

Modelado Glaciar Heredado sobre áreas volcánicas activas, caso complejo volcánico Cumbal (Nariño – Colombia)

Angela Portilla Erazo; Fernando Pizarro Jurado, fherfl@yahoo.es

RESUMEN

El presente documento muestra los resultados de una caracterización geomorfológica realizada en el complejo volcánico Cumbal (Nariño - Colombia) mediante la cual se logró identificar, sobre dos estructuras volcánicas (una activa y otra en estado de caldera), los procesos geomorfológicos de la abrasión glaciar y su interacción con algunos fenómenos vulcanológicos. Con el fin de identificar las geoformas resultantes de los procesos glaciares y volcánicos se realizó un trabajo de fotointerpretación sobre aerofotografías del IGAC acompañado de levantamiento y verificación en campo e información geológica, tipos de suelos y de cobertura de la tierra, que son variables que condicionan la morfodinámica en la zona, para finalmente obtener cartografía geomorfológica a escala 1:25000. Como resultado de la caracterización, se tiene, que los principales procesos morfogénicos del área de estudio corresponden a la interacción en diferentes periodos de la actividad volcánica de carácter explosivo, lo cual, se representa en la existencia de extensos flujos de lavas en la parte alta, y procesos crionivales y de abrasión glaciar asociada a un periodo frío cuyo estadio pleniglacial data desde hace 35.000 AP, donde se pueden identificar valles glaciares desde los 3800 m.s.n.m. y lahares que rellenan colinas formadas por flujos piroclásticos subrecientes.

Palabras Clave: Geomorfología, Modelado Glaciar heredado, Morfodinámica Volcánica.

Modeling glacier inherited on active volcanic areas. The case of the volcanic complex cumbal (nariño-colombia)

ABSTRACT

This article shows the results of a geomorphological study made of the Cumbal Volcano (located in Nariño, Colombia) in which two volcanic structures were identified (one active and one in state of caldera), the geomorphological effect produced by glacier abrasion and its interaction with some volcanological phenomena. In order to identify the landforms from glaciers and volcanic processes, photo-interpretation on aerial photographs of the IGAC was accompanied by rising and field verification and geological information, soil type and land cover, which are variables that condition morphodynamics in the area, to finally get geomorphological mapping at a scale of 1: 25000. As a result we found that the main morphogenic processes of the study area correspond to the interaction in different periods of explosively volcanic activity, which is represented by the existence of extensive lava flows at the top, and crionivale processes and glacial abrasion associated with a cold period, whose pleniglacial periods dates from 35,000 AP, where glacial valleys can be identified from 3800 m.s.n.m. and lahars that fill hills formed by subrecent pyroclastic flows.

Keywords: Geomorphology, Inherited modeled glacier, morpho-dynamic volcanic processes.

Recibido el 30 de mayo de 2016; aceptado el 30 de junio de 2016.

INTRODUCCIÓN

Con el presente trabajo se busca analizar las consecuencias geomorfológicas que trajeron consigo los procesos de abrasión y recesión de las masas glaciares originadas hace 70.000 AP en el Complejo Volcánico Cumbal (Colombia), así como los procesos morfodinámicos actuales relacionados con el periodo interglaciar actual y la actividad volcánica, presentándose así, una alta diversidad morfológica que es particular para la alta montaña colombiana.

De acuerdo al INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010), en Colombia los primeros nevados desaparecidos se ubicaron principalmente sobre volcanes activos. Esto, se explica no solo por la emisión de materiales volcánicos a altas temperaturas, sino además, por la concentración de piroclastos que centralizan la radiación solar aumentado la temperatura superficial, desequilibrio térmico, que acelera la fusión de las masas de hielo circundante a la roca expuesta. Morfo-dinámicamente la combinación de estos procesos da lugar a eventos como lahares y la generación de abanicos fluvio-glacio-volcánicos.

