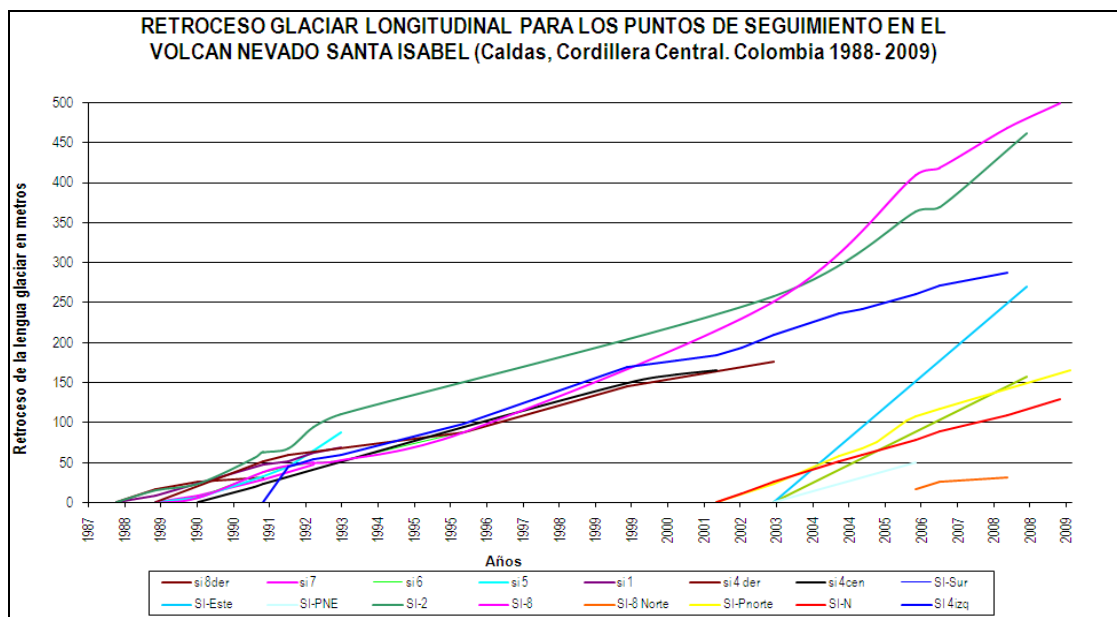


Figura 31. Puntos de retroceso longitudinal nevado Santa Isabel.

Tomando todos los puntos en consideración a nivel general para el nevado Santa Isabel, se tiene un retroceso longitudinal promedio histórico de 24 m por año.

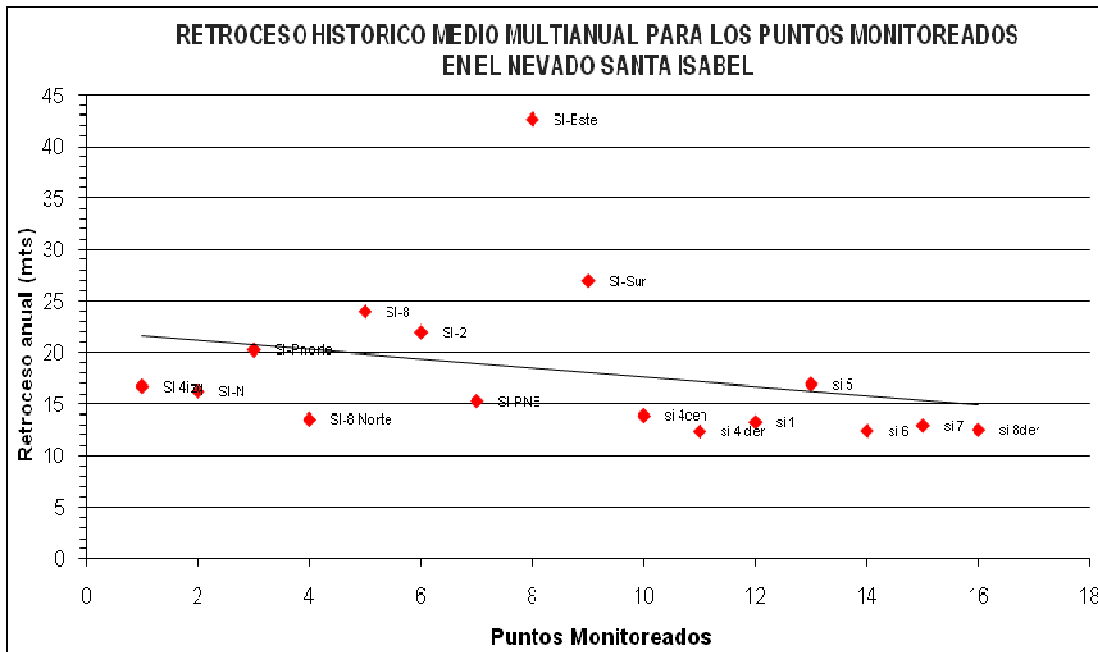


Figura 32. Retroceso promedio histórico para los puntos monitoreados en el volcán nevado Santa Isabel.

En la última comisión realizada el 18 de noviembre, se inspeccionó el retroceso longitudinal del punto SI -Pnorte el cual corresponde al glaciar Conejeras en el nevado Santa Isabel. A partir de la marca registrada en marzo 5 del año 2006, se midieron 64.40 m, se materializó una nueva marca a 5 metros del borde del hielo con fecha de noviembre 18 de 2009. El registro de 16,6 hace referencia a la medida encontrada para un periodo de 364 días; es decir que el dato no corresponde al periodo marzo de 2006 a noviembre de 2009, por el contrario el valor corresponde al periodo noviembre de 2008 a noviembre de 2009. (Ver Figura 32)

Tabla 15. Retroceso para los puntos monitoreados en el volcán nevado Santa Isabel noviembre 2009.

Retroceso longitudinal de frente glaciar hasta el 18 de noviembre de 2009			
SI-Pnorte	SI-N	SI-Este	SI-8
16.6	19.9	11.5	31.7

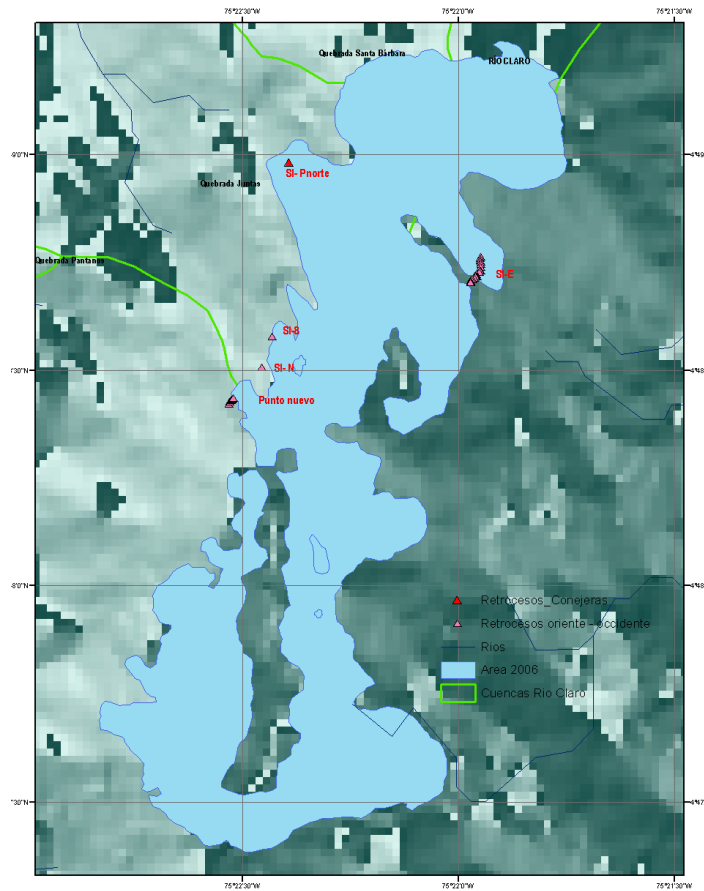


Figura 33. Puntos de registro del retroceso longitudinal en el nevado de Santa Isabel 2009 superpuestos en un modelo digital de terreno.

Un punto de relevante corresponde a SI-PNorte, ubicado sobre el glaciar Conejeras, el cual se viene haciendo seguimiento desde el año 2001, encontrando hasta el 2009 una pérdida total de 165 m., dando en promedio un retroceso anual de 20m, siendo uno de los más altos para este nevado. (Ver Figura 33)

5.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

5.2.1 Topografía glaciar Ritacuba Negro.

A principios del año 2008 se realizó la actualización cartográfica de los levantamientos topográficos realizados en el glaciar Ritacuba Negro. Dentro de dicha actualización se incluye el cálculo de perfiles longitudinales, áreas y perímetros; y la generación de modelos digitales de terreno a partir de la construcción de isohipsas.

Los resultados obtenidos luego de evaluar y procesar esta información fueron los siguientes:

Perfil longitudinal.

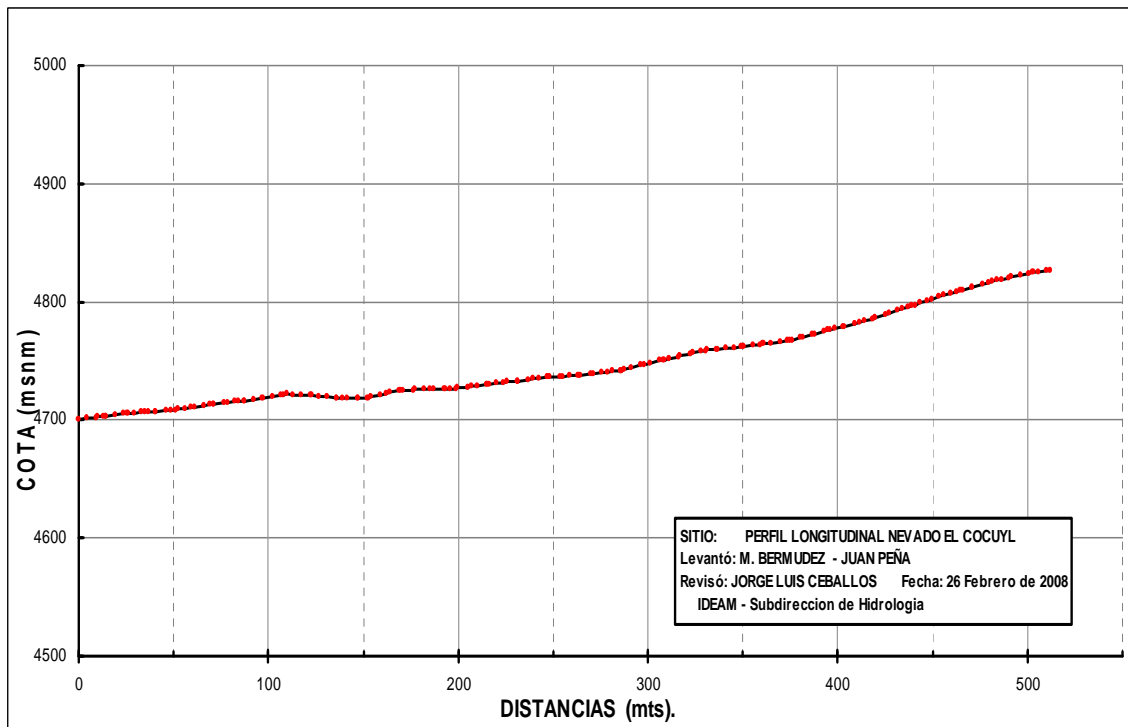


Figura 34. Perfil longitudinal glaciar Ritacuba Negro IDEAM; 2008.

El perfil longitudinal no expresa la totalidad del glaciar en sus alturas máximas, está condicionado al alcance de las cotas georreferenciadas a partir del levantamiento topográfico; las cuales corresponden en su parte más baja a 4728 m.s.n.m y a 4837 m.s.n.m en su parte superior. (Ver Figura 34)

Plano topográfico y Modelo digital de terreno.

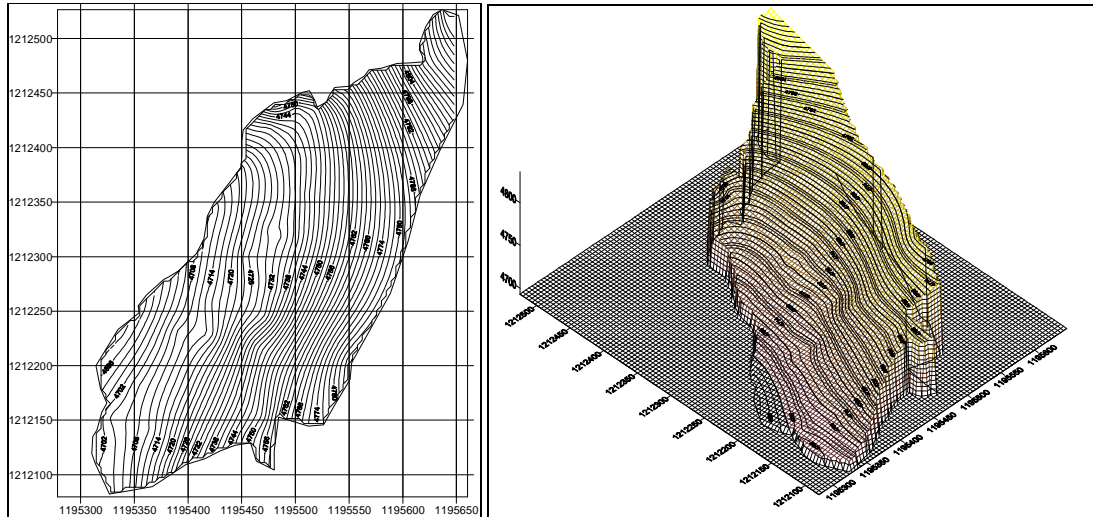


Figura 35. Plano topográfico y Modelo digital de terreno glaciar Ritacuba Negro IDEAM; 2008.

El levantamiento topográfico realizado a inicios del año 2008 cuentan con una mayor información, respecto de los realizados en el año de 2007 ya que posibilitaron la georreferenciación de los puntos de ubicación de las balizas y la generación de curvas de nivel con equidistancias relativamente menores (5 y 2 metros respectivamente) para los lugares de estudio.

A partir de este levantamiento topográfico se estima que el área aproximada del glaciar Ritacuba Negro es de 0.58 Km² y tiene perímetro de 1040.20 m.

El modelo digital realizado por la Subdirección de Hidrología, se extrajo de las isohipsas logradas en el levantamiento topográfico en febrero de 2008, modelo que simula con gran precisión la superficie real; este levantamiento se ajusto al sistema coordinado Magna Sirgas, lo cual permitió exactitud en cuanto a las alturas obtenidas para el desarrollo del modelo. (Ver Figura 35)

5.2.2 Topografía glaciar Ritacuba Blanco.

Con la instrumentación del glaciar Ritacuba Blanco en septiembre de 2008 continuó, el seguimiento de la dinámica glaciaria en la sierra nevada de El Cocuy, esta instrumentación se complementó con un levantamiento topográfico realizado en el mes de mayo de 2009.

La información capturada permitió realizar cartografía y un modelo digital del glaciar entre los 4830 m y los 5100 m de altitud. (Ver Figura 36)

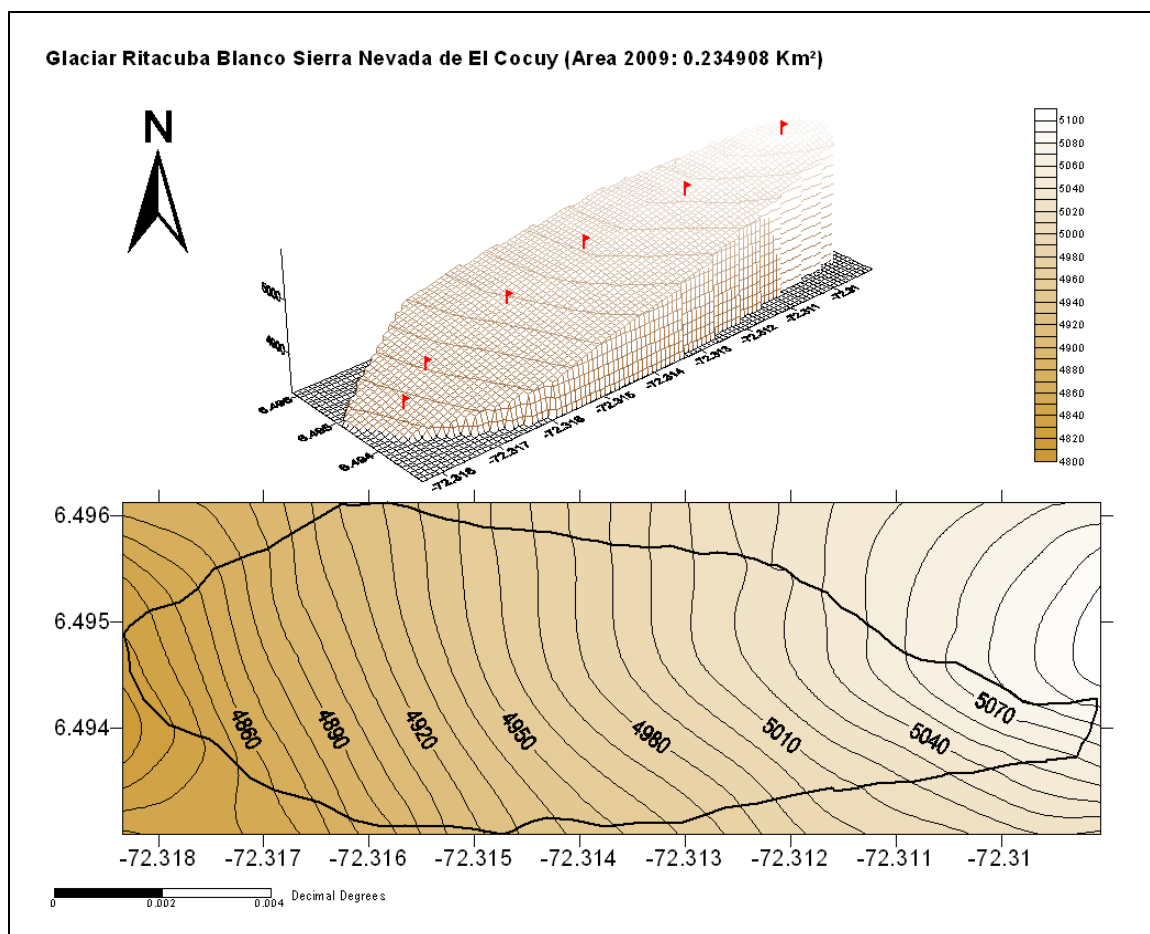


Figura 36. Levantamiento topográfico y modelo digital del glaciar Ritacuba Blanco en la sierra nevada de El Cocuy.

Este proceso permitió cuantificar el área del glaciar Ritacuba Blanco en 0,23 Km² y establecer que el borde glaciario se encuentra a 4830 m de altitud.

5.2.3 Retrocesos del frente glaciario medidos sobre el terreno en la Sierra Nevada de El Cocuy.

La medida de retrocesos longitudinales inicio en la década de los años 80 y fue liderada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). En el año 1995 esta información fue cedida al IDEAM quien realiza la captura, procesamiento y análisis de esta información actualmente.

A 2009 se tienen once (11) puntos de observación y cuantificación del retroceso de frente glaciar en la sierra nevada de El Cocuy, de los cuales dos (2) se encuentran al norte de la sierra en el glaciar Ritacuba Negro, seis (6) en el sector de la Laguna Grande de la Sierra (Glaciares Toti, Cóncavo y paso de Bellavista), dos (2) en el pico Pan de Azúcar y Pulpito del Diablo y uno (1) en los Cerros de la Plaza al sur oriente de la sierra. (Ver Figura 38).

A nivel general para este glaciar se tiene un retroceso longitudinal histórico anual de 23 m, presentando una tendencia constante para todas las lenguas, (ver figura 37).

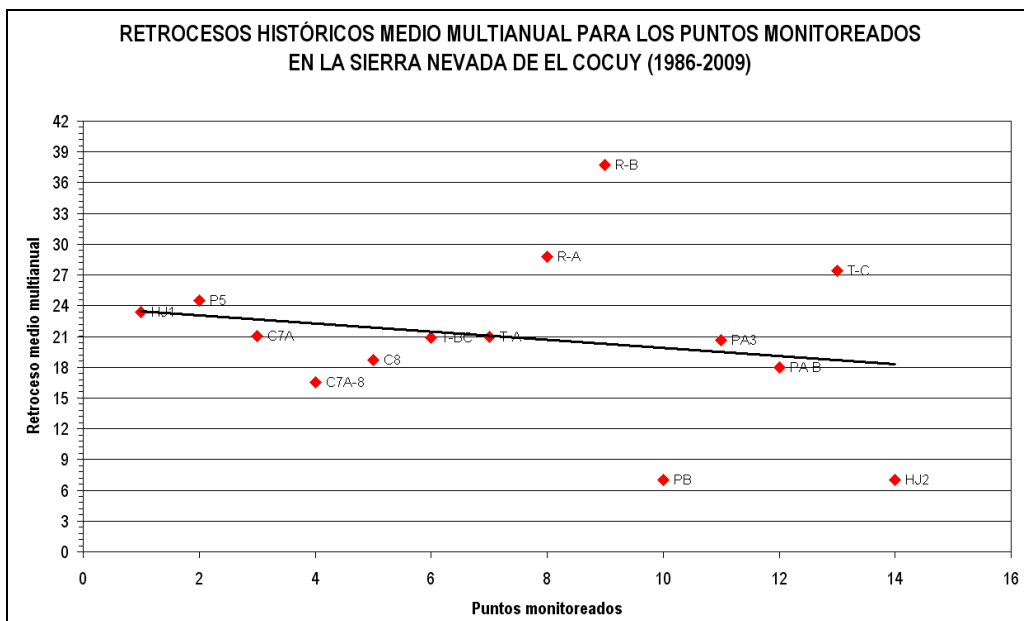


Figura 37. Retroceso promedio histórico para los puntos monitoreados en la sierra nevada de El Cocuy.

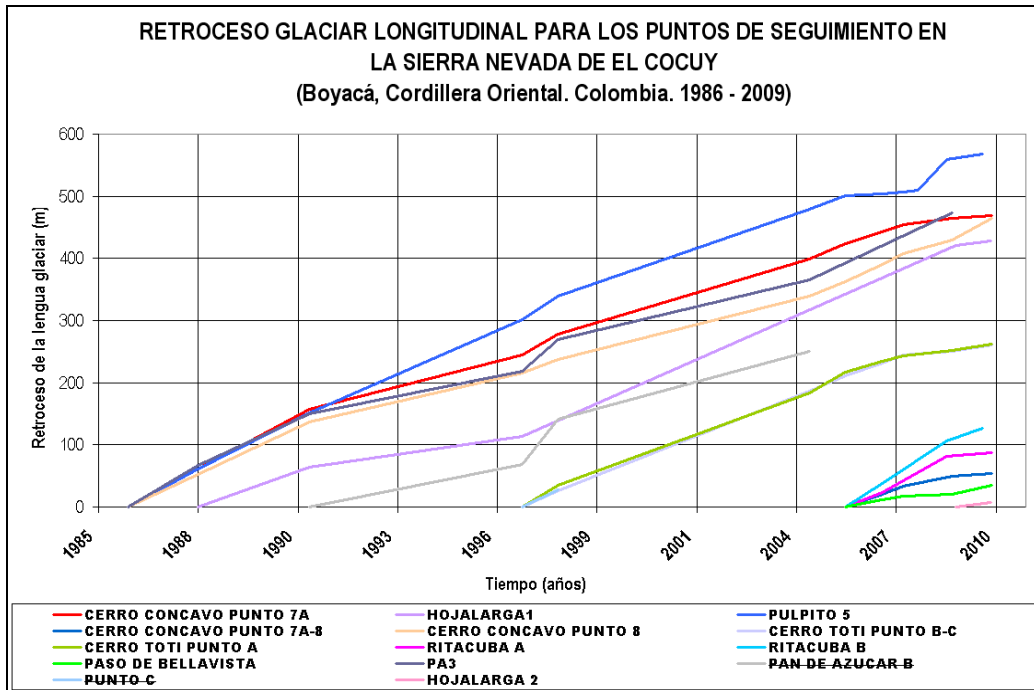


Figura 38. Retroceso longitudinal para los puntos monitoreados en la sierra nevada de El Cocuy. (Los códigos con negrilla corresponden a los puntos activos.)

