

**APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA VOLCÁNICA EN LAS INMEDIACIONES DE LA
POBLACIÓN DE RÍO BLANCO
(CAUCA)**

Laura Téllez Arjona

**Universidad EAFIT
Departamento de geología**

2011

**APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA VOLCÁNICA EN LAS INMEDIACIONES DE LA
POBLACIÓN DE RÍO BLANCO
(CAUCA)**

LAURA TÉLLEZ ARJONA

**Trabajo de grado presentado como
Requisito parcial para optar al título de
Msc. Ciencias de la tierra**

Acesor: Gloria Helena Toro.

Universidad EAFIT

Departamento de geología

2011

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, EAFIT, Enero 2011

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizo gracias al esfuerzo y apoyo de muchas personas sin las cuales no hubiera sido posible. Quiero empezar por agradecer a la profesora Gloria E. Toro quien dirigió el trabajo de grado y a Bernardo Pulgarín quien desde INGEOMINAS impulso y promovió el proyecto que posibilito este estudio; a mis compañeras Patri, Eli, Sandri y Kati, que me apoyaron académicamente y con quienes compartí grandes momentos de la vida, a José quien que me llevo por los primeros pasos de la vulcanología y por quien siento gran admiración, a Harold un compañero incondicional, a Carlos un amigo que me acompaño siempre y que nunca me dejo olvidar entregar este trabajo, y todos aquellos que encontré en el camino y con quienes compartí instantes que de alguna manera influyeron en la culminación de este trabajo.

Así mismo quiero agradecer el apoyo del laboratorio de Trazas de Fisión de la Universidad EAFIT dirigido por la profesora Gloria E. Toro y patrocinado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Este laboratorio apoya investigaciones de vulcanismo, fue allí ya bajo la dirección de la profesora que se llevo a cabo este trabajo

Resumen

En el flanco occidental del volcán Sotará, en inmediaciones de la población de Río Blanco, se identificaron once unidades de origen volcánico. Si bien la ventana de observación se limitó a los depósitos localizados en la zona media del volcán, flanco occidental, las características petrográficas y las relaciones estratigráficas permiten definir al menos dos posibles etapas de evolución en la cámara magmática. Estas etapas se relacionarían con posibles procesos de recarga y diferenciación magmática los cuales se evidencian.

Si bien, es necesaria información más completa para plantear una historia evolutiva del volcán Sotará, acá se plantea una hipótesis sobre la evolución con base en el estudio estratigráfico, petrográfico y geoquímico de los depósitos volcánicos localizados en el sector Río Blanco, que deberá ser confrontada con futuras investigaciones.

Abstract

In the western flank of the volcano Sotará, in the vicinity of the population of RioBlanco, we identified eleven units of volcanic origin. While the observation Window is limited to deposits located in the middle of the volcano, western flank, characteristics petrographics and stratigraphic relationships to define at least two possible stages of evolution in the magma chamber. These steps would relate to possible processes of recharge and magmatic differentiation which are evident.

Although complete information is needed to raise an evolutionary history of volcanism volcano Sotará, here arises a hypothesis about the evolution of the study based on stratigraphic, petrographic and geochemical volcanic deposits located in the Rio Blanco area, that must be confronted with future

**APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA VOLCÁNICA EN LAS INMEDIACIONES DE LA
POBLACIÓN DE RÍO BLANCO**

(CAUCA)

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	Objetivo general.....	15
1.2	Objetivos específicos	15
1.3	Localización	15
1.4	Metodología.....	18
2	MARCO TEÓRICO	22
2.1	Estado del arte.	22
2.2	Geología regional	24
2.2.1	Paleozoico.	24
2.2.2	Mesozoico.	24
2.2.3	Cenozoico.....	25
2.3	Geología estructural.....	28
2.4	Ambiente geodinámico generador de vulcanismo	28
3	RESULTADOS	31
3.1	Mapa Geomorfológico	31
3.1.1	Montañas de cimas agudas (Mca):	31
3.1.2	Cañón del río Guachicono y la quebrada Oso Guaico (Cgog)	31
3.1.3	Vertientes largas y rectas (Vlr):.....	32
3.1.4	Colinas de cimas redondeadas (CCe):	32
3.1.5	Escarpes (Es):.....	32
3.1.6	Superficie ondulada (So):	33

3.1.7	Llanuras de inundación y terrazas aluviales (Lita):	33
3.2	Geología y estratigrafía	35
3.2.1	Unidades litológicas.	35
3.2.2	Correlaciones estratigráficas.....	53
3.3	Geoquímica	56
3.4	Geocronología.....	61
3.5	DISCUSION	62
4	Conclusiones	68
5	BIBLIOGRAFÍA.....	69

Lista de Figuras

Figura 1. Áreas estudiadas en el marco del convenio INGEOMINAS – EAFIT. a) sector Formación Popayán, b) Sector Puracé-Coconuco, río San Francisco, c) sector Cañón del río Guachicono-población Río Blanco. Es de resaltar que para la zona de interés (c) el volcán activo más cercano es el Sotará.....	14
Figura 2. Vías de acceso al área de estudio (INVIAS, 2006)	16
Figura 3. Localización del área de estudio en un contexto regional. A) Zona de estudio, B) Localización del volcán Sotará mostrando la relación del área de interés con dicho volcán, C) Ubicación de los segmentos volcánicos de Colombia (Méndez et al, 1997).	17
Figura 4. Localización de líneas de vuelo utilizadas y planchas IGAC	18
Figura 5. Mapa de estaciones del área de estudio, 89 estaciones denominadas JLSW (1-66) y LHSW (1-23) en las que se hace un chequeo detallado de área estudiada y se describen 16 columnas estratigráficas de manera sistemática y detallada. ...	21
Figura 6. Mapa geológico regional. Modificado de Orrego et al.,1999.....	27
Figura 7. Esquema de la configuración geodinámica del norte de Suramérica (2°N y 5°N). Modificado de Pennington (1981), Gustscher et al. (1999), Ramos (2000), Méndez et al., (1997).....	29
Figura 8. Mapa geomorfológico local	34
Figura 9. Basamento de la zona de estudio. a) Esquistos sericíticos en contacto intrusivo con dique andesítico. b) Afloramiento de esquistos sericíticos. c) Muestra de intrusivo porfídico. d) y e) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, mostrando la composición de los cuerpos intrusivos (Bt: Biotita, Hb: Hornblenda).	35
Figura 10. Ignimbrita el Auca (Qia). a) Afloramiento b) Detalle de afloramiento, se observan bloques pumíticos de 40cm alongados. c) Disyunción columnar de la ignimbrita. d) y e) Muestras de mano de la igimbrita. f) y g) Fotomicrografías con nicoles cruzados y paralelos respectivamente, mostrando texturas de desvitrificación y soldamiento (Pl: plagioclasa, An: anfíbol).....	37
Figura 11. Depósito de flujo de lava La Virgen (Qlv). a) Cordón de lava cubierto por la Ignimbrita El Barrial. b) Fractura columnar. c) Detalle de la foto a, afloramiento de NgQlv. d) y e) muestras de mano. f) y g) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente.	38
Figura 12. Depósito de Flujo de lava El barrial (Qlb). a) y c) Morfología escarpada, margen izquierda y derecha del río blanco. b) Detalle de Afloramiento. d) y e) Muestra de la mano de la lava. f) y g) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, se observan algunas plagioclasas fuertemente alteradas (Pl: plagioclasa).....	40
Figura 13. Ignimbrita El Barrial (Qib). a) Morfología del depósito. b) bloque rodado de NgQib. c) Afloramiento fuertemente alterado. d) y e) Muestras de mano fresca y alterada respectivamente. f) y g) Fotomicrografías con nicoles cruzados y paralelos respectivamente, mostrando fragmentos de lava con bordes ligeramente corroidos embebidos por una matriz fuertemente alterada..	41

Figura 14. Depósito de flujo de lava Patena (Qlp). a) Localización del cerro Patena, obsérvese hacia el W la población Río Blanco. b) Afloramiento de lava. c) Muestra de mano. d) y e) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, obsérvese las texturas traquita y sieve, la mezcla de magmas (CPx: clinopiroxeno, Pl: plagioclasa).....	42
Figura 15. Ignimbrita La Quinquina (Qiq). a) Nótese el cerro remanente de formado por la ignimbrita. b) Afloramiento fuertemente alterado y afectado tectónicamente. c) Bloque de la ignimbrita dentro de un depósito posterior. d) Muestra de mano. e) y f) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, se observan dos fragmentos líticos.	44
Figura 16. Ignimbrita Las Cabras (Qic). a) Morfología de la ignimbrita, observe los niveles horizontales que la componen. b) Afloramiento mostrando variaciones al interior del depósito. c) Muestra de mano de pómez, obsérvese el tamaño y abundancia de los anfíboles. d) Muestra de mano, obsérvese la relación matriz fragmentos. e) chimenea de desgasificación. f) y g) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, se observan fragmentos pumíticos dentro de una matriz vítrea (Pl: plagioclasa, An: anfíbol).	45
Figura 17. Cenizas y Lapilli de Caída (Qc). a) Afloramiento en el sector del cerro Patana, para referencia la persona mide 1,7 m. b) Afloramiento mostrando la coloración típica del depósito. c) y d) muestras representativas de los diferentes niveles mostrando variaciones granulométricas y de coloración. e) Fotomicrografía en lupa binocular de un fragmento de pómez, nótese es aspecto ligeramente fibroso. f) y g) Niveles afectados tectónicamente, para referencia el martillo mide 28 cm.....	46
Figura 18. Depósito de flujo de escombros La Virgen (Qev). a) Depósito adosado a unidades más antiguas. b) Detalle de Afloramiento, bloques de tamaño centimétrico. c) Flanco lateral del depósito. d). Depósito lagunar originado por represamiento.....	48
Figura 19. Depósito de Lahar (Ql). a) Y b) Morfología de remantes formando terrazas sobre el río Guachicono. c) Afloramiento del depósito endurecido y mal seleccionado.....	49
Figura 20. Granulometría obtenida para el Depósito de Lahar. a) Histograma % peso. b) Diagrama de la frecuencia acumulada en % peso.	49
Figura 21. Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (Qfbc). a) Afloramiento sobre la vía La Sierra-Río Blanco en inmediaciones al río Banco. b) Fragmento de tamaño métrico. c) y d) Muestras de mano de fragmentos rojo y gris. e) y f) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente.....	50
Figura 22. Depósito de oleada asociada a Qfbc. a) Afloramiento en el sector de la patena, nótese la madera carbonizada. b) Estratificación cruzada. c) Muestra tamizada. d) Fotomicrografía en lupa binocular.	51
Figura 23. Mapa geológico de la zona de estudio.	52
Figura 24. Fotografía del sector de Mambiloma, ilustra rasgos geomorfológicos de las diferentes unidades.	54
Figura 25. Modelo estratigráfico del área de estudio.....	55

Figura 26. a) Diagrama AFM de clasificación (Después de Le Bas <i>et al</i> , 1986). b) Diagrama AFM para las muestras estudiadas (Según Irvine y Barragar, 1971 en Le Maitre, 2002).	56
Figura 27. Diagrama de variación de SiO ₂ vs K ₂ O (Después de Meddmost, 1975 en Le Maitre, 2002).	57
Figura 28. Diagramas Harker para las muestras analizadas.....	58
Figura 29. Correlación de Columnas estratigráficas.....	65
Figura 30. Análisis químico de muestras asociadas al volcán Sotará.	66
Figura 31. Comparación muestras de los depósitos estudiados y muestras de otros estudios (Acevedo y Cepeda, 1982; Marín-Cerón, 2004).....	66

Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio	16
Tabla 2. Datos obtenidos para elementos mayores, menores y trazas en toca total, de muestras de las unidades identificadas en el área de estudio.	60
Tabla 3. Reporte de las edades obtenidas en el calentamiento por etapas obtenidas por el laboratorio.....	61
Tabla 4. Compilación de edades relacionadas al vulcanismo estudiado. * Obsidias asociadas a un centro eruptivo, ** obsidiana asociada a un centro eruptivo cercano a cerro negro, por localización geográfica se supone es el Cerro Azafatudo.	67

**APORTE AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA VOLCÁNICA EN LAS INMEDIACIONES DE LA
POBLACIÓN DE RÍO BLANCO
(CAUCA)**

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo formó parte del proyecto: “Vulcanismo Neógeno y Cuaternario en el SW colombiano, sector Formación Popayán, sector poblaciones Puracé-Coconuco, río San Francisco y sector Cañón del río Guachicono-población Río Blanco”, desarrollado en convenio entre la UNIVERSIDAD EAFIT y el INGEOMINAS. El objetivo general fue el de investigar la evolución espacio-temporal del vulcanismo en el SW colombiano, desde el Neógeno hasta el presente. En la Figura 1 se señalan las áreas de trabajo indicando su posición respecto los volcanes activos más cercanos. Dentro del proyecto se elaboró la cartografía y estratigrafía de los depósitos volcánicos por sectores. El presente trabajo se realizó en el sector Río Blanco fue el tema de investigación que acá se sintetiza.

Los nuevos aportes son un avance del conocimiento sobre el volcán Sotará. Se elaboraron estudios cartográficos, estratigráficos, petrográficos, geoquímicos y geocronológicos de los depósitos identificados en inmediaciones de la población de Río Blanco en el Departamento del Cauca. Los resultados obtenidos permiten acercarse al entendimiento de la actividad volcánica en la zona estudiada, el grado de explosividad y la posible relación de los depósitos con las estructuras caldéricas descritas por Acevedo y Cepeda (1982), para finalmente plantear hipótesis acerca la evolución del volcán.

El volcán Sotará está localizado en el límite de los departamentos de Cauca y Huila, es un estratovolcán activo (Acevedo y Cepeda, 1982; Méndez, 1989) del que se conocen pocos estudios. Si bien las primeras descripciones de la estructura volcánica datan del siglo XIX, con las descripciones de Humboldt y Boussingault¹, es hasta 1982 que se presentan las primeras interpretaciones sobre el volcán Sotará, sus depósitos volcánicos y sus dos calderas (Acevedo y Cepeda, 1982).

¹ ACCEFYN: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1982.