En Colombia se pueden encontrar varios estudios geomorfológicos, sin embargo, se resaltan aquellos trabajos que tienen una escala nacional (1:500.000) y que se han realizado a partir de un enfoque interinstitucional entre la academia y las instituciones gubernamentales, quienes han hecho contribuciones al campo conceptual y metodológico de esta ciencia. De esta manera, se destaca el aporte del INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010) mediante la propuesta de zonificación de los sistemas morfogénicos del territorio Colombiano, así como las publicaciones de FLÓREZ (2003) en donde se describen las principales características del relieve del país proponiendo una zonificación geomorfológica a escala 1:3.400.000. Cabe

resaltar las memorias explicativas de las planchas geológicas a escala 1:100.000 realizadas en diferentes años por el Servicio Geológico Colombiano, las cuales brindan información de tipo geomorfológico de manera general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los aspectos geológicos se emplearon las memorias explicativas y planchas geológicas 447 y 428 del Servicio Geológico Colombiano. Por otra parte se generaron los productos referentes a los Modelos Digitales de Elevación del Terreno, dentro de los cuales se encuentran mapas de pendientes, sombras y redes irregulares de triángulos, con el fin de la realización de perfiles explicativos que faciliten la comprensión de los procesos morfodinámicos.

Para el desarrollo del trabajo de fotointerpretación se utilizaron las aerofotografías análogas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi identificadas con líneas de vuelo: C-2541 N° 143-148; C-2570 N° 041-050 y C-2243 N° 243-252, con las cuales se logró identificar los rasgos geomorfológicos más representativos en el área de estudio. Una vez realizado lo anterior se llevaron a cabo procesos de levantamiento y verificación de información en campo.

Finalmente, se clasificaron las geoformas de acuerdo a los sistemas morfogénicos expuestos por el INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010) y FLÓREZ (2003), adicionando información del estado morfológico actual de los valles glaciares los cuales recientemente se han ido fosilizando debido a la acumulación de depósitos volcánicos como lavas y flujos piroclásticos (Tabla 1).

Una vez terminado el proceso de levantamiento de información geomorfológica, se procedió a desarrollar

la zonificación y/o mapificación que consiste en la digitalización de las unidades geomorfológicas. Así mismo, en la Tabla 1 se indica el sistema adaptado del INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010) empleado para la clasificación de las unidades, mediante el cual las geoformas

fueron asignadas al sistema morfogenético sobre el cual rigieron los procesos que les dio origen, así por ejemplo, el sistema morfogenético del modelado glaciar heredado incluye a todas las unidades formadas por abrasión y sedimentación glaciar, en tanto que en la morfodinámica volcánica se asocian los diferentes productos volcánicos.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS GEOFORMAS DE ACUERDO A SU ESTADO MORFOLÓGICO.

TABLE 1. CLASSIFICATION GEOFORM ACCORDING TO THEIR MORPHOLOGICAL STATE.

Unidad geomorfológica	Sistema morfogenético	Símbolo	Descripción	
Valles Glaciares	Modelado glaciar heredado en ambientes volcánicos activos	VG11	Valle glaciar definido	
		VG12	Valle glaciar semi-sepultado	
		VG13	Valle glaciar sepultado	
Morrenas		DpM1	Depósitos morrénicos definidos	
		DpM2	Depósitos morrénicos semi-sepultados	
Circos Glaciares		CG11	Circo glaciar inferido con umbral identificado	
		CG12	Circo glaciar inferido sin umbral	
Flujos Volcánicos		Morfodinámica volcánica reciente y subreciente	FLav1	Frentes de lava recientes
			FVol2	Flujos volcánicos subrecientes

El Complejo Volcánico Cumbal, se sitúa al suroccidente del departamento de Nariño sobre la cordillera occidental. Hace parte de una cadena volcánica en la cual se encuentran otras estructuras volcánicas como Chiles, Cerro Negro de Mayasquer, Cerro Crespo y Azufral, pertenecientes a los municipios de Cumbal, Guachucal y Mallama. Dentro de los cuales el Complejo volcánico Cumbal se destaca por su altura alcanzando los 4764 m.s.n.m. (Fig. 1).