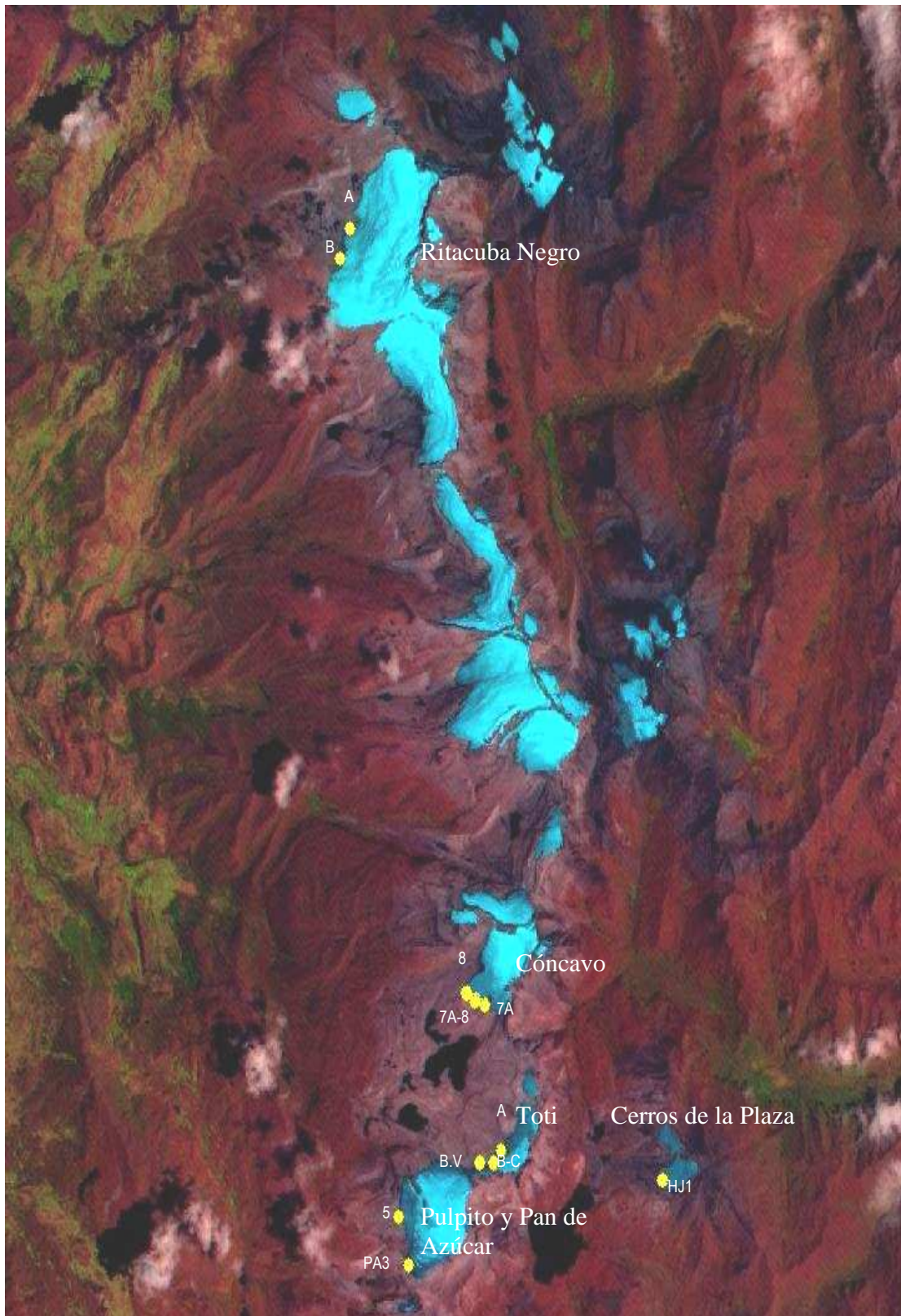


Figura 39. Puntos de retroceso longitudinal monitoreados actualmente en la Sierra nevada de El Cocuy o Güicán. (Imagen Aster 2006.)

5.2.4 Actualización del área glaciar en la Sierra Nevada de El Cocuy periodo 2008 - 2009.

El cálculo del área glaciar de la sierra nevada de El Cocuy para el periodo 2008 -2009 se realizó a través de la interpretación de imágenes satelitales ALOS (*Advanced Land Observation System*). Utilizando imágenes provenientes de los sensores AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer*, PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) y la metodología sugerida por Paul et al (2000) para la interpretación de imágenes Landsat se obtuvo como resultado que el área glaciar de la sierra nevada de El Cocuy para el periodo 2008 – 2009 es de 17.4 Km²

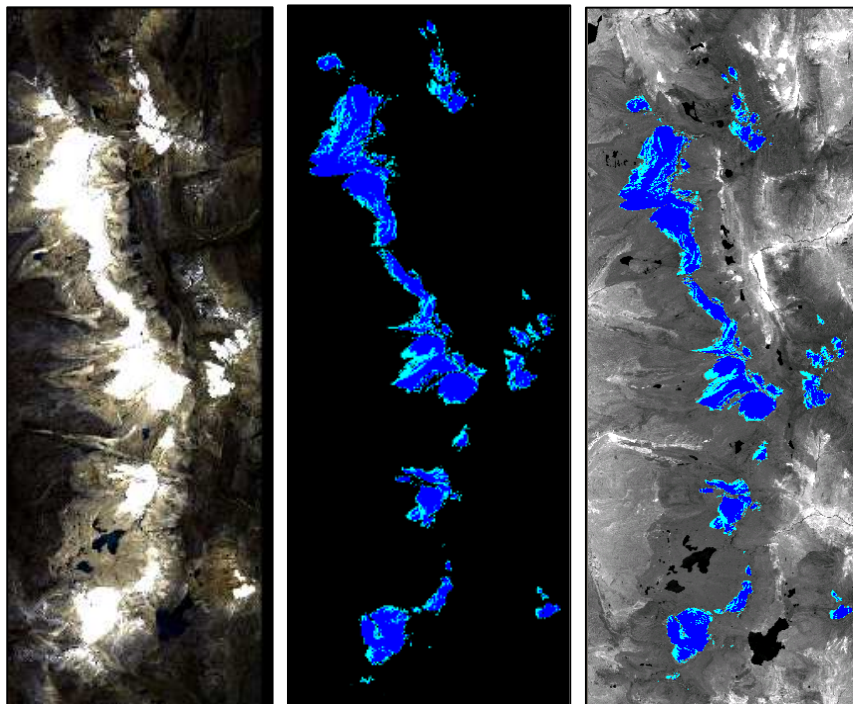


Figura 40. Clasificación no supervisada de una imagen ALOS sierra nevada de El Cocuy. **Izquierda.** Imagen ALOS 2009 combinación de bandas R:3 G:2 B:1. **Centro.** Cobertura glaciar obtenida por medio de la clasificación no supervisada clases 29 y 30 **Derecha.** División de bandas 4:2 imagen satelital ALOS (Avnir-2) 2009. Escala aproximada 1:200000

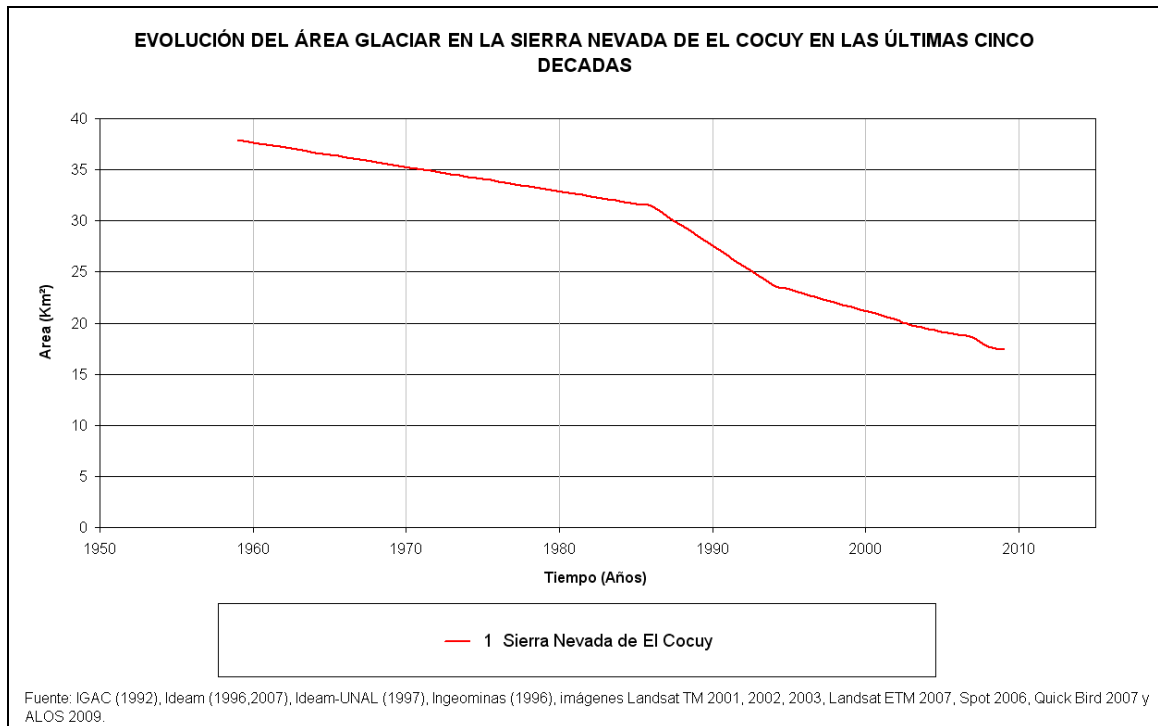


Figura 41. Evolución del área glaciar de la sierra nevada de El Cocuy durante la últimas cinco (5) décadas.

De acuerdo con los valores históricos de evolución glaciar se estima que el área de la sierra nevada de El Cocuy viene disminuyendo a una tasa de 3%/año durante las últimas tres (3) décadas. (Ver Figura 41)



6. METEOROLOGÍA.

Fuente: (Contrato 107-2008 Eduardo Andrés Tobón; IDEAM) - Fuente (Contrato 017-2009 Edgard Leonardo Real; IDEAM). Supervisor Jorge Luis Ceballos

6.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

La red de instrumentos que permite la captura de factores hidrometeorológicos en la cuenca alta del Río Claro, la componen un pluviómetro totalizador, cuatro estaciones hidrometeorológicas. Las estaciones que se utilizaron para este análisis se listan en la tabla 16.

Tabla 16. Red de estaciones ubicadas en la cuenca alta del Río Claro.

Nombre de la Estación	Altitud (m)	Sensores Instalados	Código IDEAM
Conejeras 2 (Hidrológica)	4696	Nivel de agua, temperatura y humedad relativa del aire 2 m.	2615717
Pluviómetro totalizador	4696	Precipitación acumulada	-
Conejeras 1 (Hidrológica)	4686	Nivel de agua.	2615716
Sendero Conejeras (Climatológica)	4412	Humedad relativa y temperatura del aire 2 m, precipitación.	2615525
Sendero Laguna Verde (Climatológica)	4328	Humedad relativa y temperatura del aire a 2 m, humedad del suelo 30 cm, precipitación	2615526

El sesgo en la información determina un análisis relativo del comportamiento del clima y los factores asociados a la dinámica glaciar en el sector. Es necesario seguir capturando los registros de factores hidrometeorológicos de alta montaña, de igual manera se debe mantener operando la red de estaciones en el lugar.

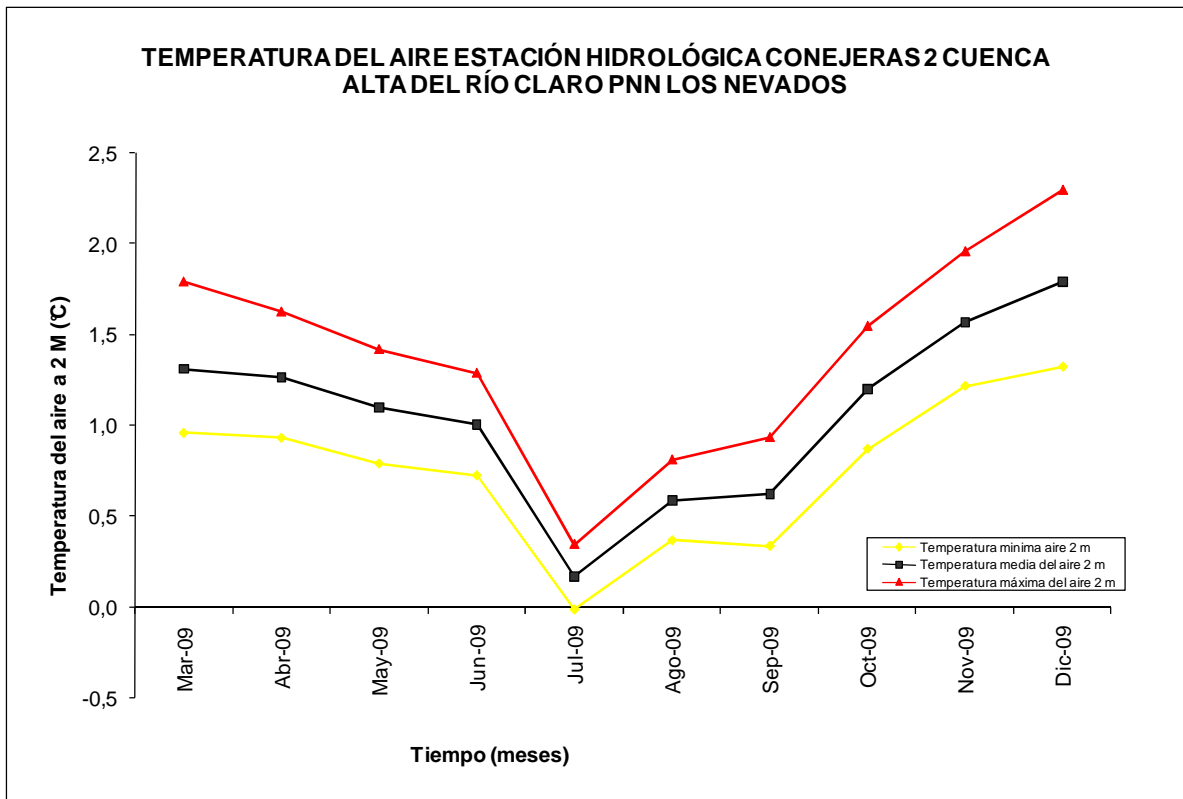


Figura 42. Variación de las temperaturas mínima, media y máxima estación Conejeras 2.

Las temperaturas máxima, media y mínima registran un incremento a partir de julio de 2009 posiblemente este comportamiento obedece al hecho de registrarse en Colombia el fenómeno cálido del Pacífico (fenómeno El Niño) el cual se presenta desde mayo de 2009. En la siguiente tabla se observa el incremento desde el mes de julio de 2009 hasta la fecha. (Ver Figura 42)

Tabla 17. Temperaturas estación hidrológica Conejeras 2.

Fecha	T° mínima	T° media	T° máxima
Mar-09	1,0	1,3	1,8
Abr-09	0,9	1,3	1,6
May-09	0,8	1,1	1,4
Jun-09	0,7	1,0	1,3
Jul-09	0,0	0,2	0,3
Ago-09	0,4	0,6	0,8
Sep-09	0,3	0,6	0,9
Oct-09	0,9	1,2	1,5
Nov-09	1,2	1,6	2,0
Dic-09	1,3	1,8	2,3
Promedio	0,8	1,1	1,4

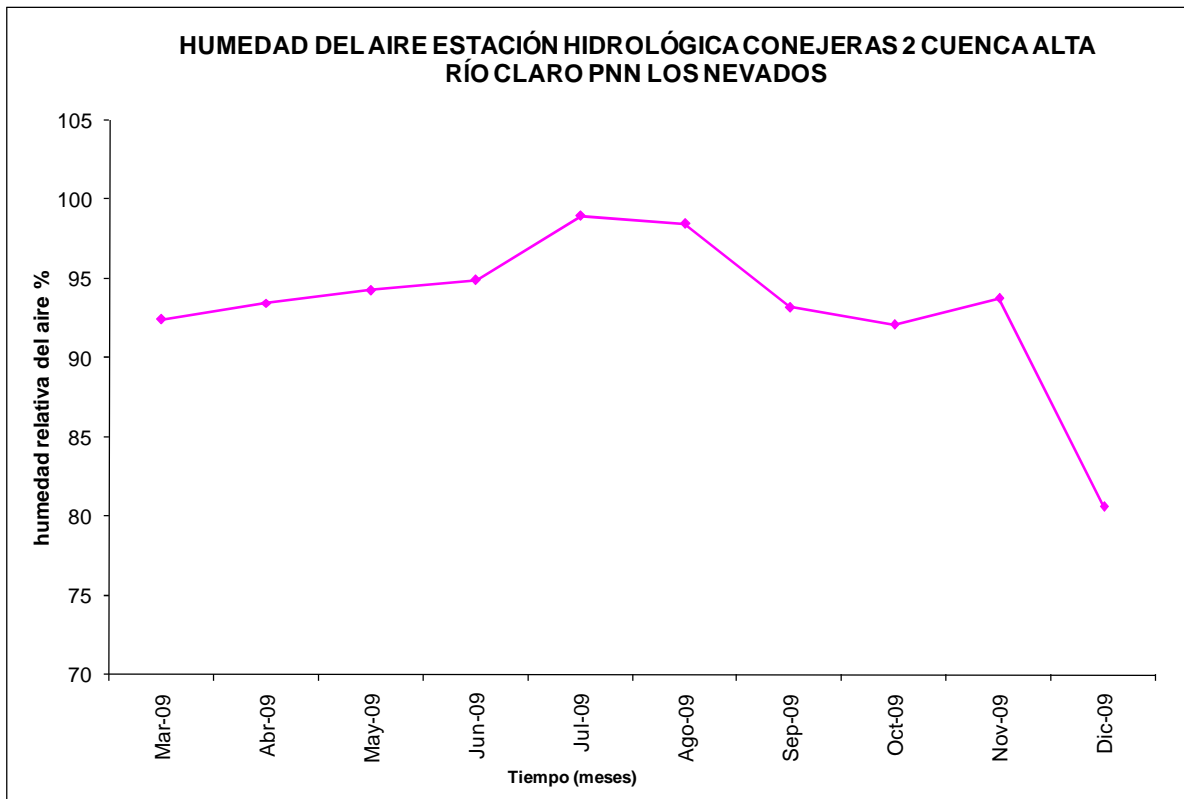


Figura 43. Comportamiento de la humedad relativa estación Conejeras 2.

El comportamiento de la humedad relativa a dos metros de la superficie de acuerdo a los datos capturados en la estación Conejeras 2, ha estado acorde con el comportamiento del balance de masa glaciológico para el año 2009. Cuando ha disminuido la humedad, la ablación en el glaciar se ha incrementado considerablemente. (Ver Figura 43)

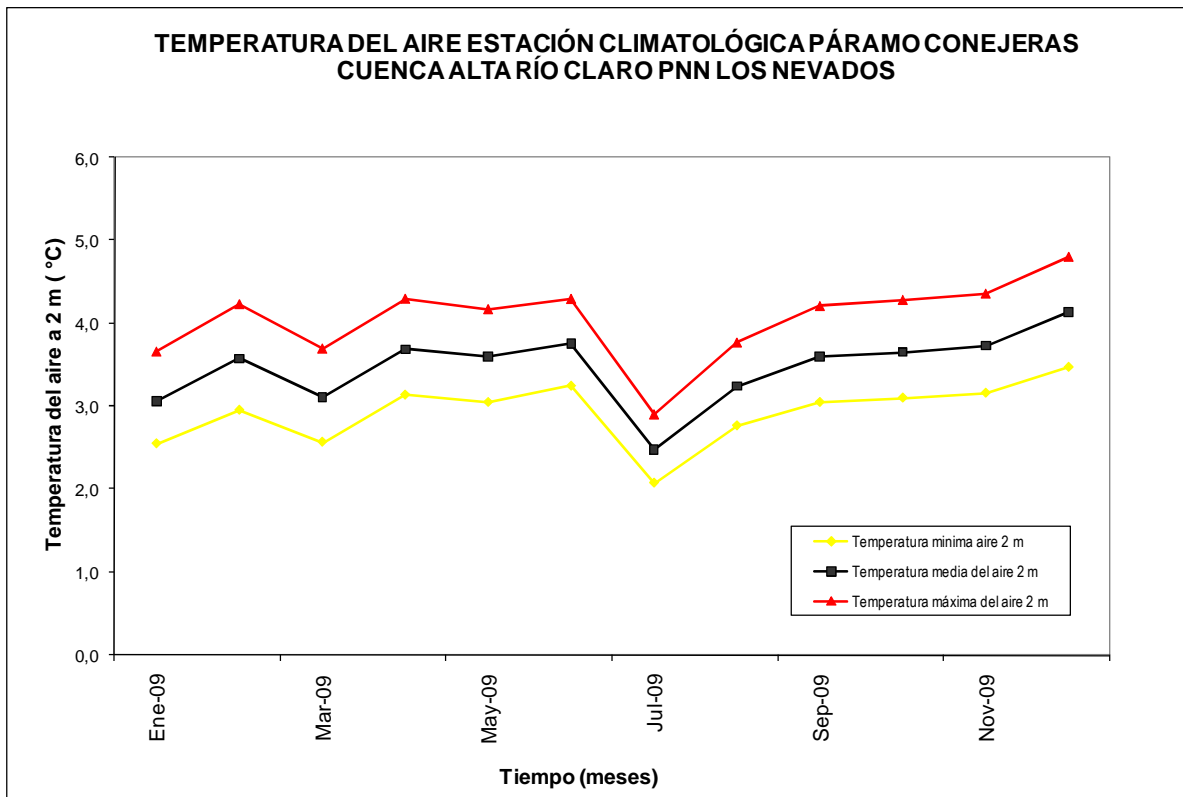


Figura 44. Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima estación sendero Conejeras.

En julio de 2009 se presentó una anomalía en la tendencia que se venía registrando en las temperaturas máxima, media y mínima. El cambio observado registra un incremento paulatino para la temperatura, lo cual plantea una relación aparente entre el comportamiento de temperatura y balance de masa. Cuando los valores de temperatura se incrementaron (octubre –diciembre), de igual manera el glaciar Conejeras registró pérdidas crecientes de masa glaciar. (Ver Figura 44)

Tabla 18. Temperaturas estación climatológica Sendero Conejeras.

