



## El Neógeno Volcánico en el Altiplano Nariñense, suroccidente Colombiano

## The Volcanic Neogene in the “Altiplano Nariñense”, southwest Colombia

ALEJANDRO PINILLA-OCAMPO<sup>1</sup>  
PAULA ANDREA RÍOS-BLONDON<sup>2</sup>  
BIBIANA PAOLA RODRÍGUEZ-RAMOS<sup>3</sup>  
JOHN JAIRO SÁNCHEZ-AGILAR<sup>4</sup>  
BERNARDO PULGARÍN-ALZATE<sup>5</sup>  
CARLOS ALBERTO BORRERO-PEÑA<sup>5</sup>  
HERNÁN JAVIER ROA-VARGAS<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia – Bogotá

E-mail: apinillao@unal.edu.co

<sup>2</sup>INGEOMINAS, Grupo de Vulcanología, Sede Popayán

E-mail: bpulgarin@ingeo Minas.gov.co

<sup>3</sup>Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas. Manizales.

E-mail: borrero\_c@yahoo.com

PINILLA, A., RÍOS, P., RODRIGUEZ, B., SANCHEZ, J., PULGARIN, B., BORRERO, C. & ROA, H. (2008): El Neogeno Volcánico en el Altiplano Nariñense, suroccidente Colombiano.- GEOLOGÍA COLOMBIANA, 33, pp. 69-78, 7 Figs., Bogotá.

### RESUMEN

En este estudio se realizó la cartografía geológica a escala 1:25000 y se levantaron columnas estratigráficas detalladas en el Altiplano Nariñense. Con ellas se construyó una serie de mapas paleofaciales y modelos de acumulación desde hace ~5M.a., de productos volcánicos efusivos, explosivos y retrabajados provenientes de múltiples fuentes volcánicas de la Cordillera Occidental, del Altiplano Nariñense, de la Cordillera Central y del norte del Ecuador. El vulcanismo se desarrolló sobre un basamento Cretácico asociado con los grupos Dagua y Diabásico.

El basamento está cubierto principalmente por lavas e ignimbritas antiguas de las diferentes calderas existentes dentro y fuera del área de estudio. Sobre estas unidades se depositó una secuencia que incluye flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas y depósitos de caída, que evidencian un vulcanismo, también explosivo, pero de menor magnitud que el de las ignimbritas.

La actividad volcánica de edad menor a 300.000A.P. es más explosiva que la anterior. Es una secuencia de depósitos de flujo y caída piroclástica, algunos de tipo pliniano o ultrapliniano, los cuales rellenan y suavizan la topografía preexistente. Su origen está relacionado principalmente con los volcanes de la frontera Colombo – Ecuatoriana, puesto que estos depósitos tienen continuidad y aumentan su espesor hacia el país vecino.

Palabras Clave: *Altiplano Nariñense, Cartografía Geológica, Mapas Paleo faciales, Fuentes Volcánicas.*

### ABSTRACT

In this study was realized the geologic cartography on 1:25000 scale and it was measured a series of detailed stratigraphical columns in the “Altiplano Nariñense”. With all of them, it was constructed a series of paleo-facies maps and models of accumulation for ~5M.a., of effusive, explosive and reworked volcanic products, which were originated by multiple volcanic sources located in the Western

Colombian Mountain Range, in the “Altiplano Nariñense” in the Central Colombian Mountain Range and the north of Ecuador. The vulcanism was developed on a Cretaceous basement associated with the “Dagua and Diabásico” groups.

The basement is covered mainly by lavas and old ignimbrites of the different existing calderas inside and outside of the studied area. On these units it was deposited a sequence that includes pyroclastic flow, surges and fall deposits which demonstrates an explosive vulcanism, but of smaller magnitude than the one of the ignimbrites.

The volcanic activity of smaller age to 300.000Y.b.p is more explosive that the previous one. It is a sequence of deposits, of flow and pyroclastic fall, some of them are plinian or ultraplinian type, which fill up and smooth the preexisting topography. Its origin is related mainly to volcanoes of the Colombo - Ecuadorian border, because these deposits have continuity and increase their thickness towards the neighboring country.

Key words: “Altiplano Nariñense”, Geological Cartography, Paleo-facies maps, Volcanic Sources.

## INTRODUCCION

La Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, en uso del Acuerdo Específico No. 046 de 2005 complementario al convenio de cooperación marco No. 007 de 1992, han desarrollado el “Proyecto de Investigación Geológica, Sísmica y Geotérmica en el Altiplano Nariñense”, del cual la cartografía geológica de superficie y la evolución histórica de la unidades litoestratigráficas son componentes fundamentales. Estas actividades se adelantaron al este de los Volcanes Chiles, Cumbal, Azufral y Volcán Olaya, vertiente oeste del Río Guaitara y la frontera entre Colombia y Ecuador. (Fig. 1). Los principales municipios en la zona de estudio son: Ipiales, Carlosama, Aldana, Pupiales, Guachucal, Cumbal, Chiles, Guaitarilla, Iles, Imués, Sapuyes, Ospina, Gualmatán, Contadero y Túquerres.

## ANTECEDENTES

Los diversos trabajos realizados en el altiplano han sido especialmente dedicados a la caracterización petrográfica, geoquímica y análisis de riesgos de los complejos volcánicos de Azufral, Cumbal y Chiles-Cerro Negro. Los sectores sur y centro de la zona cuentan con pocas referencias como lo son los mapas geológicos escala 1:400.000 de ARANGO & PONCE (1982), la cartografía escala 1:100.000 de la plancha 447 Ipiales y 447 bis Tallambí de PARRA & VELÁSQUEZ (2002), y la plancha 428 de Túquerres de González et al., 2002 a la misma escala de la plancha anterior. Trabajos como el de CORTES & CALVACHE (1996), MÉNDEZ & MONSALVE (1988) y CEPEDA (1989) ofrecen información de algunos de los volcanes más reconocidos de la zona, su composición, evolución magmática y el riesgo que conllevan a la población cercana a los centros de emisión.



