

Complejo volcánico Nevado del Huila: evidencias de su historia eruptiva

THE NEVADO DEL HUILA VOLCANO COMPLEX: EVIDENCES OF ITS ERUPTIVE HISTORY

ANA MARÍA **Correa Tamayo**¹
EUMENIO **Ancochea Soto**²

Resumen

El volcán Nevado del Huila, es el volcán activo más alto (5364 msnm) de Colombia, y representa una gran amenaza, lo que quedó demostrado por las erupciones de 2007 y 2008. Criterios geomorfológicos permitieron considerarlo un complejo volcánico y definir tres estadios en la construcción de dos edificios volcánicos principales. Su vulcanoestratigrafía está conformada por 13 unidades, con predominio de gruesos flujos de lavas andesíticas y excepcionalmente flujos piroclásticos intercalados. Datos geomorfológicos y geocronológicos (K/Ar, en roca total) indican que su historia eruptiva comenzó hace 1,5 Ma (Pleistoceno Inferior), con el Estadio Pre-Huila. Hace aproximadamente 100.000 años se inició el Estadio Huila Antiguo (Pleistoceno Superior). Al final de la última Glaciación comenzó el Estadio Huila Reciente, hace 11.000-10.000 años (Holoceno). Las variaciones petrográficas facilitan la caracterización general de los estadios eruptivos: en el Estadio Pre-Huila hay principalmente andesitas de dos piroxenos; en el Estadio Huila Antiguo predominan las andesitas clinopiroxénicas. En el Estadio Huila Reciente las andesitas anfibólicas son el tipo petrográfico predominante.

Palabras clave

Volcán Nevado del Huila, complejo volcánico, Pleistoceno-Holoceno, andesitas.

Abstract

Nevado del Huila Volcano, is the highest active volcano (5364 msnm) in Colombia, representing a major threat for the surrounding areas, evidenced by the 2007 and 2008 eruptions. Geomorphologic approaches allowed to consider it as a volcano complex and to define three main stages in the construction of two main volcanic structures. Its stratigraphy is made up by 13 units, with the predominance of thick andesitic lava flows and exceptionally interlayered pyroclastic flows. Geomorphologic and geochronological data (K/Ar, whole rock) indicate that its eruptive history began 1.5 Ma ago (Lower Pleistocene), with the Pre-Huila Stage; approximately 100.000 years ago, began the Old Huila Stage (Upper Pleistocene) and at the end of the Last Glaciation, 11.000-10.000 years ago (Holocene), Recent Huila Stage started. Petrographical variations facilitate the general characterization of the eruptive stages: Pre-Huila Stage products are, mainly, two pyroxenes-andesites, in Old Huila Stage, the clinopyroxene-andesites prevail, and in Recent Huila Stage, the amphibole-andesites are the predominant petrographical type.

Key words

Nevado del Huila Volcano, volcano complex, Pleistocene-Holocene, andesites.

Artículo recibido el 29 de agosto del 2009. Aprobado el 16 de diciembre del 2009.

¹ Servicio Geológico Colombiano, acorrea@sgc.gov.co

² Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (España), geodec@geo.ucm.es

Introducción

El volcán Nevado del Huila (VNH) es el volcán activo más alto (5364 msnm) de Colombia y de la cordillera Central. Antes de 1995 era considerado un estratovolcán con actividad principalmente efusiva y se le asignaba una altura de 5750 msnm. En 1995 se encontró, por primera vez, evidencia de que en el pasado este volcán también había emitido material piroclástico.

El VNH está localizado en la unión de los departamentos Cauca, Huila y Tolima (figura 1). La población más cercana es el municipio de Belalcázar (Cauca), ubicado a 30 kilómetros al SE de la cima del volcán. Su área de influencia pertenece al Parque Nacional Natural Nevado del Huila. La labor de vigilancia está a cargo, desde 1992, del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo), perteneciente a Ingeominas.

Este volcán representa una grave amenaza para los habitantes de su zona de influencia, teniendo en cuenta características como actividad sísmica permanente, altura considerable, presencia de un extenso glaciar de montaña, gruesa y extensa cobertura de depósitos fragmentarios que tapizan las laderas, presencia de fuentes termales, actividad fumarólica permanente y evidencia geológica de eventos de flujos piroclásticos, colapso parcial y flujos de escombros. Esta alta peligrosidad ha quedado demostrada recientemente por los procesos eruptivos de 2007, 2008 y 2009. Para tener una visión más detallada sobre la amenaza que representa este volcán para los habitantes de su zona de influencia puede consultarse el mapa de amenaza volcánica publicado por Ingeominas en http://intranet.ingeominas.gov.co/popayan/Mapa_de_Amenaza_Volc%C3%A1nica_del_complejo_volc%C3%A1nico_Nevado_del_Huila.

Con el fin de establecer su historia eruptiva, o su evolución vulcanológica, se ha tratado de reconstruir la secuencia estratigráfica y cronológica de los productos lávicos emitidos por dicho edificio volcánico. Por tanto, fueron determinados los principales rasgos geomorfológicos y vulcanográficos que lo caracterizan, se definió la volcano-es-

tratigrafía relativa de las diferentes unidades lávicas, las cuales fueron caracterizadas petrográficamente. Todo ello constituye uno de los fundamentos necesarios para efectuar la valoración de la amenaza y el riesgo volcánico.