En términos generales, en el área de estudio encontramos dos estructuras volcánicas, según el INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (2003, 2004). La

primera corresponde al Cumbal Antiguo, su origen se remonta al terciario superior en el plioceno, alrededor de los 4,6 millones de años. Actualmente se encuentra en estado calderico y en su fondo alberga la laguna de la Bolsa. A pesar de ser una estructura bastante antigua se identifican rastros del modelado glaciar heredado del cuaternario. Morfológicamente se caracteriza por su forma semicircular abierta hacia el occidente.

La segunda estructura volcánica se conoce como Cumbal Moderno, que corresponde al complejo volcánico Cumbal tal como se lo conoce en la actualidad. Su formación

se dio en tres fases. La más antigua a partir del cráter Punta Vieja, entre 194.000 años y 176.000 años antes del presente. Se reconoce por numerosas coladas de lava que alcanzaron longitudes de 9 kilómetros a partir de la cima. Sus productos se extendieron hacia el norte y noreste. La segunda fase de formación, identificada como morfodinámica volcánica subreciente, comenzó hace 100.000 años, y se caracterizó por la emisión principalmente de productos lávicos de los cráteres centrales, que se dispersaron hacia el sureste, con una etapa tardía menor a 50.000 años. La tercera fase o morfodinámica volcánica reciente se origina a partir del cráter Mundo Nuevo edad que oscila entre los 25.000 y 15.000 años antes del presente. Esta última presenta

una menor afectación glaciár, ocurrida en el pleistoceno, y se caracteriza por la presencia de lavas lobuladas y cordadas (Fig. 2).

La extensión total del área de estudio es de 11.102 hectáreas distribuidas altitudinalmente en un rango que oscila entre 3400 y 4764 m.s.n.m. Para la delimitación de la zona, se tomaron en cuenta criterios como la disponibilidad y cubrimiento de productos de sensores remotos (especialmente aerofotografías), y aspectos geomorfológicos y geológicos de interés, como por ejemplo, la extensión del actual volcán Cumbal y una parte de la caldera volcánica donde se localiza la laguna de La Bolsa (Fig. 1).

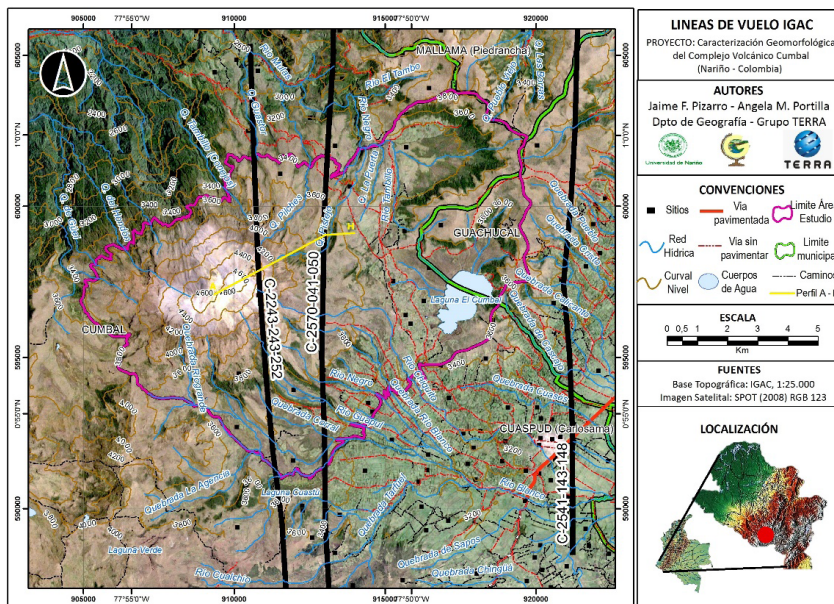


Fig. 1. Localización del área de estudio y líneas de vuelo utilizadas.

Fig. 1. Location of the study area and flight lines used.