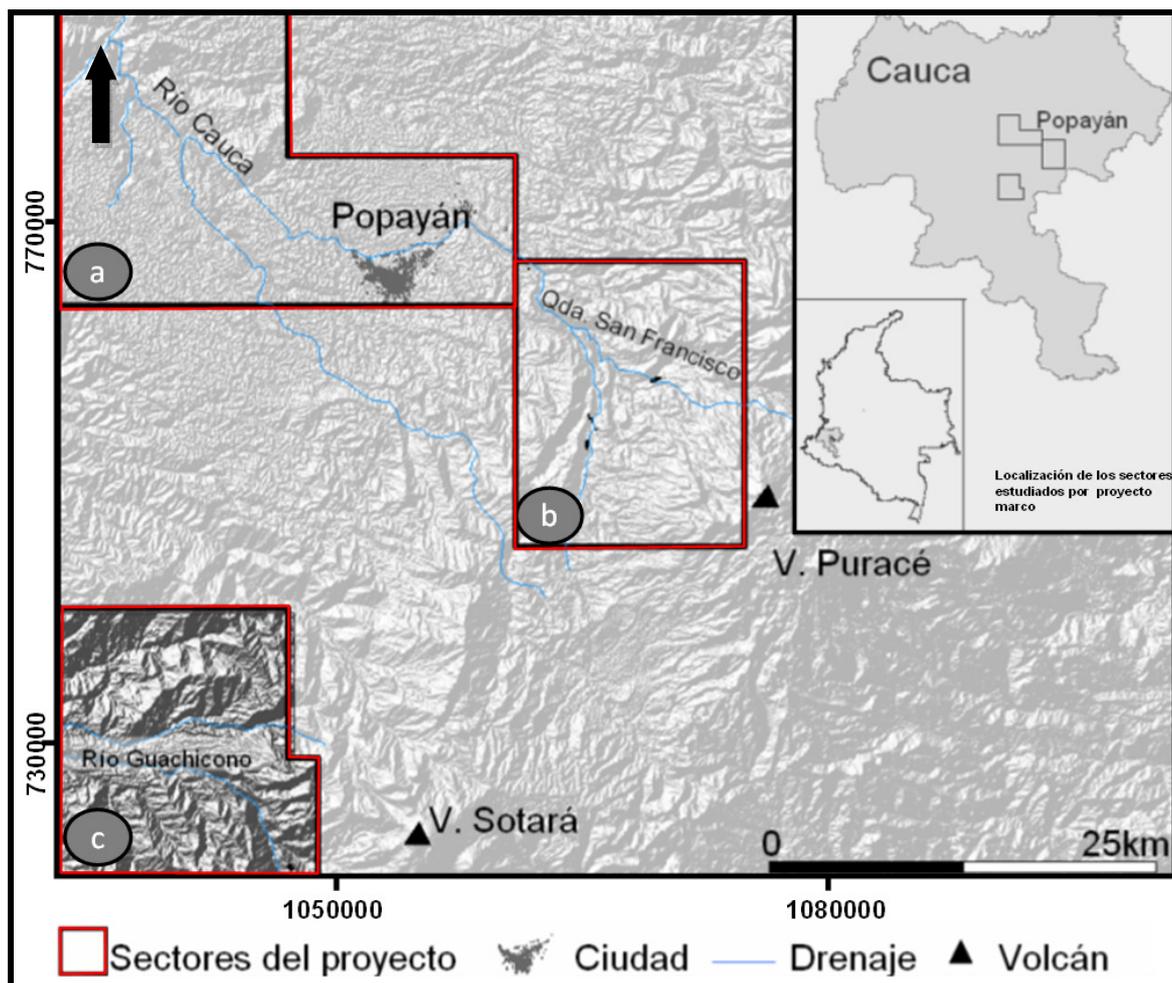


Figura 1. Áreas estudiadas en el marco del convenio INGEOMINAS – EAFIT. a) sector Formación Popayán, b) Sector Puracé-Coconuco, río San Francisco, c) sector Cañón del río Guachicono-población Río Blanco. Es de resaltar que para la zona de interés (c) el volcán activo más cercano es el Sotará.

1.1 Objetivo general

A partir del levantamiento y caracterización (estratigráfica, geoquímica, geológica y geomorfológica) de la secuencia de productos volcánicos que afloran en inmediaciones de la población de Río Blanco plantear un hipótesis que aporte al entendimiento del la evolución del vulcanismo en el área.

1.2 Objetivos específicos

- Elaborar el mapa geomorfológico de las cuenca media del río Guachicono en inmediaciones de la población Río Blanco.
- Elaborar la cartografía de los productos volcánicos del área comprendida entre de los ríos Guachicono y Blanco a escala 1:25.000.
- Construir la columna generalizada para la zona de estudio, a partir de la correlación de columnas estratigráficas levantadas.
- Discutir acerca del estilo eruptivo del volcán Sotará desde el Neógeno, a partir de las características de los depósitos identificados y las posibles variaciones composicionales de la cámara magmática.

1.3 Localización

El área de estudio, comprende 75 km² y ésta ubicada en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia, a 40 km al sur sureste de la ciudad de Popayán, Cauca (Figura 2), en el Resguardo indígena de Río Blanco. Para llegar a la población de Río Blanco desde Popayán o Pasto se utiliza la vía Panamericana hasta el municipio de Rosas, desde donde se toma la vía hacia el municipio de La Sierra para posteriormente llegar a Río Blanco (Figura 2).

El municipio de Sotará, al cual pertenece el reguardo indígena Rioblanco de la comunidad Yanacona, cuenta con una población aproximada de 15.900 habitantes (Dane, 2005), distribuidos en ocho veredas (Fabre, 2005), tres de ellas se encuentran en el área de estudio entre los cañones de los ríos Guachicono y Blanco.

La red hidrográfica del área de estudio está conformada por los ríos Guachicono, que se forma en el flanco sur occidente del volcán Sucubún (al sur del volcán Sotará), y Blanco que nace sobre el flanco occidental del volcán Sotará, y por las quebradas Cutanga, Osoguaico como se observa en la Figura 3.

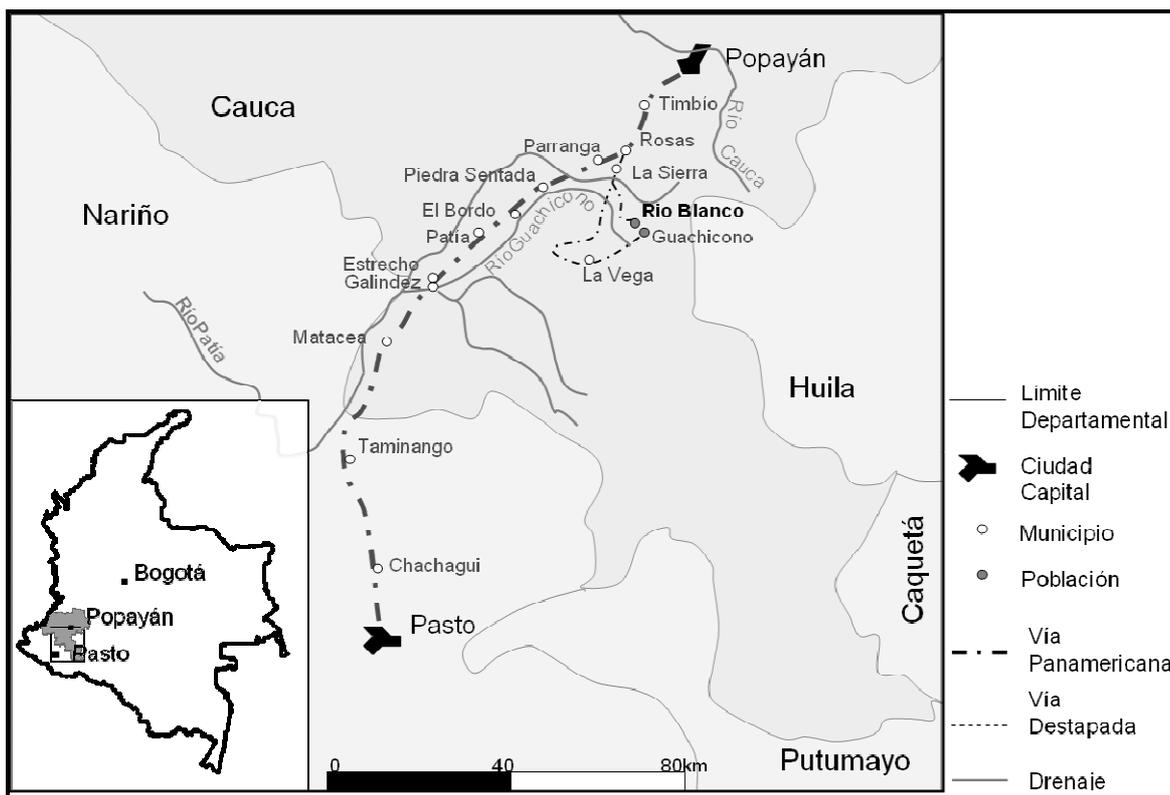


Figura 2. Vías de acceso al área de estudio (INVIAS, 2006)

Los límites del área se ubican dentro de las planchas 364-IV-C y 364-IV-D escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con origen de coordenadas Buenaventura. En la Tabla 1 se muestran las coordenadas que enmarcan la zona de estudio.

X = 1'038.000	Y = 730.000	X = 1'047.200	Y = 730.000
X = 1'038.000	Y = 722.000	X = 1'047.200	Y = 722.000

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio

Al considerar los tres segmentos de actividad volcánica de Colombia, según la distribución de los volcanes activos, el Volcán Sotará se encuentra en la zona centro entre la Cadena Volcánica Los Coconucos y el volcán Sucubún (Méndez *et al*, 1997) (Figura 3).

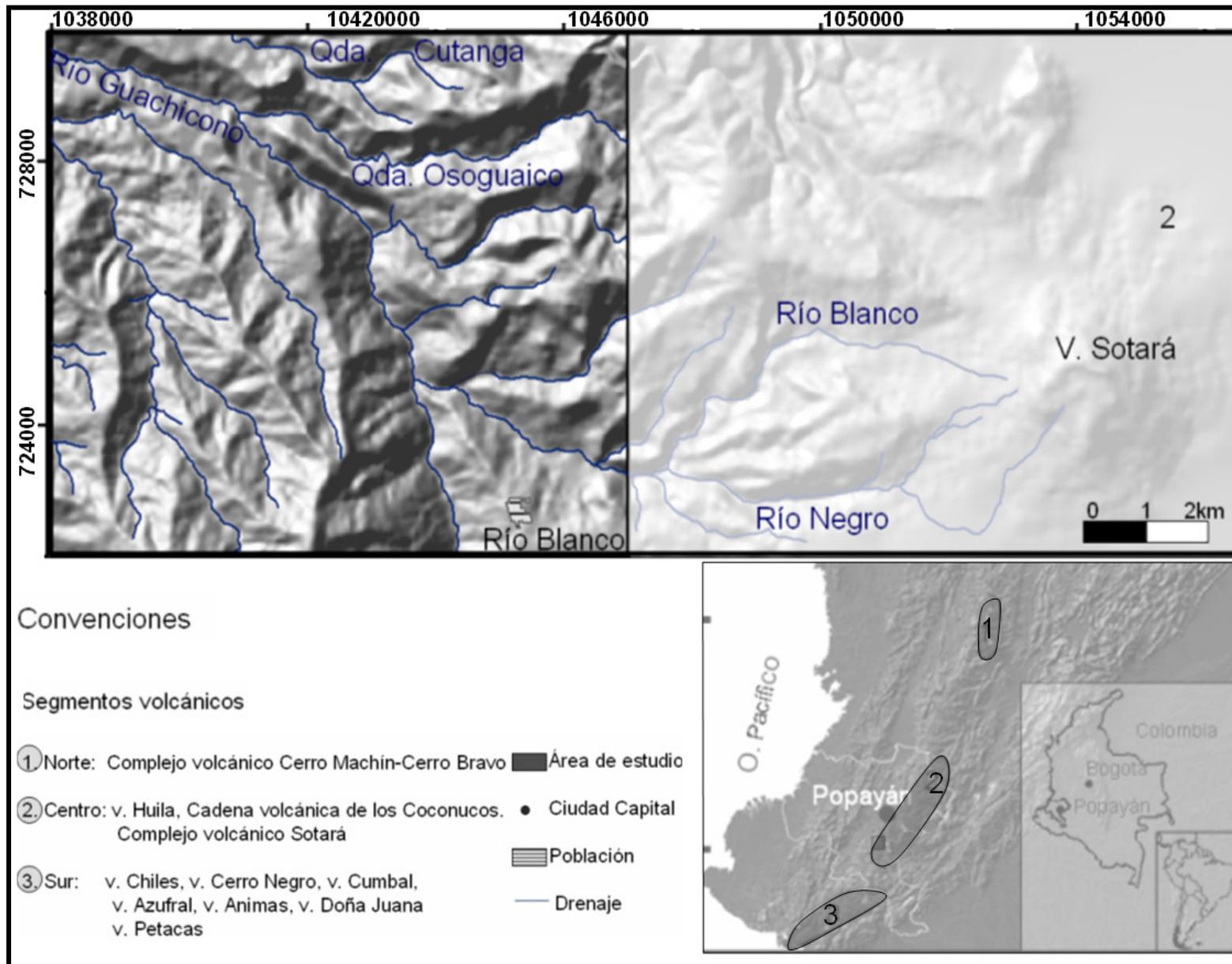


Figura 3. Localización del área de estudio en un contexto regional. A) Zona de estudio, B) Localización del volcán Sotará mostrando la relación del área de interés con dicho volcán, C) Ubicación de los segmentos volcánicos de Colombia (Méndez et al, 1997).

1.4 Metodología.

En este numeral se describen los principales aspectos metodológicos de la investigación: la recopilación bibliográfica, el análisis fotogeológico y geomorfológico, el trabajo de campo, el trabajo de laboratorio, el análisis de la información e interpretación de los resultados con la elaboración del informe final.

En la etapa inicial se recopiló la información tanto bibliográfica como cartográfica y de sensores remotos. De la literatura científica se elaboró un primer contexto volcanológico regional y local.