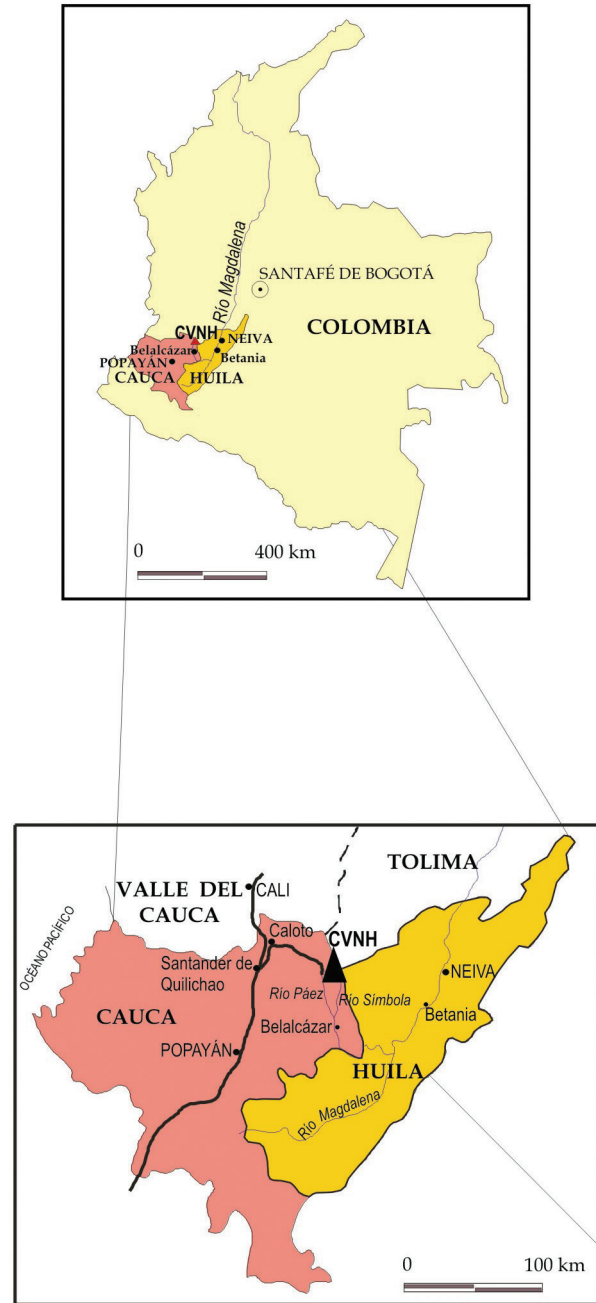


Figura 1. Ubicación de zona de estudio.

Antecedentes

Hasta 1994 fueron pocos los estudios realizados. La situación cambió después del sismo de Páez del 6 de junio de 1994, con una magnitud 6,4 y cuyo epicentro se situó en la base del VNH. Aunque este sismo no estuvo asociado a actividad volcánica, causó gran interés ante la sospecha de una eventual reactivación. Los trabajos más antiguos son de finales del siglo XIX y comienzo del XX. Sobresale entre ellos el trabajo de Stübel (1906), quien fue el primero en señalar que el volcán está formado por andesitas y dacitas de augita. Entre los trabajos recientes hay que destacar el mapa preliminar de riesgos volcánicos potenciales de Nevado del Huila realizado por Cepeda et ál. (1986).

Después del sismo de Páez se inició una serie de estudios, entre los cuales se destacan Ingeominas (1995) y Cepeda et ál. (1997), que corresponden a reportes sobre la evaluación de la amenaza y la vigilancia volcánica; Pulgarín & Macías (1998) un trabajo preliminar sobre los depósitos generados por una avalancha de escombros (*Debris avalanche*) en el Pleistoceno; Correa et ál. (2000), quienes presentan brevemente algunos rasgos generales y de composición del VNH; Pulgarín (2000), quien escribió una tesis de maestría sobre los depósitos masivos del Pleistoceno tardío, asociados al colapso del flanco sur del VNH; y por último el trabajo de Pulgarín & Correa (2003) sobre las morrenas del VNH y su correlación con otras áreas glaciadas de Colombia. De gran valor es la reseña de Espinosa (2001) sobre erupciones históricas de volcanes colombianos, en la cual se afirma que el Nevado del

Huila fue identificado como volcán por conquistadores españoles en 1550. El trabajo más reciente corresponde a la tesis doctoral de Correa (2009), en el que se realiza un amplio estudio sobre la petrología, geoquímica y vulcanología del Complejo Volcánico del Huila con el objetivo de establecer su evolución magmática.

Marco geológico

El Nevado del Huila es uno de los 30 volcanes activos de Colombia, ubicados en la zona volcánica norte de los Andes, que es el resultado de la subducción activa de la Placa Nazca debajo de la Placa Suramericana. Está ubicado en la cordillera Central, separado de los demás grupos de volcanes que constituyen la cadena volcánica colombiana por *gaps* o zonas de ausencia de volcanismo (figura 2), originados probablemente por cambios en la inclinación de la subducción; concretamente, en el sitio donde se cruzan fallas longitudinales de tendencia NE (por ejemplo, Sistema de Fallas Moras) con fallas transversales NW (por ejemplo, Sistema de Fallas Salento). La historia eruptiva del VNH se enmarca en la segunda etapa del volcanismo cenozoico, colombiano, que va desde el Plioceno superior al Holoceno. Este volcanismo, típicamente calcoalcalino, se ha desarrollado en un arco de margen continental activo, ubicado a 200 km de la Fosa Colombia-Ecuador y a 150 km por encima de la zona de *Benioff*. Su basamento está formado por rocas metamórficas del Paleozoico, rocas intrusivas del Mesozoico, rocas metasedimentarias y sedimentarias del Cretácico y rocas intrusivas del Terciario.

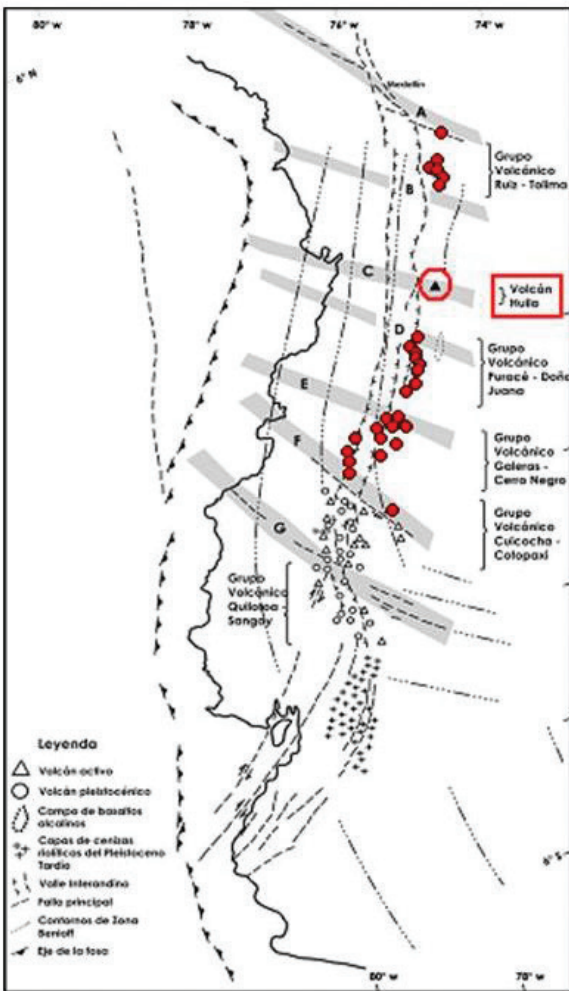


Figura 2. Volcán Nevado del Huila en ZVN de los Andes

Fuente: Tomada y modificada de Hall & Wood, 1985.