Fig. 1. Localización de la zona de estudio respecto al suroeste colombiano. Adicionalmente se muestran algunas localidades y volcanes de importancia.

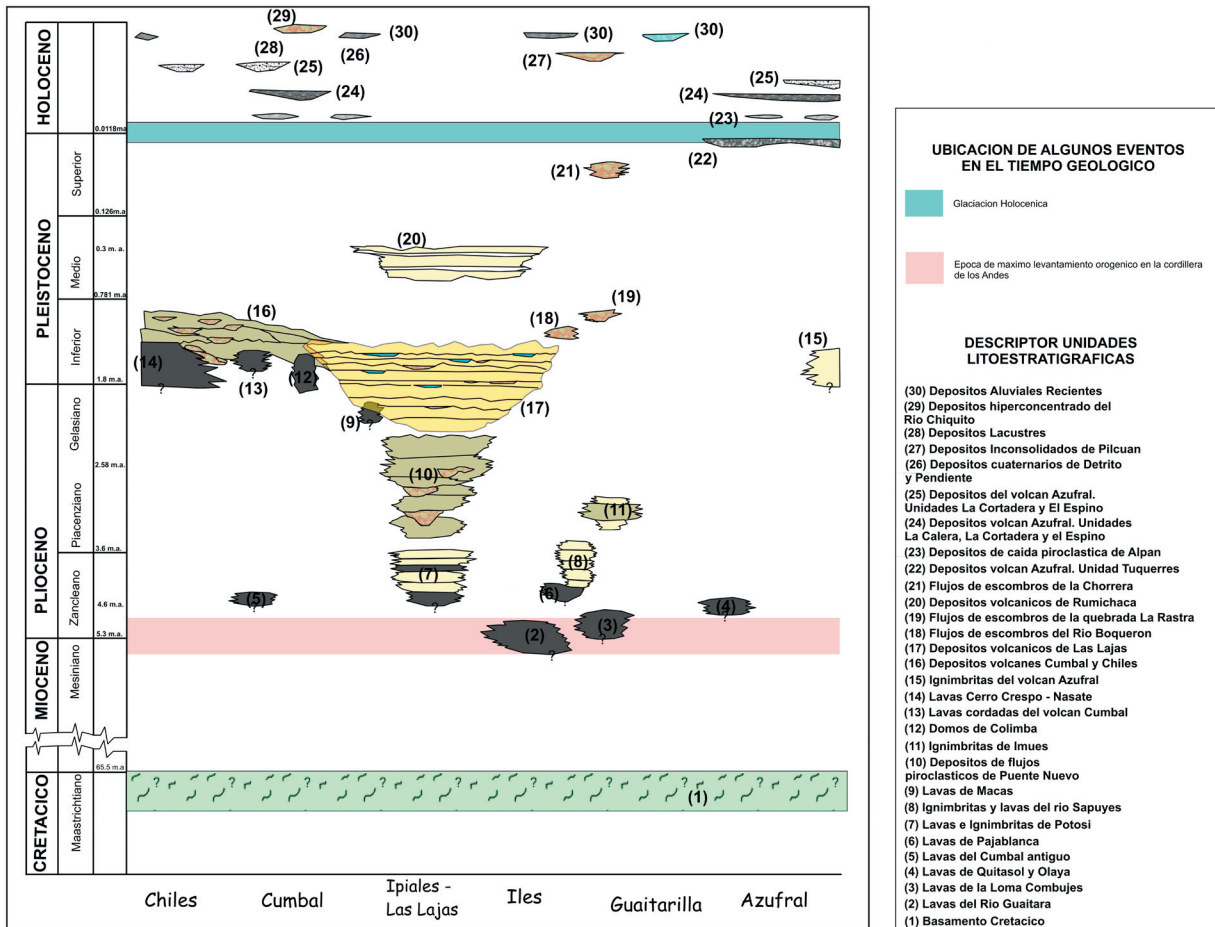
## METODOLOGÍA

Para proponer la evolución histórica de los depósitos volcánicos fue necesario desarrollar completamente la cartografía geológica del Altiplano Nariñense. La primera fase consistió en la recopilación de la literatura existente. Asimismo se examinaron el mapa de susceptibilidad magnética de las rocas elaborado por INGEOMI-

NAS y la imagen satelital de la zona. Simultáneamente se adquirieron las bases topográficas escala 1:25000 del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC, las cuales fueron cedidas por INGEOMINAS al proyecto de investigación al igual que las fotografías aéreas para la fotointerpretación y la imagen Landsat ETM (Enhanced Thematic Mapper) de la zona de estudio. El reconocimiento de la zona de estudio se hizo con el fin de examinar las columnas estratigráficas medidas previamente por VELANDIA *et al* (2006) e intercambiar ideas con otros grupos de trabajo. Durante la fase de campo se llevaron a cabo una serie de etapas que se hicieron en conjunto. En primera instancia, se efectuó una cartografía geológica del área que contiene datos sobre los productos explosivos y efusivos de erupciones volcánicas anteriores que afectaron el Altiplano Nariñense, a escala 1:25000. Se tomaron datos estructurales y se colectaron muestras de roca para su posterior estudio en el laboratorio. Posteriormente se midieron columnas estratigráficas, a escala 1:100 de algunos depósitos de caída y de flujo piroclástico para realizar una correlación estratigráfica general.

**MARCO GEOLÓGICO**

La actividad volcánica desarrollada entre el Terciario y el Cuaternario está asociada a diferentes centros de emisión como estratovolcanes o calderas. El basamento de los centros volcánicos aflorantes en el Altiplano Nariñense posiblemente corresponde a rocas Mesozoicas pertenecientes a los Grupos Dagua y Diabásico. (MURCIA & CEPEDA 1991, PARRA & VELÁSQUEZ 2002). Sobre éste se depositaron una serie de lavas y depósitos ignimbríticos y piroclásticos aflorantes en distintos sectores del Altiplano Nariñense, cuyas edades se dan por correlación con la edad del Panecillo de Tufiño (Ecuador), el cual fue datado en 4.6 M.a. K/Ar (ACUATER 1987 en PARRA & VELÁSQUEZ 2002) y con una datación realizada al norte de la zona de estudio, en el municipio de Túquerres con una edad de 4.2 M.a. (OLADE 1982 en GONZÁLEZ *et al.* 2002) En la tabla 1 se describen brevemente las unidades litoestratigráficas cartografiadas en este estudio y se proponen sus relaciones espacio-temporales en la figura 2.