Para la elaboración del mapa fotogeológico se utilizaron fotografías aéreas a escalas 1:31.000 y 1:33.000 (Figura 4), que cubren principalmente los cañones de los ríos Guachicono y Blanco, un modelo de elevación digital (DEM) construido a partir de curvas de nivel cada 50m y una imagen de satélite Landsat TM (9, 58) (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>).

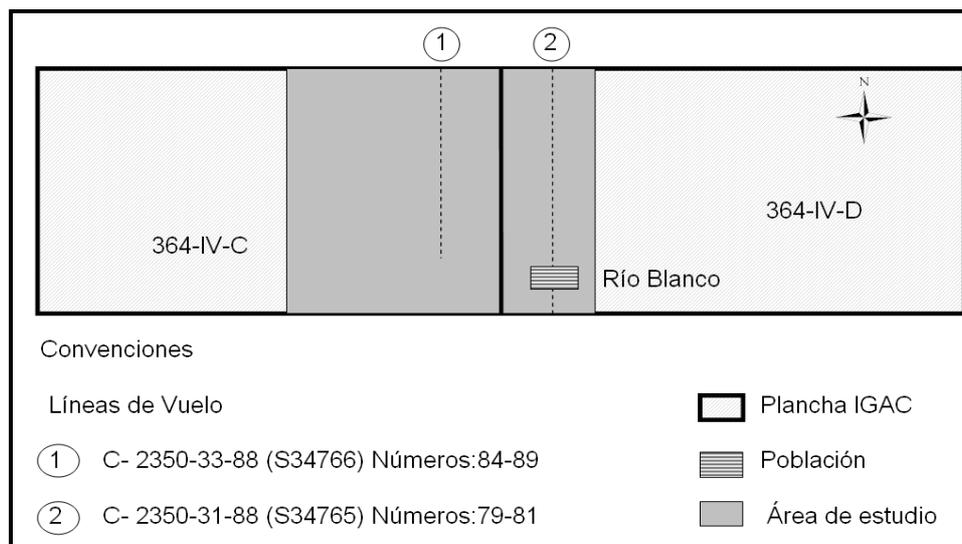


Figura 4. Localización de líneas de vuelo utilizadas y planchas IGAC

Los mapas fotogeológico y geomorfológico (capítulo 3) se realizaron a partir de la interpretación de las fotografías aéreas, la imagen de satélite y el DEM. En el mapa fotogeológico se delimitaron contactos litológicos y se identificaron estructuras, la interpretación se hizo a partir del tono, la textura, el patrón de drenaje, el grado de disección y el grado de inclinación de las pendientes (longitud y forma). En el mapa geomorfológico

(Figura 8) se definieron unidades geomorfológicas a partir del concepto de unidades morfológicas de terreno (Verstappen y Van Zuidan, 1968). Para la delimitación de las unidades geomorfológicas, además, de la interpretación de las fotos aéreas y imagen satelital, se utilizó el mapa de elevación del terreno (DEM), se generaron los mapas de pendiente, aspecto y densidad de drenaje, que ayudaron a la delimitación de las unidades.

Durante la tercera etapa, se realizaron dos comisiones de campo, de 22 y 10 días respectivamente, se verificó la información geológica y geomorfológica de los mapas preliminares. Durante el trabajo de campo se hicieron 89 estaciones (Figura 5) denominadas JLSW (1-66) y LHSW (1-23) (Figura 5) en las que se hace un chequeo detallado del área estudiada y se describen 16 columnas estratigráficas de manera sistemática y detallada, tomando la clasificación de Fisher y Schmincke (1984) para depósitos volcánicos y la metodología de Scott (1989) para la descripción de depósitos piroclásticos no meteorizados. La definición de unidades geológicas se hizo utilizando el concepto de unidad lito-estratigráfica (Herdberg, 1980; North American Stratigraphic Code, 2005) que caracteriza las unidades según composición litológica y posición estratigráfica.

La cuarta etapa fue de revisión de la información obtenida en el terreno, el análisis de laboratorio y su interpretación. Se seleccionaron y prepararon muestras, teniendo en cuenta la posición estratigráfica y el grado de meteorización. Se analizaron 40 secciones delgadas, en las que se describieron las características texturales que permitieron identificar los procesos al interior de la cámara magmática como mezclas de magmas, orden de cristalización y evidencias de reabsorción (Vernon, 2004). Se clasificaron según el diagrama QAPF para rocas volcánicas (Streckeisen, 1976 en Le Maitre, 2002), para ello se realizó un análisis modal en el que se contaron 500 puntos por placa (Anexo 2).

La correlación de las 16 columnas, detallar anexo 3, permitió elaborar una columna generalizada del área de estudio. Ésta correlación se elaboró a partir de información estratigráfica de campo, análisis petrológicos, geoquímicos y cronoestratigráficos.

La caracterización geoquímica, se hizo a partir de 27 muestras seleccionadas, según su representatividad estratigráfica y que no mostraron evidencias de meteorización. Cada una de las muestras fue triturada con almadraba y con un molino de quijada, hasta llevarlas a fragmentos de roca de tamaños entre 1 – 3 cm; usando una lupa de 80 X, se seleccionaron 10 g de los fragmentos de roca frescos y se le lavaron con alcohol 3 veces; finalmente se secó a temperatura ambiente, y con un ágata se maceró hasta obtener un polvo fino impalpable al

tacto, el cual corresponde aproximadamente a tamaño arcilla. Esta fracción fue enviada al laboratorio de INGEOMINAS (Bogotá). Se analizaron óxidos mayores y menores utilizando fluorescencia de rayos x (XRF), absorción atómica (A.A), gravimetría y volumetría. El resultado del análisis de elementos mayores es llevado a diagramas de clasificación TAS Alkalis-Silica para rocas volcánicas, AFM y K_2O vs SiO_2 (Después de Le Bas, 1986 en Le Maitre, 2002).

Para el análisis geocronológico se envió al laboratorio CICESE una muestra ubicada en la base de la columna estratigráfica. En el laboratorio, se efectuó calentamiento en etapas con un horno de Ta de Modificación Ltd, equipado con un sistema de control de temperatura, la composición isotópica del argón se midió con un espectrómetro de masas tipo MS-10. La extracción del argón de los monitores de irradiación se realizó en una sola etapa a $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las muestras recibieron una dosis de 30 MWH en el reactor nuclear de la Universidad de McMaster. Las muestras se irradiaron junto con el monitor de irradiación Biotita CATAV 7-4 que es un estándar interno de 88.53 ± 0.39 Ma.

En la quinta etapa, una vez concluido el análisis e interpretación de los resultados, tanto petrológicos (petrográficos y geoquímicos) como sedimentológicos, se propone una columna generalizada para la zona de estudio y se elabora el informe final donde se da cuenta de la información recopilada, análisis, resultados, interpretaciones, discusiones y conclusiones, que finalmente permitieron plantear la discusión (capítulo 5).

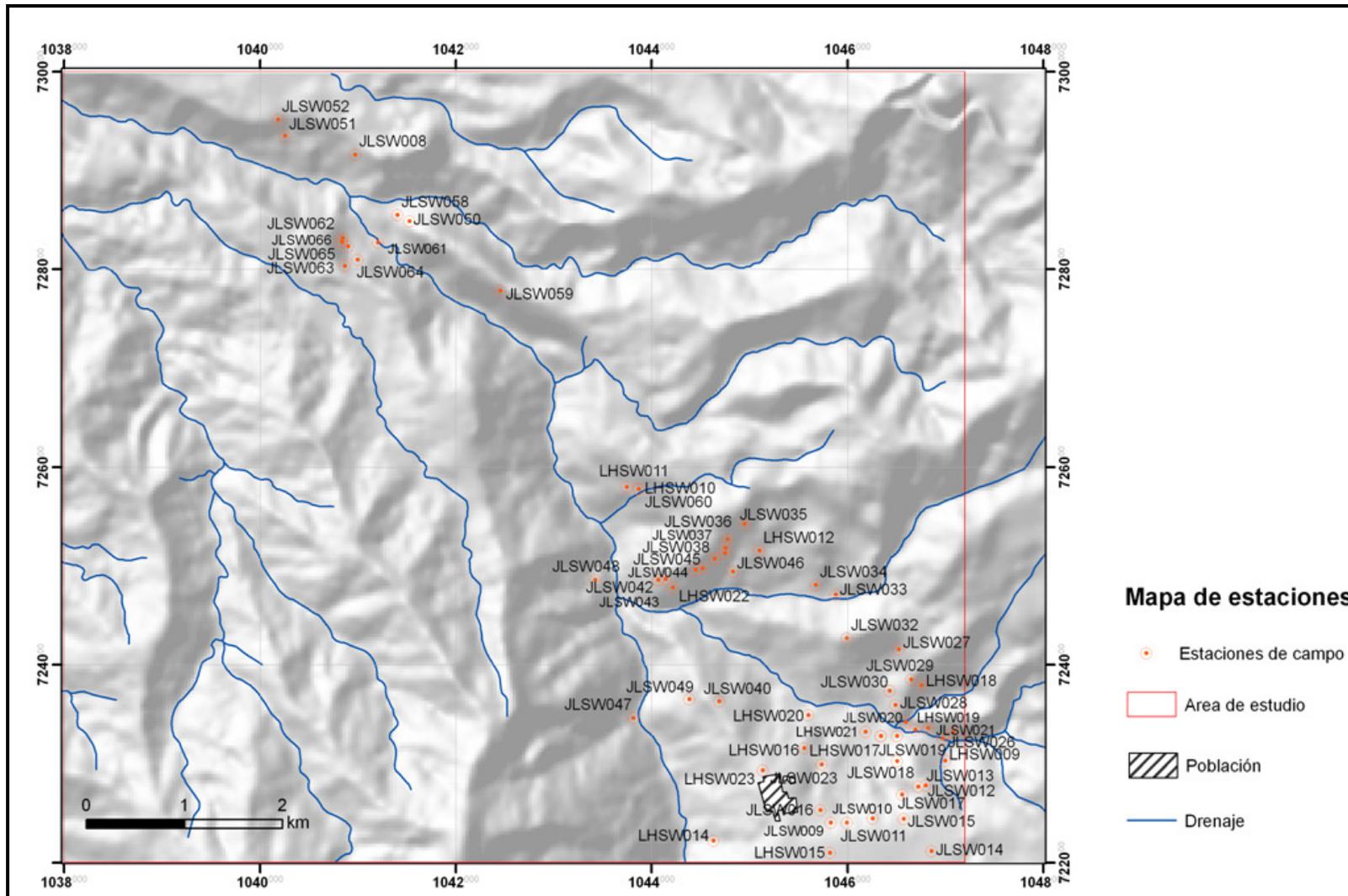


Figura 5. Mapa de estaciones del área de estudio, 89 estaciones denominadas JLSW (1-66) y LHSW (1-23) en las que se hace un chequeo detallado de área estudiada y se describen 16 columnas estratigráficas de manera sistemática y detallada.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

El volcán Sotará es un estratovolcán (Acevedo y Cepeda, 1982) activo (Méndez, 1989) del cual se desconoce el registro de erupciones históricas (Simkin y Siebert, 1994; OLADE 1995).

Las primeras manifestaciones en la literatura datan de 1801, cuando en noviembre de ese año Humboldt hace las primeras observaciones sobre el volcán Sotará describiéndolo como "... el edificio volcánico presenta forma de cono truncado, cuya cima, cubierta de poca nieve, alcanza los 4580m de altura.... al pie del volcán se encuentra piedra pómez nacida de pórfido quemado de sienita, lavas de distintos tipos....en pequeñas cantidades y piezas oviformes de feldespatos, el cual, como testimonio de lo fuerte que ha sido el fuego del volcán de Sotará, se ha transformado en un completo vidrio grietoso de Réaumur con franjas azuladas dispersas, parecidas a pedazos de mosaico..." (ACCEFYN, 1982). Además, Humboldt describe fragmentos de obsidiana en el cerro la Tetilla, Morales y el volcán Puracé, y descarta para el volcán Sotará la presencia de vidrio volcánico; aunque teniendo en cuenta la información de Manjarres y Nicolls (1958) sobre el yacimiento de obsidiana en el cerro Azafatudo cerca al volcán Sotará, es razonable pensar que las piezas oviformes constituyen dicho depósito.

En 1801, Humboldt explica la morfología del edificio volcánico como consecuencia de una gran erupción, la evidencia de este evento radica en su "negrura y curiosa forma de ruina" aunque desestima la tradición oral indígena que cuenta que el volcán poco antes de la conquista "había vomitado fuego, devastando el terreno alrededor y botando su cumbre cónica en la erupción" (ACCEFYN, 1982).

Motivado por las cartas de Humboldt, Boussingault viaja para confirmar el carácter volcánico del Sotará, sin embargo, luego de un penoso viaje escribe: "después de explorarlo pudimos verificar que ese cono no es un volcán, ni siquiera un volcán apagado" (Boussingault, 1892), sin embargo, el texto carece de descripciones o alguna información que sustente la afirmación del naturalista francés. Nuevamente hace mención a obsidianas en la cuenca del río Cauca.

El conocimiento reciente que se tiene sobre el volcán Sotará inicia con un estudio sobre su geología y geoquímica, en el que se presenta al volcán Sotará como un estratovolcán predominantemente efusivo con tres calderas más o menos concéntricas, varios domos y como mínimo, un volcán parásito (Acevedo y Cepeda, 1982); producto de vulcanismo resurgente y

externo a la Caldera de Paletará (~35 km de diámetro) (Torres *et al.*, 1999). OLADE Y GEOTÉRMICA ITALIANA (1995) interpreta el actual volcán Sotará como actividad resurgente de un antiguo volcán predominantemente lávico que colapso formando una caldera al que los autores asocian los depósitos de flujos piroclásticos aflorantes en el río Quilcacé; además, interpretan al Cerro Negro, ubicado norte del volcán Sotará, como un volcán lávico de composición dacítica. Se conocen, también, algunos depósitos en la zona de estudio que incluyen una unidad aglomerática que afloran en el río San Pedro y la quebrada Cutanga, tobas andesíticas que afloran tanto en los ríos Guachicono y San Pedro y la quebrada San Francisco y derrames andesíticos localizados sobre el cañón del río Guachicono (Numpaqué y Guio, 1977). La cartografía oficial de la zona de estudio así como la descripción de las unidades litológicas que allí aparecen consignadas, está en escala 1:100.000 (Orrego, 1993. y Orrego *et al.*, 1999), según dicha información a lo largo de los ríos Blanco y Guachicono aflora una unidad denominada Formación Galeón - Formación Popayán (Grosse, 1935; Hubach, 1957; Torres, 1997).