Metodología

Para llevar a cabo este estudio, además de las labores fundamentales, como revisión bibliográfica exhaustiva (Correa & Pulgarín, 2002), detallada fotointerpretación y campañas de campo, fue efectuado un concienzudo estudio petrológico. Con base en volcanoestratigrafía, geomorfología, petrografía y geoquímica, se obtuvo el mapa fotogeológico de escala 1:25.000 y finalmente fue posible reconstruir la secuencia de las etapas en la historia eruptiva del VNH. En el análisis geomorfológico fueron considerados diversos parámetros: altura sobre el nivel del mar, pendientes, rasgos texturales en foto aérea, patrón de drenaje, tamaño de las geoformas, grado

de erosión, forma y tamaño de escarpes, cobertura vegetal, grado de incisión de las corrientes y superposición entre geoformas.

En el registro de la actividad de este volcán ha sido imprescindible la caracterización petrográfica y la petrología de sus productos, principalmente de los depósitos de lavas, procurando detectar las pequeñas variaciones a lo largo de la historia eruptiva. Esta caracterización de las lavas del VNH es, en parte, el objeto de discusión principal que se presenta en este trabajo. Fueron analizados los siguientes aspectos: composición mineralógica, textura general de la roca, características de la matriz, tipo de fenocristales, rasgos texturales especiales, porcentajes modales de cada mineral y de cada categorías de tamaños, y características particulares de cada fase mineral. La clasificación petrográfica se basó en los porcentajes de cada fase mineral, como fenocristal, microfenocristal y como microcristales más grandes de la matriz, recalculados al 100%. Para complementar este estudio petrológico, se realizó el análisis químico de diferentes fases minerales en 45 muestras representativas de las unidades volcanoestratigráficas, procurando que quedaran representados los tipos litológicos y todo el espectro de tamaños de cristales (fenocristales a microlitos). Se analizaron Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Ti, Ni y Cr, en plagioclasas, clinopiroxenos, anfíboles, ortopiroxenos, olivinos, micas y óxidos de Fe-Ti.

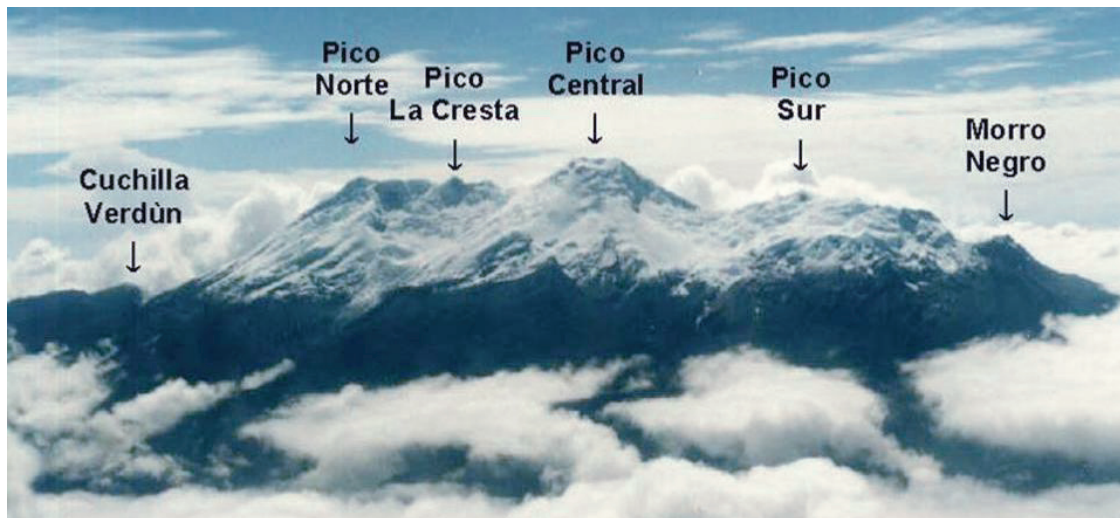
Los métodos más usados en sucesiones volcánicas son C^{14} para muestras con materia orgánica y edades inferiores a 30.000 años (Faure, 1986), y métodos con Ar radiogénico (K/Ar y $^{40}Ar/^{39}Ar$) para minerales y rocas con más de 100.000 años. De un total de 11 dataciones radiométricas, por K/Ar en roca total, hechas en muestras de lavas del VNH y su basamento, fueron descartadas cuatro por ser poco precisas y fiables, por estar debajo del límite de detección o ser incoherentes con la geología (Correa, 2009). La limitación de este método (más fiable para rocas con edades > 1 Ma) es compensada por el hecho de que el contenido de K no es bajo (1,84 a 2,29%) y que las muestras no presentan evidencias de procesos de recalentamiento

posterior, ni alteraciones importantes que pudieran haber producido variaciones en el contenido de Ar radiogénico.

Resultados obtenidos

El VNH tiene forma elipsoidal, alargada en dirección N-S (16 km x 12 km). En su cima hay cuatro picos (figura 3), alineados, cubiertos por un extenso glaciar de montaña, que antes de la erupción de 2007 tenía 13 km²: pico Norte (5304 m), pico La

Cresta (5284 m), pico Central (5364 m) y pico Sur (5052 m). La altura promedio sobre el basamento varía entre 2300 a 2600 metros. El área aproximada en la base es 150 a 200 km². El volumen estimado de materiales volcánicos está entre 120 y 135 km³. Tiene simetría en sentido N-S y E-W, con pendientes medias más acusadas en laderas occidental (22°) y oriental (21°), y pendientes más suaves en laderas sur (14°) y norte (13°).



► **Figura 3.** Rasgos más sobresalientes en la cima del volcán, desde el W, sobrevuelo 1994 (Desde Cuchilla Verdún a Morro Negro hay aproximadamente 6 o 7 km, en sentido NS).