**Fig. 2. Correlación estratigráfica de las unidades Litoestratigráficas en la que se muestra las relaciones espacio temporal entre cada una de ellas y en distintas localidades dentro de la zona de estudio.**

Nombre y código	Descripción
Lavas Andesíticas del Río Guaitara (N2lagt):	Lavas con textura brechoide al techo, coloración rojiza, y fracturamiento relacionado a una estructura mayor que es la Falla del Río Guaitara. Presenta diaclasas por enfriamiento laminar y columnar.
Lavas Andesíticas de la Loma Combujes (N2lac):	Lavas andesíticas, masivas de color gris oscuro y textura porfirítica. Compuesta por fenocristales de plagioclasa, cuarzo, hornblenda y piroxeno, dentro de una matriz vítrea.
Lavas Andesíticas de Quitasol y Olaya (N2laqo):	Lavas grises claras a oscuras, con textura porfirítica. Presenta fenocristales de plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feidspatos, gohettita y ocasionalmente clorita (como producto de alteración de otros minerales primarios) dentro de una matriz vítrea, criptocristalina.
Lavas Andesíticas de Cumbal Antigua (N2laca):	Lavas grises con textura micro-porfídica, vesiculada y brechas de techo. Compuesta por plagioclasa y piroxenos (augita e hipersteno) dentro de una matriz pliotaxítica de plagioclasa y minerales opacos en vidrio volcánico de composición intermedia. (González et al., 2002).
Lavas Andesíticas de Pajablanca (N2lapb):	Lavas grises oscuras, con textura porfirítica y matriz afanítica. Conformada por fenocristales de plagioclasa zonada, hornblenda, cuarzo y piroxenos, dentro de una matriz vítrea.
Lavas Andesíticas e Ignimbritas de Potosí (N2laip):	Intercalación de depósitos ignimbriticos y flujos de lavas. Los flujos de lavas son de composición andesítica, de colores variables entre gris, rojizo y violeta con textura porfirítica. Presentan textura vesiculada, escoriácea, encebollada y diaclasas laminares y columnares por enfriamiento. La matriz es microlítica, hialocristalina con vesículas rellenas por zeolitas y minerales de alteración hidrotermal. Los flujos de lava, se encuentran suprayacidos por un depósito ignimbritico, cuya matriz presenta tamaño de grano ceniza fina a media y composición ácida, embebiendo fragmentos de pómez aplastada y fragmentos líticos de lavas andesíticas porfiríticas de color gris.
Ignimbritas y Lavas Andesíticas del Río Sapuyes (N2ilas):	Intercalaciones de flujos de lava de composición andesítica, ignimbritas, flujos piroclásticos cuya matriz es ceniza fina con fragmentos líticos Presenta variaciones laterales en sentido Oeste-Este.
Lavas Andesíticas de Macas (N2lam):	Lavas de color gris oscuro que hacia la base del afloramiento presenta textura porfirítica, acompañada por brechas de base y techo que le otorgan a la roca una coloración entre gris y verde. Macroscópicamente se encuentra conformada por cristales de plagioclasa, cuarzo, hornblenda y minerales máficos sin diferenciar en muy baja proporción embebidos dentro de una matriz afanítica confiriéndole a la roca una composición andesítica.
Depósitos de Flujos Piroclásticos de los Chircos (N2Q1pch):	Intercalación sucesiva de depósitos de flujo piroclástico, flujos de escombros y esporádicos canales aluviales. La matriz de los depósitos de flujo piroclásticos es ceniza fina acompañada por fragmentos de pómez de composición ácida.
Ignimbrita de Imués (N2Qii):	Serie de intercalaciones de flujos de lavas de color rojizo con alto grado de fracturamiento, flujos de lavas de color gris, brechas de lavas rojas, ignimbritas con evidencia de estructuras "flamme", flujos piroclásticos soldados grises, flujos de escombros y avalanchas de escombros con clastos angulares a subangulares de lavas rojas y grises. Su origen está relacionado con un remanente caldérico delimitado por Murcia & Cepeda (1991) como "Caldera de Imués" en el mapa Geológico de la plancha 429 Pasto y en este trabajo denominado como "Remanente Caldérico de Imués"
Domos de Colimba (N2Q1dc):	Lavas masivas, no vesiculadas, de composición intermedia a ácida, textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa, feidspato potásico rosado, biotita, hornblenda, piroxenos (augita y enstatita) y cuarzo bipiramidal dentro de una matriz microcristalina a hipocristalina de color gris claro. La matriz es vítrea parda oscura, con microcristales de plagioclasa y magnetita. (González et al., 2002).
Lavas Andesíticas Cordadas del Volcán Cumbal (N2Qlacc):	Lavas masivas, andesíticas grises. Definidas como una colada de lava con textura cordada, siendo la característica más relevante para su identificación a través del análisis de fotografías aéreas.
Lavas Andesíticas de Cerro Crespo Nasate (Q1lacnn):	Roca masiva gris oscura, textura porfirítica y composición andesítica. Presenta fenocristales de plagioclasa, piroxenos, anfíboles y minerales máficos sin diferenciar, posiblemente magnetita, embebidos dentro de una matriz vítrea afanítica gris. Tienen composición andesítica.
Ignimbritas del Volcán Azufral (Q1ia):	Flujos piroclásticos de ceniza, pómez y bloques de color gris a pardo dependiendo de su grado de oxidación, consolidados, de gran volumen, los cuales rellenan los valles de los ríos Güiza, Guabo, Sapuyes y Pascual y los tramos superiores de algunos de sus afluentes.
Depósitos de los Volcanes Cumbal y Chiles (Q1dcch):	Serie de depósitos volcánicos primarios y volcánicos reirabajados, asociados con la actividad antigua de los volcanes Cumbal y Chiles (depósitos de Flujo de Escombros de la Quebrada Guapui, Panán, Nasate) y recientes aflorantes en el sur del altiplano.
Depósitos Volcánicos de Las Lajas (Q1dl):	De acuerdo con el Tomo III de este proyecto de investigación y Velandia et al (2006) el registro estratigráfico de esta unidad comienza con la aparición del primer paleosueto en el sector de Las Lajas. Compuesta por la intercalación de depósitos de flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas y calda piroclástica (procesos netamente volcánicos), canales aluviales y flujos de escombros (asociados a procesos fluviales) y depósitos de Diatomeas (Pinnularia Gibba)
Flujos de Escombros del Río Boquerón (Q1feb):	Se encuentra conformada por la intercalación de flujos de lava negras de matriz afanítica, aflorantes en el cauce del Río Boquerón y flujo de escombros de aspecto caótico y tamaño de grano heterogéneo.