La información geoquímica disponible para la zona permite acercarse al contexto geológico regional del suroccidente del país (p.e. Kronenberg *et al.*, 1981; Kronenberg *et al.*, 1982; Murcia y Marín, 1981; Droux y Delaloye, 1996; Weber *et al.*, 2001; Marín-Cerón *et al.* 2008, Marín-Cerón *et al.*, 2010). Localmente, el volcán Sotará y sus inmediaciones, se tienen los resultados de OLADE Y GEOTÉRMICA ITALIANA (1995) sobre la composición de algunos bloques de domos y pómez asociadas al VOLCÁN SOTARÁ, y una lava del cerro Negro de composición dacítica alta en potasio.

La petrografía y geoquímica de lavas de composición calco-alkalina, ligeramente toleítica, muestreadas sobre las laderas del Sotará, fueron interpretadas como el producto de la evolución de la cámara magmática mediante cristalización fraccionada (Manjarres y Nicolls, 1958; Acevedo y Cepeda, 1982; Marín-Cerón, 2004, Téllez *et al.*, 2008).

En el contexto tectónico existen trabajos para el sur-occidente de Colombia en los que se proponen diferentes modelos que explican la generación del vulcanismo y su relación con la distancia a la fosa (p.e. Drux and Delaloye 1996, Marín-Cerón *et al.*, 2010) con base en análisis geoquímicos y multi-isotópicos (p.e. Marín-Cerón *et al.*, 2010). Estos estudios cuentan con información gravimétrica, sismológica y tomográfica (Case *et al.*, 1973; Pennington, 1981; Kellogg y Vega, 1995; Barreto, 2004). El trabajo más cercano al área de estudio es en el

municipio de Rosas, Departamento de Cauca (Jarma y Lequizamo, 1977), establece una relación directa entre la evolución tectónica y las rocas volcánicas de la región.

Sobre la geocronología regional se conocen algunas publicaciones sobre cuerpos intrusivos localizados en el municipio de Suárez y a 6 km al NE del municipio de La Vega, de composición andesítica y dacítica, con edades entre 6 ± 1 Ma y 8 ± 3 Ma obtenidas por el método K/Ar en biotita y hornblenda (Álvarez et al, 1978; Álvarez y Linares 1979). Adicionalmente, existen tres dataciones asociadas a centros eruptivos cercanos al volcán Sotará; la más reciente corresponde a una lava de composición dacítica, asociada Cerro Negro, con una edad de 0,52 Ma; y dos edades en obsidiana relacionada al cerro Azafatudo, 0,58 Ma (OLADE Y GEOTÉRMICA ITALIANA, 1995) y 0,69 Ma (Bellot-Gulert, 2008).

2.2 Geología regional

En el área de estudio se encuentran aflorando rocas paleozoicas y mesozoicas que conforman el núcleo de la Cordillera Central de Colombia, las cuales están cubiertas por formaciones volcano-sedimentarias paleógenas y neógenas, sobre las que se depositan las rocas volcánicas recientes objeto de este estudio (Figura 6).

2.2.1 Paleozoico.

Complejo Arquía (Pzmi)

En la zona de estudio afloran esquistos cuarzo-micáceos pertenecientes al Complejo Arquía (Maya y González, 1995), denominado inicialmente Grupo Arquía por Restrepo y Toussaint (1974) y correlacionado con el Grupo Cajamarca en el departamento del Cauca por Orrego *et al* (1976).

2.2.2 Mesozoico.

Granitoide de Bellones (Mzgb)

Corresponde a un intrusivo de composición granodiorítica, que sufrió metamorfismo dinámico, de edad Triásico - Jurasico, emplazado tectónicamente. Por el grado de metamorfismo dinámico presenta tres tipos litológicos según grado de cataclasis: una cuarcita fracturada y cizallada, un neis milonítico que exhibe buen bandeamiento y un esquisto milonítico (Orrego, 1993).

Complejo Quebradagrande (Kvs)

Denominado inicialmente como Grupo Faldequera por Hubach y Alvarado (1934); posteriormente Nelson (1962) propone utilizar el nombre de Grupo Diabásico y Botero (1963) propone denominarlo Formación Quebradagrande. Está compuesto por un conjunto de rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias cretácicas, de afinidad oceánica con evidencias de deformación y que afloran en el occidente colombiano, en la zona, entre las fallas San Jerónimo y Silvia-Pijao.

2.2.3 Cenozoico.

Cuerpos hipoabisales (Tmda)

Afloran en inmediaciones del cerro Punta Urco y sobre la vía La Sierra-Río Blanco, cuerpos hipoabisales andesíticos y dacíticos del Neógeno, con algunas alteraciones hidrotermales importantes, algunas asociadas a mineralizaciones de edad neógena para Orrego y París (1999). Están compuestos principalmente por plagioclasa, hornblenda y cuarzo, algunos cuerpos presentan alteración hidrotermal de la asociación calcita-clorita-epidota (Télez *et al*, 2007).

Formación Galeón / La Formación Popayán (Tqi, Nga, Qplh, Qpl, TQlac, Tqpl)

Grosse (1935) describe las capas Túficas de Popayán como una secuencia volcánica, que cubre la planicie de Popayán cuyo origen está relacionado con el volcán Puracé y otras fuentes. Más tarde en 1957, Hubach renombra como Formación Popayán a las capas Túficas de Popayán, describiendo para ésta una parte volcánica y otra sedimentaria, asignándole una edad Plio-Pleistocena y asociándola a los volcanes Puracé y Sotará; a este último se asignan obsidias o tectitas encontradas en la planicie de Popayán y Tulúa, hasta 200 Km de la fuente; en la base del volcán se encuentra un depósito de 20m de espesor de obsidiana. Torres (1997) divide la Formación Popayán en siete miembros: Polindará (depósitos de flujos de lava de composición andesítica), Julumito (ignimbrita con textura porfídica), La Venta (depósitos de flujo piroclástico de ceniza y depósitos piroclásticos de caída), Sombrerillo (depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza), Cajibío (depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza), Palacé (depósitos de lahar), y Caldonó (depósitos aluviales y lacustres) y le asigna una edad Neogéna. En el 2009, Torres *et al*, presenta nuevos aportes sobre la estratigrafía de esta Formación.

En el área de estudio se encuentran ignimbritas (Tqi, Nga) flujos piroclástico o lahares (Qplh), lavas anfibólicas (Qpl), lavas con obsidiana (TQlac), lavas con piroxenos (Tqpl) (Acevedo y Cepeda, 1982; Orrego y París, 1999).

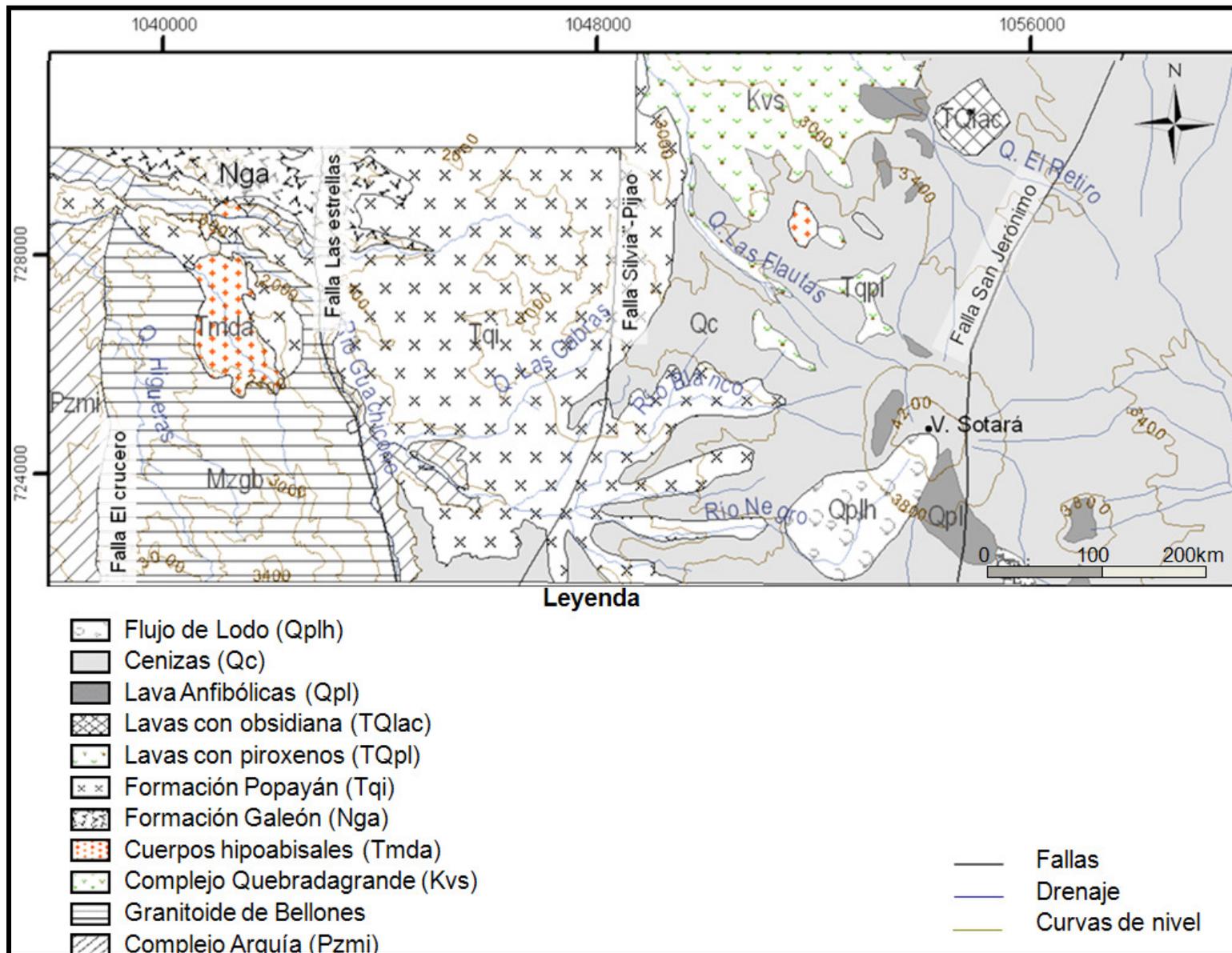


Figura 6. Mapa geológico regional. Modificado de Orrego et al.,1999.

2.3 Geología estructural

Asociadas al Sistema de Fallas de Romeral se presentan fallas en dirección general sur-norte que ponen en contacto rocas del Paleozoico (esquistos), Mesozoico (neises y rocas básicas y ultrabásicas) y Cenozoico (vulcano-sedimentarias) (Orrego; 1999) (Figura 6).

Como límite más occidental del Complejo Quebradagrande y afectando al volcán Sotará se encuentra la falla San Jerónimo. Continuando al occidente de ésta aparece la falla Silvia-Pijao que pone en contacto el Complejo Quebradagrande con el Complejo Arquía; seguidas de las fallas Las Estrellas y El Crucero que limitan un cinturón metamórfico compuesto por el Granitoide de Bellones y más hacia el occidente se encuentra la falla Popayán cuyas ramificaciones ponen en contacto rocas básicas con ultrabásicas y con el Complejo Arquía (Orrego; 1999).

Además se encuentran algunas fallas y lineamientos transversales al sistema de fallas Sur-Norte, cuyo principal exponente es la Falla Guavas que cruza en la parte sur de la zona de estudio. Este grupo de fallas transversales es utilizado por Hall and Wood (1985) como límite de los 8 segmentos volcánicos de los Andes del norte.

2.4 Ambiente geodinámico generador de vulcanismo

La configuración geodinámica de una región condiciona las características de la actividad magmática de esa zona (Wilson, 1989). A continuación se presenta el esquema general para el sur occidente colombiano (Figura 7) y su relación con el vulcanismo actual. En este esquema se muestra de manera generalizada el régimen de esfuerzos actuante en el margen occidental de Suramérica, a escala global se considera que esta margen se encuentra bajo un régimen compresivo originado por la convergencia de las placas Nazca y Suramérica placas tectónicas.