Fecha	T° mínima	T° media	T° máxima
Ene-09	2,6	3,1	3,7
Feb-09	3,0	3,6	4,2
Mar-09	2,6	3,1	3,7
Abr-09	3,1	3,7	4,3
May-09	3,1	3,6	4,2
Jun-09	3,2	3,8	4,3
Jul-09	2,1	2,5	2,9
Ago-09	2,8	3,2	3,8
Sep-09	3,1	3,6	4,2

Oct-09	3,1	3,6	4,3
Nov-09	3,2	3,7	4,4
Dic-09	3,5	4,1	4,8
Promedio	2,9	3,5	4,1

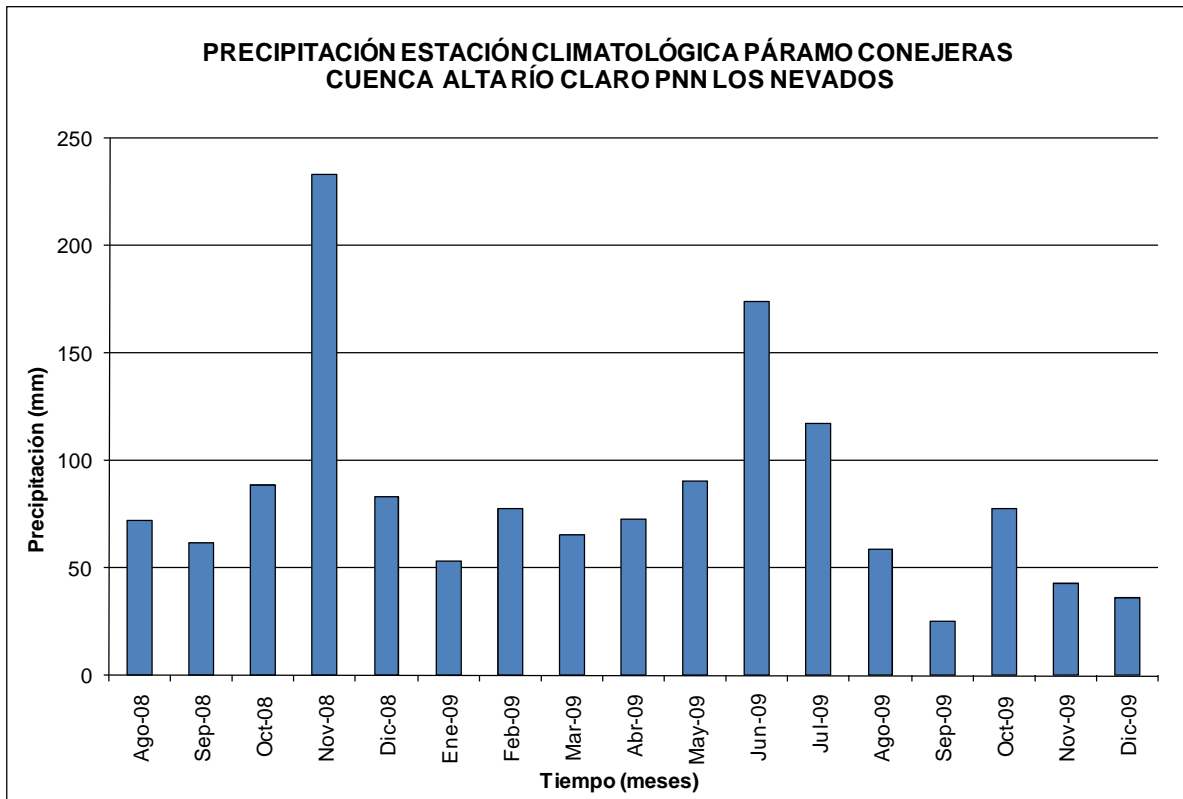


Figura 45. Comportamiento de la precipitación estación Páramo Conejeras.

Los registros de precipitación en la estación sendero Conejeras muestran picos correspondientes con las máximas lluvias entre noviembre de 2008 y junio de 2009, los cuales no tienen relación aparente con el comportamiento del balance de masa; los valores acumulados de precipitación para el año 2008 solo corresponden a un periodo de 5 meses cuyo valor fue de 537mm, las precipitaciones con mayor volumen se presentaron en el mes de noviembre con un registro de 232,7mm. En el año 2009 se presentó un descenso significativo en la pluviosidad 888,7 mm que corresponde con un aumento de la ablación en el glaciar Conejeras y con la intensificación del fenómeno El Niño el cual se viene presentando en el territorio colombiano desde mayo de 2009 y que presumiblemente se extenderá hasta julio de 2010. El mes que registró los mayores valores de precipitación fue junio con 173,8 mm. El total de precipitación acumulada para el periodo 2008 – 2009 fue de 1426.1 mm. (Ver Figura 45)

Tabla 19. Precipitación estación climatológica páramo Conejeras.

Fecha	Precipitación
Ene-09	53
Feb-09	77,7
Mar-09	65,35
Abr-09	72,4
May-09	90
Jun-09	173,8
Jul-09	116,8
Ago-09	58,7
Sep-09	24,7
Oct-09	77,2
Nov-09	42,8
Dic-09	36,2
Promedio	74,05

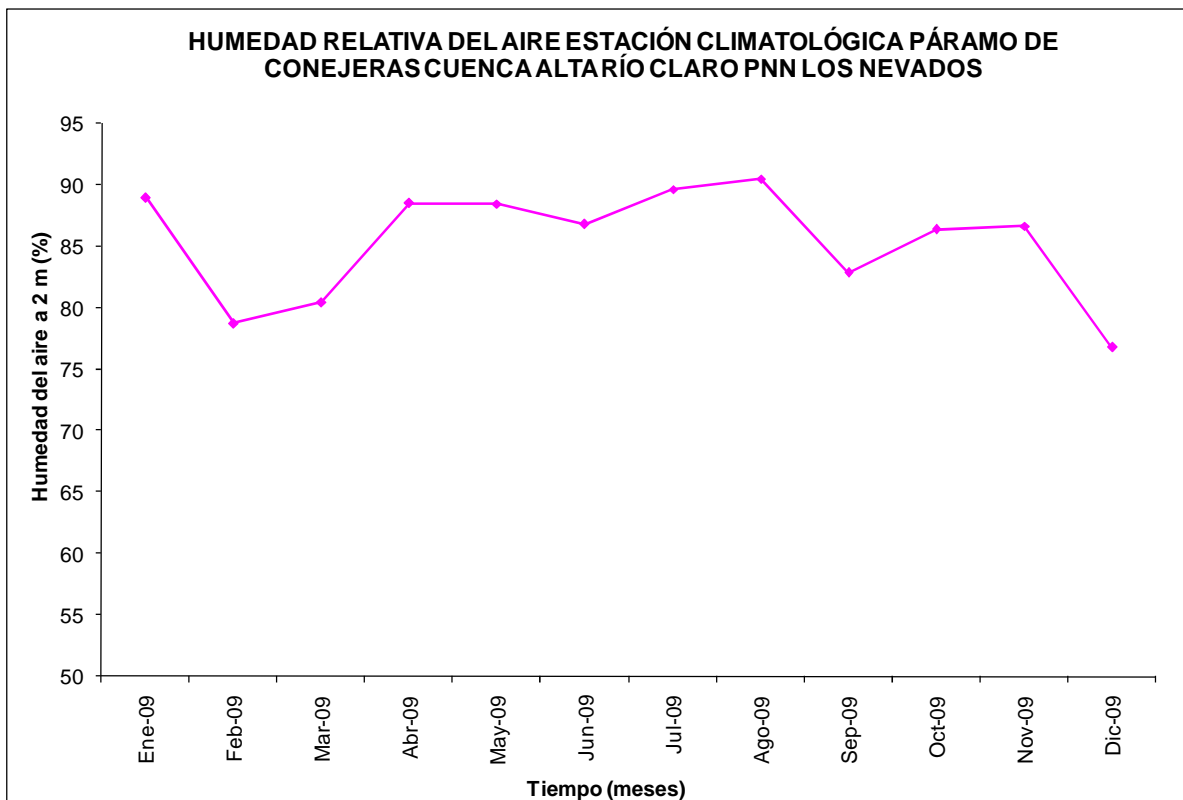


Figura 46. Comportamiento de la humedad relativa estación sendero Conejeras.

El comportamiento de la humedad relativa en la estación sendero Conejeras concuerda con la tendencia de pérdida de masa glaciar en el glaciar Conejeras, a partir de mayo de 2009, época que coincide con la intensificación del fenómeno El Niño (aumento en la temperatura superficial del océano Pacífico región 3-4 para

Colombia). La humedad relativa fue disminuyendo llegando a valores de 70% en enero, justamente en el periodo en el cual se han registrado las pérdidas de masa glaciar más significativas. (Ver Figura 46)

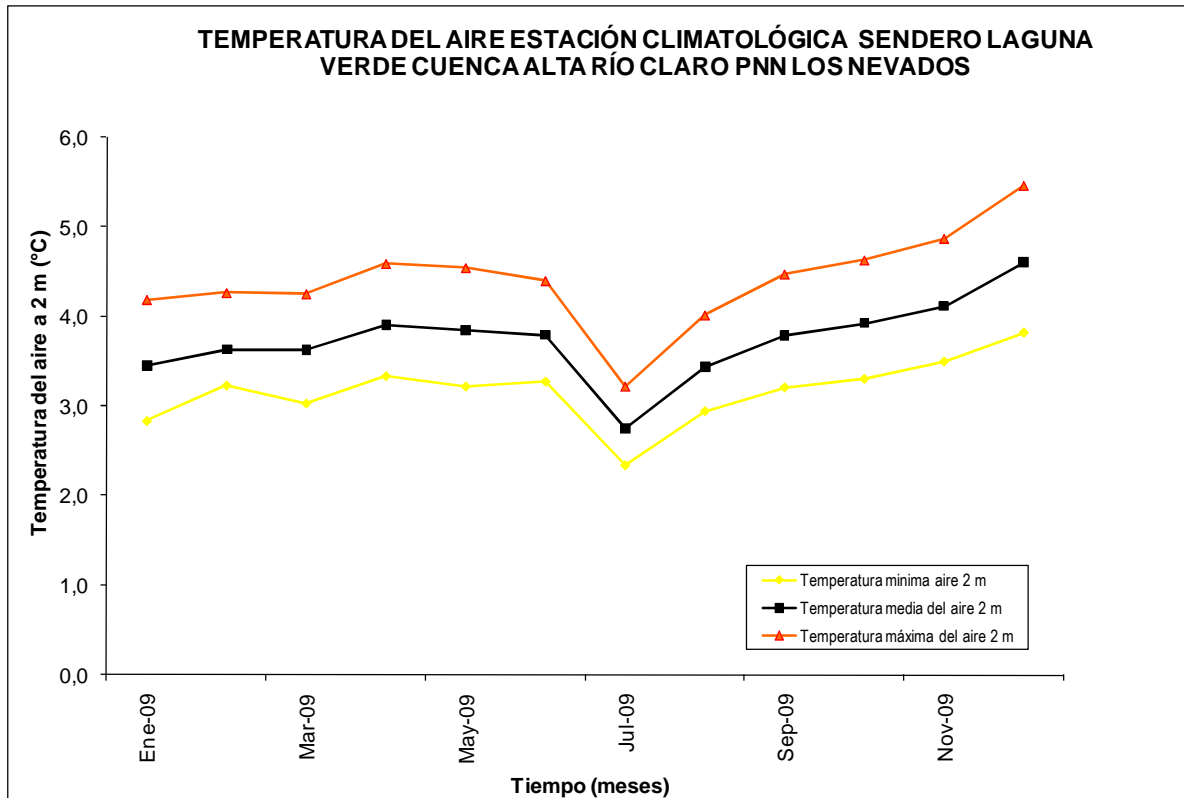


Figura 47. Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima estación sendero Laguna Verde.

Un incremento significativo en la temperatura máxima, media y mínima desde julio de 2009 ha coincidido con el aumento en la ablación para el glaciar Conejeras, esta tendencia en el incremento de los valores en la temperatura es similar a la mostrada en la estación Conejeras 2, la estación sendero Laguna Verde registró un aumento constante en las temperaturas, por su parte la ablación en el glaciar Conejeras aumentó mostrando un comportamiento entre ablación y temperatura aparentemente relacionado. (Ver Figura 47)

Tabla 20. Temperatura estación climatológica Sendero Laguna Verde.

Fecha	T° mínima	T° media	T° máxima
Ene-09	2,8	3,4	4,2
Feb-09	3,2	3,6	4,3
Mar-09	3,0	3,6	4,3
Abr-09	3,3	3,9	4,6
May-09	3,2	3,9	4,5
Jun-09	3,3	3,8	4,4

Jul-09	2,3	2,7	3,2
Ago-09	2,9	3,4	4,0
Sep-09	3,2	3,8	4,5
Oct-09	3,3	3,9	4,6
Nov-09	3,5	4,1	4,9
Dic-09	3,8	4,6	5,5
Promedio	3,2	3,7	4,4

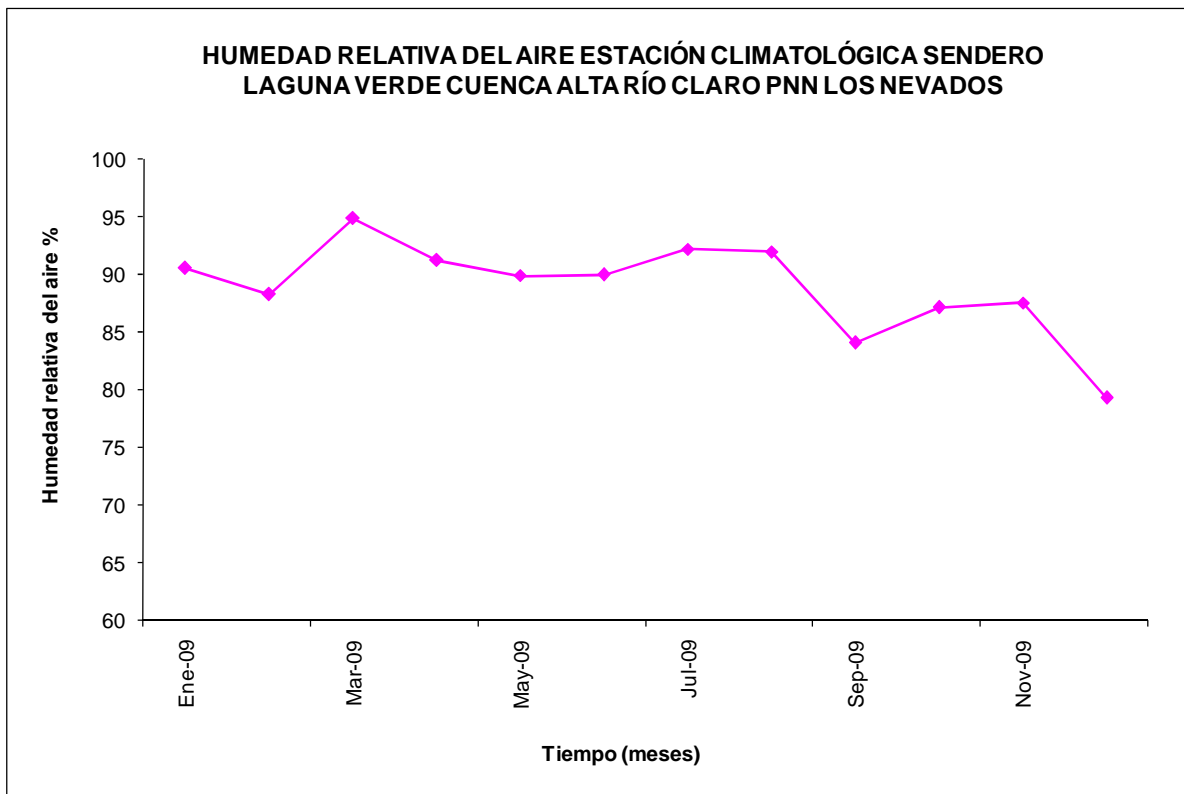


Figura 48. Comportamiento de la humedad relativa estación sendero Laguna Verde.

La humedad relativa en la estación sendero Laguna Verde mostró una tendencia similar al registrado en la estación sendero Conejeras, es decir una disminución constante desde mayo de 2008 hasta diciembre. En principio este comportamiento tendría relación con el aumento en la pérdida de masa glaciar en el glaciar Conejeras. (Ver Figura 48)

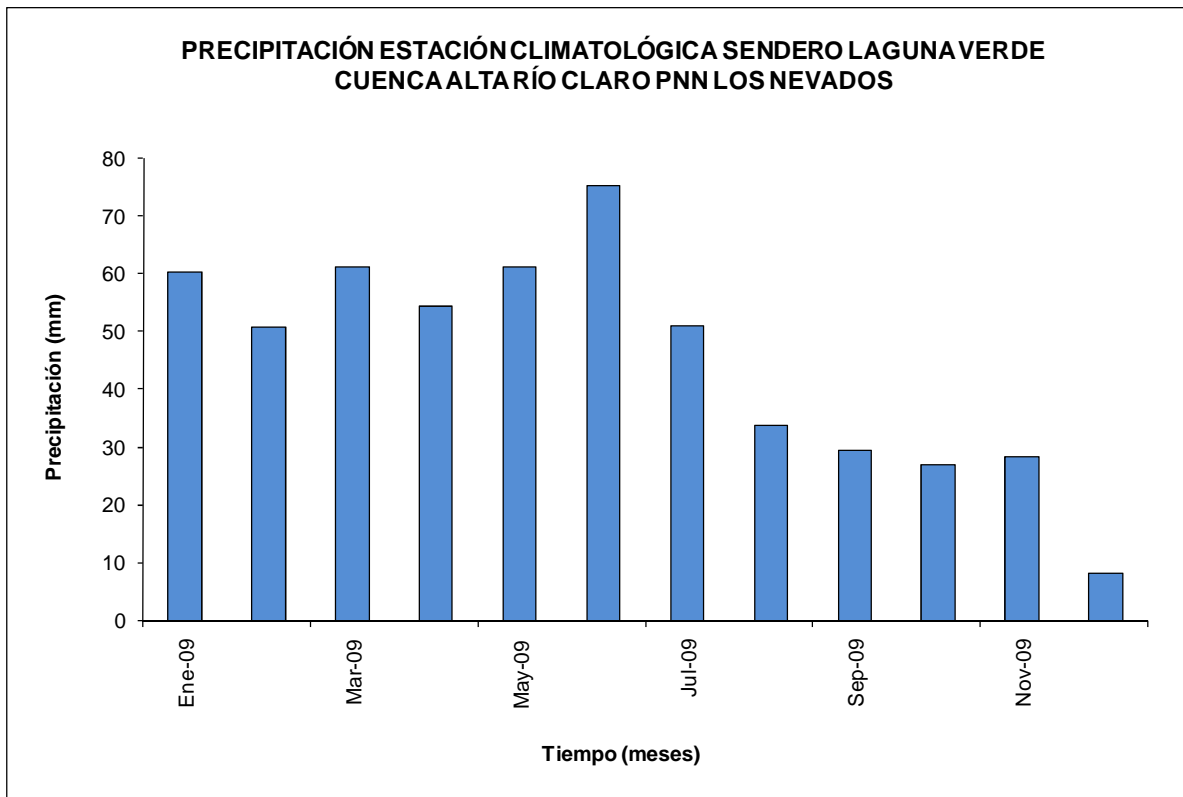


Figura 49. Comportamiento de la precipitación estación sendero Laguna Verde.

Se presentó un descenso significativo en la precipitación desde julio de 2009 hasta diciembre de 2009 según los registros capturados en la estación sendero Laguna Verde, similar al mostrado en la estación sendero Conejeras; en ambas estaciones se registró un aumento significativo en la cantidad de lluvia para el mes de junio de 2009 aunque en la estación sendero Conejeras los registros siempre fueron mayores en comparación con su similar (sendero Laguna Verde). La anomalía reside en los valores de la estación sendero Conejeras puesto que a pesar de encontrarse a mayor altura respecto de la estación sendero Laguna Verde, ha mostrado para el periodo de observación valores superiores. (Ver Figura 49)

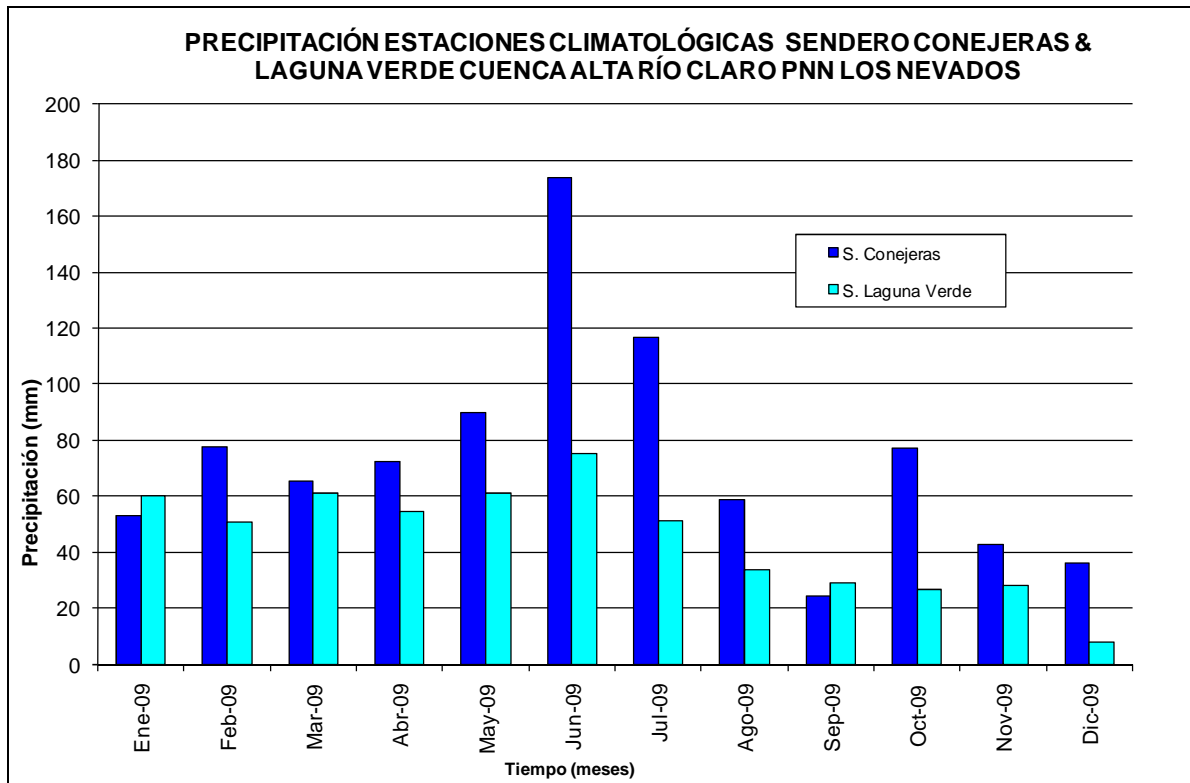


Figura 50. Comparación entre la variabilidad en la precipitación estación sendero Conejeras y Laguna Verde.

Como se observa en la gráfica 50 los registros de precipitación han venido disminuyendo de forma considerable desde noviembre de 2009 hasta diciembre de 2009 para ambas estaciones. Los registros de precipitación podrían tener una estrecha relación con la dinámica en el glaciar Conejeras dado el comportamiento registrado para ambos parámetros, balance de masa y precipitación.

Tabla 21. Precipitación estaciones climatológicas Sendero Laguna Verde y páramo Conejeras.

Fecha	Laguna Verde	Sendero Conejeras
Ene-09	60,3	53
Feb-09	50,9	77,7
Mar-09	61,3	65,35
Abr-09	54,5	72,4
May-09	61,3	90
Jun-09	75,3	173,8
Jul-09	51,1	116,8
Ago-09	33,7	58,7
Sep-09	29,4	24,7
Oct-09	26,9	77,2

Nov-09	28,3	42,8
Dic-09	8,2	36,2
Promedio	45,1	74,1

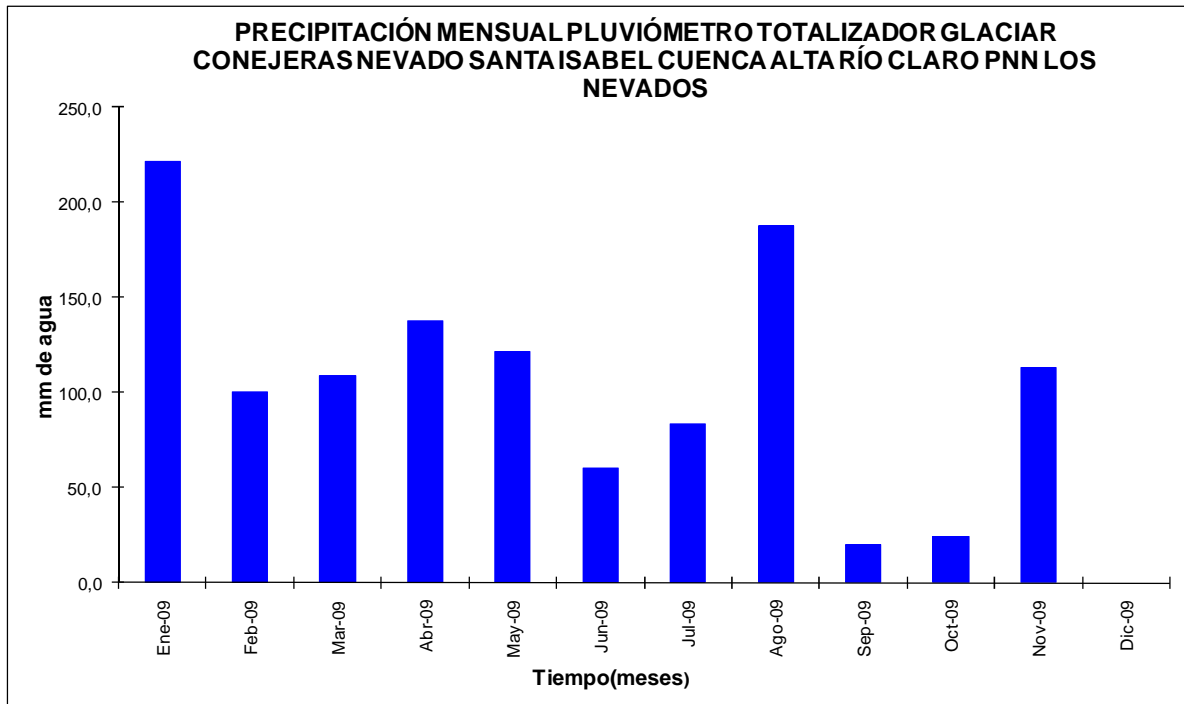


Figura 51. Precipitación mensual en el pluviómetro totalizador.