Flujos de escambros de la Quebrada La Rastra (Q1fer):	Intercalación de depósitos de flujos de escambros acompañados de algunos depósitos de flujo piroclástico. Se encuentran en medio de depósitos de caída y flujos piroclásticos, correlacionables con los depósitos presentes en la unidad Igumbrita de Imués (N2Qii).
Depósitos Volcánicos de Rumihaca (Q1dr):	Serie de depósitos de caída piroclástica de espesores métricos, color blanco y composición ácida. Estas capas se encuentran contenidas en un conjunto de depósitos de flujo piroclástico con procesos pedogenéticos sobreimpuestos. Su espesor es decimétrico.
Flujos de Escambros de La Chorrera (Q1fech):	Intercalación de depósitos de flujos de escambros y flujos piroclásticos. Se observaron superficies con bloques orientados que separan diferentes niveles de flujos de escambros.
Depósitos Piroclásticos del Volcán Azufral, Unidad Tuqueres (Q2spa1):	El nombre y el código litoestratigráfico de la unidad, se tomaron del trabajo Geovulcanología del Volcán Azufral de Calvache et al (2003). Conformada por intercalaciones de depósitos de flujo piroclástico con tamaño de grano ceniza fina y fragmentos de pómez, depósitos de caída piroclástica de color café amarillento y puntualmente un flujo de escambros.
Piroclástica de Caída de Alpán (Q2dcpa):	Depósitos de caída piroclástica amarilla con tamaño de grano ceniza fina a media y fragmentos de pómez con tamaño de grano lapilli. Los espesores de estos depósitos no superan los 15cm.
Depósitos de Flujos y Oleadas Piroclásticas del Volcán Azufral. Unidades La Calera, la Cortadera y El Espino (Q2spa2):	El nombre y el código litoestratigráfico de la unidad, se tomaron del trabajo Geovulcanología del Volcán Azufral de Calvache et al (2003). Se denominaron como depósitos de Avalanchas de Escambros, cuyo origen está relacionado con el colapso de una parte de un edificio volcánico (Volcán Azufral) y su expresión morfológica es la de una serie de montículos de poca altura denominados "Hummocks". La unidad consta de depósitos clasto-soportados, caóticos con muy poca matriz. La fracción gruesa está representada por fragmentos líticos de lavas grises.
Depósitos de Flujos y Oleadas Piroclásticas del Volcán Azufral. Unidades La Cortadera y El Espino (Q2spa3):	El nombre y el código litoestratigráfico de la unidad, se tomaron del trabajo Geovulcanología del Volcán Azufral de Calvache et al (2003). Intercalaciones de depósitos de flujo piroclástico, caída piroclástica y oleadas piroclásticas. Los depósitos de flujos piroclásticos presentan tamaño de grano ceniza fina de color gris anaranjado hacia la base y alto grado de meteorización, suprayacido por un flujo de escambros matriz soportado, mal seleccionado, con una pseudo-estratificación dada por los fragmentos líticos y de pómez.
Depósitos de Flujos Piroclásticos de Bloques y Cenizas del Volcán Azufral, Unidad El Carrizo (Q2spa4):	El nombre y el código litoestratigráfico de la unidad, se tomaron del trabajo Geovulcanología del Volcán Azufral de Calvache et al (2003). Depósitos de flujo de ceniza y bloques. Poseen fragmentos de madera carbonizada. Hacen parte de la actividad explosiva reciente del Volcán Azufral.
Depósitos Cuaternarios de Detritos y Pendiente (Q2dp):	Suprayace discordantemente a las Lavas Andesíticas del Cumbal Antiguo (N2Iaca). Su origen, está relacionado con procesos de remoción en masa.
Depósitos Inconsolidados de Pilcúan (Q2dip):	Depósito de flujo de escambros, clasto soportado, imbricado, Presenta mala selección y bajo grado de compactación. Este depósito tiene un origen fluvial, producido por antiguos represamientos del Río Guaitara.
Depósitos Lacustres (Q2dl):	Depósitos producidos por lagunas naturales, artificiales o como relicto de antiguos dominios lacustres. Se caracterizan por formar una serie de depósitos lacustres que dan origen a una geomorfología plana.
Depósitos de Flujo de Escambros Hiperconcentrados de Río Chiquito (Q2dfch):	Depósitos de flujo de escambros, clasto-soportado con buena selección, cuyo origen está relacionado a flujos hiperconcentrados.
Depósitos Aluviales Recientes (Q2dar):	Se observan barras longitudinales y laterales formadas por clastos redondeados de lavas grises y rojas con texturas porfiríticas, lavas negras con textura afanítica y tamaños de grano variables entre centimétricos a decimétricos. El depósito está inconsolidado, caótico y mal seleccionado.
Depósitos Terraza Aluvial Reciente (Dtar):	Dentro del trabajo de cartografía geológica se definió como una unidad geomorfológica, la cual presenta las mismas características que la unidad de Depósitos Aluviales Recientes (Q2dar). Corresponde a un depósito matriz soportado que puntualmente se observa clasto-soportado. La matriz presenta un tamaño de grano ceniza gruesa, color café amarillento, alto grado de meteorización (formación de arcilla) y se observan algunos cristales de vidrio incoloro y cuarzo.
Bloques de Deslizamiento Combinado (Bdc):	Esta unidad corresponde a depósitos de caída de roca producidos por procesos de remoción en masa lateral o vertical.