Es decir, un ambiente destructivo, que por definición es aquel donde dos o más placas tectónicas convergen en una zona de subducción caracterizado por la existencia de trincheras profundas, arcos de islas y márgenes continentales con cinturones lineales de centros eruptivos, frentes volcánicos, paralelos a las fosas (Zhao, 2001). En las zonas de subducción la actividad magmática se inicia por deshidratación y/o fusión de la placa que subduce (slab), lo que genera los fluidos o fundidos que interactúan con la cuña mantélica induciendo su fusión

parcial; en general éste proceso se inicia a una profundidad mínima de 100km, donde la anfibolita es inestable y puede reaccionar con los fluidos que migran del slab (Stern, 1998)

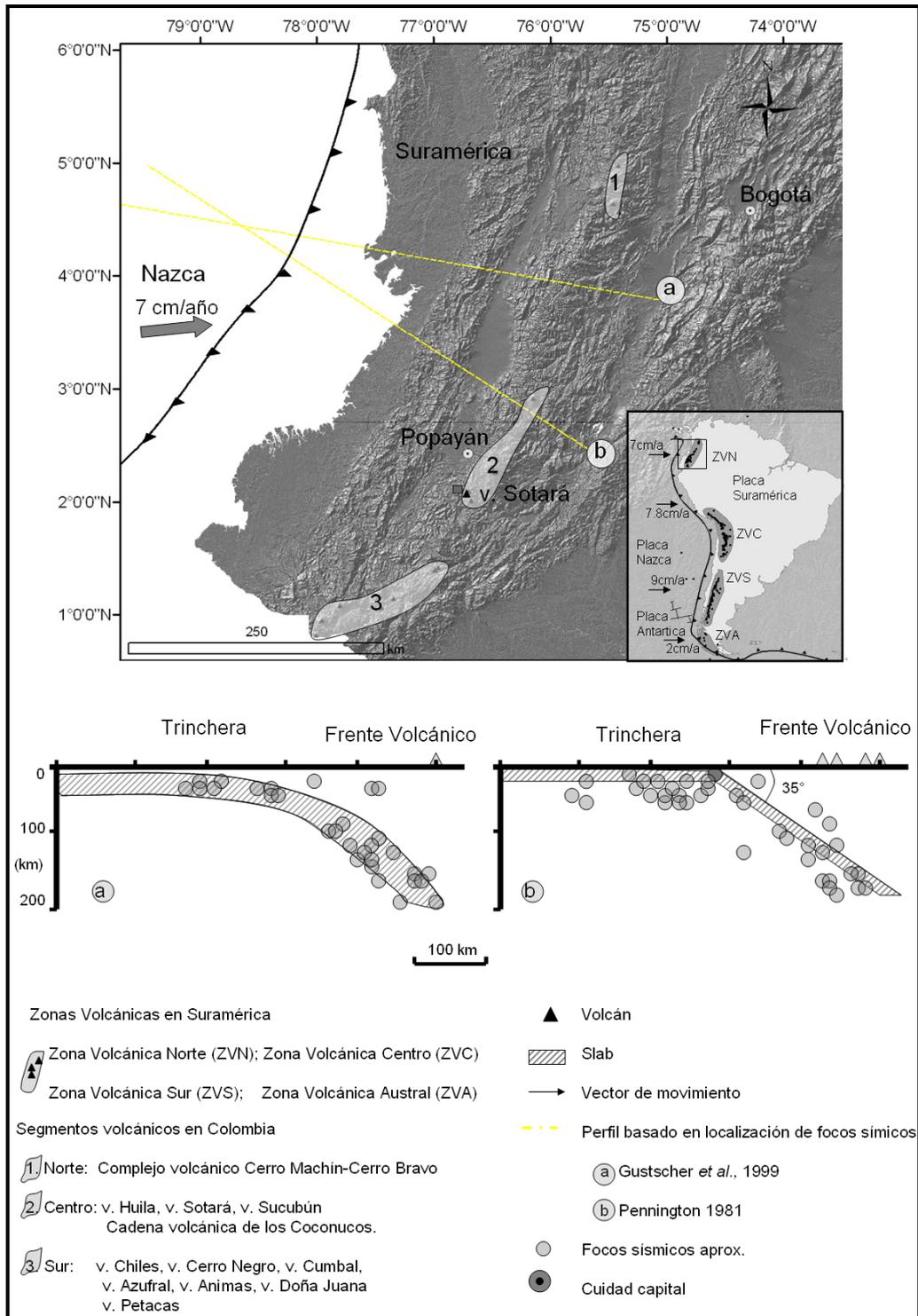


Figura 7. Esquema de la configuración geodinámica del norte de Suramérica (2°N y 5°N). Modificado de Pennington (1981), Gustscher *et al.* (1999), Ramos (2000), Méndez *et al.*, (1997)

Como resultado de la interacción de las placas Nazca y Suramérica, se formaron cuatro frentes volcánicos cenozoicos la Zona Volcánica Norte (ZVN), la Zona Volcánica Centro (ZVC), la Zona Volcánica Sur (ZVS) y la Zona Volcánica Austral (ZVA) (p.e. Wilson, Ramos, 1999).

La zona volcánica norte, entre 5°N y 2°S, comprende los Andes ecuatorianos y colombianos. Nazca se mueve en dirección general oeste-este con velocidad de 69mm/año relativo al norte de Suramérica (Freymueller *et al*, 1993); sin embargo, al interior de la placa Nazca se dan movimientos diferenciales y cambios en el ángulo de subducción. Algunos autores diferencian segmentos a partir de parámetros como la localización de focos sísmicos y mecanismos focales, atenuación de ondas sísmicas y la presencia o ausencia de frentes volcánicos activos (Pennington, 1981; Hall and Wood, 1985; Gustcher *et al*, 1999; Ojeda, 2002).

El vulcanismo aledaño a la zona de estudio, el volcán Sotará (76.6°W, 2.1°N), se localiza en el segmento Cauca (7°N a 1.5°N) de Hall and Wood (1985) donde, actualmente, la subducción se da con un ángulo de 35° en dirección N120°E (Pennington, 1981); este frente volcánico está entre 160km y 200km sobre zona Wadati–Benioff (Gustscher *et al.*, 1999 y Marín-Cerón, 2008) (Figura 7).

3 RESULTADOS

3.1 Mapa Geomorfológico

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 1, se diferenciaron 7 unidades geomorfológicas, estas unidades se denominaron según el rasgo geomorfológico más sobresaliente como: Montañas de cimas agudas, Cañón del río Guachicono y la quebrada Oso Guaico, Vertientes largas y rectas, Filos redondeados, Colinas de cimas redondeadas, Escarpes, Superficie ondulada y Llanuras de inundación y terrazas aluviales. A continuación se describen las unidades interpretadas y sus características. Ver Figura 8, mapa geomorfológico de la zona de estudio.

3.1.1 Montañas de cimas agudas (Mca):

Comprende la región suroccidental, localizada a margen izquierda río Guachicono, cubre el 45% del área estudiada.

Se caracteriza por montañas de crestas agudas, vertientes rectas y largas cuyas pendientes son mayores a 20 grados y forma valles en forma de V abiertas. El patrón de drenaje es subparalelo, con fuerte control estructural en dirección norte-noroccidental, disección de baja a media y alta incisión.

De acuerdo a la cartografía de Orrego (1993) esta unidad geomorfología comprende las siguientes unidades litológicas: Complejo Arquía, Granitoide de Bellones y pórfido dacítico.

3.1.2 Cañón del río Guachicono y la quebrada Oso Guaico (Cgog)

Corresponde a la región situada entre los causes del río Guachicono y la quebrada Oso Guaico, localiza en la parte central de la zona de estudio; cubre el 19% del área estudiada.

Se caracteriza por pendientes altas, mayores de 45 grados, vertientes largas y rectas con disección e incisión fuerte, superior a 70 m en algunos sectores. El patrón de drenaje es subparalelo.

Esta unidad es generada por la acción erosiva de los ríos mencionados sobre las unidades definidas a escala regional como Complejo Arquía y Granitoide de Bellones.

3.1.3 Vertientes largas y rectas (Vlr):

Se localiza hacia la esquina sureste de la región estudiada, En inmediaciones de la población de Río Blanco; cubre 3% del área estudiada.

Se caracteriza por vertientes muy largas y en general rectas cuyas pendientes oscilan entre 20 y 40 grados, esta unidad se encuentra altamente incisada por un drenaje recto, subparalelo que diseccta moderadamente la región.

Según la plancha 364 Timbío (1993) del INGEOMINAS, esta unidad comprende las siguientes unidades litológicas: Complejo Arquía y Vulcanitas de galeón y Popayán.

3.1.4 Colinas de cimas redondeadas (CCe):

Sobre la vía La Sierra-San Pedro, localizada al norte del sector Los Robles y la quebrada Cutanga, cubre 1% del área estudiada.

Se caracteriza por una serie de colinas de cimas redondeadas, patrón de drenaje dendrítico a subparalelo, disección media e incisión alta, con claro control estructural en dirección norte-sur. Vertientes cóncavas cortas cuyas pendientes oscilan entre 20 y 40 grados.

Esta unidad se desarrolla como producto de la acción erosiva principalmente de los drenajes que incisan las unidades Vulcanitas de Galeón y Popayán.

3.1.5 Escarpes (Es):

Hacia las cabeceras de las quebradas Oso Guaico, La Alazana, El Auca, Las cabras y Parte media de la cuenca del río Blanco, localizada en el sector oriental de la zona de estudio, cubre 7% del área estudiada.

Se caracteriza por vertientes rectas cuyas pendientes superan 40 grados, el patrón de drenaje es paralelo de disección media y alta incisión.

Según la plancha 364 Timbío (1993) esta unidad comprende las siguientes unidades litológicas: Complejo Arquía, Granitoide de Bellones, Unidades Fluviovolcánicas antiguas, Vulcanitas de galeón y Popayán.

3.1.6 Superficie ondulada (So):

Corresponde a pequeños sectores concentrados al norte de la vía que de la Sierra conduce a la población de Río Blanco. Está conformada por colinas bajas y redondeadas cuyas vertientes tienen pendientes menores a 10 grados, el patrón de drenaje es subparalelo a dendrítico de disección media y alta incisión. Representa un remante de erosión.

Según la plancha 364 Timbío (1993) esta unidad comprende la siguiente unidad litológica: Vulcanitas de galeón y Popayán.

3.1.7 Llanuras de inundación y terrazas aluviales (Lita):

Se encuentran localizados en la intersección del río Guachicono y la quebrada Oso Guaico y sobre el cauce del río Blanco. Se caracterizan geomorfológicamente por superficies planas, no disectadas, pendientes menores 10 grados.

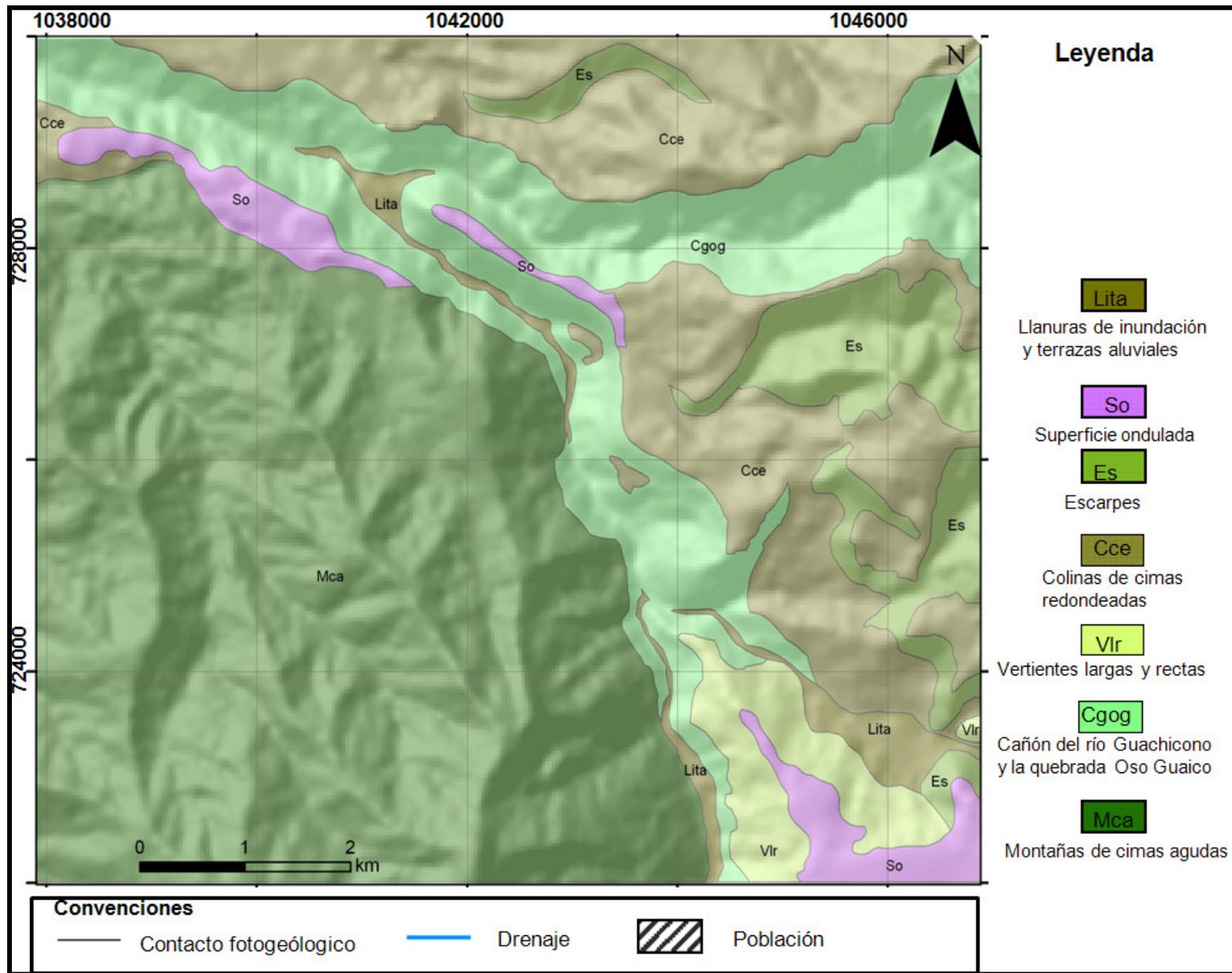


Figura 8. Mapa geomorfológico local

3.2 Geología y estratigrafía

3.2.1 Unidades litológicas.

En este numeral se describen las unidades litológicas de la zona de estudio. Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 1, se identificaron 11 las unidades volcánicas recientes y 5 unidades consideradas como el basamento de la actividad volcánica objetivo de este estudio por corresponder a unidades no volcánicas o volcánicas antiguas. A continuación se presentan las unidades del mapa geológico (Figura 23), para cada una de ellas se describe la distribución, características físicas, geoquímicas y petrológicas, detalladas en el capítulo 3.4 y el anexo 2 respectivamente

3.2.1.1 Basamento

En la zona de estudio afloran rocas de textura néisica, esquistosa, sub-volcánica (Figura 8a) y volcánicas, anteriores a los depósitos volcánicos objeto de este estudio, complementando el capítulo de geología regional (2.2), aquí incluyen observaciones de campo adicionales a la información bibliográfica consultada.