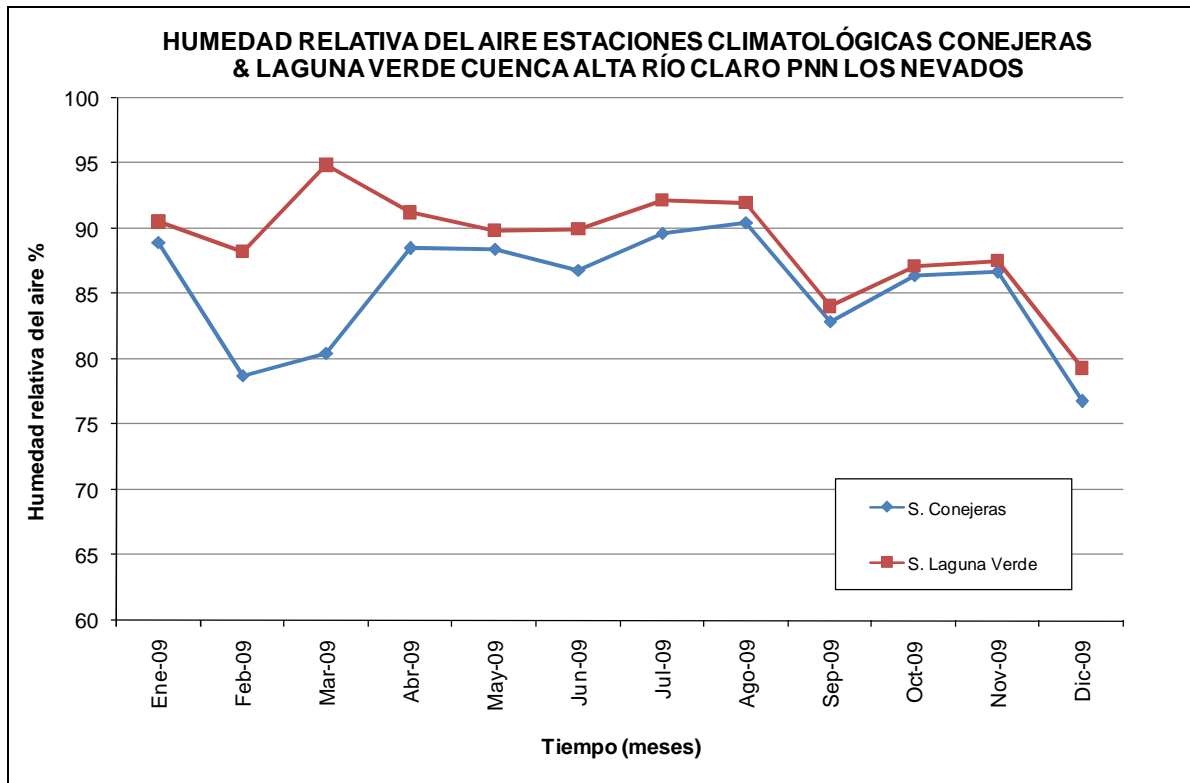


Figura 52. Comparación entre la variabilidad en la humedad relativa estación sendero Conejeras y Laguna Verde.

La humedad relativa al igual que la precipitación ha venido decreciendo para ambas estaciones. Por otro lado es superior según los registros para la estación sendero Laguna Verde, mientras que la precipitación ha registrado valores inferiores en comparación con la estación sendero Conejeras. (Ver Figura 52)

6.1. 2 Análisis.

A partir de marzo de 2009 se han incrementado los valores de temperatura mínima, media y máxima según los registros de las estaciones Conejeras 2, sendero Conejeras y sendero Laguna Verde, de igual manera los niveles en la estación Conejeras 2 han aumentado como consecuencia del derretimiento glaciar el cual a su vez es consecuencia de la influencia directa del fenómeno de El Niño.

Para el año 2009 se comprobó que la humedad relativa ha descendido de manera significativa debido a la captura de datos en las estaciones Conejas 2, sendero Conejeras y sendero Laguna Verde, de lo cual se establece a priori la relación entre aumento de la ablación y disminución de la humedad.



El comportamiento en la precipitación, temperaturas, humedad y caudales permiten observar una relación directa en cada una de las estaciones analizadas, es decir que cuando aumenta la temperatura y la precipitación la humedad relativa disminuye, a su vez los caudales se incrementan en la estación Conejeras 2. Estos últimos se correlacionan bien con el balance de masa, no obstante las demás variables no se comportan de igual forma.

6.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

6.2.1 Análisis de los Datos Disponibles de la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Sierra Nevada de El Cocuy 3716 m.s.n.m.

Estación climática ordinaria ubicada a 10,5 Km, aproximadamente de los glaciares del sur de la sierra, dentro de las coordenadas 6° 26' N, 72° 23' W, y 3716 m de altitud, pertenece a la corriente del río Lagunillas, en el municipio de Güicán. Para esta estación se tiene información desde 1974 hasta el 2009, y se constituye en una de los más importantes registros climáticos históricos para la alta montaña del país.

La zona de interés muestra un incremento en la temperatura media de 1,5° C, figura 53, mientras que la máxima presenta una tendencia de aumento en casi 5° C, figura 54, lo cual se considera alto para un periodo de tan solo 34 años. Por otra parte la disminución en precipitación, figura 57, y humedad, figura 58, son claras, donde se tiene una pérdida de más de 400 mm de lluvia y de 2% de humedad durante el periodo analizado, y un ligero aumento en las horas de brillo solar de 100 horas, figura 59.

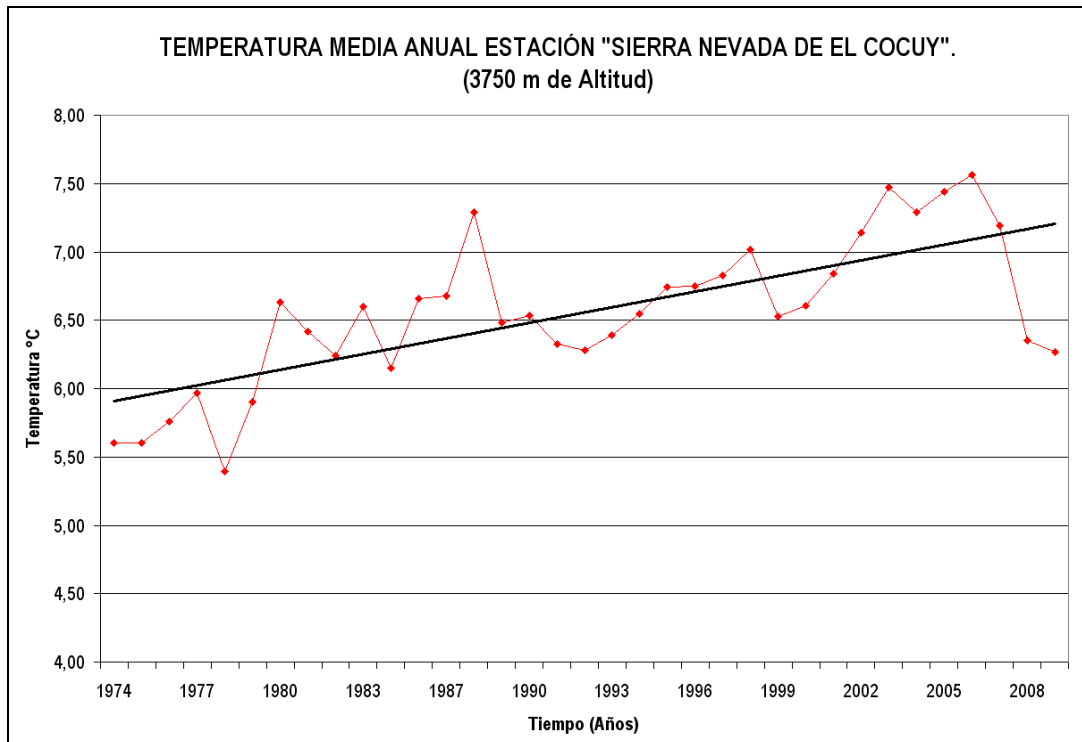


Figura 53. Temperatura media multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

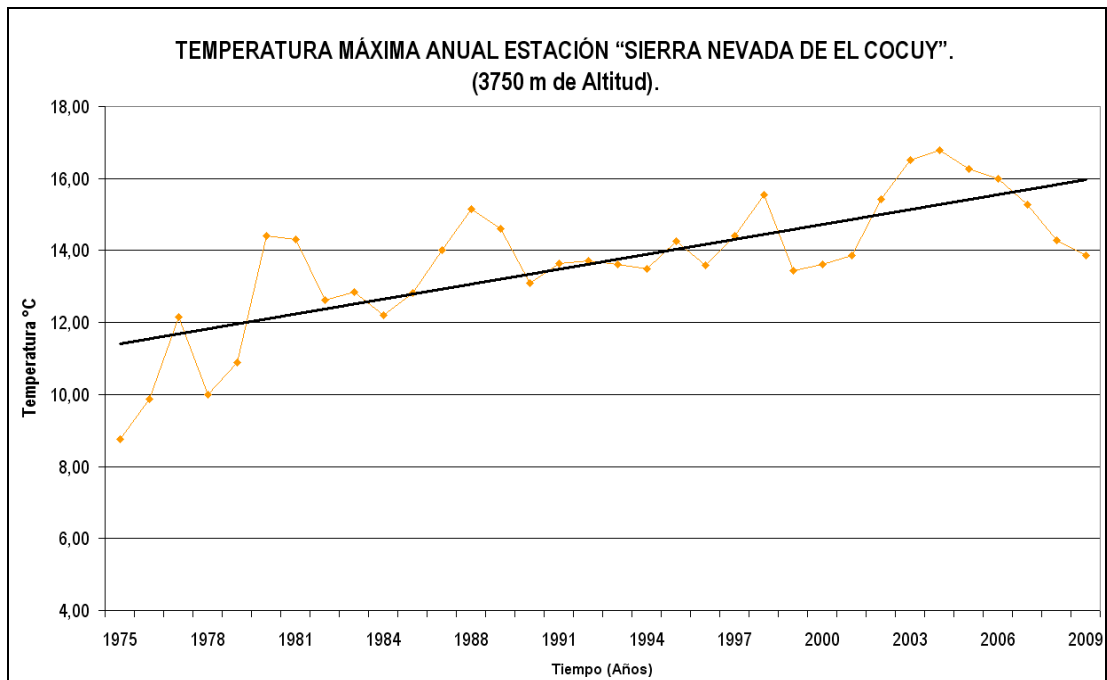


Figura 54. Temperatura máxima multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

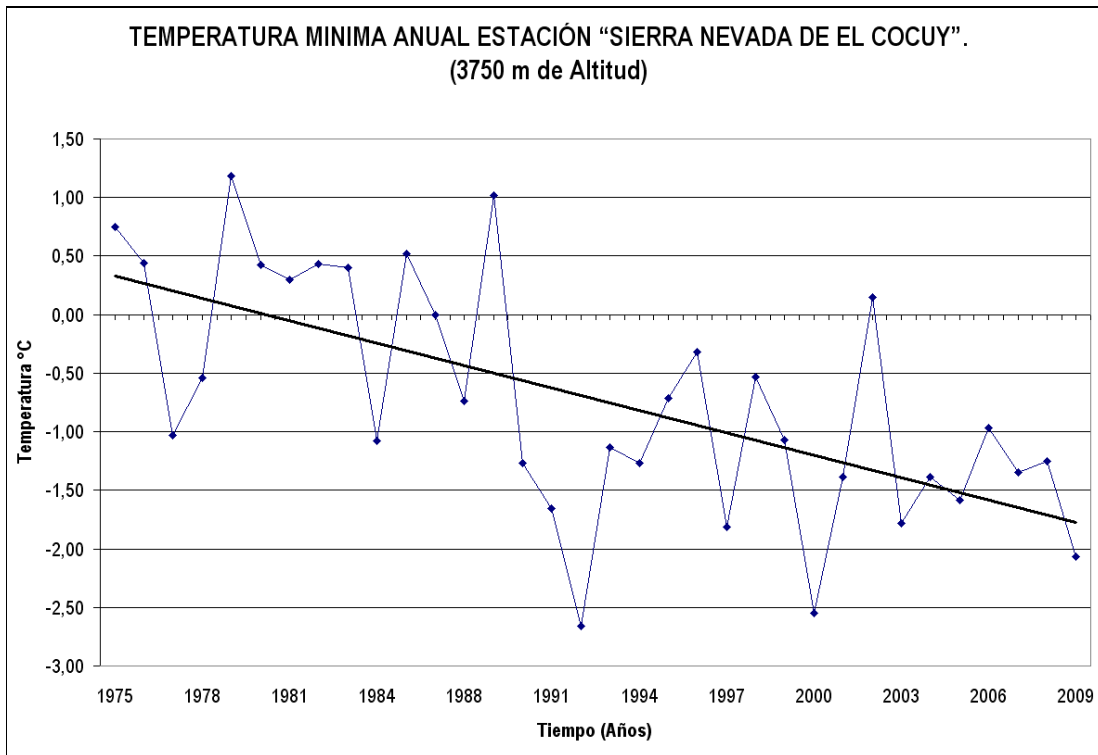


Figura 55. Temperatura mínima multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

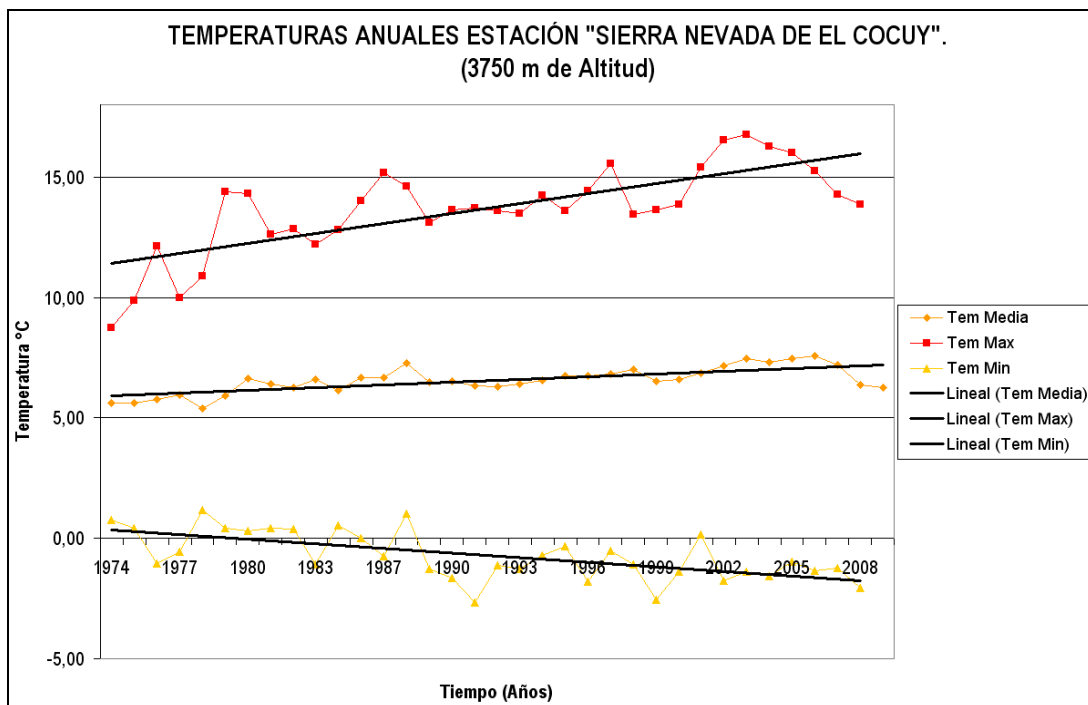


Figura 56. Temperatura máxima, media y mínima multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

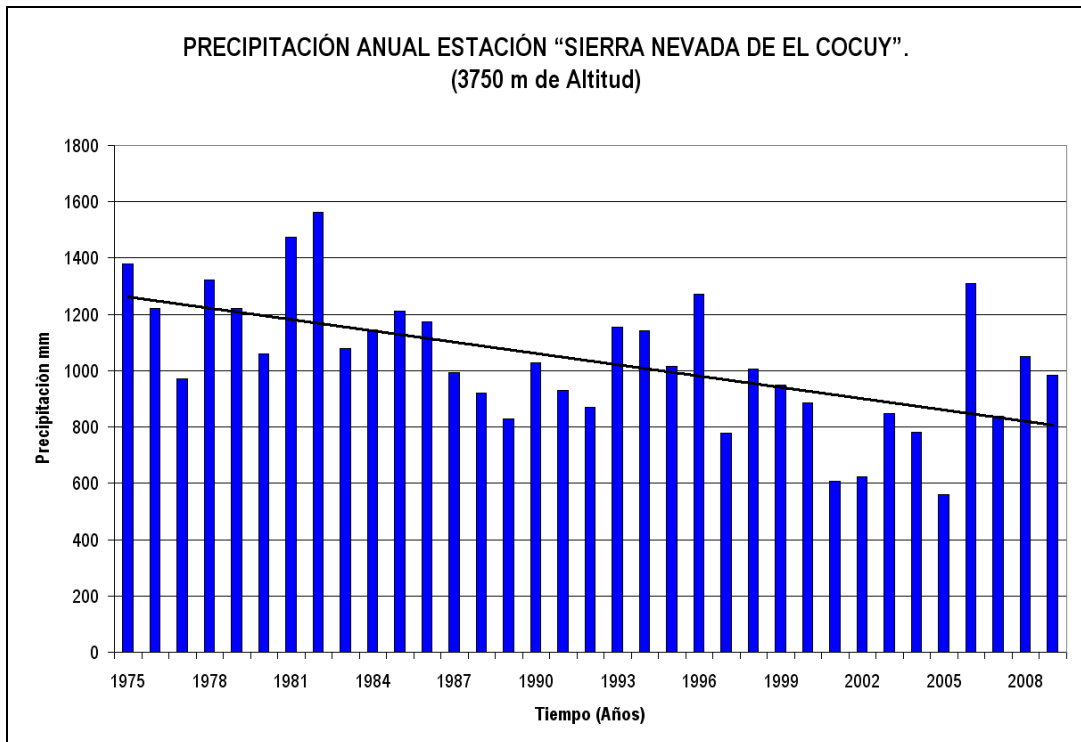


Figura 57. Precipitación multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

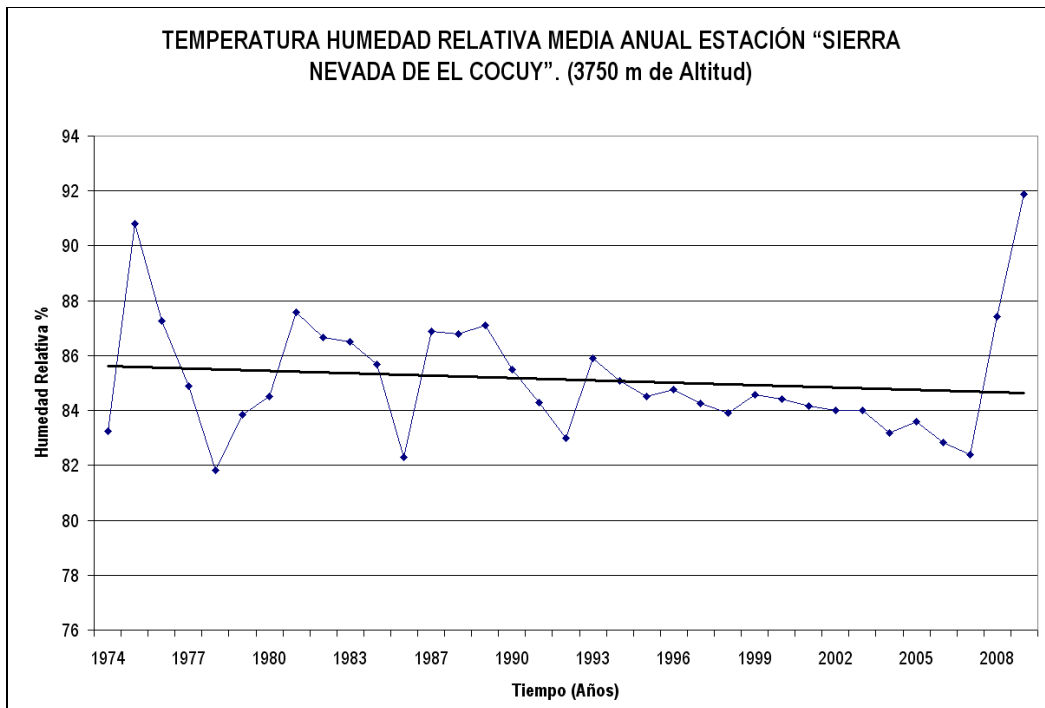


Figura 58. Humedad relativa multianual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

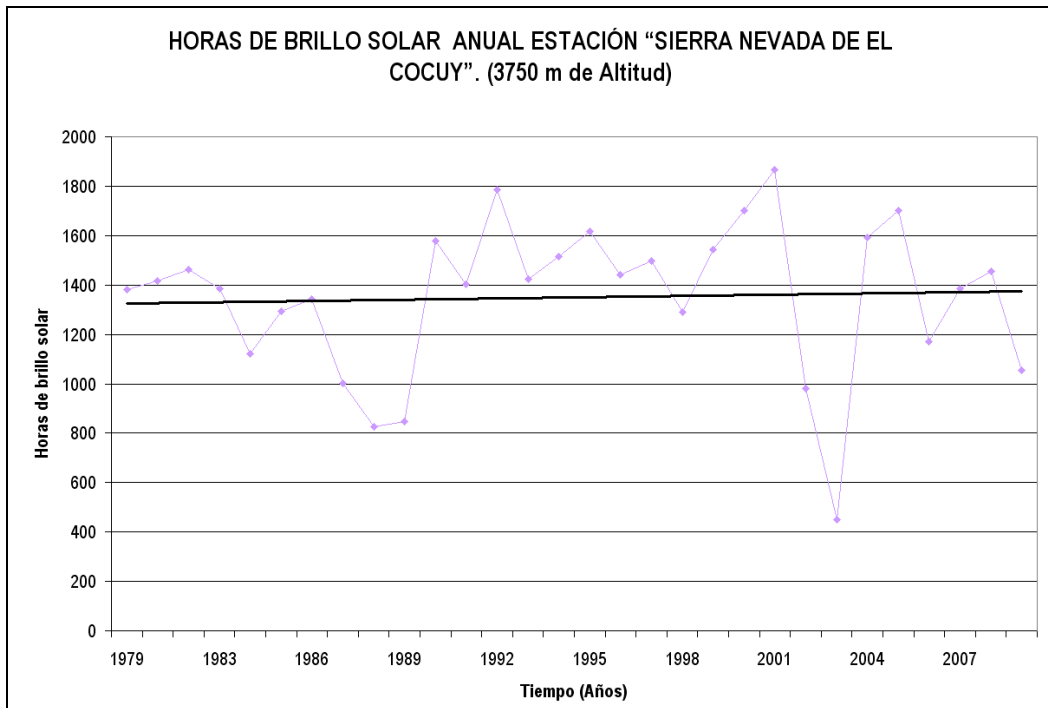


Figura 59. Horas de brillo solar anual para la estación sierra nevada de El Cocuy.