**TABLA 2. Resumen de la descripción de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el Altiplano Nariñense.**

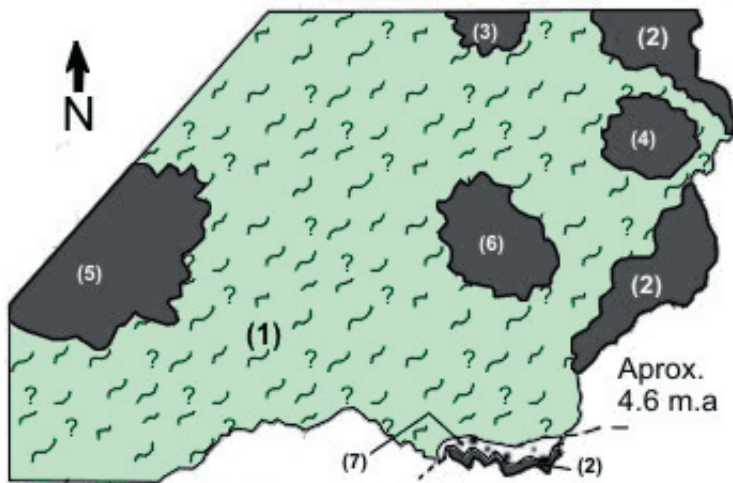
## EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La evolución histórica del Altiplano Nariñense que a continuación se discute es basada en las unidades aflorantes en el área de estudio. Éstas tienen como basamento rocas del Cretácico Superior representadas por los grupos Dagua y Diabásico. Se asume su existencia con base en el registro de clastos centimétricos de rocas metamórficas en la parte basal de los depósitos de flujo piroclástico de Los Chircos (este informe), en la presencia de xenolitos de estas unidades traídos a superficie por el ascenso del magma en el sector del Volcán Azufral (grupo de trabajo de Geotermia en el Volcán Azufral de este proyecto, comunicación verbal), en el registro gravimétrico obtenido por el grupo de trabajo de geofísica de este proyecto y por referencias bibliográficas como GONZÁLEZ *et al.* (2002) quienes plantean que hacia el oeste de los volcanes Chiles, Cumbal y Azufral afloran estas unidades. Aunque en la zona de estudio aun no existe la certeza de la continuidad del basamento, ni de su distribución en el subsuelo, dado que se desarrollaron una serie de eventos compresionales discretos y de acortamiento cortical hasta finales del Mioceno posterior a la apertura en el Oligoceno Tardío de la Depresión del Cauca (STERN 2004). Posterior al plegamiento de las unidades de basamento y apertura de la Depresión del Cauca, se asume que no hubo acumulación de otras unidades, hasta el final del Mioceno y el inicio del Zancleano ya que no se ha reportado retrabajamiento de unidades diferentes a las volcánicas que son objeto de este estudio y del basamento. Además, en Colombia no existe registro estratigráfico de depósitos volcánicos continentales de edad mayor al Mioceno (~13.5M.a según GUERRERO 1993). A partir del marco de referencia que ofrece la cartografía, se plantea que el vulcanismo en la zona de estudio en términos generales corresponde a una cadena sencilla de volcanes. (STERN 2004). Por lo que se propone que la formación de centros eruptivos de lavas y de ignimbritas (probablemente originadas en las diferentes calderas existentes dentro y fuera del área de estudio) en el Plioceno Inferior pudieron haber sido originadas como consecuencia de la reorientación de la zona de subducción en el sentido de STERN (2004) o como respuesta al pico de levantamiento orogénico y de máxima deformación tectónica asociada con la acreción andina (GONZÁLEZ *et al.* 2002). Hace 4.6M.a. (Plioceno Inferior) los centros eruptivos de la zona de estudio presentaron estados variables en la evolución de su actividad y en la formación de sus edificios. A partir del análisis de la morfología de estos elementos se apreció que algunos de los centros de emisión de la zona son antiguas calderas (Volcán Cumbal Antiguo, Remanente Caldérico de Imués, Calderas de Girardot y Quitasol), o centros eruptivos que fueron cubiertos (Lavas del Guáitara, Volcán Olaya) lo que se interpretó como un comportamiento similar con los volcanes reportados en la cartografía de la plancha de Pasto por MURCIA & CEPEDA (1991). (Mapa 1).

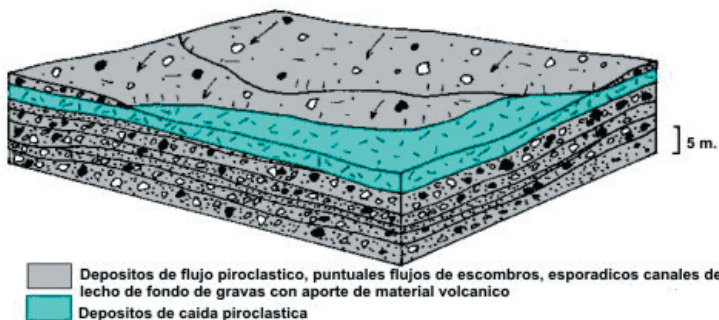
En el Placenziano (3.6 Ma) empezaron a desarrollarse algunas diferencias en los estilos eruptivos y en la evo-