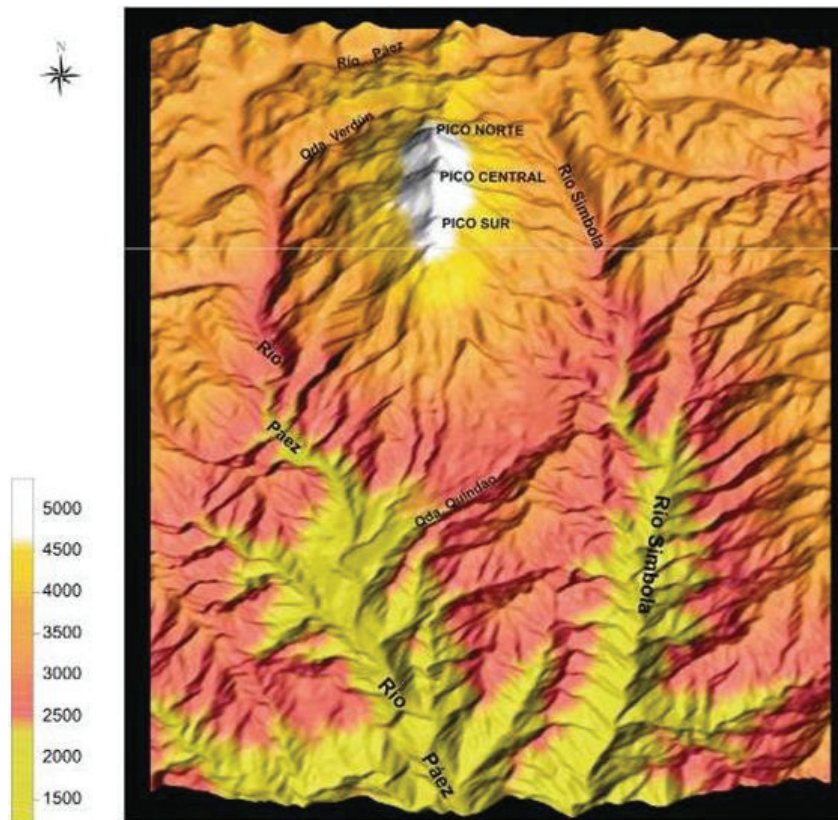
Fotografía: Ingeominas.

El patrón de drenaje es radial, recogido por otro drenaje principal subparalelo (N-S), conformado por el río Páez y su afluente el río Símbola. Estos dos enmarcan el volcán por el occidente y oriente respectivamente (figura 4). Tiene un relieve escalonado generado por superposición de flujos de lavas, en escarpes desde 5 a 300 metros. En la clasificación de geoformas denudacionales de origen volcánico de Van Zuidam (1986) corresponde a vertientes volcánicas de categorías V4 a V7, es decir, vertientes volcánicas escalonadas, escarpadas a muy escarpadas, con moderada a muy alta inclinación y grado de disección moderado a severo.

Las lavas descendieron hasta cotas mínimas de 2000 msnm (en el sur), 2600 msnm (en el este y oeste), y 3200 msnm (en el norte). Asumiendo un centro único de emisión en la cima, las distancias

máximas recorridas por los flujos de lavas corresponden a los flujos de lava en la parte baja del edificio: 4 km (N), 12 km (S); con promedio general de 9 a 10 km. Los flujos más cortos (1 a 2,5 km) están en el pico Norte. Los mejor conservados se encuentran por encima de 4300 msnm en los picos Norte y Central.

Se reconocen diversas geoformas volcánicas menores: lavas macroonduladas o crestas onduladas (*wave-like ridges*), lavas en bloques (*blocky-lava* o *short block flows*), estructuras en forma de ‘cordones de roca’ o crestas laterales (*levées* o *lateral ridges*), domos volcánicos (entre los que sobresale el denominado Morro Negro cerca del pico Sur), estructuras columnares a semicolumnares y lavas autoclásticas con niveles brechosos intercalados con niveles masivos.



► Figura 4. En un MDT del volcán: vertientes escarpadas, pendientes simétricas y drenaje radial-alturas en msnm y escala horizontal aproximada 1:440.000

Fuente: Correa, 2009.

Varias características geomorfológicas permiten clasificar el Nevado del Huila no como una única estructura volcánica individual (por ejemplo un estratovolcán), sino como un complejo volcánico (*volcano complex*): las diversas geoformas volcánicas individuales que se superponen y tienen una relación compleja entre sí, la ausencia de un único cono central, las evidencias de por lo menos un colapso sectorial en forma de gran deslizamiento dinámico o avalancha, los picos de la cima que representan posiblemente distintos centros de emisión, los diferentes grados de disección entre los niveles de lavas que se superponen, la variación en distribución espacial y en dirección de los flujos de lavas, y las geoformas destacadas, similares a *planèzes*, que representan posibles remanentes de un edificio volcánico previo.

Por debajo de 4000 ± 200 msnm existe una extensa franja de depósitos glaciares y fluvio-glaciares, y geoformas glaciares, que circunvala casi todo

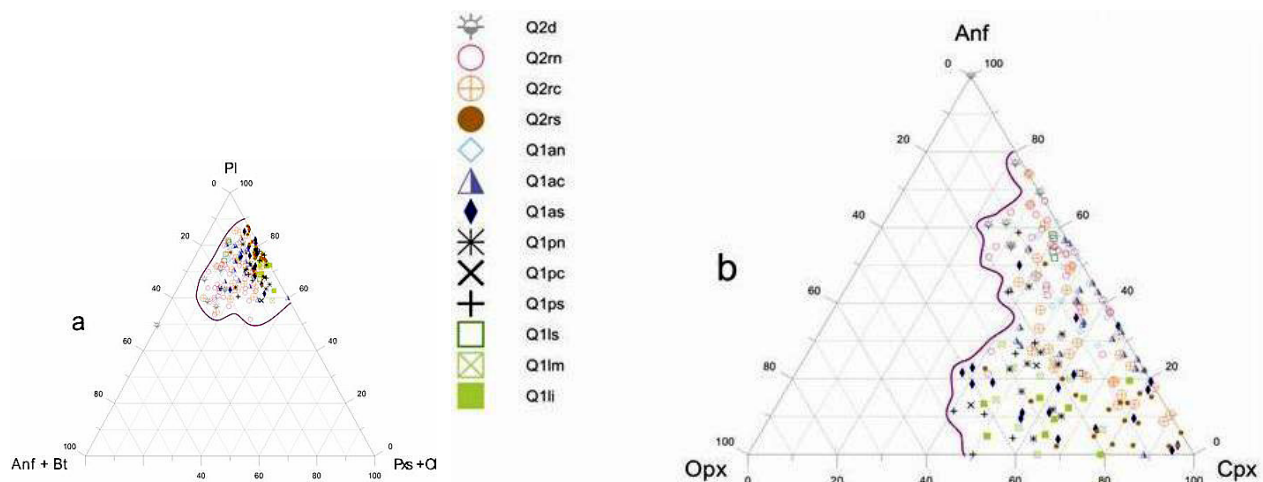
el edificio principal y ha servido como un nivel guía para separar las lavas más recientes en la parte alta del Complejo Volcánico Nevado del Huila (CVNH) del resto de unidades inferiores.