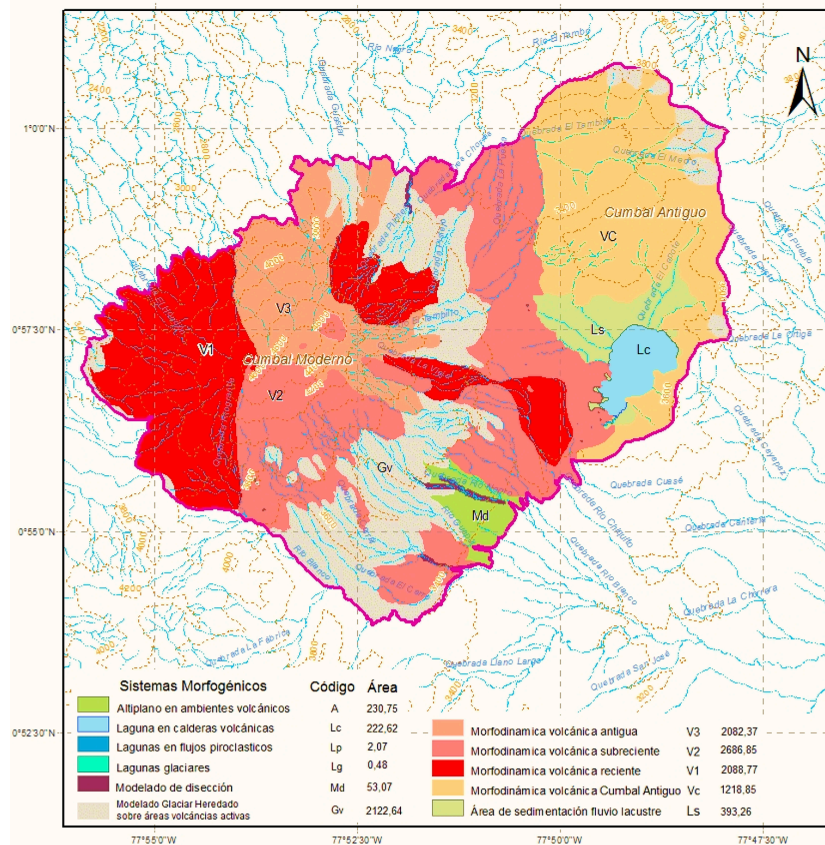


Fig. 2. Sistemas morfogenéticos en el Complejo Volcánico Cumbal.

Fig. 2. Morphogenetic systems of the Cumbal volcanic complex.

RESULTADOS

Considerando que de acuerdo a Van der Hammen citado por el INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010) y FLÓREZ (2003), el establecimiento de las masas glaciares en las cimas de las montañas colombianas se dio hace 70.000 años y el pleniglacial (máxima extensión de las masas glaciares) ocurrió hace 35.000 años, puede afirmarse que durante la segunda y tercera etapa de formación del C.V. Cumbal se presentó una importante interacción entre la actividad volcánica y glaciación. Como resultado de esta interacción algunas lavas presentaron erosión glaciación, pero también se formaron dentro del C.V.

Cumbal importantes cuerpos morrénicos, flujos laháricos y piroclásticos. En términos generales la interacción entre los dos anteriores procesos (vulcanismo y glaciación) conforma la morfodinámica y es la principal razón de los rasgos geomorfológicos actuales de este complejo volcánico.

El sector donde más se evidencian relaciones entre la morfodinámica volcánica y el modelado glaciar heredado, se encuentra en el flanco norte y oriental del Complejo Volcánico Cumbal. Esta zona se localiza en un rango altitudinal que oscila entre los 3400 y 4600 m.s.n.m., en el cual se puede observar actualmente la presencia de tres tipos de modelados o pisos geomorfológicos (Fig. 3).