lución de las cuencas presentes en la zona de estudio. Posiblemente en esa época eran dos: Una al norte del volcán Pajablanca y otra al sur del mismo. En la corrección estratigráfica realizada en este estudio se aprecia que al sur de la zona de estudio, la actividad volcánica está representada por depósitos de flujos piroclásticos, flujos de escombros de espesores métricos que generalmente sobrepasan los cuatro metros (Fig. 3), esporádicos canales aluviales, con alto grado de bioturbación por raíces, y depósitos diatomíticos. (Unidades "Depósitos de Flujo Piroclástico de Los Chircos" y "Depósitos Volcánicos de Las Lajas"). Mientras que al norte del volcán Pajablanca, en lo que hoy en día es el cañón del Río Sapuyes, se emplazaron una serie de depósitos ignimbriticos y lávicos cuyos espesores son de escala similar o mayor a la del sur ("Lavas e Ignimbritas del Río Sapuyes") que registran solamente aporte volcánico con ausencia de depósitos diatomíticos, material retrabajado o bioturbado. Los anteriores elementos se interpretaron como una época en la que la actividad volcánica fue mayor y menos interrumpida al norte del volcán Pajablanca que hacia el sur, en donde en medio de la actividad volcánica, hubo intervalos de tiempo cuya duración fue suficiente para que se retrabajara el material y se produjeran procesos laháricos o de emplazamiento de flujos de escombros, lo que se infiere como procesos de depósito más discretos hacia el sector sur respecto al norte. En el norte de la zona de estudio se presentó una acumulación más continua, en la que no se presentan discordancias entre cada unidad de depósito y en la que cada depósito tiene espesores que pueden alcanzar las decenas de metros. Hace aproximadamente 2.5 Ma (Gelasiano) se activaron nuevas fuentes, como son las de Cerro Crespo y Nasate, se dio la intrusión de los Domos de Colimba y se acentuaron las diferencias entre las cuencas norte y sur.

En el sur siguió dándose la depositación volcánica y a medida que transcurrió el tiempo, la actividad se fue haciendo más episódica. Posteriormente, los depósitos fueron de menor espesor y los intervalos de tiempo entre cada unidad de depósito se hicieron más amplios, empezaron a acentuarse los procesos pedogenéticos en los topes de cada depósito e inició el desarrollo paleosuelos (Base de la Unidad Depósitos Volcánicos de Las Lajas). Al norte del Volcán Pajablanca la actividad había cesado. Las diferentes secuencias de depósito en las cuencas conducen a inferir que en cada una de ellas hubo aporte de material volcánico de diferentes fuentes y que la respuesta de la cuenca al aporte del material igualmente fue diferente. En el Pleistoceno Inferior en la cuenca norte no hay registro de actividad. En el sur la acumulación de material volcánico continua con espaciamientos de tiempo más significativos (decenas a miles de años) empezó el desarrollo de paleosuelos de manera extensa e inició el depósito de material sedimentario. MURCIA & CEPEDA (1991) reportan que el material aflorante entre el municipio de Tangua y el sur del Río Guáitara existe una sucesión arcillas fosilíferas, areniscas y delgados niveles de diatomeas que en este estudio fueron correlacionados



**Mapa 1. Reconstrucción paleogeográfica de la zona de estudio hace aproximadamente 4.6 M.a.** Se plantea la existencia de las principales fuentes de la zona, un basamento Cretácico cuya extensión areal es incierta y una cobertura piroclástica incipiente en el sur con posible continuidad hacia el Ecuador. (1) Basamento. (2) Lavas del Guáitara. (3) Volcán Olaya. (4) Caldera de Imués. (5) Volcán Cumbal Antiguo. (6) Volcán Pajablanca. (7) Cobertura Piroclástica. El origen de las Lavas del Guáitara es incierto aun ya que no se cuentan con elementos que relacionen o separen su génesis con el Volcán Pajablanca o con el Remanente Caldérico de Imués.



**Fig. 3. Modelo de deposición sin eruptiva con enriquecimiento en material volcánico.** Tomado de HERRERA & LÓPEZ (2003).

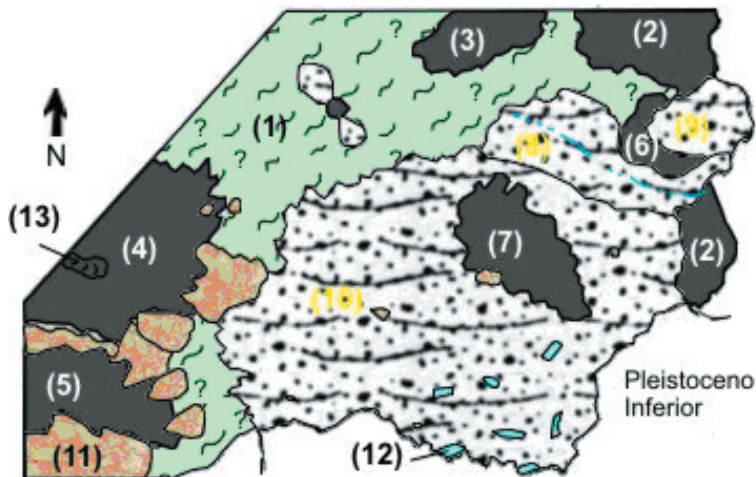
con los Depósitos Volcánicos de Las Lajas. En esta unidad se encontraron niveles con improntas de hojas, diatomeas fósiles y espículas de esponjas. El grupo de Granulometría y Arcillas de este proyecto de investigación precisa que los niveles de diatomeas en los Depósitos Volcánicos de Las Lajas tienen espesores que alcanzan hasta 1.5 m de la especie *Pinnularia gibba*, y anota que las espículas de esponjas son de organismos que se desarrollan en espejos de agua de espesores centimétricos o mayores y en ambientes lóticos de condición semipermanente (Mapa 2).