En el CVNH predominan los depósitos de flujos de lavas andesíticas, superpuestos, y excepcionalmente algunos depósitos de flujos piroclásticos intercalados. Existe clara evidencia de actividad explosiva en la parte alta del pico Central en forma de cuatro capas de flujos piroclásticos de bloques y cenizas y de cenizas y pómez. El grado de meteorización es moderado a alto. Las rocas menos alteradas están en la parte alta de los picos Central y Norte; el mayor grado de alteración, debido a intensa acción hidrotermal, junto a fuerte erosión glaciaria, se da en lavas de la parte alta del pico Sur. En los flujos de lava es típica la estructura en 'emparedado' con un cuerpo central masivo (10 a 50 m) y paquetes brechosos, asociados, en la base o techo (≤ 5 a 10 m).

La textura de las rocas varía entre microporfídica y microcristalina. El grado de vesicularidad es bajo a muy bajo ($\leq 1-3\%$). El contenido de fenocristales ($> 2\text{mm}$) es bajo ($\leq 2-6\%$). La fracción de microfenocristales (2 a 1mm) es mayor ($\leq 3-28\%$). La matriz es predominante ($\geq 83-94\%$) y varía entre microcristalina a criptocristalina, holocristalina, cristalohialina o hialocristalina, regularmente hay agregados microcristalinos poliminerales y monominerales. También son frecuentes los enclaves de roca volcánica (autolitos?) y enclaves de roca granítica (xenolitos). Presencia de esferulitas, textura perlítica incipiente o pequeñas zonas criptocristalinas en la matriz parcialmente vítrea son evidencias de cierto grado de desvitrificación. La textura de flujo y el bandeamiento son más notorios en muestra de mano. Algunas texturas son evidencia de posibles procesos de desequilibrio: bordes corroídos, redondeados o engolfados, bordes opacos, formas esqueléticas, coronas de reacción, pseudomorfismo parcial o total en anfíbol y textura tamiz en plagioclasa.

Las tres principales fases minerales son: plagioclasa (20-40%), clinopiroxeno (3-7%) y anfíbol

(1-6%-máximo 19% en domo Morro Negro). Ortopiroxeno ($\leq 6\%$) normalmente es fase accesoria (figura 5). Otros minerales accesorios son biotitas, olivinos, con porcentajes máximos 5% y 4% respectivamente, y apatitos. Son abundantes los microcristales de opacos ($\leq 14\%$) en la matriz. La composición de las plagioclasas varía entre labradorita (An60) y oligoclasa (An23), predominando las andesinas. Los clinopiroxenos son principalmente augitas, y en menor proporción diopsido, con rango composicional relativamente amplio (En54-24, Wo49-35 y Fs16-1). Los ortopiroxenos son predominantemente enstatitas, con rango composicional bastante estrecho (En76-67, Wo ≤ 3 y Fs ≤ 33). Los anfíboles son fundamentalmente de tipo cálcico de serie magnesio-hastingsita, pocos son edenitas y escasamente magnesiohornblendas y tschermakitas. Entre los óxidos de Fe-Ti, predominan magnetitas (Usp36-2) y ulvöspinelas (Usp100-64); hay algunas cromitas como inclusiones en olivino, y escasas ilmenitas. Los olivinos son principalmente forsteríticos (Fo91-79). Las micas tienen composición química muy homogénea: son flogopitas, con rango de variación muy estrecho (Phl75-71 y Ann30-25).



► **Figura 5.** Diagramas ternarios para la clasificación petrográfica de las lavas del CVNH, según: a) porcentajes de las principales fases minerales, reconocibles como fenocristal y microfenocristal y en matriz, y b) porcentajes de los minerales máficos predominantes. Se han representado las 13 unidades volcanoestratigráficas según: edad relativa (Pleistoceno = Q₁ u Holoceno = Q₂), estadio dentro de historia eruptiva de CVNH (PreHuila = p, Huila Antiguo = a y

Huila Reciente = r) y ubicación geográfica (Sector norte = n, Sector central = c, Sector sur = s y Sector La Laguna = l). Q2d corresponde a la unidad de los domos volcánicos (Morro Negro)

La composición de la fracción vítrea de la matriz es también muy homogénea. Se trata de un vidrio riolítico ($\text{SiO}_2 > 71\%$), mientras que la composición de la fracción criptocristalina es equivalente a un feldespato que varía entre plagioclasa tipo andesina-oligoclasa y feldespato potásico tipo anortoclasa o sanidina.

Discusión de resultados

El volumen estimado de materiales volcánicos (120 a 135 km^3) y los valores de las pendientes (13° a 22°) están dentro de los rangos correspondientes a volcanes calcoalcalinos de composición intermedia a ácida. La diversidad de geoformas refleja cierto grado de variación composicional: los flujos de lavas más gruesos y cortos corresponden a lavas más viscosas, a partir de magmas ácidos a intermedios; al igual que las estructuras de lavas en bloques, crestas onduladas, lavas autobrechadas y *levées*, están asociadas a magmas de composición intermedia a ácida. Los flujos de lavas más largos, con espesores menores y estructuras predominantemente masivas o columnares, corresponden a lavas menos viscosas, y a magmas probablemente menos ácidos.