Lo anterior es una clara muestra de las cambiantes condiciones climáticas en zonas de alta montaña las cuales ejercen una alta influencia al sistema glaciar, y contribuyen en gran parte al aceleramiento en los procesos de fusión glaciar.

6.2.2 Precipitaciones Año 2009. Pluviómetros Totalizadores Ubicados en el Glaciar Ritacuba Negro (cuenca río Cardenillo) y Ritacuba Blanco (cuenca río Playitas).

Cuenca río Cardenillo.

Esta cuenca se encuentra ubicada en el sector noroccidental de la sierra nevada de El Cocuy y recibe las aguas de fusión provenientes de los glaciares Ritacuba Negro. (Ver Figura 60)

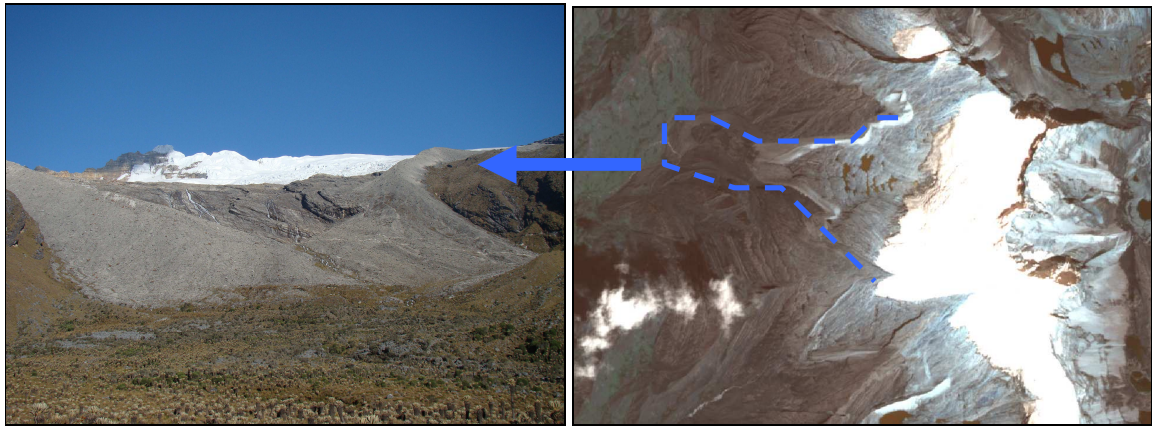


Figura 60. Cuenca alta río Cardenillo, sierra nevada de El Cocuy.

De acuerdo con la información de precipitación capturada en campo por medio de los pluviómetros totalizadores, la grafica de precipitación mensual en mm es la siguiente:

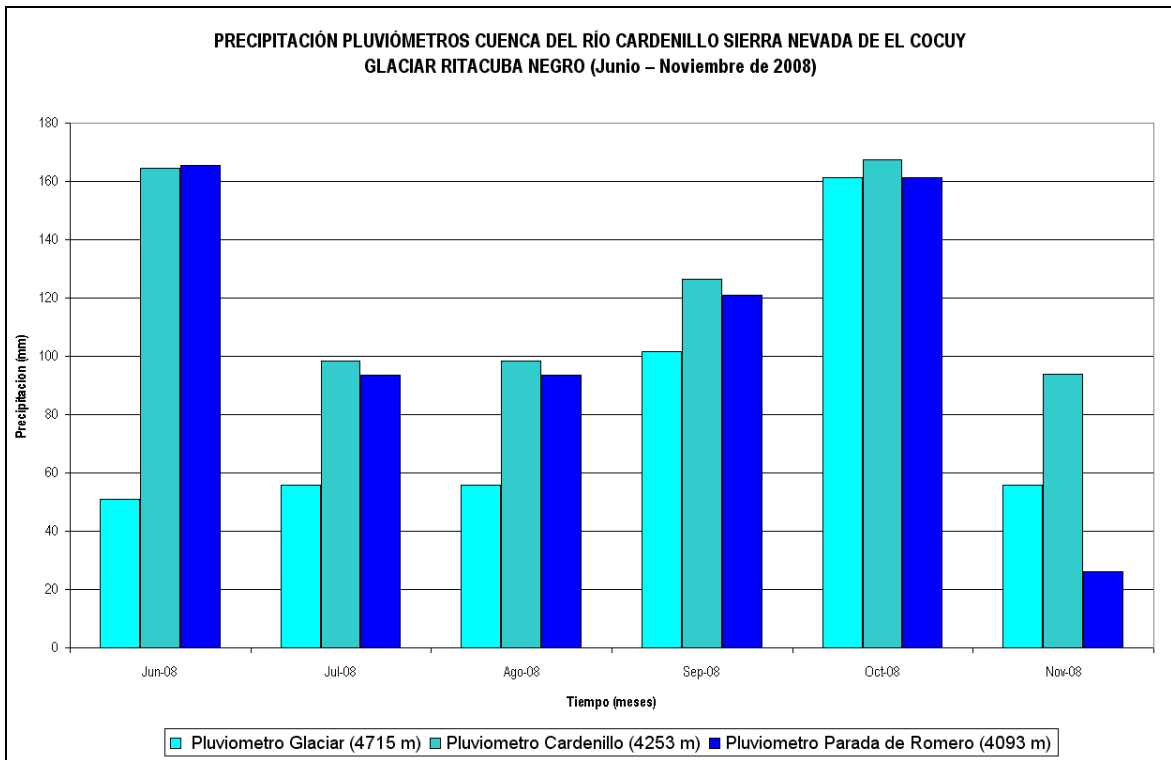


Figura 61. Medidas de precipitación capturadas a través de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca del río Cardenillo.

Como se observa en la figura 61 la precipitación disminuye entre más cerca se está del borde del glaciar; Es decir que la mayores precipitaciones se presentan en los pluviómetros ubicados en “la parada de Romero” y el “río Cardenillo”.

De esta manera podemos afirmar que la precipitación total para el periodo junio – noviembre de 2008 en las diferentes alturas de la cuenca es de:

Tabla 22. Precipitación total para cada uno de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca del río Cardenillo.

Pluviómetro	Altitud (m)	Precipitación periodo Junio- Noviembre 2008 (mm)
Parada de Romero	4093	660,4
Río Cardenillo	4253	748,6
Glaciar	4715	481,3
Gradiente vertical de precipitación		35 mm/m

Nota: Con el traslado de la instrumentación del glaciar Ritacuba Negro al Blanco los tres pluviómetros se reinstalaron en la cuenca alta del río Playitas.

Cuenca río Playitas.

Esta cuenca se encuentra ubicada al noreoccidente de la sierra nevada de El Cocuy muy cerca del la cuenca del río Cardenillo (Ver Figura 62). En ella se reinstalaron los pluviómetros totalizadores a diferentes rangos altitudinales y se captura información de precipitación de manera bimensual. (Ver Tabla 23, Figura 63)

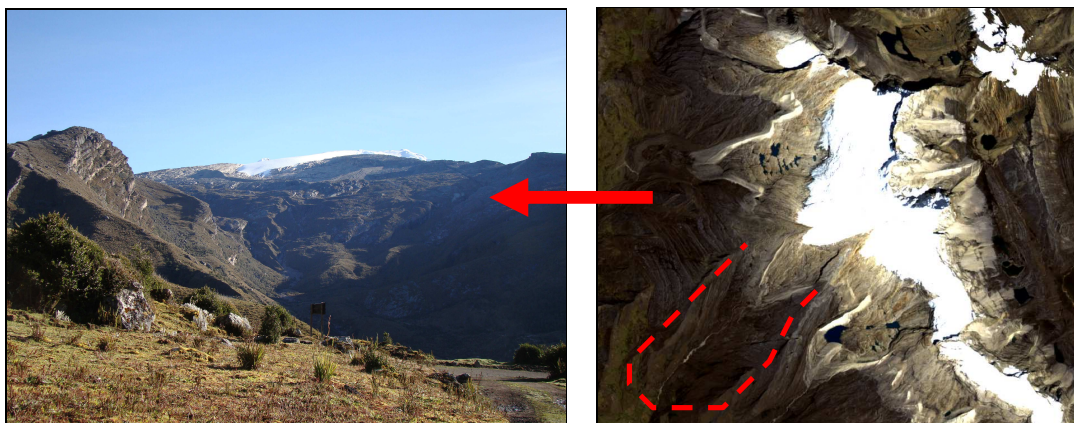


Figura 62. Cuenca alta río Playitas, sierra nevada de El Cocuy.



Tabla 23. Ubicación de los pluviómetros totalizadores en la cuenca alta del río Playitas.

Pluviómetro	Latitud	Longitud	Altitud (m)
N° 1	6° 28' 46.8''	72° 20' 25''	4036
N° 2	6° 29' 02''	72° 19' 56.3''	4366
N° 3	6° 29' 41.4''	72° 19' 6.3''	4852



Figura 63. Fotografías de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca alta del río Playitas sierra nevada de El Cocuy.

Los valores de precipitación mensual en la cuenca alta del río Playitas es la siguiente:

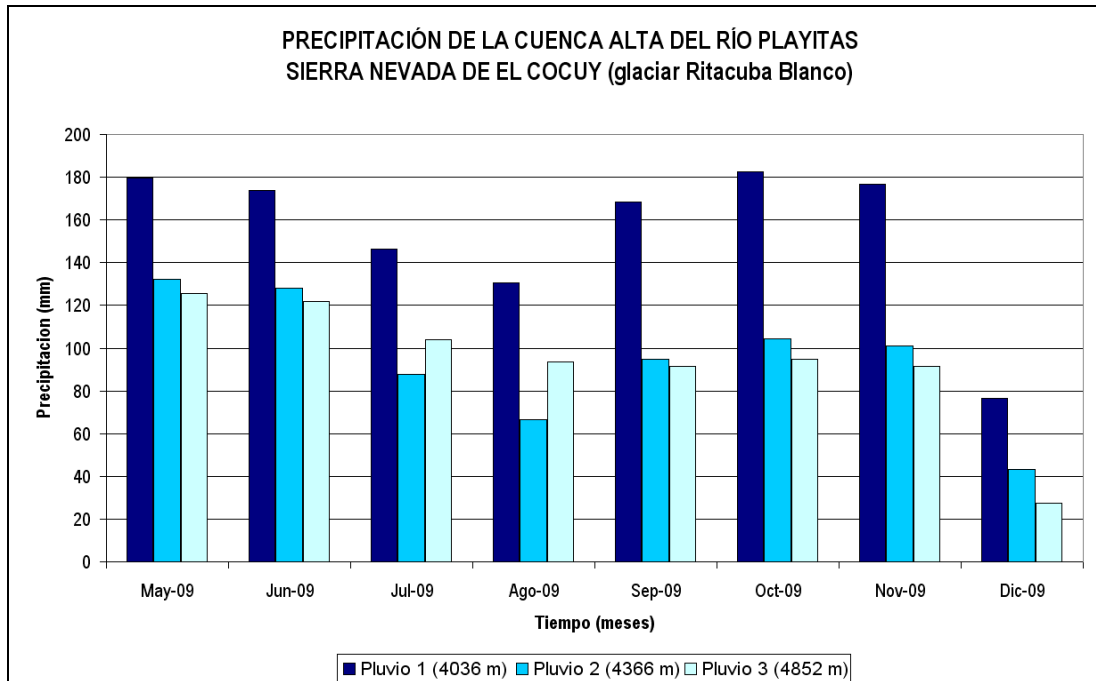


Figura 64. Medidas de precipitación capturadas a través de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca del río Playitas.

Tabla 24. Precipitación total para cada uno de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca del río Playitas.

Pluviómetro	Altitud (m)	Precipitación periodo
		Mayo - Diciembre 2009 (mm)
Pluvio 1	4036	1234
Pluvio 2	4366	758
Pluvio 3	4852	750
Gradiente vertical de precipitación		54 mm/m

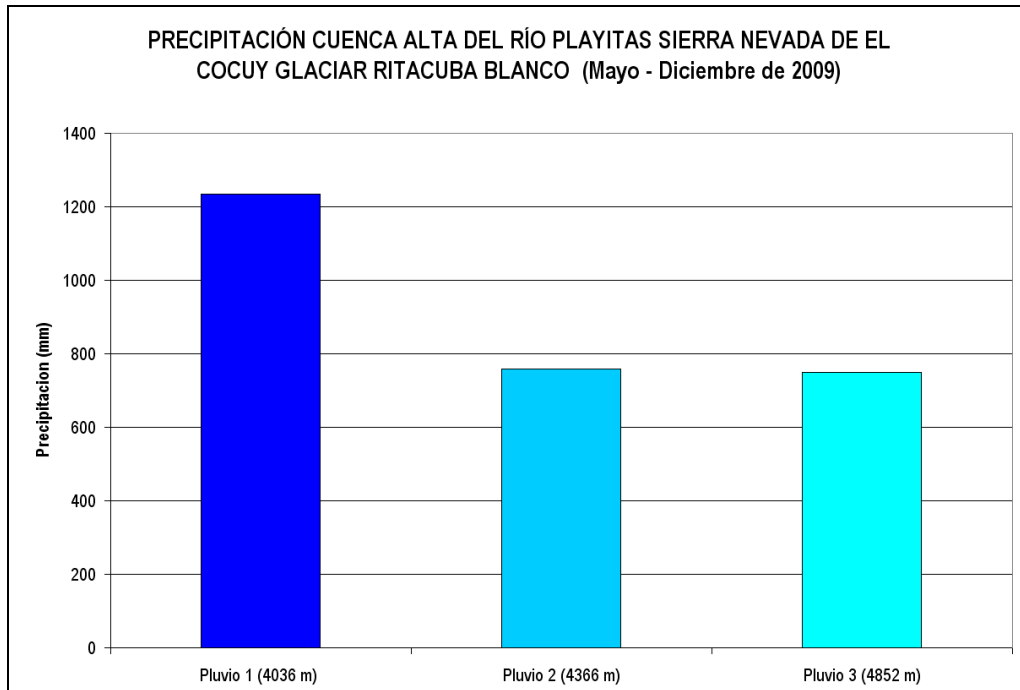


Figura 65. Precipitación total registrada por los pluviómetros totalizadores instalados en la cuenca alta del río Playitas. Periodo mayo – diciembre de 2009.

6.2.3 Datos medios mensuales de la estación automática satelital nevado de El Cocuy 4676 m.s.n.m.

Esta estación automática satelital se encuentra ubicada en las coordenadas 72° 19' 4.1'' longitud Oeste, 6° 30' 40.6'' latitud Norte, a una altitud de 4665 m. Fue instalada el 11 de diciembre de 2006 y esta equipada con los siguientes sensores:

Tabla 24. Sensores instalados en la estación automática satelital nevado de El Cocuy.

Sensor	Unidad de medida	Frecuencia de medición
Temperatura del aire a 2 m	°C	Hora
Temperatura máxima del aire a 2 m	°C	Hora
Temperatura mínima del aire a 2 m	°C	Hora
Humedad relativa del aire a 2 m	%	Hora
Radiación UVB	W/m ²	Hora
Radiación Global	W/m ²	Hora
Precipitación sólida	mm	10 minutos
Velocidad del viento	m/s	10 minutos

Presión atmosférica	Hpa	1 hora
Temperatura del suelo a 30 cm	°C	1 hora

Debido a algunas dificultades de tipo electrónico los sensores de humedad relativa del aire a 2 m y presión atmosférica no han funcionado de manera óptima por lo tanto la información capturada no es muy confiable.

La información capturada por medio de los otros sensores a sido analizada y procesada iniciando Asia con la construcción de la serie histórica de datos.

A continuación se presentan los valores medios mensuales calculados para el periodo septiembre de 2007 – enero de 2009.

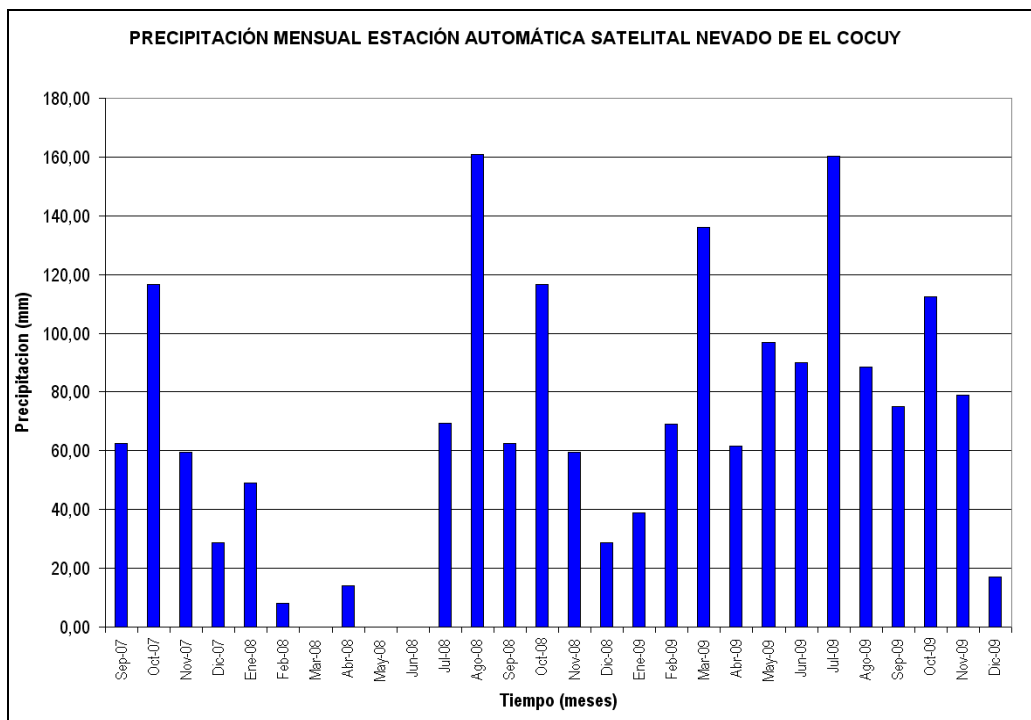


Figura 66. Precipitación mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

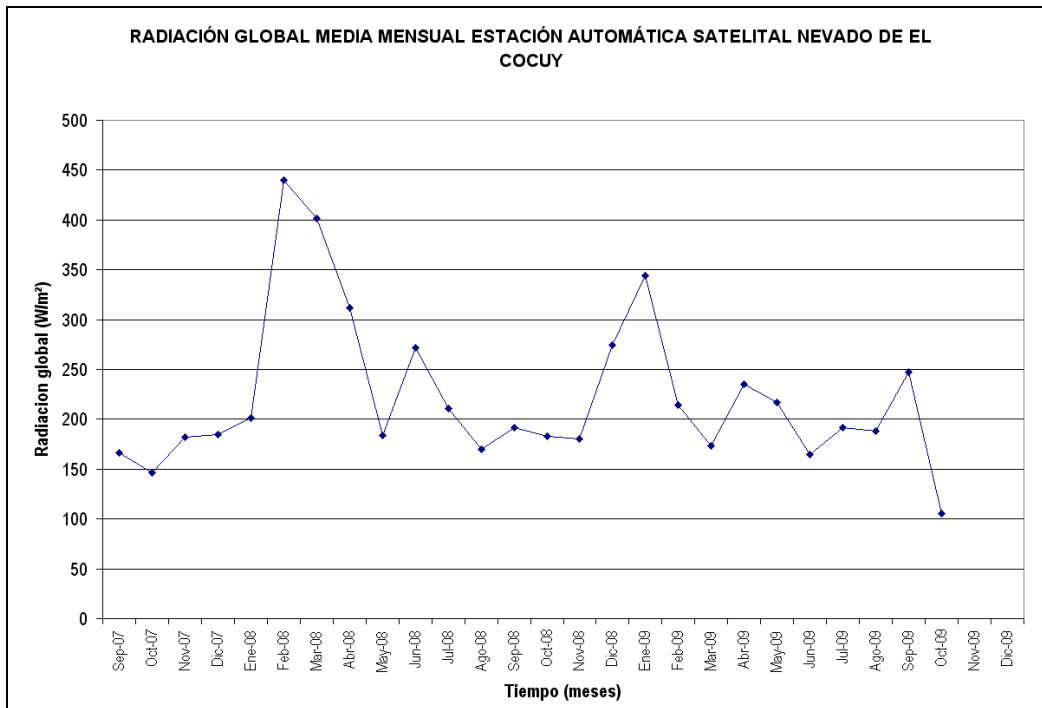


Figura 67. Radiación global media mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

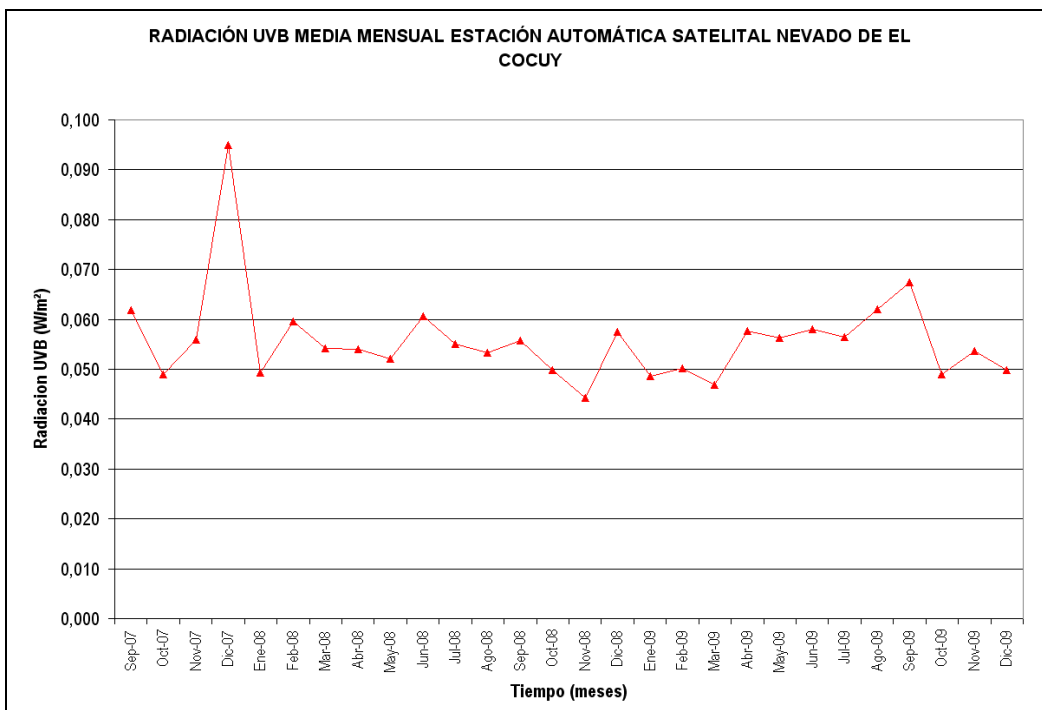


Figura 68. Radiación UVB media mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