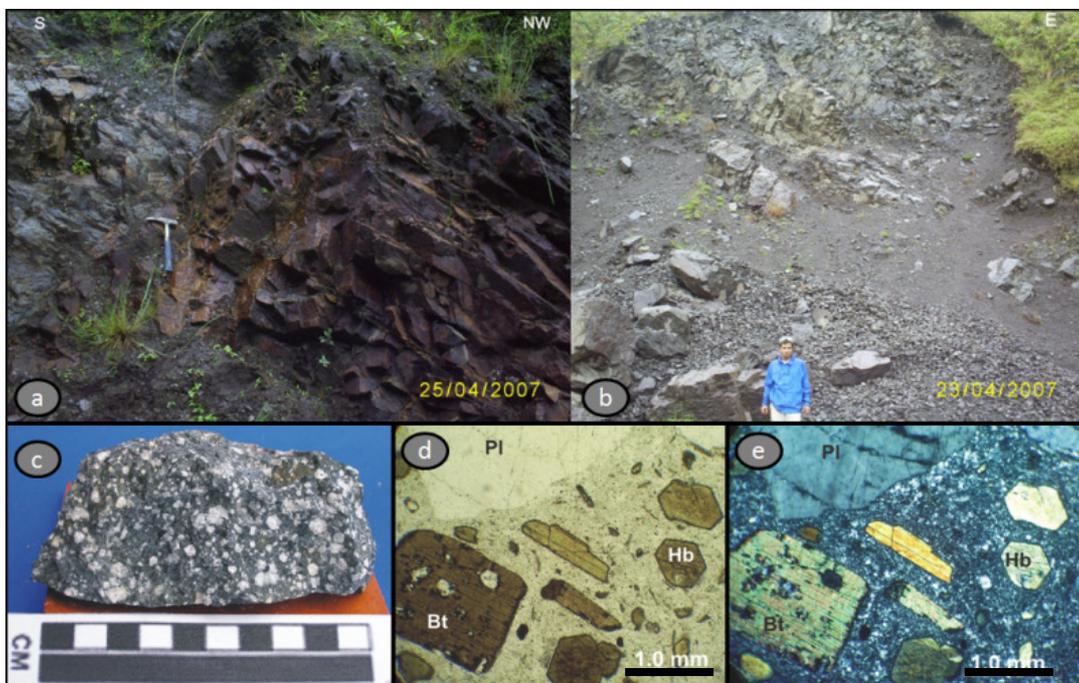


Figura 9. Basamento de la zona de estudio. a) Esquistos sericíticos en contacto intrusivo con dique andesítico. b) Afloramiento de esquistos sericíticos. c) Muestra de intrusivo porfídico. d) e) Micrografía de un esquistos sericítico. e) Micrografía de un intrusivo porfídico.

y e) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, mostrando la composición de los cuerpos intrusivos (Bt: Biotita, Hb: Hornblenda).

Hacia el occidente del río Guachicono aflora una roca de textura neísica, y localmente augen, formando una montaña cuya pendiente hacia el E supera los 30°, ésta corresponde al Granitoide de Bellones. Inmediatamente siguiendo hacia el este, se encuentra en contacto fallado con este cuerpo, una roca de textura esquistosa, micacea, de color negro que pertenecería al Complejo Arquía (Figura 9b). Ambas unidades se encuentran intruídas por pequeños cuerpos porfíricos de composición andesítica (Figuras 9c, 9d y 9e), a las que se asocian abundantes venas de cuarzo; el afloramiento mas característico de los pórfidos andesíticos es conocido como cerro Punta Urco.

En el sector norte de la zona de estudio, el basamento esta conformado por las rocas volcánicas de Formación Galeón, fuertemente alterada de color ocre rojizo, comformada por una serie de flujos de bloques y ceniza, todos en contacto erosivo con las unidades volcánicas que las suprayacen.

3.2.1.2 Ignimbrita El Auca (Qia)

Depósito ignimbrítico distribuido sobre la margen derecha del río Blanco, en el sector conocido como La Laja y sobre ambas márgenes del río Guachicono, sus mejores exposiciones se encuentran en las quebradas El Auca y Osoguaico, y adosada a la flanco este del cerro Punta Urco. El espesor aproximado es de 200 m.

El depósito, de composición dacítico (SiO_2 64.7, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 5.6), se caracteriza por ser masivo, de color gris claro a blanco amarillento cuando se encuentra ligeramente alterado (Figura 10a), matriz-soportado, soldado, y por presentar clastos de pumitas deformados (textura “fiammé”) (Figura 10b). A escala de afloramiento la ignimbrita presenta fracturas de enfriamiento columnares (Figura 10c).

Siguiendo la clasificación de Fisher y Schmincke (1984) la roca que compone el depósito se clasifica como una toba soldada de bloques y ceniza (Figura 10d y 10e). Microscópicamente (Figuras 10f y 10g) se describe como una roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa (30-17%), anfíbol (hornblenda, 5-10%), ortopiroxeno (posiblemente hiperstena, del 2-5%) y opacos.

En general los cristales se encuentran fracturados y en fragmentos aislados subhedrales. La plagioclasa, andesina, tiene zonación oscilatoria normal e inclusiones fluidas, además presenta fracturas poligonales, maclada según albita y albita-carlsbad; según la clasificación textural se pueden diferenciar dos grupos: acumulaciones glomeroporfídica, con un tamaño entre 1,75 y 2,00 mm y aquellos cristales que presentan textura tamiz y esquelética, donde el tamaño varía alrededor de 0,25 mm. El anfíbol está maclado, tiene inclusiones de opacos, ortopiroxeno y posiblemente de apatito, el tamaño varía entre 0,50 y 2,50 mm. El ortopiroxeno se encuentra en cristales aislados, subhedrales, fracturados con tamaño variable entre 0,75 y 1,00mm. Las fracturas pueden estar o no rellenas por un material isotrópico y los opacos son euhedrales.

Los fragmentos de roca presentan un avanzado estado de alteración; sin embargo, se observa que están compuestos por matriz criptocrystalina y fenocristales de opacos y anfíbol.

La matriz es vitroclástica (30-50%), está compuesta por shards deformados, con texturas de desvitrificación (esferulitas).

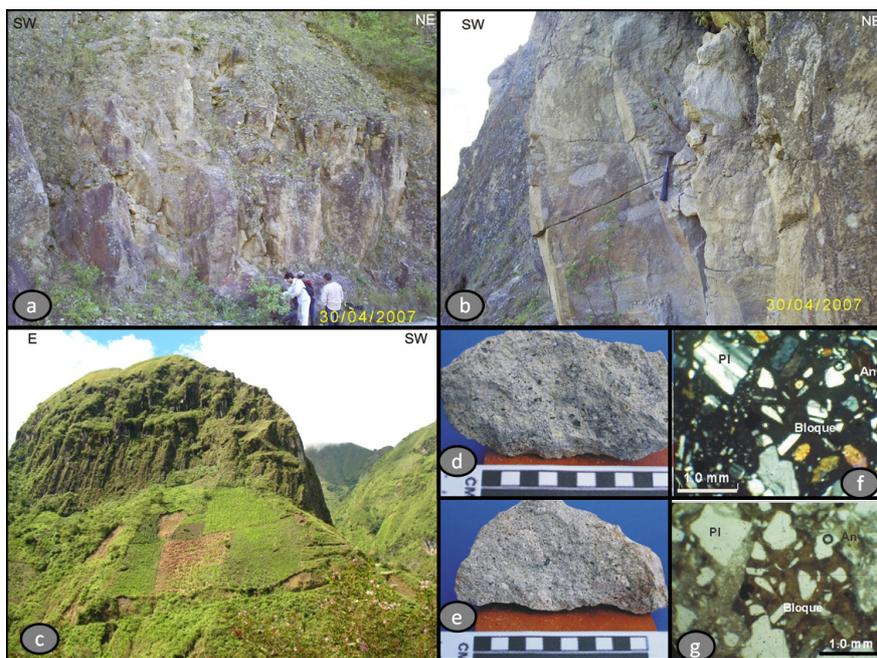


Figura 10. Ignimbrita el Auca (Qia). a) Afloramiento b) Detalle de afloramiento, se observan bloques pumíticos de 40cm alargados. c) Disyunción columnar de la ignimbrita. d) y e) Muestras de mano de la igimbrita. f) y g) Fotomicrografías con nicols cruzados y paralelos respectivamente, mostrando texturas de desvitrificación y soldamiento (Pl: plagioclasa, An: anfíbol).

3.2.1.3 Depósito de flujo de lava La Virgen (Qlv)

Aflora cerca a la vía Las Sierra-Río blanco, sobre el cañón del río Blanco, aguas arriba, en el sector de la Calera y el Cerro es de 80m y puede observarse en los dos flancos del cañón (Figuras 11a).

El flujo de lava, de composición dacítica ($\text{SiO}_2 = 65.0$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5.3$), se caracteriza por ser masivo, afanítico y de color negro, localmente presenta fracturas columnares de escala centimétrica (Figura 11b). En el sector conocido como la virgen el afloramiento se encuentra recubierto por una “costra” calcárea depositada en inmediaciones de aguas termales (temperaturas ligeramente mayores que la temperatura ambiente) y carbonatadas (Figura 11c). Además en el sector de la calera se observan texturas de mezcla de magmas (Figuras 11d y 11e).

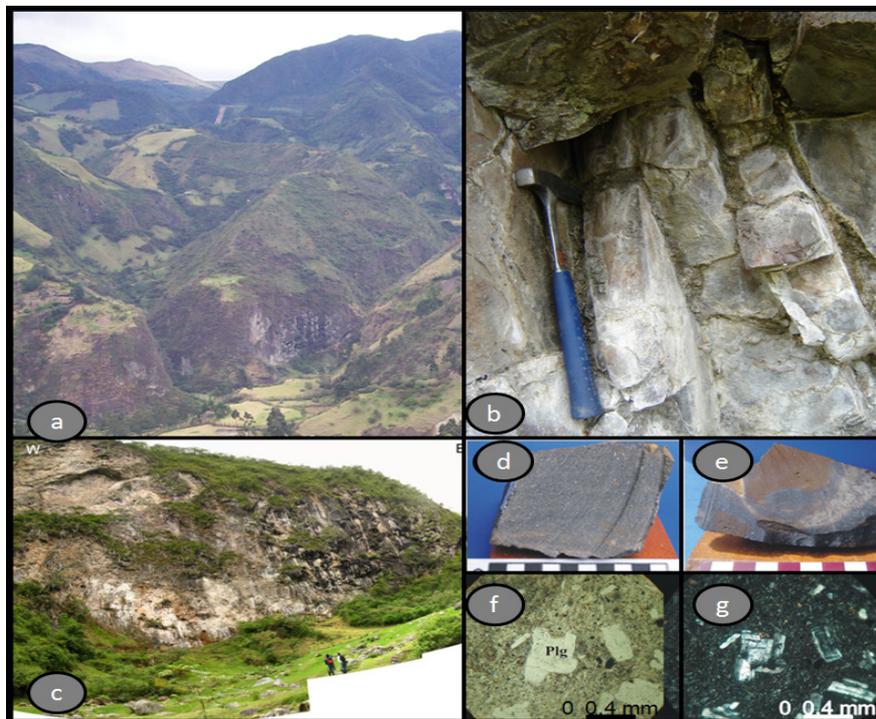


Figura 11. Depósito de flujo de lava La Virgen (Qlv). a) Cordón de lava cubierto por la Ignimbrita El Barrial. b) Fractura columnar. c) Detalle de la foto a, afloramiento de NgQlv. d) y e) muestras de mano. f) y g) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente.

Petrográficamente se describe como una roca hipocristalina micro-porfídica, compuesta por micro-fenocristales, fragmentos de roca y matriz microlítica, con textura de flujo definida por los fenocristales. Según el conteo modal la roca se compone de plagioclasa (29%),

ortopiroxeno (3%) y matriz microlítica (68%). Se observan dos poblaciones de plagioclasa, en ambos casos andesina, con inclusiones de vidrio y opacos, no fracturadas, el tamaño varía entre 0,15 y 1,50 mm, ocasionalmente presentan reemplazamiento de calcita en el interior del cristal; diferenciables por: la forma, la definición de los bordes y texturas; el primer grupo es de forma euhedral, bordes bien definidos, macla según albita y zonación oscilatoria; el segundo grupo anhedral con bordes con bahías de reacción (Figuras 11f y 11g).

El ortopiroxeno tiene inclusiones de opacos y vidrio, presenta reemplazamiento de calcita y fracturas rellenas por este mineral.

Se encontraron dos tipos de fragmentos de roca, ambos con bordes mal definidos, uno hipocristalino finogranular compuesto de plagioclasa, piroxeno y vidrio; y el otro compuesto por matriz vítrea rojiza y cristales aciculares de plagioclasa.

La matriz está compuesta por vidrio rojizo, microlitos de plagioclasa y opacos, donde estos microlitos definen la textura traquítica.

3.2.1.4 Depósito de flujo de lava El Barrial (Q1b)

Es depósito tiene una distribución restringida, encontrándolo únicamente en el sector conocido como El Barrial, en inmediaciones de la quebrada el peligro; los afloramientos son pequeños y generalmente se encuentra cubierto por vegetación, se estima que el espesor del depósito es de 20 m (Figura 12B).

En las Figura 12A y 12B se observa la morfología escarpada que forma la unidad sobre las márgenes izquierda y derecha del río blanco.

El flujo de lava, de composición riolítica ($\text{SiO}_2 = 70.8$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.5$), se caracteriza por ser masivo, bandeado, afanítico, de color negro variando a tonos de gris según el estado de alteración, tal como se puede ver en las Figuras 12 E y 12D. El análisis en sección delgada es difícil debido al alto grado de alteración, se destacan algunas plagioclasas fuertemente alteradas embebidas en una matriz con texturas de desvitrificación (Figura 12F y 12G).