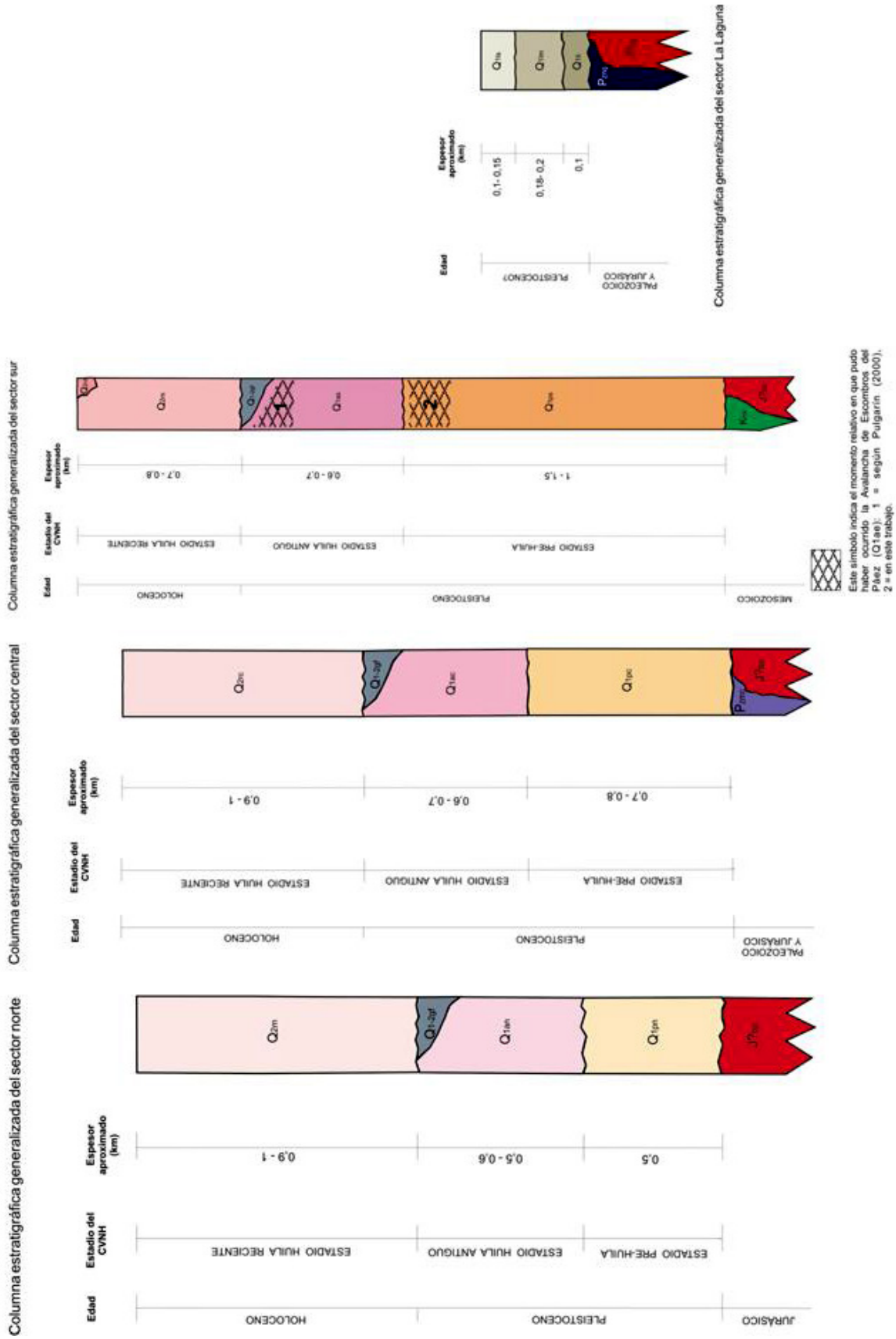
Con base en los estudios geomorfológico y estratigráfico, se han definido tres posibles estadios: Estadio Pre-Huila, que corresponde a las partes más bajas del CVNH con morfología más 'evolucionada' o modificada; Estadio Huila Antiguo, que corresponde a la vertiente media; y Estadio Huila Reciente, que corresponde a la zona más alta del CVNH, por encima de 4300 ± 100 msnm, donde las geoformas volcánicas están mejor conservadas.

El límite entre estadios Huila Antiguo y Huila Reciente es el nivel guía de depósitos y geoformas de origen glacial, por debajo de 4000 ± 200 msnm, casi continuo, a lo largo del CVNH. Esta franja se formó probablemente durante la última Glaciación, que finalizó hace 11.000 a 10.000 años, cerca del límite Pleistoceno-Holoceno. Probablemente las lavas superiores del Estadio Huila Antiguo sufrieron una intensa erosión glacial, dejando grandes valles glaciares por los que posteriormente descendieron

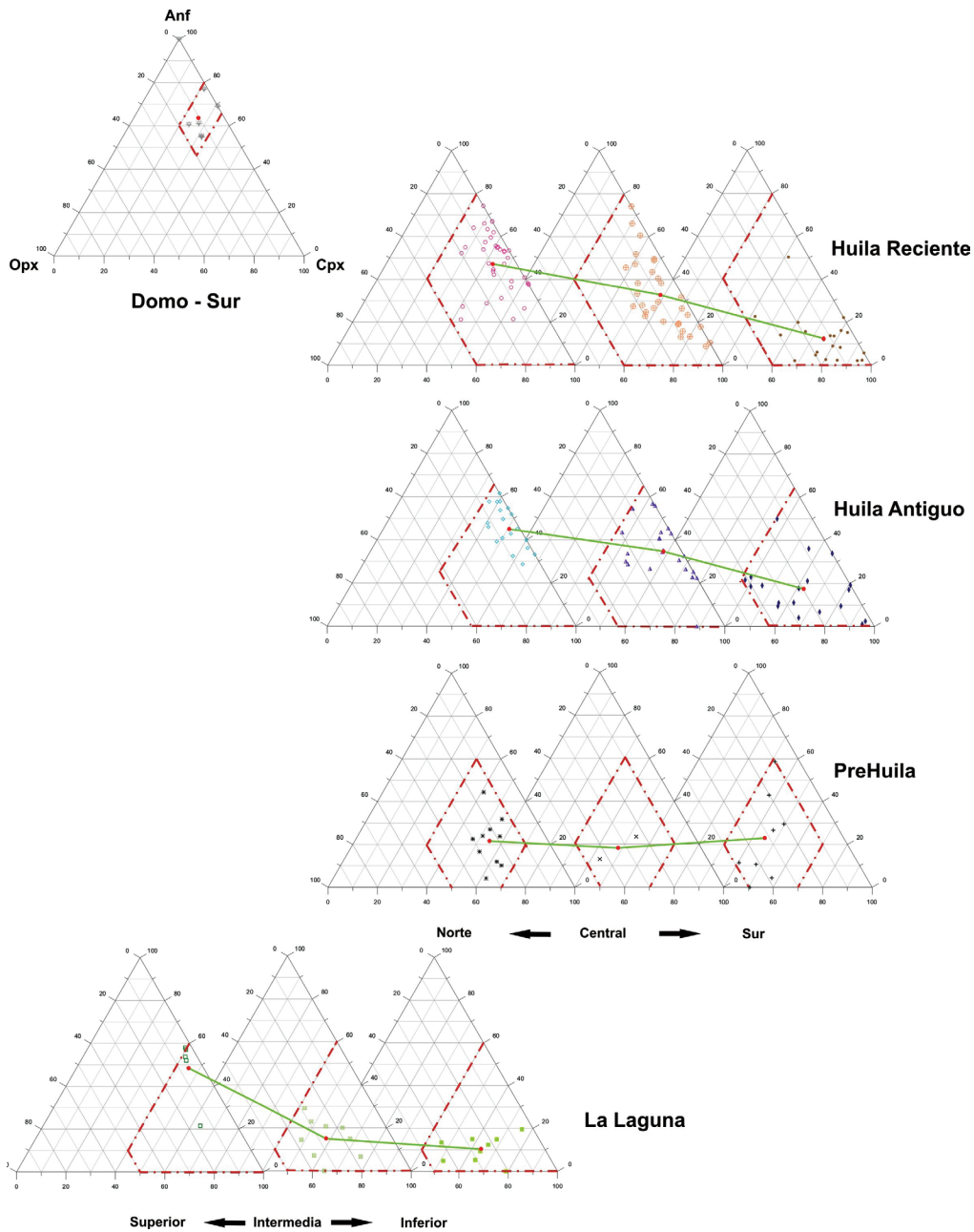
nuevos flujos de lavas del Estadio Huila Reciente, durante el Holoceno. Los cuatro flujos piroclásticos encontrados en el pico Central pertenecen al Estadio Huila Reciente y quizás fueron generados por colapso o explosión de domos. Cada estadio presenta características petrográficas y geoquímicas particulares.