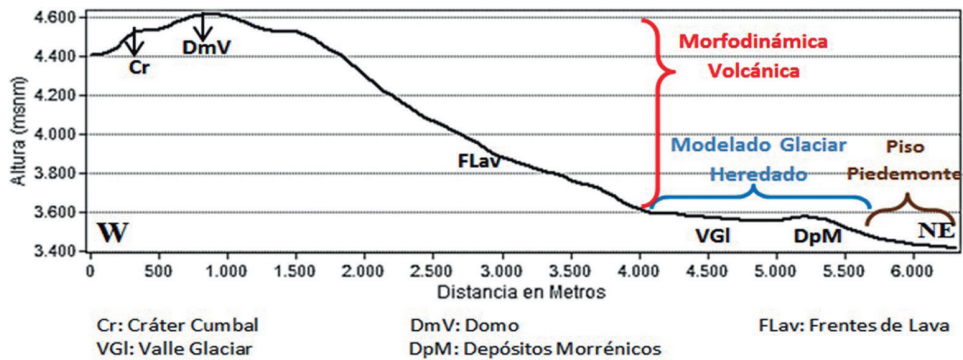


Fig. 3. Pisos geomorfológicos Complejo Volcánico Cumbal.

Fig. 3. Geomorphological units of the Cumbal volcanic complex.

Mediante la fotointerpretación, se logró identificar geoformas asociadas al volcanismo como: flujos de lavas cordadas en el oriente y frentes lávicos hacia el Norte. Por otra parte, con respecto a formas propias de erosión glaciar, se encuentran valles glaciares, circos glaciares (sin límite definido) y un sistema de morrenas: laterales, mediales, terminales y de fondo; mientras que en el piedemonte las formas más representativas son colinas, depósitos fluvio-glacio-volcánicos y flujos laháricos (Fig. 4).

De acuerdo al trabajo de fotointerpretación, es posible observar que la morfodinámica del cuaternario correspondió inicialmente a un periodo de fuerte erosión glaciar, como lo evidencia la ubicación de dos valles glaciares con una forma conservada y constituidos por fondos planos y un conjunto de morrenas laterales y terminales (VGI1 y DpM1). Estos valles presentan una longitud aproximada de 4.6 Km y se ubican en un rango altitudinal de 3.450 a 3.800 m.s.n.m., una parte de ellos en el fondo plano o morrena de fondo presentan turberas, lo cual indica la colmatación de cuerpos lenticos y el actual alto nivel freático del suelo.

Por otra parte las lenguas glaciares que formaron los anteriores valles, no solo generaron procesos de abrasión y sobreexcavación, sino también de sedimentación de materiales que formaron campos morrénicos laterales y de fondo, los cuales marcan sobre la cota de ± 3550 m.s.n.m., el límite del piso geomorfológico del modelado glaciar heredado. En la figura 3 se pueden observar los diferentes sistemas morfogénicos identificados en el complejo volcánico Cumbal.

Simultáneamente a los procesos de erosión glaciar cuaternarios, la actividad volcánica modeló las superficies correspondientes al piedemonte y a la de los valles y circos glaciares. En dichas formas actualmente se pueden observar solo algunas áreas residuales y en algunas zonas se infiere de la existencia de las mismas. Considerando lo anterior, la mayor influencia subreciente y reciente de la morfodinámica volcánica sobre el modelado glaciar heredado, se presentó sobre los valles glaciares y morrenas ubicadas en el norte y oriente del área fotointerpretada. Por tanto no todos los valles glaciares del área tienen una forma claramente definida. La identificación de estos permite definir tres estados de conservación (Fig. 4).