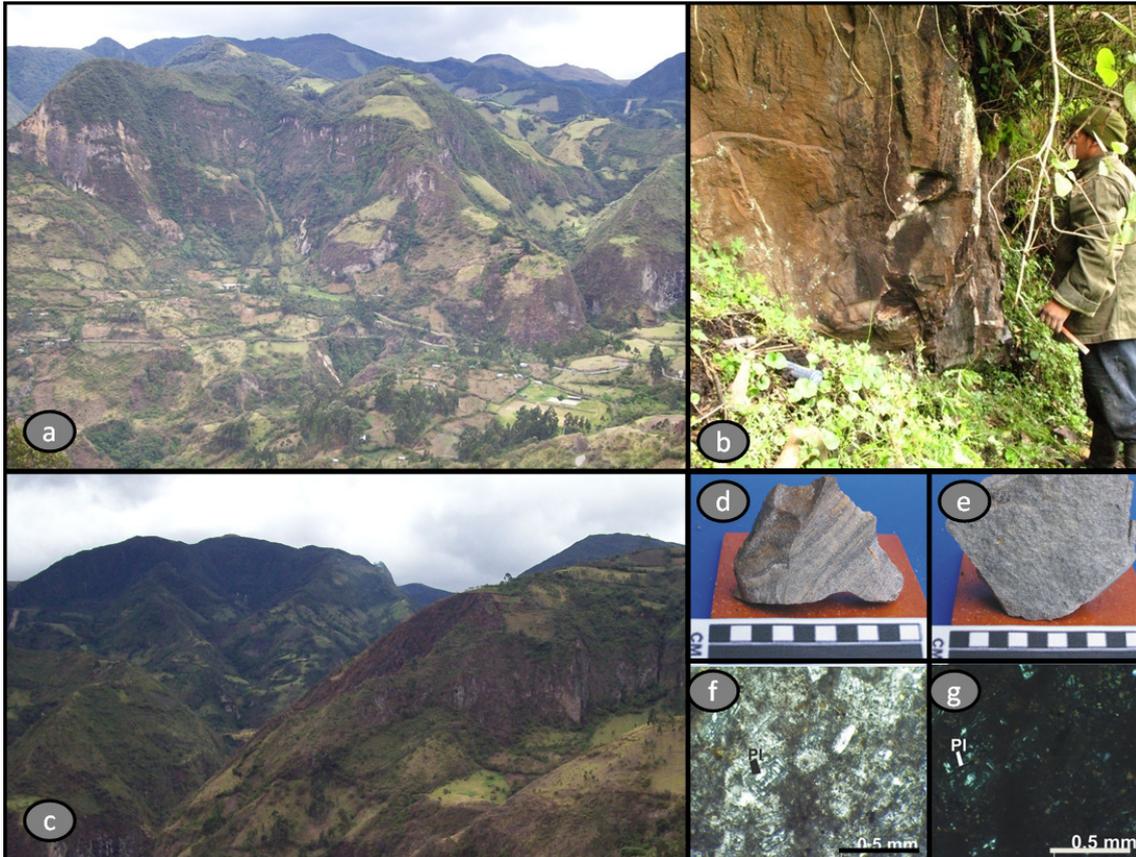


Figura 12. Depósito de Flujo de lava El barrial (Qlb). a) y c) Morfología escarpada, margen izquierda y derecha del río blanco. b) Detalle de Afloramiento. d) y e) Muestra de la mano de la lava. f) y g) Fotomicrografías con nicols paralelos y cruzados respectivamente, se observan algunas plagioclasas fuertemente alteradas (Pl: plagioclasa).

3.2.1.5 Ignimbrita El barrial (Qib)

Este depósito ignimbrítico se encuentra distribuido en inmediaciones de la quebrada el peligro en la vereda El Barrial, y sobre la vía que conduce desde el municipio de La Sierra hasta la población Río Blanco cerca al puente que cruza el río del mismo nombre. El espesor aproximado es de 20m (Figura 13a).

El depósito se caracteriza por ser masivo, de color amarillo con variación en la tonalidad según se encuentre fresca o completamente alterada (Figura 13b y 13c), matriz-soportada, el grado de soldamiento varia llegando incluso a ser únicamente endurecido. La Ignimbrita contiene bloques de lava bandeada de tamaños de hasta 40cm, la matriz es de color amarillo y tamaño ceniza (Figura 13d y 13e).

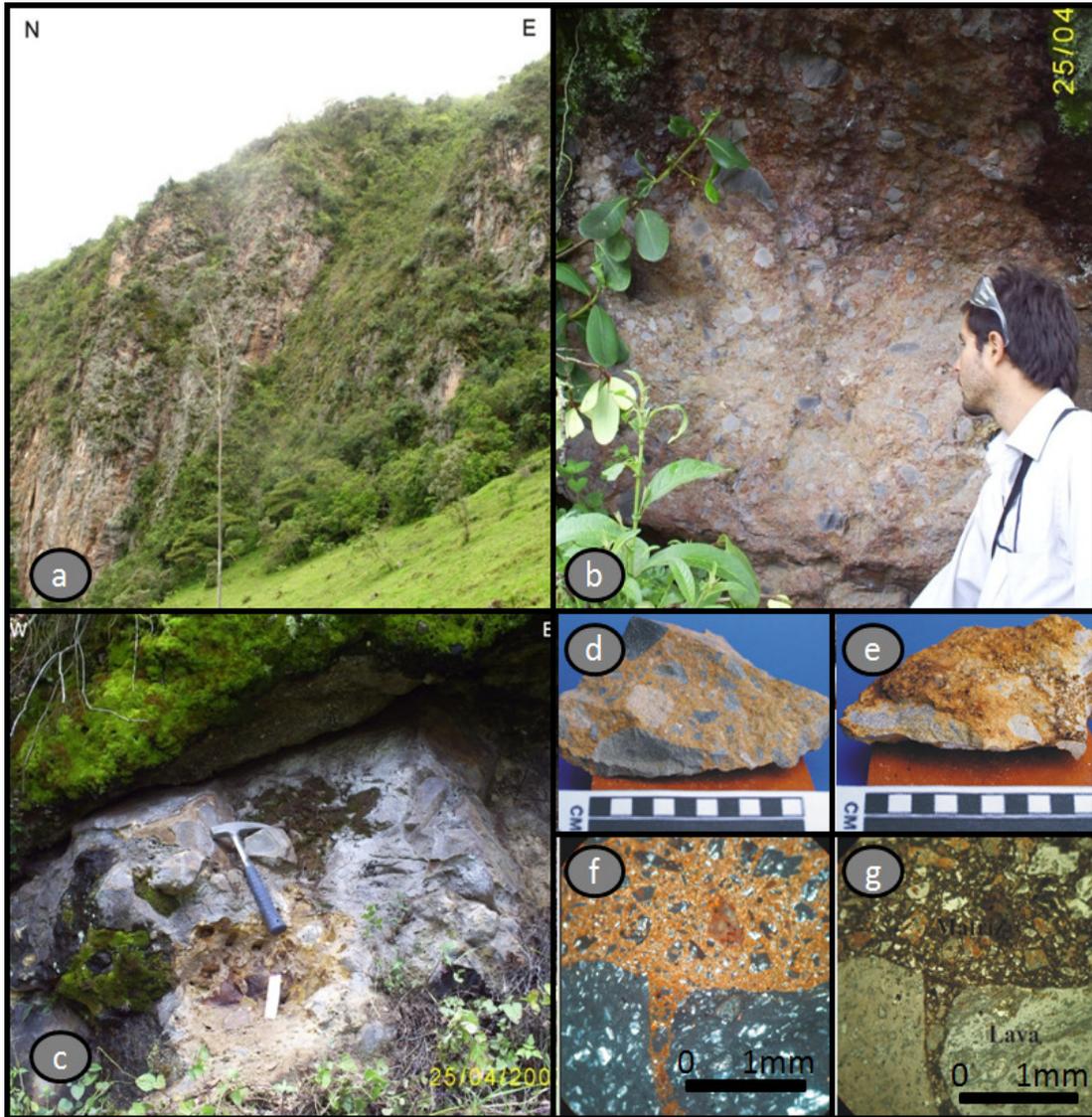


Figura 13. Igimbrita El Barrial (Qib). a) Morfología del depósito. b) bloque rodado de NgQib. c) Afloramiento fuertemente alterado. d) y e) Muestras de mano fresca y alterada respectivamente. f) y g) Fotomicrografías con nicoles cruzados y paralelos respectivamente, mostrando fragmentos de lava con bordes ligeramente corroidos embebidos por una matriz fuertemente alterada..

Petrográficamente se observa que la matriz oxidada esta compuesta principalmente por vidrio, en los bordes tanto de los fragmentos de roca como de los cristales se observan bahías de corrosión, indicando la alta temperatura que envolvió los clastos accidentales, los cristales presentan textura sieve indicando mezcla de magmas. (Figura 13f y 13g)

3.2.1.6 Depósito de flujo de lava Patena (Qlp)

El depósito de flujo de lava de la Patena se encuentra localizado sobre la vertiente noreste del cerro Patena (Figura 14a), su mejor exposición se observa sobre la vía que conduce de la población Río Blanco hacia éste cerro, entre 2730 y 2780m de altura. También aparece en la vereda Panchiuca a 2690msnm de altura. Tiene un espesor aproximado de 50m.

El flujo de lava andesítico ($\text{SiO}_2 = 57.9$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5.3$), se caracteriza macroscópicamente por una matriz afanítica de color negro, moteado de blanco (Figuras 14b y 14c), y fenocristales levemente orientados aproximadamente de 0.5cm en su eje mayor, compuestos por plagioclasa y anfíbol, hacia el techo del depósito se observa levemente escoráceo y brechoso. Localmente se observan fracturas de enfriamiento verticales.

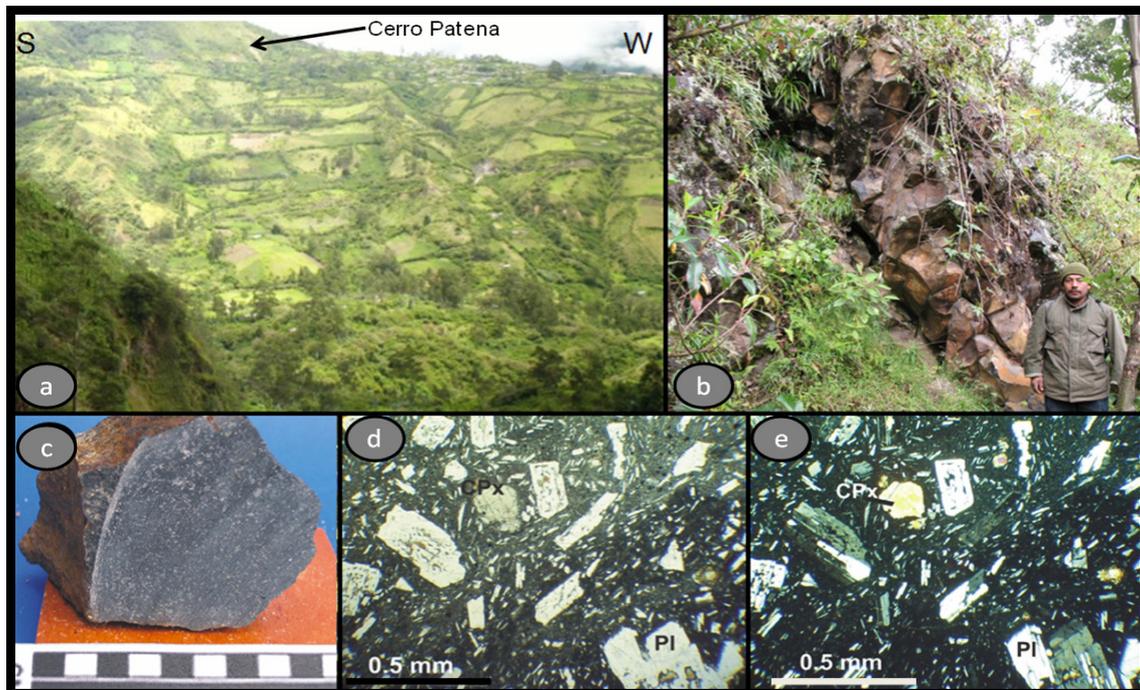


Figura 14. Depósito de flujo de lava Patena (Qlp). a) Localización del cerro Patena, obsérvese hacia el W la población Río Blanco. b) Afloramiento de lava. c) Muestra de mano. d) y e) Fotomicrografías con nicols paralelos y cruzados respectivamente, obsérvese las texturas traquita y sieve, la mezcla de magmas (CPx: clinopiroxeno, Pl: plagioclasa).

Petrográficamente es una roca hialocristalina porfídica seriada, compuesta por fenocristales y matriz microlítica. Los fenocristales están compuestos por plagioclasa, clinopiroxeno,

ortopiroxeno, opacos y como mineral accesorio calcita. La plagioclasa se encuentra maclada, la mayoría presentan bordes bien definidos, algunos de los fenocristales tienen textura esquelética con inclusiones de vidrio rojizo, el tamaño varía entre 0,5 y 1,50mm. La forma del clinopiroxeno varía de subhedral a anhedral, son muy pocos los cristales que presentan los bordes bien definidos, la mayoría se encuentran alterados en los bordes presentando alteración a arcilla (?) y calcita casi en su totalidad, el tamaño varía entre 0,5 y 3,00mm. El ortopiroxeno se encuentra en cristales aislados y formando una textura glomeroporfídica, el tamaño varía entre 0,2 y 0,4mm. Los opacos se presentan en cristales subhedrales, formando cúmulos con piroxenos; es de resaltar que también hacen parte de la matriz. La matriz presenta variación con sectores de colores más oscuros y finos y otros sectores con mayor contenido de microlitos de opacos. En la matriz se encuentran microlitos de plagioclasa y opacos, con textura traquítica. (Figuras 14d y 14e)

3.2.1.7 Ignimbrita La Quinquina (Qiq)

El depósito ignimbítico se encuentra localizado sobre la vía que de la población de Río Blanco conduce al cerro Patena y en el cerro Quinquina (Figura 15a).

El depósito de composición andesítica ($\text{SiO}_2 = 60.5$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 3.7$), se caracteriza por ser clasto soportado, endurecido y localmente soldado de color amarillento, mal seleccionado, heterolitológico cuyos fragmentos son: lavas de color gris (58%), pumitas (39%) y lavas rojas (2%) (Figuras 15b, 15c y 15d). Los fragmentos de mayor tamaño corresponden a los fragmentos de lavas y los de menor tamaño corresponden a pumitas. La matriz es vitrolítica de tamaño de grano ceniza fino a muy fino.