En el CVNH se han identificado diversos tipos de andesitas: de dos piroxenos (cpx + opx), clinopiroxénicas, anfibólicas, clinopiroxénicas con anfíbol y ortopiroxeno, etc. En cada una de las 13 unidades volcanoestratigráficas, definidas para el CVNH (figura 6), existe el predominio de uno de estos determinados tipos petrográficos. En las unidades del Estadio PreHuila predominan las andesitas de dos piroxenos y andesitas clinopiroxénicas con ortopiroxeno, con o sin anfíbol. Las lavas del Estadio Huila Antiguo de los sectores central y sur son principalmente andesitas clinopiroxénicas con o sin ortopiroxeno \pm anfíbol, mientras que en el sector norte son esencialmente andesitas anfibólico-clinopiroxénicas y andesitas clinopiroxeno-anfibólicas, al igual que en el Estadio Huila Reciente del sector sur, a diferencia de las lavas del Estadio Huila Reciente de los sectores central y norte y del domo Morro Negro que son fundamentalmente andesitas anfibólicas y andesitas anfibólico-clinopiroxénicas. Esto refleja el rasgo más característico, desde el punto de vista petrográfico, de las lavas más recientes del CVNH: el aumento relativo en el contenido de anfíboles, principalmente en los picos Central y Norte, igualmente en las lavas de domos volcánicos (figura 7). En estas unidades se hace más notoria la presencia de biotita y, relativamente, de olivino.

La variación de los tipos petrográficos en función de posición estratigráfica se ve claramente en el sector de La Laguna, al norte del edificio principal del CVNH, donde predominan, además, las rocas microcristalinas: se ve como de andesita clinopiroxénica de la Unidad Inferior, se pasa a andesita de dos piroxenos de la Unidad Intermedia, y de ésta a andesita anfibólico-clinopiroxénica de la Unidad Superior.



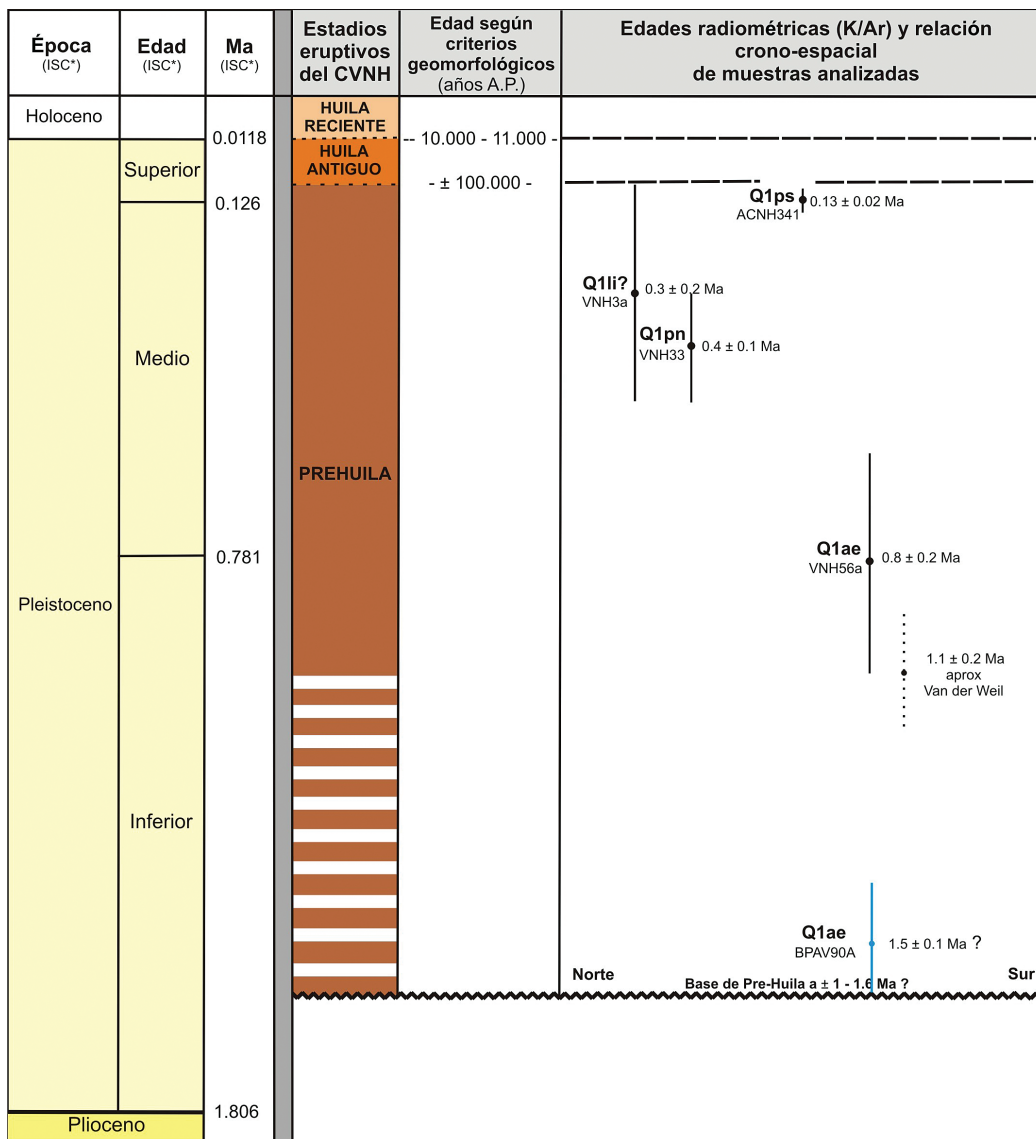
► Figura 6. Columnas estratigráficas generalizadas en las cuales han quedado representadas las 13 unidades volcaneostratigráficas definidas en el CVNH.