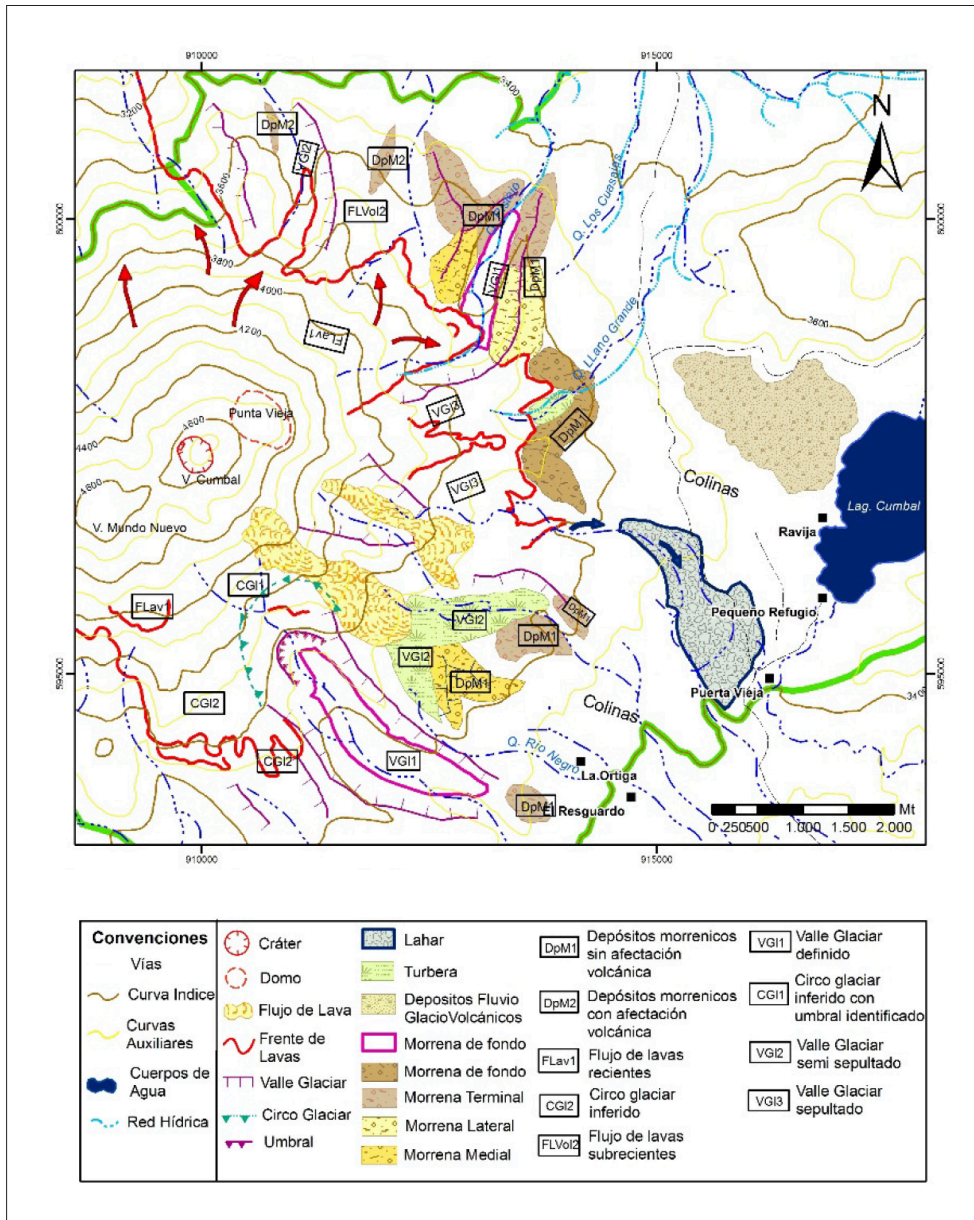


Fig. 4. Esquema de fotointerpretación flanco NE y E del Complejo Volcán Cumbal.

Fig. 4. Photo interpretation scheme of the NE and E slopes of the Cumbal volcanic complex.

El primer estado de conservación (VGI1) corresponden a los valles glaciares que se encuentran bien conservados, son escasos en el área de estudio debido a la alta actividad volcánica, encontrado solamente dos valles glaciares dentro de esta categoría,

se caracterizan por que conservan su fondo plano con morrenas laterales bien definidas; generalmente estos se asocian a valles glaciares que alcanzaron grandes extensiones entre 3,5 a 5 kilómetros, lo cuales, aunque sus cabeceras fueron

sepultadas por lavas conservan su forma característica. (Fig. 5).