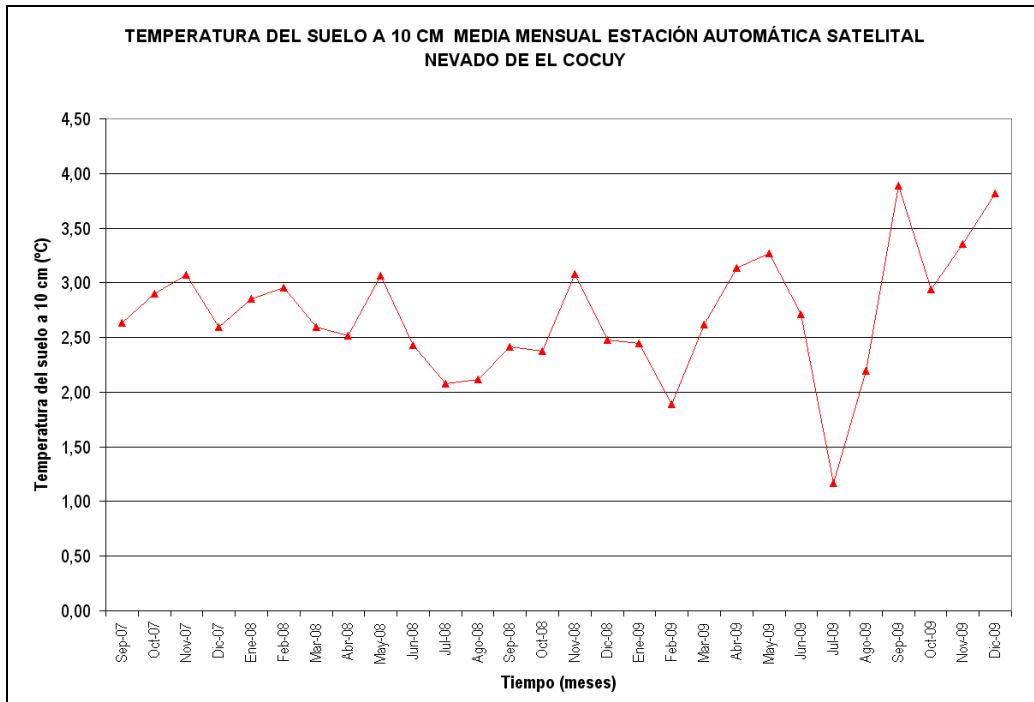


Figura 69. Temperatura del suelo a 30 cm media mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

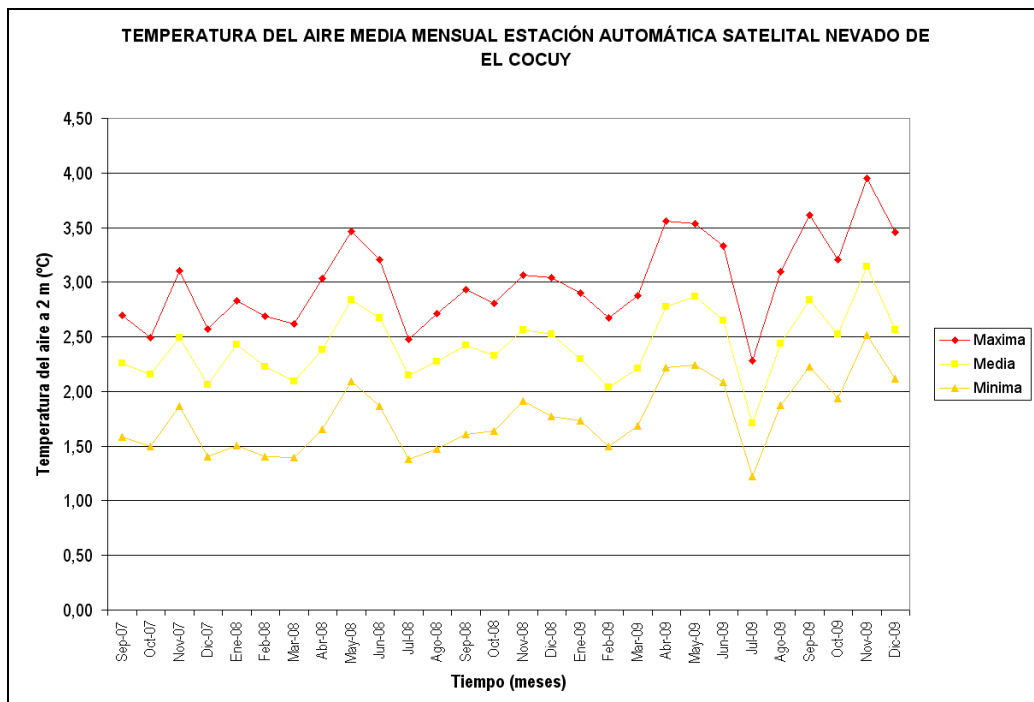


Figura 70. Temperatura del aire media mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

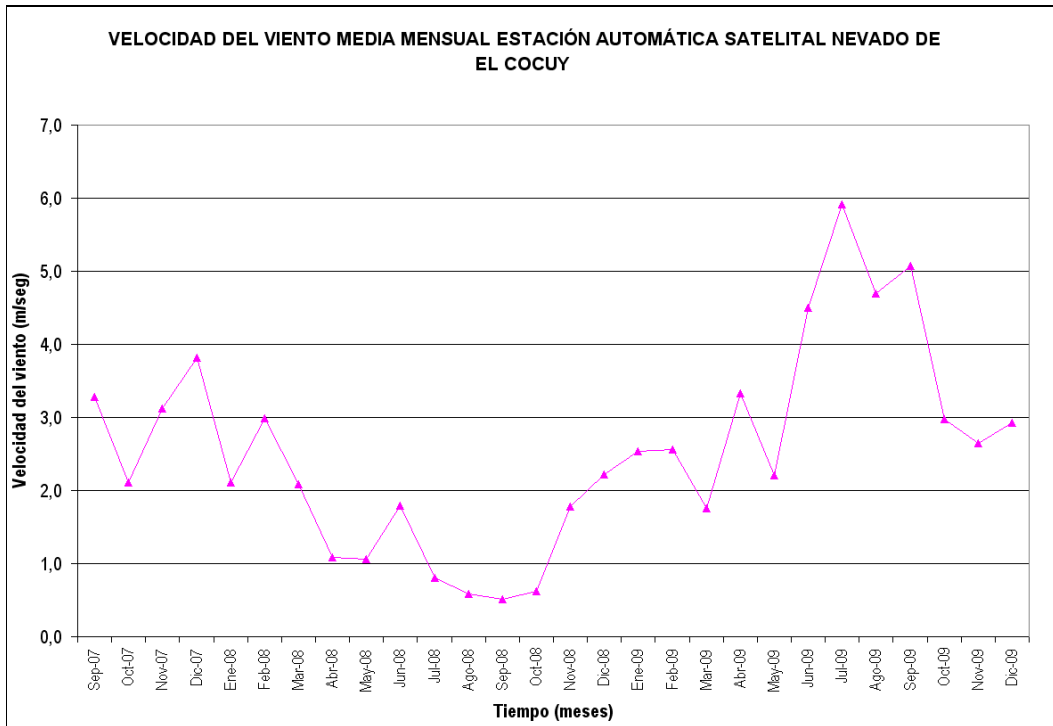


Figura 71. Velocidad del viento media mensual estación automática satelital nevado de El Cocuy.

7. HIDROLOGÍA.

Fuente (Contrato 017-2009 Edgard Leonardo Real; IDEAM) - (Contrato 087-2009 IDEAM - CI) Supervisor Jorge Luis Ceballos.

7.1 VOLCÁN NEVADO SANTA ISABEL.

7.1.1 Análisis de niveles y caudales en las estaciones hidrológicas Conejeras 1 y 2.

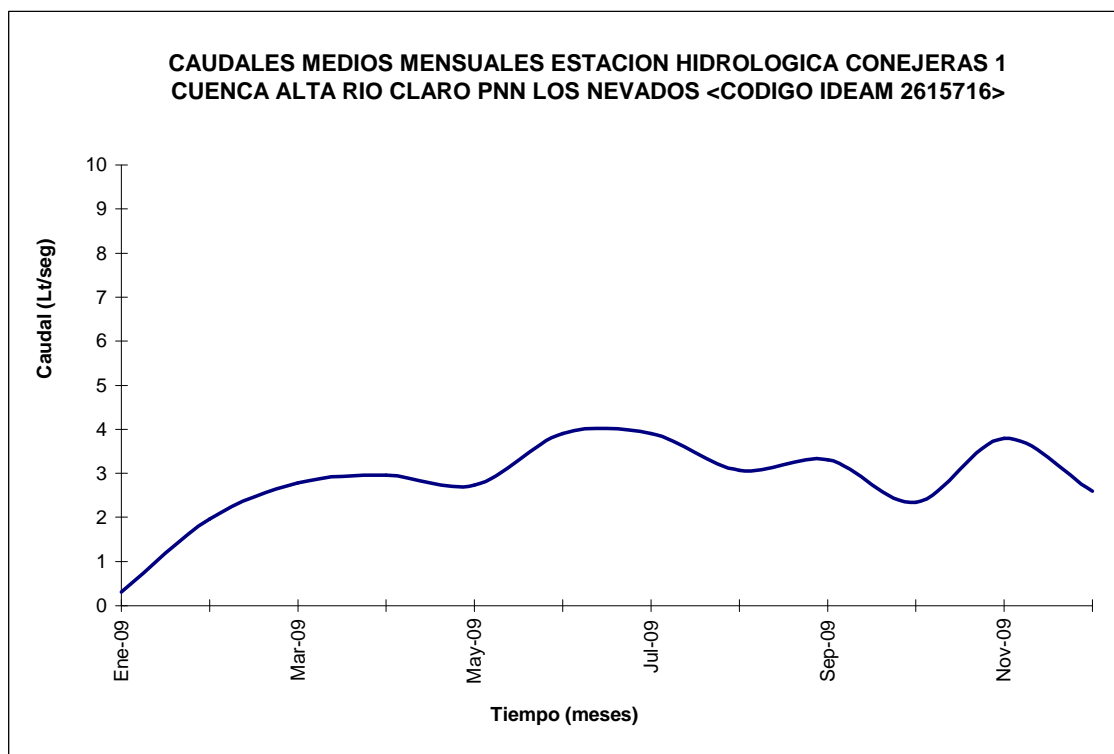


Figura 72. Variación de caudal estación Conejeras 1.

Los registros de nivel en la estación Conejeras 1 determinan un incremento substancial de aguas de fusión glaciar a partir de enero de 2009. Desde noviembre de 2009 el caudal disminuyó, mientras que las pérdidas de masa en el glaciar Conejeras se incrementaron, como consecuencia de la presencia del fenómeno cálido del Pacífico sobre el territorio colombiano. (Ver Figura 72)

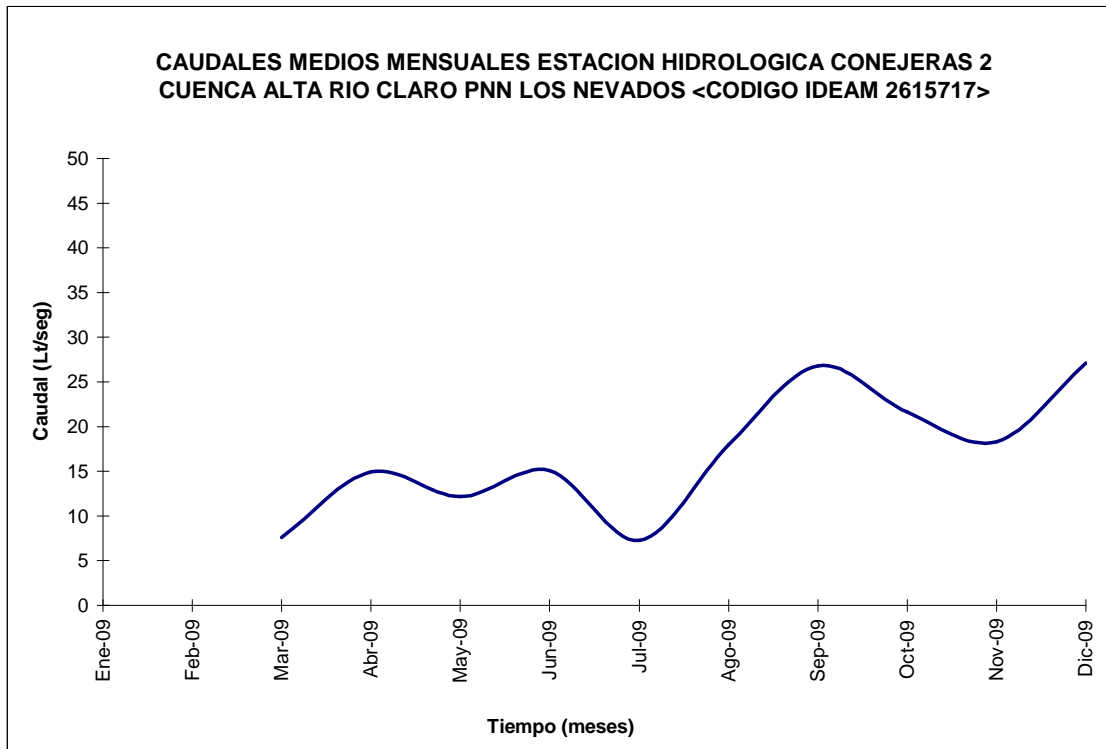


Figura 73. Variación de caudal estación Conejeras 2.

Los registros en la estación Conejeras 2, denotan incrementos substanciales en el caudal aforado a partir de julio de 2009, meses que han coincidido con un aumento considerable de las pérdidas de masa. (Ver Figura 73)

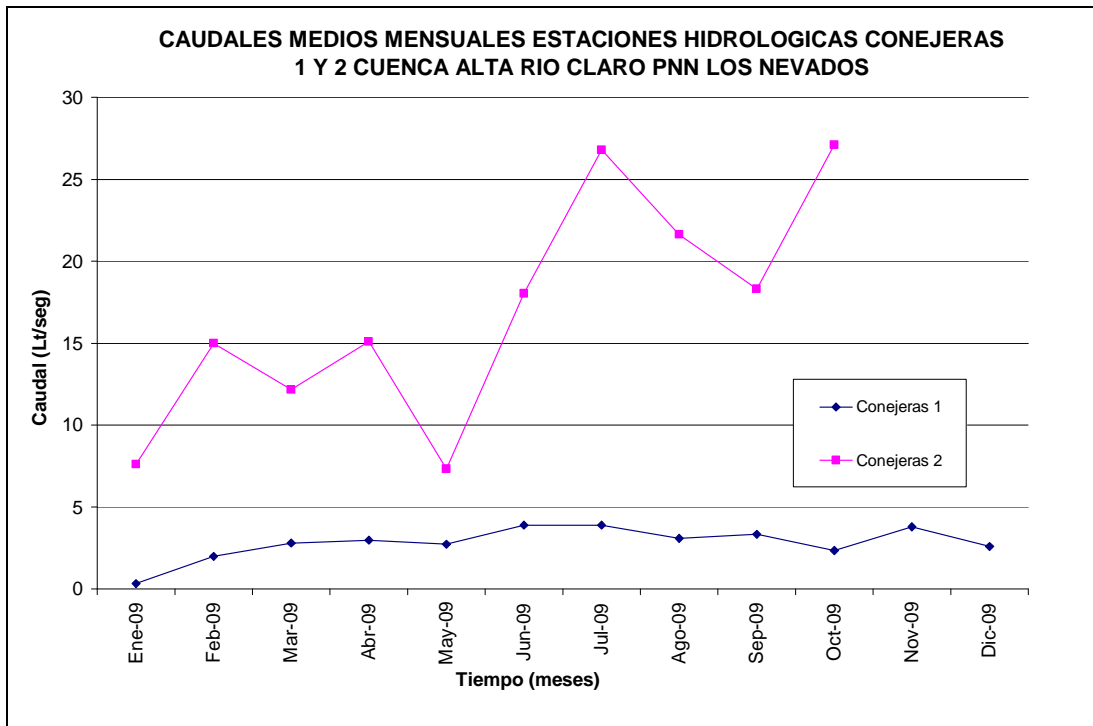


Figura 74. Comparación de los caudales entre las estaciones Conejeras 1 y Conejeras 2.

Las anomalías entre los caudales de las estaciones Conejeras 1 y 2 se relacionan más con el cambio en la topografía y el re direccionamiento del cauce desde el borde glaciar hasta la estación Conejeras 2, que por el comportamiento de la ablación sobre el glaciar Conejeras. (Ver Figura 74)

Las estaciones hidrológicas “**Conejeras 1 y 2**” se equiparon con 2 canaletas de tipo Parshall, incluyen además en su instrumentación sensores de nivel cuya función elemental reside en la captura de datos de nivel de agua cada 15 minutos; posteriormente estos niveles son convertidos en valores de caudal empleando para ello la siguiente ecuación:

$$Q = 0,69H^{1,522},$$

Donde H es la altura o nivel medido por el sensor en metros y Q es el caudal el m³/ seg.

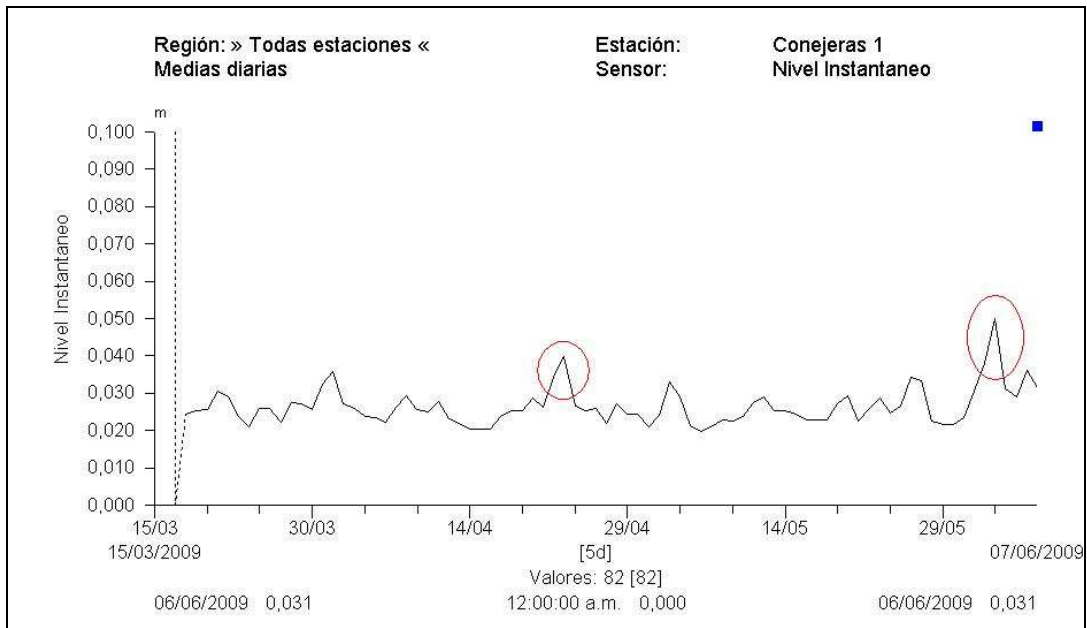


Figura 75. Grafica Hydras del comportamiento Marzo – Mayo de 2009 de los niveles Conejeras 1.

La gráfica 75 representa los datos de niveles diarios para un periodo de cuatro (4) meses, marzo - junio de 2009.

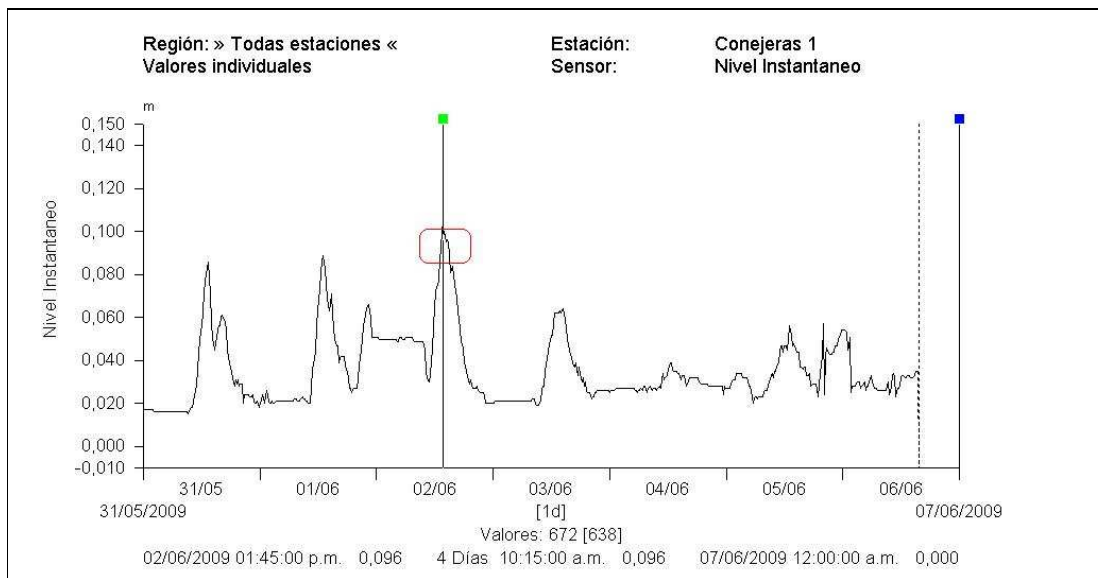


Figura 76. Grafica Hydras del comportamiento diario de los niveles en el drenaje Conejeras 1.

El análisis del ciclo diario de nivel en la estación Conejeras 1 permite determinar que los valores de nivel de agua máximos se presentan alrededor de las 2:00pm. (Ver Figura 76)

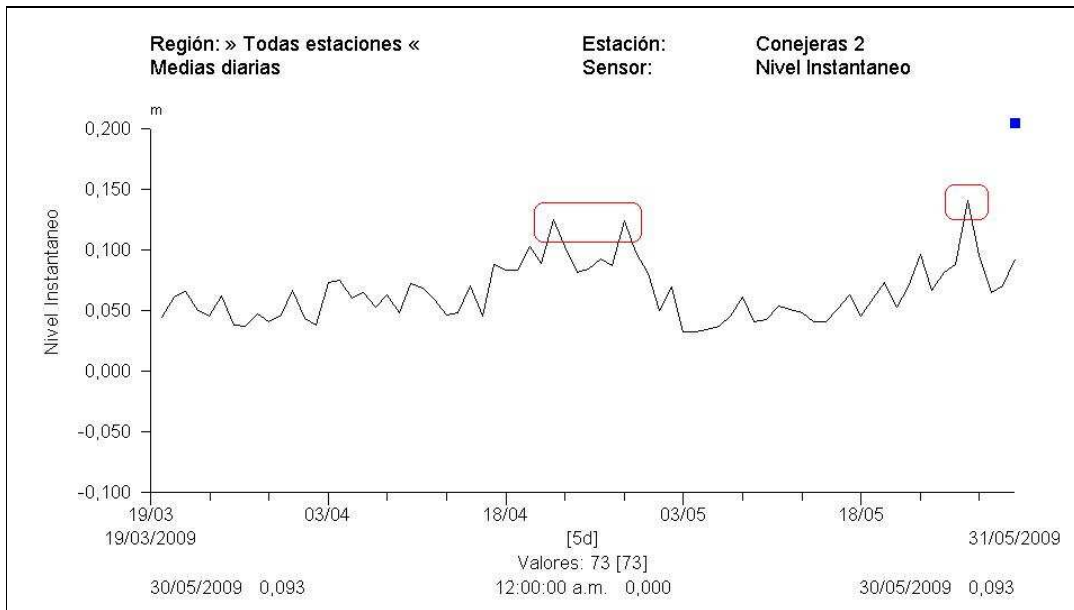


Figura 77. Grafica Hydras del comportamiento Marzo – Mayo de 2009 niveles en el drenaje Conejeras 2.

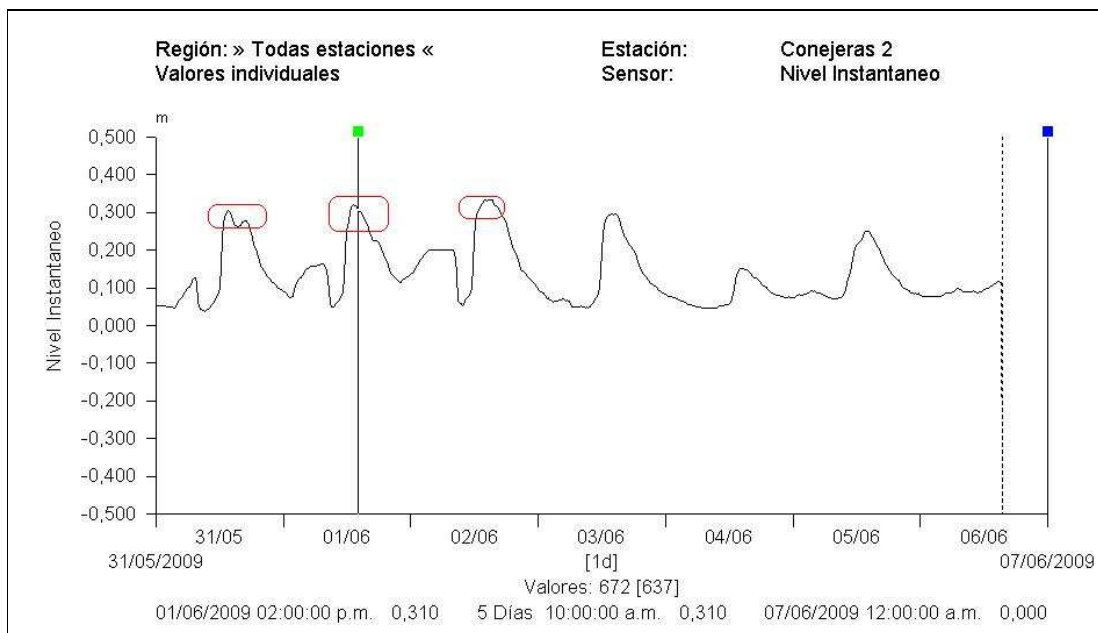


Figura 78. Ciclo diario de niveles en el drenaje Conejeras 2.