## METODOLOGIA

En concordancia con los anteriores elementos, se propone que la asociación de depósitos volcánicos presentes entre Ipiales y Las Lajas (Depósitos de Flujo Piroclástico de Los Chircos y Depósitos Volcánicos de Las Lajas), se emplazaron en una cuenca aluvial en la que se desarrollaron depósitos de flujos de escombros sobre los que se desarrolló una serie de depósitos volcánicos episódicos, en los que se desarrollan paleosuelos de diferentes proporciones y laminas gruesas de oxidación que indicarían exposición subaérea del material emplazado. Esta asociación se explica como una sucesión de depósitos Inter-Eruptivos en los que la cuenca esta tratando de reencontrar el equilibrio que perdió cada vez que hubo depositación volcánica, es decir en un periodo Sin-Eruptivo (parte alta de la Unidad Depósitos de Flujo Piroclástico de Los Chircos). Teniendo en cuenta que el espesor y la extensión areal de los depósitos volcánicos emplazados en estas cuencas es bastante importante, se plantea que durante el proceso de reequilibrio se dieron cambios rápidos en la ubicación del cauce que propiciaron el crecimiento de charcos, escurrimientos de agua y eventualmente, represamiento de las corrientes que posiblemente tenían baja sinuosidad y lecho gravoso (MIALI 1996) aptos para la progresión de diatomeas, como el modelo Sin-Eruptivo de la figura 4.

No obstante la procedencia de los Depósitos Volcánicos de las Lajas aun no es clara, dado que en ese sector existen varios centros volcánicos: de la Cordillera Occidental, (Chiles, Cumbal) del Norte de Ecuador (Caldera de Chalpatán, Cerro Payurco, Volcán Chulamuéz entre otros) y del sector que hoy en día es Putumayo (Cerro negro, El Encino, La Envidia) por lo que es difícil precisar una sola fuente para esta unidad. Solo se puede precisar que la fuente o las fuentes de esta unidad deben tener, en general, una composición intermedia. Posteriormente se dio un proceso de erosión de estos depósitos y su posible retrabajamiento (Depósitos de Flujos de Escombros del Río Boquerón y Río Chiquito).

Los Depósitos Volcánicos de Rumichaca (que tienen dos depósitos de caída piroclástica de color blanco muy representativos) de acuerdo con CALVACHE (2006, comunicación verbal) tienen una edad en su parte superior de ~300000 años. Su composición es ácida y su distribución areal actual es en remanentes. De acuerdo con PULGARÍN (2006, comu-



Mapa 2: Reconstrucción paleogeográfica para el Pleistoceno Inferior. (1) Basamento Cretácico, (2) Lavas Andesíticas del Guáitara, (3) Lavas Andesíticas de Quitasol y Olaya, (4) Lavas Andesíticas del Cumbal Antiguo, (5) Lavas Andesíticas de Cerro Crepo – Nasate, (6) Lavas Andesíticas de La Loma Combujes, (Componente lávico del Remanente Caldérico de Imués) (7) Lavas Andesíticas del Pajablanca, (8) Ignimbritas y Lavas Andesíticas del Río Sapuyes, (9) Ignimbrita de Imués, (10) Depósitos volcánicos de Las Lajas, (11) Flujos de escombros provenientes de los volcanes Cumbal y Chiles, (12) Espejos de agua, (13) Lavas Cordadas del volcán Cumbal.

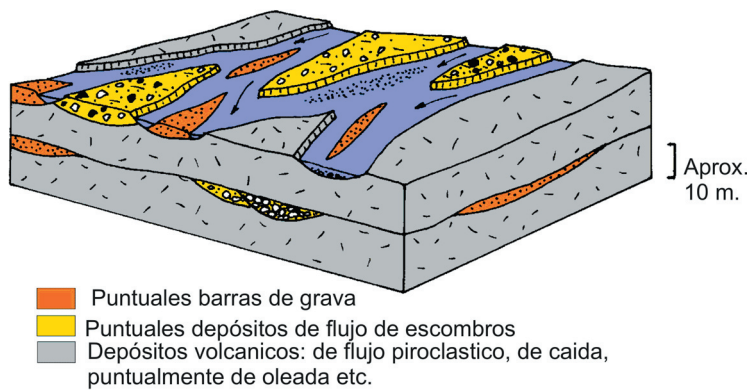
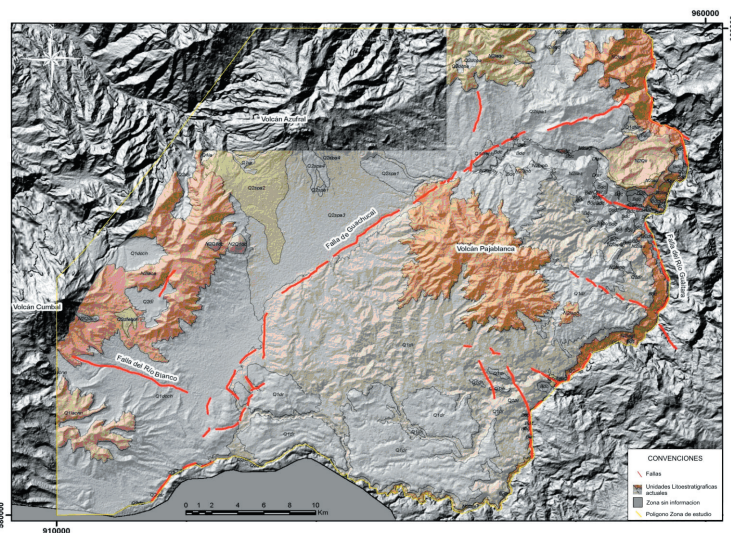


Fig. 4: Esquema del Modelo Depositacional propuesto para el sector sur en el Placenciano – Gelasiano. En el se muestra el dominio de las facies volcánicas sobre las sedimentarias, no obstante se conserva un remanente de esta actividad reflejado en las posibles barras de gravas y flujos de escombros. Tomado de HERRERA & LÓPEZ (2003).

- Puntuales barras de grava
- Puntuales depósitos de flujo de escombros
- Depósitos volcánicos: de flujo piroclástico, de caída, puntualmente de oleada etc.