El segundo estado corresponde a los valles semi-sepultados (VGI2) los cuales no presentan morrenas laterales, sino únicamente líneas de escarpe. En el área de estudio estos valles se identifican gracias a la presencia de los escarpes de morrenas mediales y parte del fondo plano o morrena de fondo, con

presencia de flujos lávicos cordados que posiblemente sepultaron el circo glaciar y descendieron por el valle dejando un escarpe, no producto de abrasión glaciar sino por solidificación de los mismos. La tendencia morfodinámica de estos valles es el avance de flujos lávicos recientes hacia las partes más bajas del mismo, como también el suavizamiento del relieve producto de materiales volcánicos como cenizas.



Fig. 5. Valle glaciar flanco sur oriental volcán Cumbal.
Este valle glaciar corresponde a (VGI1) ya que sus morrenas laterales y fondo plano se encuentran bien definidos, aunque su circo glaciar o cabecera del valle se presenta sepultado por lavas.

1. Morrena lateral. 2. Fondo plano o artesa.

Figure 5. Glacier Valley the southern slope of Cumbal volcano.
1. Lateral moraine. 2. Flat bottom glacier vally.

El tercer estado (VG13) hace referencia a valles cuya existencia se infiere gracias a la presencia de depósitos morrenicos de fondo (DpM1), los cuales, indican que existió una masa glaciar con alta capacidad de transporte de materiales. A diferencia del estado anterior, estos valles no presentan morrenas laterales ni de fondo, se encuentran sepultados por flujos y frentes lávicos, que descendieron hasta aproximadamente los 3700 m.s.n.m. En el oriente del área analizada, frentes lávicos junto con morrenas de fondo, son el factor de represamiento de una laguna la cual se encuentra colmatada y se clasificó como turbera.

Otro rasgo geomorfológico que evidencia la influencia de la actividad volcánica sobre el Modelado Glaciar Heredado, se observa al norte del volcán, donde los frentes lávicos recientes al igual que flujos piroclásticos, presentan un mayor avance y alcanzan a sepultar los fondos de los valles glaciares, dejando únicamente dos morrenas residuales con aspecto de cuchilla (DpM2). Estas morrenas presentan un área reducida y posiblemente están expuestas a procesos erosivos denudaciones, como también a la acumulación de materiales volcánicos que disminuyen la pendiente del escarpe y progresivamente las van sepultando.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la actividad volcánica y glaciar en la zona fue la causante de la diversidad de geofomas y de los procesos morfogénicos que se desarrollaron en el área de estudio, sin embargo, el análisis geomorfológico no se restringe a los pisos denominados como morfodinámica volcánica y modelado glaciar heredado, de esta manera, considerando el principio de catena (SCHEIDEGGER 1987) y el sistema de transferencia (FLÓREZ

1995), es importante mencionar que los materiales resultantes de la fusión de las masas glaciares, como también de la actividad volcánica, recorrieron distancias superiores a la del piso del modelado glaciar. Estos materiales son los causantes del relleno del altiplano nariñense y para el caso específico del área de estudio se evidencian los siguientes:

Lahares: en el oriente del área de estudio se encuentra delimitado el único flujo lahárico, este flujo se acumuló en la parte más baja y tiene un área aproximada de 1,3 Km². Observando la topografía y la red hídrica, probablemente gran parte de este flujo descendió por un valle glaciar y se canalizó por la quebrada Rio Chiquito, los depósitos heterométricos de este lahar pueden observarse en algunos sectores donde se desarrollan actividades de extracción de roca.

Depósitos Fluvio Glacio Volcánicos: esta unidad se localiza en el extremo oriental y corresponde aparentemente a una sucesión de depósitos de origen múltiple que afectó el nivel de altura de la Laguna de Cumbal, colmatándola en dirección sur. Un posible origen de esta unidad pudo estar relacionado con el desbordamiento de un lago (actualmente turbera debido a su colmatación) represado entre morrenas y flujos de lava. Para una mayor precisión sobre el origen de este depósito y los materiales que lo conforman es necesario realizar en campo un análisis estratigráfico del mismo.

Colinas: gran parte de la zona de piedemonte en el flanco oriental del Volcán Cumbal se encuentra representada geomorfológicamente por un sistema de colinas que varían en tamaño y altura, esta

unidad morfo-genéticamente se relaciona con el suavizamiento y acumulación de materiales volcánicos, especialmente

mantos de ceniza, aunque no se descarta otro tipos de flujos que se depositaron en forma de colinas (Fig. 6).