A partir de las mediciones capturadas por la estación hidrológica Conejeras 2 se ha realizado un análisis del ciclo diario de nivel que se presenta en los drenajes del glaciar, como se observa en la figura 78 los niveles más altos se presentaron entre la 1:00pm y las 2:00 pm con un valor de 60L/seg y se encuentran aparentemente

relacionados con un incremento de la temperatura. Los sensores de la estación Conejeras 1 capturan información a partir de mayo de 2008. Los valores de niveles tomados en la estación Conejeras se han mantenido en el orden de los 3 litros/segundo.

El comportamiento en los caudales de la estación Conejeras 2, permite observar la similitud entre la conducta de la temperatura, caudales y balance de masa glaciológico. El caudal medio registrado en la estación Conejeras dos oscila en promedio en unos 18 litros/segundo.

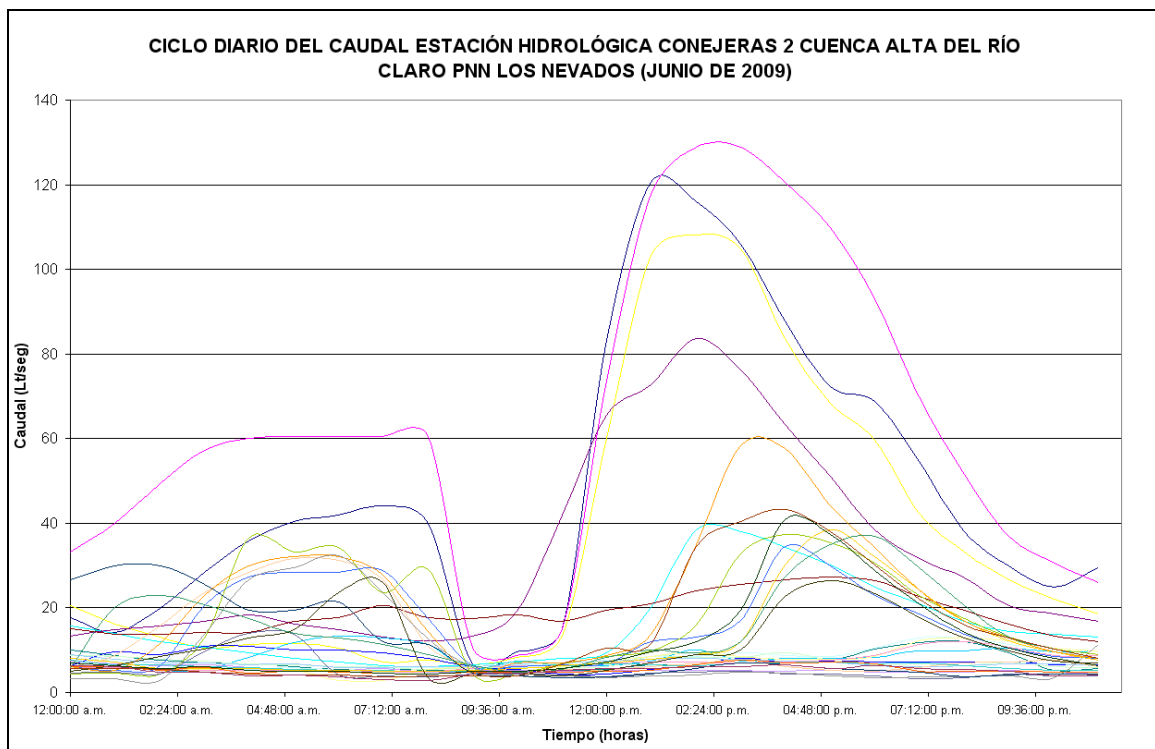


Figura 79. Ciclo diario de caudal en la canaleta tipo Parshall Conejeras 2 (mes de junio). Como se puede observar los valores registrados entre las 12:00 am y las 7:00 am no son coherentes con los valores de temperatura registrados para este mismo periodo puesto que no es factible un flujo de caudal mayor en horas donde los valores de temperatura son inferiores (noche) respecto de valores superiores (día) entre las 9:00 am y las 7:00 pm. por lo tanto el flujo de caudal se genera entre las 9:00 am y las 7:00 pm.



Figura 80. Canaleta tipo Parshall Conejeras 2.

7.1.2 Cálculo del escurrimiento base de origen glaciar, drenajes Conejeras 1 y Conejeras 2⁸.

Los datos de nivel obtenidos por medio de las estaciones hidrológicas, Conejeras 1 y 2, ubicadas en los drenajes del glaciar Conejeras en el volcán nevado Santa Isabel, permiten identificar el comportamiento diario del caudal y discriminar este en: flujo base y crecidas de fusión glaciar. Luego de revisar los datos existentes se seleccionó la serie del mes de junio de 2009 debido a la coherencia y continuidad de la información.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El caudal base para el drenaje Conejeras 1 es de 4 Lt/seg y tiene crecidas de fusión glaciar que alcanzan hasta los 10 Lt/seg, este último siendo el pico máximo que se presenta en el día entre las 1:00 pm y las 3:00 pm. (Ver Figura 77)

⁸ BOLÍVAR CÁCERES, LUIS MAISINCHO, JEAN-DENIS TAUPIN, BERNARD FRANCOU Y OTROS. GLACIARES DEL ECUADOR: ANTIZANA Y CARIHUYARZO Balance De Masa, Topografía, Meteorología & Hidrología. Informe Año 2004. Noviembre De 2005

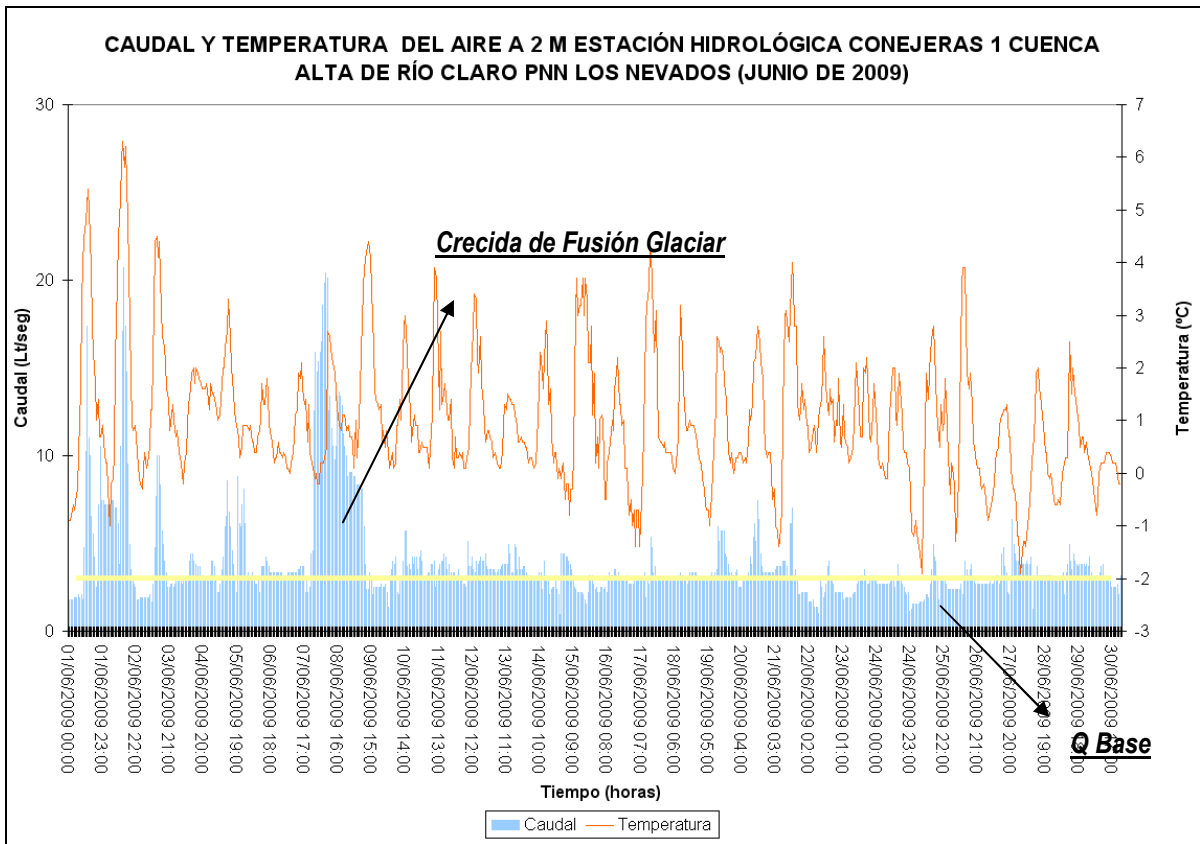


Figura 81. Grafica caudal base y crecida generada por la fusión glaciar. Drenaje Conejeras 1, glaciar Conejeras, Volcán nevado Santa Isabel.

El drenaje Conejeras 2 tiene un caudal base de 10 Lt/seg y presenta crecidas de fusión glaciar que alcanzan los 60 Lt/seg entre las 1:00 pm y las 3:00 pm. (Ver Figura 81)

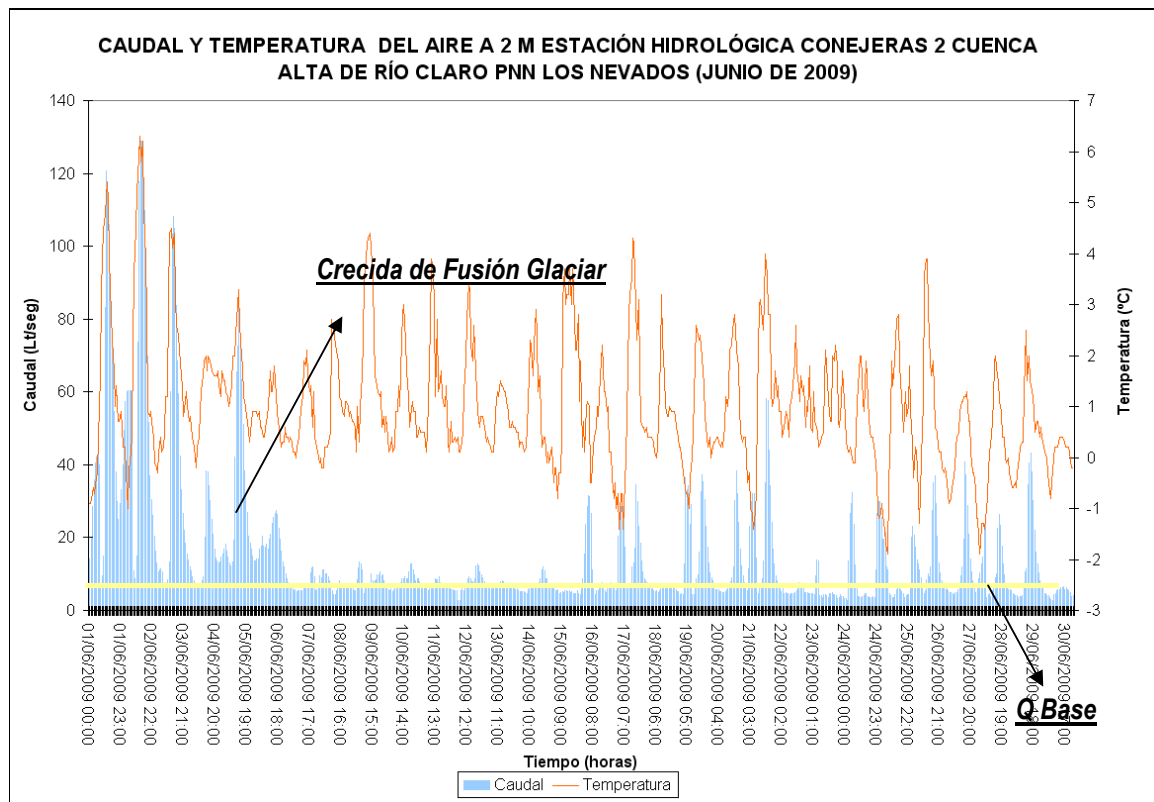


Figura 82. Grafica caudal base y crecida generada por la fusión glaciaria. Drenaje Conejeras 2, glaciar Conejeras, Volcán nevado Santa Isabel.

7.1.3 Identificación del ciclo diario drenajes Conejeras 1 y Conejeras 2⁹.

Por medio de los valores de temperatura del aire a 2 m y caudal se identificó que los drenajes del glaciar Conejeras presentan caudales de fusión desde las 9:00 am donde la influencia del aumento de temperatura que inicia a las 6:00 am funde la nieve y la lamina de agua, a partir de esta hora el caudal empieza a aumentar hasta alcanzar su pico máximo, no solo en nivel sino en temperatura también, a la 1:00 pm. (Ver figura 83)

⁹ BOLÍVAR CÁCERES, LUIS MAISINCHO, JEAN-DENIS TAUPIN, BERNARD FRANCOU Y OTROS. GLACIARES DEL ECUADOR: ANTIZANA Y CARIHUYARZO Balance De Masa, Topografía, Meteorología & Hidrología. Informe Año 2004. Noviembre De 2005

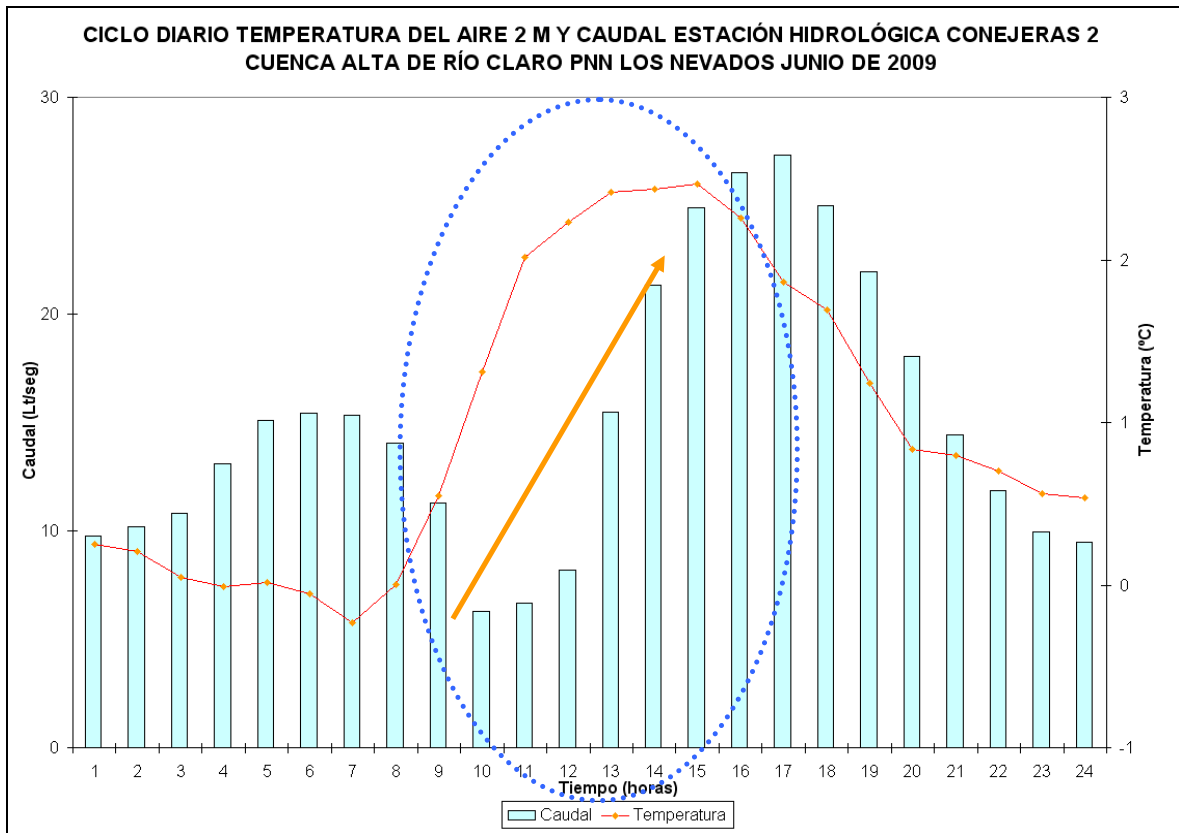


Figura 83. Comportamiento del ciclo diario de temperatura y caudal estación Conejeras 2. El círculo y la flecha enmarcan el periodo en el cual se inicia la fusión y el flujo de caudal.

Desde la 1:00 pm hasta las 4:00 pm la temperatura y el caudal se mantienen constantes, a partir de las 4:00 pm inicia el descenso del caudal casi hasta las 7:00 pm donde se empiezan a presentar las temperaturas negativas y el caudal empieza a incrementarse, (Este fenómeno posiblemente obedece al cambio de volumen que representa el paso del agua líquida a estado sólido). Este caudal se mantiene constante casi hasta las 7:00 am donde se evidencia una brusca caída del caudal (producto del cambio de estado sólido a líquido) e inicia el aumento de caudal nuevamente a las 9:00 am. (Ver Figuras 83 y 84)

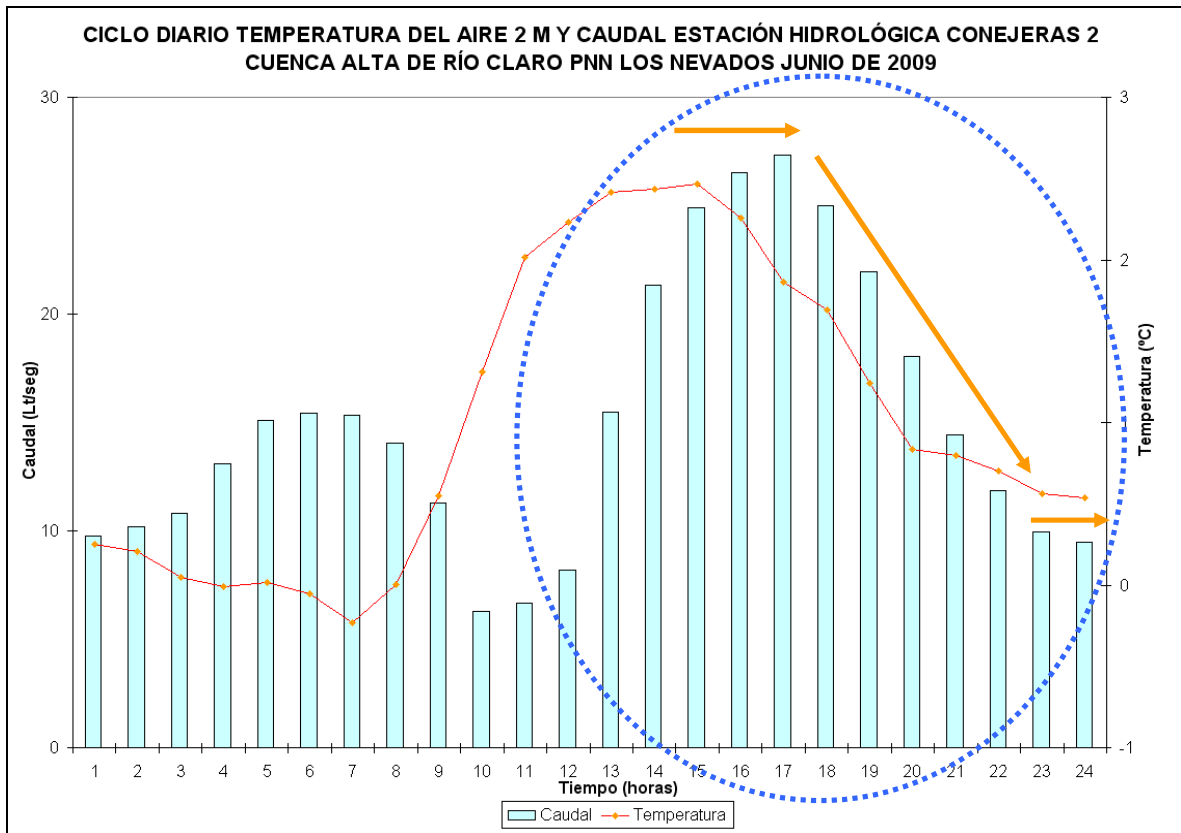


Figura 84. Comportamiento del ciclo diario de temperatura y caudal estación Conejeras 2. El círculo y la flecha enmarcan el comportamiento del caudal y la temperatura en horas de la tarde.

7.1.4 Determinación de la altura de precipitación sólida para la cuenca del Río Claro¹⁰.

La línea de precipitación sólida o isoterma cero determina la altitud aproximada en la que la precipitación pasa de ser sólida a líquida y viceversa. Para el caso específico de la cuenca del río Claro se cuenta con Cinco (5) sensores de temperatura del aire a 2 m instalados a diferentes rangos altitudinales (ver tabla 25). Esta información permite calcular de manera mensual la altura de precipitación sólida.

Tabla 25. Sensores de temperatura del aire a 2 m instalados en la cuenca alta del río Claro.

Estación	Altitud (m)
Conejeras 2	4696
Sendero Conejeras	4412
Laguna Verde	4328

¹⁰ T. CONDOM E. RAMIREZ. Memorias Curso de Hidroglaciología. Montañas: rol de la nieve y los Glaciares. Quito, Ecuador 2009

PNN Los Nevados	3637
San Antonio	3056

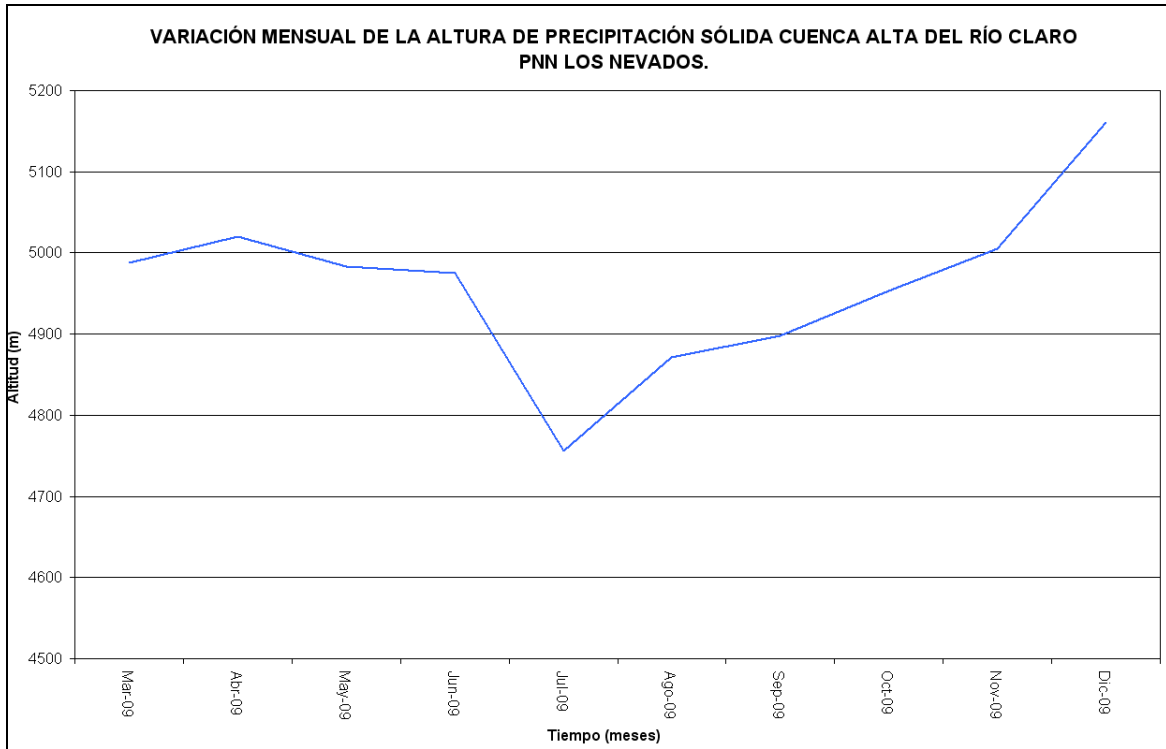


Figura 85. Altitud isoterma cero cuenca alta del río Claro.