Mapa 3: Distribución actual de las unidades litoestratigráficas y los principales elementos estructurales sobre un mapa de relieve sombreado que da la configuración actual de la topografía y su relación con los elementos geológicos.



nicación verbal) esta unidad se lito y crono correlaciona con los depósitos de “La Cueva” en Pasto en donde tiene espesores que alcanzan siete metros. Con esta información se planteó distribución areal primaria de esta unidad como parte de un segmento de elipse cuyo foco estaría al norte de Ecuador. A partir de lo anterior, e infiriendo que la escala del vulcanismo necesaria para producir depósitos de espesores de más de 7 m. en Pasto y el hecho que esta unidad no exista en el valle Cumbal, ni más hacia el oeste, permite inferir que la fuente ecuatoriana tiene que ser una caldera ubicada al norte de este país. Según el mapa de ubicación de los volcanes de Ecuador del COV 4 (2006) en inmediaciones a la municipalidad de Tulcán existe la Caldera de Chalpatán y de acuerdo con la Base de datos de Recursos Geotérmicos en América Latina y el Caribe (BATTOCLETTI 1999) esta caldera tiene actividad geotérmica actual.

Sobre esta unidad se emplazó un depósito de caída piroclástica cristalina de espesor centimétrico (Depósitos de Caída Piroclástica de Alpán) que de acuerdo con CALVACHE (2006, comunicación verbal) provino del volcán Soche en el Ecuador. Este depósito de poco espesor y distribución areal en lentes delgados está intercalado en medio de la sucesión de depósitos producidos por el Volcán Azufral y el suelo actual. No obstante, se emplea como marcador crono estratigráfico puesto que está datado en 9670 A.P. (CALVACHE 2006 comunicación verbal). El volcán Azufral continuó la actividad explosiva en magnitudes significativas, cubriendo todo el sector Norte de la zona de estudio. No obstante, en el Altiplano se ha emplazado una fracción menor del total de sus productos, ya que en las observaciones realizadas en este estudio a los sectores externos a la zona de estudio y por CALVACHE *et al.* (2003) se apreció que la mayor parte de la actividad del Azufral ha sido dirigida hacia el flanco occidental de la Cordillera Occidental. (Mapa 3).

## CONCLUSIONES

Acorde con lo expuesto a lo largo de este informe y con la bibliografía consultada, se muestra que procesos como acumulación, erosión, retrabajamiento, pedogénesis, procesos eólicos, biológicos, volcánicos, meteóricos, entre otros, no solo han coexistido en el Altiplano Nariñense sino que también lo han hecho en el Ecuador, hacia el Norte hasta Pasto y posiblemente más allá de este municipio y hacia lo que actualmente es el Departamento de Putumayo redimensionando la escala de los procesos eventuales y cíclicos que han ocurrido y que se han sobre impuesto unos sobre otros en la zona. Esto hace más acorde el registro litoestratigráfico con las escalas de procesos de acumulación conocidas y descarta la necesidad de plantear la existencia de volcanes de gran magnitud que dieran origen a depósitos con las características descritas anteriormente.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación fue financiado por el Acuerdo Específico 046/2005 suscrito entre el INGEOMINAS y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Los autores igualmente expresan su agradecimiento al Geol. Msc. Francisco Velandia, al Grupo de Hidrogeología de INGEOMINAS y a los profesores de la universidad relacionados con el proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANGO, J. & PONCE, A. 1982. Mapa Geológico del Departamento de Nariño (Memoria Explicativa). INGEOMINAS, p. 23-27, Bogotá.
- BATTOCLETTI, L. 1999. Database of Geothermal Resources in Latin American & the Caribbean. Bob Lawrence and Associates Inc. for Sandia National Laboratories U.S.A.
- CALVACHE, M., CORTES, G. P., TORRES, P. & MONSALVE, M. A. 2003. Geovolcanología del Volcán Azufral. Mapas Geológicos a escala 1:25000. Informe Interno. INGEOMINAS.
- CEPEDA, H. 1989. Características químicas y petrográficas de los volcanes Azufral, Cumbal y Chiles-Cerro Negro, Colombia. Informe Interno. INGEOMINAS.
- CITIES ON VOLCANOES 4 (COV4). 2006. Online. (Ecuador). (Accesed on 29th, June, 2006). <http://www.citiesonvolcanoes4.com>
- CORTES, G. P. & CALVACHE, M. L. 1996. Geología de los volcanes Chiles y Cerro Negro. Informe Interno INGEOMINAS. 53 p. San Juan de Pasto.
- GONZÁLEZ, H., ZAPATA G. & MONTOYA, D. 2002. Geología y Geomorfología de la Plancha 428 Túquerres (Memoria Explicativa, Escala 1:100.000) INGEOMINAS. p- 2-9, Medellín.
- GUERRERO, J. 1993. Magnetostratigraphy of the Upper Part of the Honda Group and Neiva Formation, Miocene Uplift of the Colombian Andes. Thesis PhD. Department of Geology. Duke University.
- HERRERA, J. S. & LÓPEZ, S. A. 2003. Cartografía de la formación Manizales y propuesta de un modelo de depósito. Tesis Geólogo. Universidad de Caldas. Manizales.
- MÉNDEZ, R. A & MONSALVE, M. L. 1988. Mapa preliminar de amenaza volcánica potencial del Complejo Volcánico del Cumbal. Informe Técnico. INGEOMINAS.
- MIALL, A. D. 1996. The geology of fluvial deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum geology. University of Toronto. Department of Geology. Toronto. Canada.
- MURCIA, A. & CEPEDA, H. 1991. Memoria Explicativa de la Plancha 429 – Pasto. Escala 1 : 100000. Mapa Geológico de Colombia. INGEOMINAS. p.19. Bogotá.
- PARRA, E. & VELÁSQUEZ, M. 2002. Geología de la Plancha 447 Ipiales y 447bis Tallambí escala 1:100.000. Mapa geológico y

Pinilla-Ocampo *et al.*: El Neogeno Volcánico en el Altiplano Nariñense,

memoria explicativa. INGEOMINAS. Bogota.

STERN, C. R. 2004. Active Andean volcanism: Its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile*. Vol. 31. Nº 2. Diciembre 2004. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago. Chile.

VELANDIA, F., SALAZAR, E. A., PULGARIN, B., FORERO, H. & HINCAPIE, G., 2006. Estratigrafía del Altiplano Nariñense. Programa de Exploración de Aguas Subterráneas. INGEOMINAS. Informe Interno. Bogotá.

*Manuscrito recibido Noviembre 2008; aceptado Diciembre 2008.*