Fig. 6. Colinas y flanco oriental del Volcán Cumbal.

Fig. 6. Hills and eastern slopes of Cumbal volcano.

DISCUSIÓN

La morfodinámica de la alta montaña, especialmente en áreas volcánicas activas, no solo se restringe al análisis independiente de los modelados, sino que implica un análisis sistemático en donde se interrelacione las diferentes fuerzas generadoras y modeladoras del relieve. Para Colombia es importante tener en cuenta dentro de la unidad morfoestructural denominada alta montaña, que la actividad volcánica

actualmente presenta importantes procesos modeladores del relieve, los cuales en algunos lugares determina la fosilización de las geoformas de origen glacial y la presencia de discordancias. Teniendo en cuenta la zonificación geomorfológica propuesta por FLÓREZ (2003), posteriormente adaptada y modificada por el INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2010) con el nombre de sistemas morfogénicos, vale la pena mencionar que se hace

necesario incorporar sistemas que integren las unidades geomorfológicas de origen volcánico, ya que una buena parte de la geomorfología de la montaña alta, tal como se menciona en el artículo, es el resultado de la interacción de fuerzas formadoras de relieve y erosionales con agentes como el hielo.

Si se toma como referencia otras estructuras volcánicas del departamento de Nariño, activas y no activas, se puede hacer un análisis comparativo de la dinámica geomorfológica y del estado de conservación del modelado glaciar heredado. Por ejemplo en el volcán Azufral (activo histórico) se presentan procesos morfogenéticos similares al volcán Cumbal, frentes de lavas y depósitos piroclastos que sepultan y rellenan valles y circos glaciares preexistentes. Donde se puede identificar periodos de alta actividad volcánica y otros periodos de retoque glaciar. A diferencia, los páramos Cerró Negro – San Francisco en el municipio de Puerres y Córdoba, corresponden a una antigua estructura volcánica que se encuentra inactiva donde el modelado glaciar heredado presenta un mayor estado de conservación presentado circos y valles glaciares más definidos. De esta manera se puede analizar la incidencia de la actividad volcánica en las variaciones de las características morfométricas y morfológicas de valles y circos glaciares en áreas volcánicas activas históricamente y no activas.

CONCLUSIONES

Para el caso del análisis realizado en el flanco oriental del Complejo Volcánico

Cumbal, se tiene que cronológicamente se presentaron tres periodos morfodinámicos correlacionados; el primero corresponde a un periodo de fuerte erosión y depositación glaciar, el cual se evidencia por la presencia de depósitos morrénicos y valles glaciares; posteriormente existió un periodo de actividad volcánica reciente, durante el cual flujos lávicos y flujos piroclásticos descendieron por los valles y circos glaciares, sepultando la gran mayoría de estos. Durante este mismo periodo se fusionó una parte de los glaciares y los flujos laháricos se canalizaron por valles y terminaron modelando la zona del piedemonte y colmatando el sector norte de la Laguna Cumbal; posteriormente a la solidificación y consolidación de los materiales volcánicos, se presentó un retoque glaciar, al cual se le atribuye que actualmente se presente un leve suavizamiento en algunas zonas de escarpe, como también la conservación de dos valles glaciares.

REFERENCIAS

FLÓREZ, ANTONIO, 1995. Tecto-orogénesis, disección e inestabilidad de vertientes en los Andes Colombianos. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 19 (74): 527 - 534.

FLÓREZ, ANTONIO, 2003. Colombia: Evolución de sus relieves y modelados. Unibiblos, 240 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, 2010. Sistemas Morfogenéticos del Territorio Colombiano. Ideam, 255p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, 2002. Memoria explicativa y Geología de la plancha 447 escala: 1:100.000. Ingeominas, 88p.

SCHEIDEGGER, A.E., 1987. The Fundamental Principles of Landscape Evolution. Geomorphological Models. Catena Supplement, 10: 193-197.