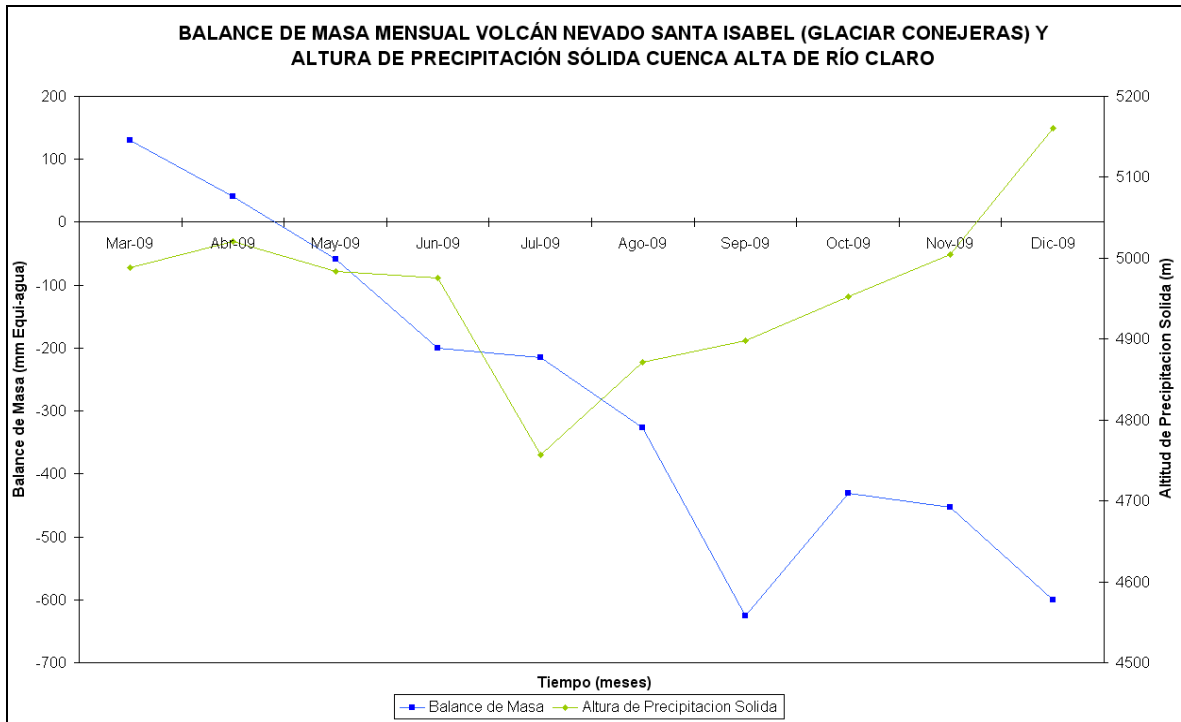


Figura 86. Altura de precipitación sólida y balance de masa mensual volcán nevado Santa Isabel.

La variación de la isoterma cero de la cuenca es determinante para la dinámica del glaciar (balance de masa). Al comparar los resultados obtenidos del balance de masa mensual con las alturas de la isoterma cero se encontró que la relación entre la altura de la isoterma y la ganancia del glaciar son inversamente proporcionales, es decir que en los meses en los cuales la altura de la isoterma cero baja el glaciar gana mientras que los meses en los que la altura de la isoterma cero aumenta el glaciar pierde, esto se debe a que en los meses en los que la isoterma cero es baja el glaciar tiene mayor proporción de área en la cual se genere precipitación sólida mientras que si la isoterma cero está más arriba la proporción de área en la que habrá precipitación líquida en el glaciar es mayor. (Ver Figura 85)

7.2 SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

NOTA: la información hidrológica esta en proceso de construcción y será objeto de un informe posterior.

8. LABORES CON LA COMUNIDAD RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DE GLACIOLOGÍA.

Fuente (Contrato 107-2008 Eduardo Andrés Tobón; IDEAM). Supervisión Jorge Luis Ceballos.

Es de vital importancia involucrar a la comunidad dentro de las actividades glaciológicas ya que es ella la directamente afectada por los cambios y procesos dados en la alta montaña, lo que los convierte en poblaciones vulnerables.

De igual forma, es fundamental crear conciencia en los niños, puesto que serán ellos los que tendrán que enfrentar los mayores cambios en el futuro. Capacitar y sensibilizar a las nuevas generaciones es la principal tarea y el mejor legado que se les puede dejar.

8.1 Desarrollo e implementación de un programa de educación y sensibilización a niños y jóvenes en el tema de glaciares y alta montaña.

Con el ánimo de difundir el conocimiento generado en los últimos años en el tema de glaciares se desarrolló un programa de educación y sensibilización para niños y jóvenes de colegios y escuelas rurales y del Distrito Capital donde a través de charlas y realización de material didáctico se pueda contar de manera sencilla lo que actualmente esta pasando con las masas glaciares colombianas.

La educación juega un papel fundamental, en el grado de apropiación y conocimiento del medio natural y de las problemáticas referidas al Cambio Climático; en vista del poco conocimiento del tema, es necesario manejar ideas claras, comunes e integrales al respecto.

Actualmente la sociedad ha vivido un periodo de desarraigo muy fuerte frente a la Tierra y la naturaleza, y se ve reflejado con preocupación en los niños de las ciudades, quienes desconocen y sienten el campo como un medio hostil para la construcción y realización de su proyecto de vida.

Por ello los programas de educación ambiental deben estar dirigidos a la infancia y a los encargados de su formación, docentes y padres de familia, comprometidos con el tema de sensibilizar en temas ambientales.

Se realizaron cuatro charlas para colegios del Distrito y una en el colegio del municipio de El Cocuy.

Estas charlas tuvieron como temas principales:

- Relación entre la montaña y el hombre, analizando su visión cosmogónica, social, económica, deportiva y de investigación.
- Parámetros astronómicos que condicionan el clima en la tierra, como la oblicuidad y la precesión.
- Los ciclos glaciares e interglaciares.
- Las variaciones recientes en temperatura, el cambio climático y el efecto invernadero natural y antrópico.
- Los glaciares en el mundo.
- Los nevados colombianos y su estudio, evolución reciente, área actual y su relación con el clima.
- Seguimiento y monitoreo glaciar, mediciones de retroceso, balance de masa, análisis climáticos, mediciones de caudal, levantamientos topográficos.
- Análisis de la vulnerabilidad social para las cuencas de Río Claro y Lagunillas.

Durante las presentaciones se generaron espacios para la participación realizando concursos donde los jóvenes respondían preguntas y formulaban sus inquietudes.

La primera conferencia se realizó en la localidad de Teusaquillo, en el Colegio para hijos de los empleados de la Contraloría, contó con la participación de 30 jóvenes de los grados 9º y 10º con edades entre 14 y 17 años, (Ver Figura 86).



Figura 86. Charla realizada en el Colegio para hijos de los empleados de la contraloría.



La segunda charla se llevo a cabo en la localidad de Engativá, en el Colegio Simón Bolívar del barrio Quirigua, contó con la participación de 11 estudiantes de grados noveno y once con edades de 14 a 17 años. (Ver Figura 87.



Figura 87. Charla realizada en el Colegio Simón Bolívar.

La tercera presentación se hizo en la localidad de Tunjuelito, en el Colegio Isla del Sol donde asistieron 20 jóvenes de los cursos noveno y décimo con edades entre los 15 y 18 años. (Ver Figura 88)



Figura 88. Charla realizada en el Colegio Isla del Sol.

La última charla fue realizada para la clausura del proyecto Jóvenes de Ambiente que tuvo lugar en el auditorio del ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, donde se contó con la participación de más de 200 jóvenes de varias localidades de la ciudad. (ver Figura 89)



Figura 89. Presentación realizada en la clausura del proyecto jóvenes de ambiente.

Finalmente se realizó una presentación en el colegio José Santos Gutiérrez del municipio de El Cocuy, donde participaron cerca de 30 niños de los grados sexto a octavo. (Ver Figura 90)



Figura 90. Charla realizada en el Colegio José Santos Gutiérrez en el municipio de El Cocuy.

8.2 Creación de material de divulgación

Para la realización de las charlas se diseñaron varios tipos de presentaciones buscando de una forma clara y sencilla dar a conocer el trabajo realizado por el IDEAM en el tema de glaciares, así como su estado actual y evolución dando así mismo pautas para la conservación y cuidado del medio ambiente.

Así mismo se diseñó una cartilla donde se explica en un lenguaje sencillo y accesible a cualquier persona temas como: ¿Qué es un glaciar?, ¿cuales son los nevados en Colombia?, ¿Por qué son tan importantes?, ¿Por qué están desapareciendo?, ¿Qué ha pasado en Colombia?, ¿Cómo se estudian?, y ¿Qué podemos hacer?

La idea es poder difundir esta cartilla en colegios tanto del distrito como de las zonas rurales y urbanas donde se realizan los trabajos de campo, ya que se ha notado con sorpresa el poco conocimiento que tienen los niños de los municipios aledaños a las zonas glaciares estudiadas.

9. IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA, SOCIAL Y ECONÓMICA DE LA CUENCA DEL RÍO LAGUNILLAS EN LA SIERRA NEVADA DE EL COCUY.

Fuente (Proyecto PNUD/COL/00045745 Eduardo Andrés Tobón; IDEAM-PNUD-CMNUCC). Supervisor Jorge Luis Ceballos.

Este capítulo se desarrollará en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático ante el Convenio Marco de las Naciones Unidas (cambio climático) la cual será divulgada por el IDEAM en el año 2010, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) en el año 2010.



10. ACTIVIDADES DE DIVULGACION.

Con el objeto de socializar los resultados obtenidos de los trabajos glaciológicos desarrollados por el IDEAM se realizaron las siguientes actividades:

- Ciclo Conferencias Geografía de Montaña Grupo Geoandes Universidad Nacional. Conferencia “GLACIARES COLOMBIANOS: SISTEMAS DE MONITOREO, DINÁMICA Y RELACIÓN CON LOS GRUPOS SOCIALES”.
- Semana de Geografía Universidad Nacional (Amenazas y Vulnerabilidad). Conferencia “DINAMICA DE LOS GLACIARES COLOMBIANOS Y VULNERABILIDAD DE LOS GRUPOS HUMANOS EN LA ALTA MONTAÑA”.
- Universidad de Caldas (cambio climático). Conferencia “GLACIARES COLOMBIANOS: EXPRESION DE CAMBIO DE CAMBIO CLIMATICO”.
- Pasantía científica en la Universidad de Zurich Departamento de Geografía (Suiza) para intercambio de experiencias en glaciología (ciclo de conferencias).
- Semana Geomática IGAC –CIAF. Conferencia y Artículo “GLACIARES DE COLOMBIA MÉTODOS DE OBSERVACIÓN Y APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE SU EVOLUCIÓN Y DINÁMICA”.
- XII Congreso colombiano de geología. Conferencia y Artículo “EVOLUCIÓN GLACIAR RECIENTE EN COLOMBIA: MÉTODOS DE OBSERVACIÓN Y RESULTADOS”.
- Universidad Libre (cambio Climático). Conferencia “EVOLUCIÓN GLACIAR RECIENTE EN COLOMBIA”.
- Banco Mundial (Junio). Conferencia “EL CICLO DEL AGUA Y DEL CARBONO EN LA ALTA MONTAÑA COLOMBIANA - Primera Medida de Adaptación -“



- Banco Mundial (Agosto). Conferencia “RED DE MONITOREO CICLO DEL AGUA CUENCA PILOTO RÍO CLARO (PNN LOS NEVADOS)”.
- Participación VIII Encuentro Internacional de Investigadores del Grupo de Trabajo de Hielos y Nieves Andinos y del Caribe, Quito, Ecuador.
- Asociación Colombiana del Espacio. Artículo y Conferencia “OBSERVACIÓN Y ESTUDIO DE LA DINÁMICA GLACIAR EN COLOMBIA”



11. REFERENCIAS

CEBALLOS J, TOBON E. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2006-2007. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C., marzo de 2008.

TOBON E. CONTRATO 107 DE 2008. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá Septiembre de 2008.

MENESES I. CONTRATO 086 DE 2008. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá Septiembre de 2008.

FRANCOU, B & POUYAND, B. (2004). Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales. IRD. Bolivia. 243 p.

BOLÍVAR CÁCERES, LUIS MAISINCHO, JEAN-DENIS TAUPIN, BERNARD FRANCOU Y OTROS. GLACIARES DEL ECUADOR: ANTIZANA Y CARIHUYARZO Balance de Masa, Topografía, Meteorología & Hidrología. Informe Año 2004. Noviembre De 2005

RODOLPHE BUCHER, BOLIVAR AZARIN, PIERRE CHEVALLIER, YANN L'HOTE, ABRAHAM MACHACA, LUIS M ISINCHO, JAVIER MENDOZA, JAIR RAMIREZ, BERNARD FRANCOU Y OTROS. Métodos De Observación De Glaciares En Los Andes Tropicales. IRD. Versión-1:2004

TOBON E. Documento técnico correspondiente al componente de glaciares de la SCN y del resumen del componente de glaciares que hace parte del documento final de la SCN, en los capítulos de circunstancias nacionales y vulnerabilidad y adaptación. República de Colombia Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. IDEAM. Bogotá Diciembre de 2007.

CEBALLOS, J. & EUSCATEGUI, C. (1998): Informe técnico de la comisión efectuada a la Sierra nevada del Cocuy. Informe IDEAM. Bogotá. Inédito. 22p.



MARÍN G. JOHANNA, 2008. Cuantificación de la población ubicada en las zonas de alta montaña (nevado cocuy) definidas para el proyecto, identificación de uso del suelo, análisis del recurso hídrico en términos de uso, abastecimiento, calidad y disponibilidad, y análisis de la vulnerabilidad de la población frente a la disponibilidad del recurso agua. Informe final IDEAM – PNUD – UNIVERSIDAD NACIONAL. Bogotá. Pg 95.

KASER GEORG, FOUNTAIN ANDREW, JANSSON PETER. A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers. Technical Documents in Hydrology N° 59. UNESCO. Paris, 2003

PAUL, FRANK. Evaluation of different methods for glacier mapping using Landsat TM. University of Zurich. Switzerland. 2000

RECURSOS ELECTRÓNICOS

ALOS DATA Advanced Land Observation System [En línea] http://www.alos-restec.jp/index_e.html Japón
Septiembre de 2009

NASA National Aeronautics and Space Administration [En línea] <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>
USA Septiembre de 2009

ANEXOS

**(Cuadro de campañas de campo realizadas durante el año
2008 - 2009)**



ANEXO A

Comisiones de campo realizadas al volcán nevado Santa Isabel en el año 2008 - 2009.

COMISIONES GRUPO DE TRABAJOS GLACIOLÓGICOS IDEAM 2008			
Fecha	No. Días	Lugar	Objetivo / Actividad
11 – 15 FEBRERO	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación de rutina en el glaciar conejeras del nevado santa Isabel. - Levantamiento topográfico del glaciar de estudio. - Revisión estación meteorológica. - Reunión con funcionarios de parques.
12 - 17 MAYO	6	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Datos de campo faltantes y apoyo en reparación e instalación de equipos de la Red de monitoreo del proyecto PHRD. - Ciclos del agua y carbono en alta montaña. - Trabajos de glaciología de rutina (medidas de ablación).
15 – 20 JUNIO	6	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación glaciar en la red de balizas.(glaciología). - Apoyo al grupo de Redes para la instalación sensores en las canaletas de medición de caudal en el glaciar Conejeras (ciclo agua). - Visita a parcelas permanentes de observación de vegetación (ciclo carbono). - Medidas de retroceso glaciar.
10 – 14 JULIO	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento a la red de monitoreo ciclos agua y carbono cuenca del río Claro.
26 - 31 AGOSTO	6	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo institucional en el desarrollo del VII taller Internacional de Investigadores del Grupo de Trabajo de Nieves y Hielos Andinos GTNH_PHI. (IDEAM entidad organizadora en campo). - Medidas de ablación glaciar en la red de monitoreo. - Mostrar a los glaciólogos latinoamericanos el glaciar de estudio y los avances de IDEAM en el tema.
29 SEPTIEMBRE – 4 OCTUBRE	6	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas rutinarias de ablación glaciar en la red de balizas, mantenimiento. - Medida de acumulación anual de hielo en la cima del glaciar Conejeras (5100m). - Descargue de datos de los dataloger de las canaletas parshall. - Descargue de datos de los dataloger de dos pluviómetros. - Determinación de puntos DGPS.



18 – 22 NOVIEMBRE	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas rutinarias de ablación glaciár en la red de balizas, mantenimiento. - Descarga de datos de los dataloger de las canaletas parshall. - Descarga de datos de los dataloger de dos pluviómetros. - Apoyo a funcionario del grupo de redes para calibrar sensores de tres estaciones.
-------------------	---	-----------------	--

COMISIONES GRUPO DE TRABAJOS GLACIOLÓGICOS IDEAM 2009			
Fecha	No. Días	Lugar	Objetivo / Actividad
16 -20 MARZO	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento estaciones automáticas. - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Medidas de densidad de nieve. - Toma de datos del pluviómetro totalizador
20-25 ABRIL	6	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Toma de datos del pluviómetro totalizador. - Primera campaña de topografía en el glaciar Conejeras.
6 – 9 JUNIO	4	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. -Toma de datos del pluviómetro totalizador -Segunda campaña de topografía en el glaciar Conejeras. -Perforación de balizas.
29 JUNIO- 05 JULIO	7	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Toma de datos del pluviómetro totalizador. - Actualización de redes de drenaje. - Campaña de retrocesos longitudinales.
15-19 AGOSTO	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento estaciones automáticas. - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Medidas de densidad de nieve. - Toma de datos del pluviómetro totalizador.
20 -24 OCTUBRE	5	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento estaciones automáticas. - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Medidas de densidad de nieve. - Toma de datos del pluviómetro totalizador. - Perforación de balizas.



17 -20 NOVIEMBRE	4	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Toma de datos del pluviómetro totalizador. - Captura de datos en las estaciones automáticas cercanas al glaciar Conejeras. - Perforación baliza 8. - Campaña de retrocesos longitudinales.
10-13 DICIEMBRE	4	PNN LOS NEVADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de datos sobre la red de balizas de ablación. - Toma de datos del pluviómetro totalizador. - Captura de datos en las estaciones automáticas cercanas al glaciar.

ANEXO B

Comisiones de campo realizadas a la sierra nevada de El Cocuy en el año 2008 - 2009.

COMISIONES GRUPO DE TRABAJOS GLACIOLÓGICOS IDEAM 2008			
Fecha	No. Días	Lugar	Objetivo / Actividad
25 FEBRERO – 2 MARZO	6	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación de rutina en el glaciar Ritacuba. - Levantamiento topográfico del glaciar de estudio. - Construcción de pluviómetros totalizadores. - Montaje de mira pluviométrica. - Contactos para realizar el taller de cambio climático (Segunda Comunicación Nacional).
14 – 18 ABRIL	5	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación en el glaciar Ritacuba. - Instalación de pluviómetros totalizadores. - Búsqueda de persona para medición de nivel.
14 – 18 JULIO	5	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación en el glaciar Ritacuba Negro. - Toma de datos de pluviómetros totalizadores. - Medidas de retroceso glaciar. - Perforación de hielo en las balizas que sea necesario.
15 – 20 SEPTIEMBRE	6	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación glaciar en la red de balizas del Ritacuba Negro. - Perforación de hielo e instalación de una nueva red de balizas de ablación en el Ritacuba Blanco (10 puntos distribuidos desde los 4800 hasta los 5200 metros). - Medidas de precipitación en los tres pluviómetros totalizadores y medida en el limnómetro del río Cardenillo.



4 – 8 NOVIEMBRE	5	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de ablación glaciar en la red de balizas del Ritacuba Negro. - Medidas de ablación glaciar en la red de balizas del Ritacuba Blanco e instalación de balizas de acumulación sobre los 5.050 m - Verificación de funcionamiento de pluviómetros totalizadores. - Medidas de retrocesos del frente en los glaciares de la laguna grande. - Reunión con guías locales para divulgación de las redes de monitoreo de IDEAM.
8 – 16 DICIEMBRE	9		<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento de área de monitoreo glaciar con asistentes técnicos franceses (IRD). - Medidas de ablación en la red de balizas en el glaciar Ritacuba. - Diagnostico de posible zona de estudio en glaciar Ritacuba Blanco. - Retrocesos de frente glaciar Cerros de La Plaza.

COMISIONES GRUPO DE TRABAJOS GLACIOLÓGICOS IDEAM 2009			
Fecha	No. Días	Lugar	Objetivo / Actividad
MARZO 30 - ABRIL 03	5	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ablación glaciar en la red de balizas glaciar Ritacuba Negro. - Medir lluvia acumulada en pluviómetros totalizadores. - Mantenimiento de la red de balizas. - Selección de sitios para instalación de pluviómetros totalizadores. - Reunión con funcionarios de Parque para logística y apoyo en campo.
1-8 MAYO	8	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ablación glaciar en la red de balizas glaciar Ritacuba Blanco. - Medir lluvia acumulada en pluviómetros totalizadores. - Traslado de pluviómetros totalizadores de la cuenca río - Cardenillo a la cuenca del río Playitas. - Levantamiento topográfico Glaciar Ritacuba Blanco.



			- Perforación de Balizas 4 y 5 red de observación Glaciar Ritacuba Blanco.
13-17 JULIO	5	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ablación glaciar en la red de balizas glaciar Ritacuba Blanco. - Medir lluvia acumulada en pluviómetro totalizador. - Mantenimiento estación automática satelital Nevado de El - Cocuy sensor humedad y temperatura. - Campaña de medición de espesores de hielo en el glaciar Ritacuba Blanco.
7-14 SEPTIEMBRE	8	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Medir ablación glaciar en la red de balizas. - Medir lluvia acumulada en pluviómetro totalizador. - Primera Campaña de medición de retrocesos glaciares Ritacuba Negro y pulpito del Diablo. - Participación congreso colombiano de geología. - Campaña identificación liquenometrica morrenas Ritacuba Negro (Rhizocarpon geographicum).
5-13 DICIEMBRE	9	PNN EL COCUY	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar medidas de ablación glaciar en la red de balizas instalada en la sierra nevada de El Cocuy (glaciar Ritacuba Blanco). - Tomar los datos de precipitación por medio de los pluviómetros totalizadores ubicados en la cuenca del río playitas glaciar Ritacuba Blanco. - Realizar campaña de retrocesos longitudinales medidos sobre el terreno en los puntos ubicados en la laguna grande de la sierra, cerró Toti y laguna de la Plaza. - Realizar mantenimiento ha la estación meteorológica automática satelital nevado de El Cocuy (vaciado del pluvio). - Construcción de la base en concreto para el pluviómetro de precipitación sólida ubicado en la cuenca del río cardenillo, borde del glaciar Ritacuba Negro (fijación del pluviómetro utilizando pistola de fulminantes y tornillos). - Realizar la campaña de divulgación sobre el proyecto para evitar problemas en la red durante la temporada turística. - Reunión con los funcionarios del PNN El Cocuy para consolidar las actividades realizadas en el año 2009 y planificar las del año 2010.



Informe de actividades glaciológicas 2008 – 2009

			<ul style="list-style-type: none">- Identificación del sitio para la instalación de la estación automática satelital propuesta para el sur de la sierra nevada de El Cocuy (laguna de la plaza).- Realizar la medida anual en el pozo de acumulación ubicado en la cumbre de glaciario Ritacuba Blanco.
--	--	--	--