► **Figura 7.** Correlación de las 13 unidades volcanoestratigráficas del CVNH en los diagramas ternarios de clasificación petrográfica, con base en los porcentajes relativos de anfíbol, clinopiroxeno y ortopiroxeno. Además de las nueve unidades correspondientes a los tres estadios (Pre-Huila, Huila Antiguo y Huila Reciente) en los tres sectores (norte, centro y sur) del edificio principal, se han representado las tres unidades pertenecientes al sector La Laguna, ubicado al norte de Cuchilla Verdún, y la unidad correspondiente al domo volcánico del Sur-Morro Negro. (Punto rojo representa la media).

Los datos geocronológicos K/Ar, junto a los datos geomorfológicos y volcanoestratigráficos, permiten señalar que la historia eruptiva del CVNH se inició hace aproximadamente un millón y medio de años, en el Pleistoceno Inferior, con el Estadio Pre-Huila, que se prolongó durante el Pleistoceno. Hace

aproximadamente 100.000 años comenzó el Estadio Huila Antiguo, que tuvo una duración relativamente corta, unos 90.000 años en el Pleistoceno Superior. Finalizada la última Glaciación, debió comenzar el Estadio Huila Reciente, hace 11.000-10.000 años, el cual se prolongó durante el Holoceno (figura 8).



* según la carta Estratigráfica Internacional de la International Commission on Stratigraphy (2006)

► Figura 8. Edades radiométricas e historia eruptiva del Complejo Volcánico Nevado del Huila.

Conclusiones

- La diversidad de rasgos geomorfológicos en el Complejo Volcánico Nevado del Huila (CVNH), además de reflejar cierto grado de variación composicional en sus lavas, ha permitido establecer una historia eruptiva que se divide en tres estadios: Estadio Pre-Huila, Estadio Huila Antiguo y Estadio Huila Reciente. Dicha historia se enmarca en la segunda etapa del volcanismo cenozoico colombiano.
- En el CVNH se han cartografiado y caracterizado 13 unidades vulcanoestratigráficas prin-

- cipales, en las que predominan secuencias de gruesos flujos de lavas andesíticas y escasos depósitos de flujos piroclásticos, intercalados.
- Las edades radiométricas indican que el Estadio Pre-Huila se inició hace 1,5 Ma aproximadamente (Pleistoceno Inferior) y el Estadio Huila Antiguo empezó hace 100.000 años (Pleistoceno Superior). Por último, el Estadio Huila Reciente comenzó hace 11.000-10.000 años.
- Las rocas del CVNH son microporfídicas a microcristalinas, con plagioclasa, clinopiroxeno, anfíbol, ortopiroxeno y óxidos de Fe-Ti como

fases principales, y olivino, mica y apatito como fases accesorias.

- Las variaciones en el contenido mineral facilitan la caracterización general de los estadios eruptivos. Las lavas de Estadio Pre-Huila son principalmente andesitas de dos piroxenos. El porcentaje de anfíbol se va haciendo mayor hacia Estadio Huila Antiguo, donde predominan las andesitas clinopiroxénicas, y especialmente en Estadio Huila Reciente, con andesitas anfibólicas como tipo predominante.

Agradecimientos

Agradecemos al Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán de Ingeominas, la Fa-

cultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid y la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Agradecemos también al Centro de Microscopia Electrónica Luís Bru y al Centro de Geocronología y Geoquímica Isotópica, ambos de la Universidad Complutense de Madrid. Esta investigación fue apoyada, en parte, por el Programa de Becas del Ictex de Colombia y el Programa de Becas Alban de la Unión Europea. Agradecemos también a todas las personas, colegas, familia y amigos, por su invaluable apoyo a la investigación, de varios años, que finalmente se ha convertido en fuente de 'materia prima' para este artículo. 📌

Referencias

- Cepeda, H., Méndez, R., Murcia, A. & Vergara, H. (1986). *Mapa preliminar de riesgos volcánicos potenciales del Nevado del Huila, escala 1:200.000*. Informe interno 1981. Popayán: Ingeominas.
- Cepeda, H., Pulgarín, B., Correa, A. & Agudelo, A. (1997). *Evaluación de amenaza y vigilancia volcánica del Complejo Volcánico Nevado del Huila*. Informe interno. Popayán: Ingeominas.
- Correa, A. (2009). *Estudio petrológico, geoquímico y vulcanológico para establecer la evolución magmática del Complejo Volcánico del Huila, Colombia*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Correa, A., Cepeda, H., Pulgarín, B. & Ancochea, E. (2000). El volcán Nevado del Huila (Colombia): rasgos generales y caracterización composicional. *Revista Geogaceta*, 27, 51-54.
- Correa, A. & Pulgarín, B. (2002). *Revisión histórica de los estudios geológicos y otros aspectos, sobre el volcán Nevado del Huila y su área de influencia*. Informe interno. Popayán: Ingeominas.
- Espinosa, A. (2001). *Erupciones históricas de los volcanes colombianos (1500-1995)*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras.
- Faure, G. (1986). *Principles of isotope geology*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Hall, M. & Wood, C. (1985). Volcano-tectonic segmentation of the northern Andes. *Geology*, 13, 203-207.
- Ingeominas (1995). *Evaluación de amenaza y vigilancia volcánica del Complejo Volcánico Nevado del Huila*. Informe interno. Popayán: Convenio Ingeominas-Corporación Nasa-Kiwe.
- Pulgarín, B. (2000). Depósitos masivos del Pleistoceno tardío, asociados al colapso del flanco sur del volcán Nevado del Huila (Colombia). Tesis de Maestría. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Pulgarín, B. & Correa, A. (2003). *Morrenas del Volcán Nevado del Huila y su correlación con otras áreas glaciadas de Colombia*. Informe interno. Popayán: Ingeominas.
- Pulgarín, B. & Macías, J. (1998). Debris avalanche deposit at Nevado del Huila Volcanic Complex (Colombia). VI Reunión Internacional Volcán de Colima. *Memorias* 73. México.
- Stübel, A. (1906). *Die vulkanberge von Colombia*. 154 Seiten, 3 Tafeln Karten, 53 Bildern. Dresden: Verlag von Wilhelm Baensch.
- Van der Weil, A. (1991). The volcanoclastic terraces along the río Páez and downstream part of the río La Plata. En *The Quaternary of Colombia*, 18, 169-181. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia (reprinted from Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, 1991, Amsterdam).
- Van Zuidam, R. (1986). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. ITC. Netherlands.