Petrográficamente la ignimbrita se caracteriza por estar compuesta de fragmento de roca (40%), matriz (35%) y cristales (25%) (Figuras 15e y 15f). La fase cristalina comprende: plagioclasa, ortopiroxeno y opacos, como accesorio se observa circón; la plagioclasa (15%) se encuentra altamente fracturada y en fragmentos, esta maclada según albita, los bordes presentan bahías de reacción, presenta inclusiones de opacos; el ortopiroxeno (5%) es subhedral que están fragmentados y con inclusiones de opacos; y los opacos son de forma cúbica euhedral. Matriz vitroclástica presenta textura de desvitrificación, esferulitas, está compuesta por microlitos de opacos, *shards* vítreos incoloros y rojizos.

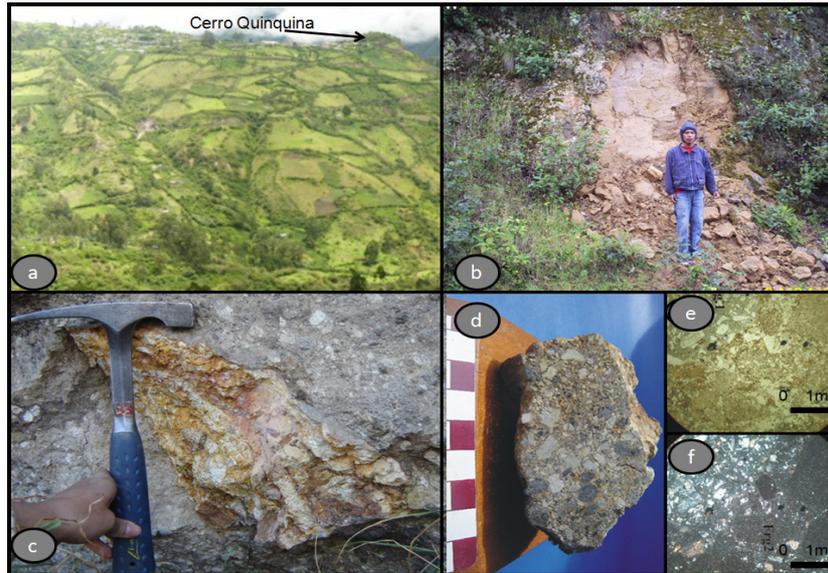


Figura 15. Ignimbrita La Quinquina (Qiq). a) Nótese el cerro remanente de formado por la ignimbrita. b) Afloramiento fuertemente alterado y afectado tectónicamente. c) Bloque de la ignimbrita dentro de un depósito posterior. d) Muestra de mano. e) y f) Fotomicrografías con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, se observan dos fragmentos líticos.

3.2.1.8 Ignimbrita Las Cabras (Qic)

La unidad aflora sobre la vía La Sierra-Río Blanco, sobre la vereda Las Cabras y el sector La Laja. A distancia se diferencian al menos 4 capas gruesas dispuestas horizontalmente, en afloramiento se observan que obedecen a una secuencia de acumulación de depósitos ignimbríticos y de ceniza. El depósito forma escarpes característicos de 80 a 100m de altura (Figuras 16a y 16b).

El depósito andesítico, ($\text{SiO}_2 = 57.4$; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 3.8$) se caracteriza por ser matriz soportado, endurecido, con selección regular y fragmentos subredondeados predominante compuestos por material pumítico (Figuras 16c y 16d), aunque localmente se observan aumento en el contenido de líticos, la dureza de la roca se considera producto del endurecimiento debido a la migración de fluidos en fase gaseosa evidenciado por chimeneas de desgasificación (Figura 16e). Localmente se observaron capas de ceniza intercaladas en las capas antes mencionadas. Lateralmente se observa una variación del material endurecido a uno deleznable, composicionalmente similar, siendo característico el alto contenido de pómez. Es posible que estas variaciones de deban a cambios de facies.

Es importante anotar que aunque el porcentaje de líticos es bajo (menor 10%), contiene fragmentos de la Ignimbrita Quinquina, por lo que se le asigna una edad posterior.

Al microscopio petrográfico observa que esta roca está compuesta por matriz (58%), fragmentos pumíticos (31%) y líticos (3%), una fase cristalina fragmentada (8%) (Figuras 16f y 16g). La matriz está conformada por vidrio y microlitos de plagioclasa, anfíbol y opacos muy fragmentados y dispuestos aleatoriamente; los fragmentos pumíticos se presentan grandes fragmentos, tienen vesículas y cristales de anfíbol y plagioclasa; en los bordes externos el material está deformado presentando textura fiammé; los fragmentos líticos corresponden a una roca de matriz vítrea con fenocristales de plagioclasa y anfíbol (Ignimbrita); y la fase cristalina está compuesta por: plagioclasa: cristales subhedrales, muy fracturados, y están maclados según Albita, anfíbol: cristales subhedrales - anhedrales que hace parte del material juvenil, opacos: cristales ahedrales aislados en la matriz.

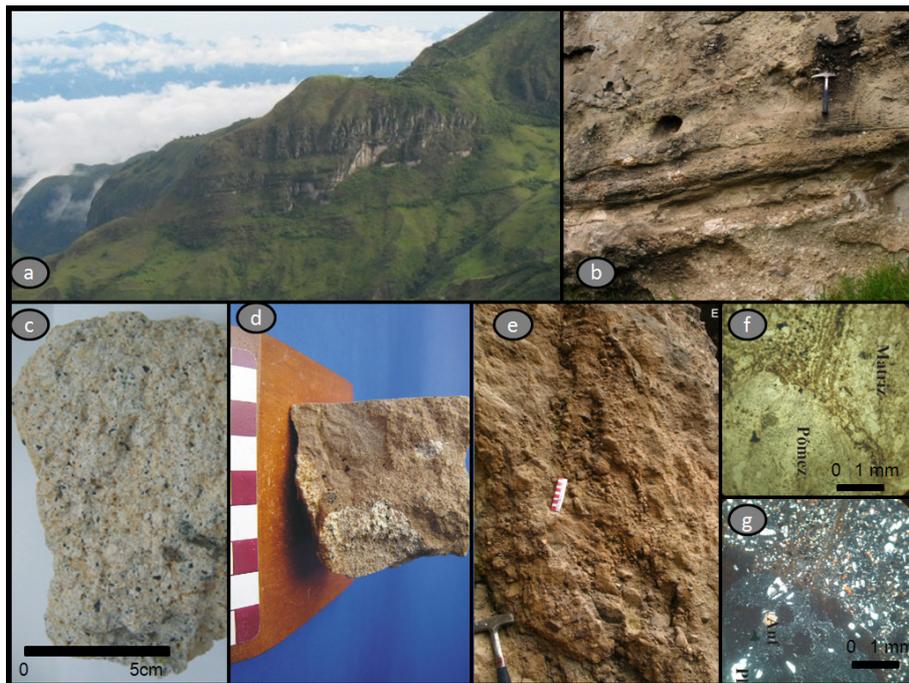


Figura 16. Ignimbrita Las Cabras (Qic). a) Morfología de la ignimbrita, observe los niveles horizontales que la componen. b) Afloramiento mostrando variaciones al interior del depósito. c) Muestra de mano de pómez, obsérvese el tamaño y abundancia de los anfíboles. d) Muestra de mano, obsérvese la relación matriz fragmentos. e) chimenea de desgasificación. f) y g) Fotomicrografías con nicols paralelos y cruzados respectivamente, se observan fragmentos pumíticos dentro de una matriz vítrea (Pl: plagioclasa, An: anfíbol).

3.2.1.9 Cenizas y Lapilli de Caída (Qc)

Si bien el depósito se encuentra hacia la parte sur de la zona de estudio y cubre una mínima de área pequeña, se observa una amplia distribución hacia el sur-sureste fuera de la zona de trabajo. La mejor exposición se localiza en la parte alta del Cerro La Patena, a una altura de 2880msnm, sobre el camino que comunica a este cerro con la población de Río Blanco (Figura17a).

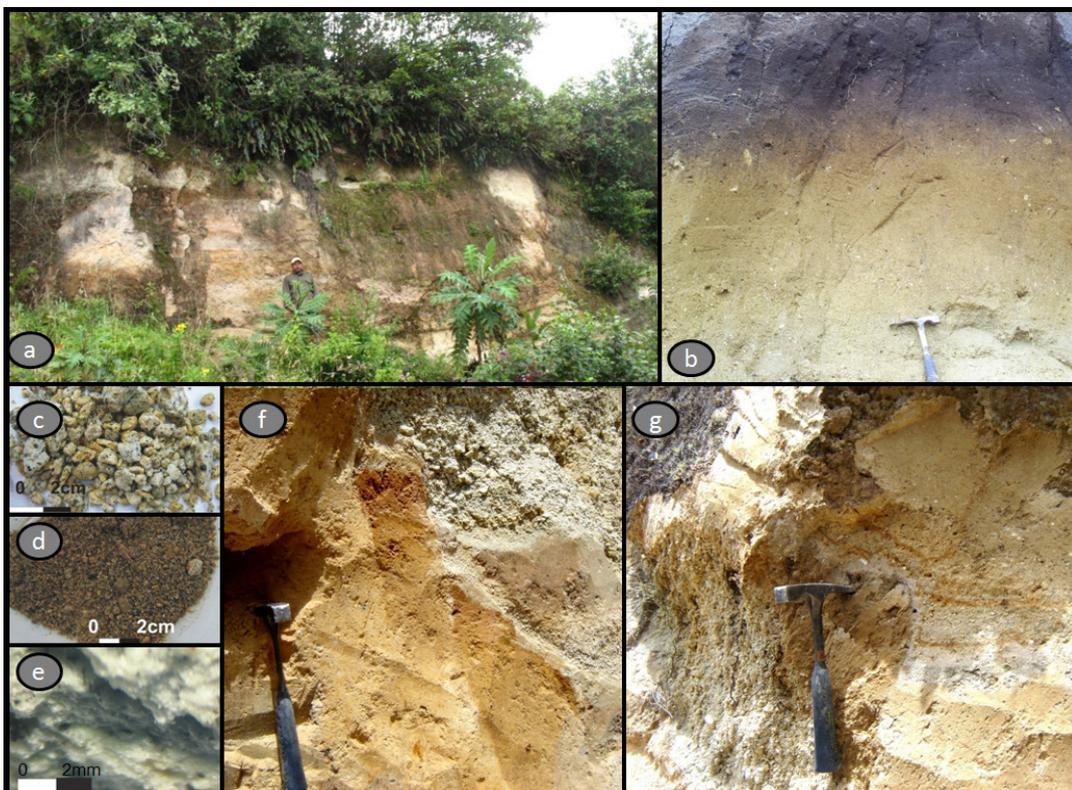


Figura 17. Cenizas y Lapilli de Caída (Qc). a) Afloramiento en el sector del cerro Patana, para referencia la persona mide 1,7 m. b) Afloramiento mostrando la coloración típica del depósito. c) y d) muestras representativas de los diferentes niveles mostrando variaciones granulométricas y de coloración. e) Fotomicrografía en lupa binocular de un fragmento de pómez, nótese es aspecto ligeramente fibroso. f) y g) Niveles afectados tectónicamente, para referencia el martillo mide 28 cm.

El depósito de cenizas de caída, está conformado por nueve capas de ceniza y lapilli cuyo espesor varía 10 y 40cm, de color amarillo (Figura 17b), aunque algunos niveles son de color gris, en general los niveles son deleznales, bien seleccionados, compuestos por pómez, fragmentos de líticos grises y cristales (cuarzo, biotita, vidrio meteorizado y plagioclasa). El tamaño de los fragmentos varía entre 0,1 y 2,00 cm (Figuras 17c y 17d), las pómez son de color blanco, pueden estar cubiertas superficialmente por una pátina amarillenta, ligeramente fibrosas, con cristalitas de biotita o anfíbol (Figura 17e). El contacto entre los niveles es neto.

Localmente el depósito se encuentra afectado por fallas en dirección noroeste verticales con desplazamientos de 12cm (Figuras 17f y 17g).

3.2.1.10 Depósito de flujo de escombros La Virgen (Qev)

En el sector de Mambiloma, y cerca al cruce de la vía La Sierra-Río blanco con el río Blanco, se encuentran remanentes de un depósito de flujo de escombros relleno morfologías de depósitos anteriores (Figuras 18a y 18b)

El depósito se describe como clasto soportado, de color blanco amarillento, ligeramente endurecido, mal seleccionado, compuesto por fragmentos angulares cuyo tamaño varía entre 5 y 20cm de lavas porfídicas rojas (3%) y grises (89%) y pórfidos rojos (8%), embebidos en una matriz lítica, de tamaño de grano arena fina (Figura 13c). Localmente el depósito se encuentra cubierto por una pátina originada por depositación calcárea, observable incluso petrográficamente como fracturas de la lava rellenas por calcita. También en algunos lugares se encontró evidencia de pequeños represamientos posiblemente asociados flujo de escombros (Figura 13d).



Figura 18. Depósito de flujo de escombros La Virgen (Qev). a) Depósito adosado a unidades más antiguas. b) Detalle de Afloramiento, bloques de tamaño centimétrico. c) Flanco lateral del depósito. d). Depósito lagunar originado por represamiento.

3.2.1.11 Depósito de Lahar (QI)

Este depósito se encuentra como remantes asilados, en forma de terraza adosados a las paredes que conforman el valle del río Blanco y hasta 10km aguas debajo después de la confluencia de los ríos Blanco y Guachicono. El mejor afloramiento se encuentra en el sector Peña de La Virgen, allí el depósito alcanza 8 m de espesor y sobre el cañón del río Guachicono las terrazas superan los 20 m de espesor (Figuras 19a y 19b).

El depósito de lahar se caracteriza por ser matriz soportado, moderadamente endurecido, mal seleccionado, con fragmentos subangulares compuestos por lavas afaníticas rojas, lavas porfídicas rojas y grises. La matriz es de color pardo rosado, lítica y tamaño de grano arena media a fina (Figura 19 c). De acuerdo con el contenido de matriz y siguiendo el esquema

planteado por Smith y Lowe, (1991) en Pulgarín (2000), el depósito se clasifica como un flujo de escombros diluido a flujo de lodo, contiene matriz que equivale al 52,8% peso (Figuras 20a y 20b).



Figura 19. Depósito de Lahar (QI). a) Y b) Morfología de remantes formando terrazas sobre el río Guachicono. c) Afloramiento del depósito endurecido y mal seleccionado.

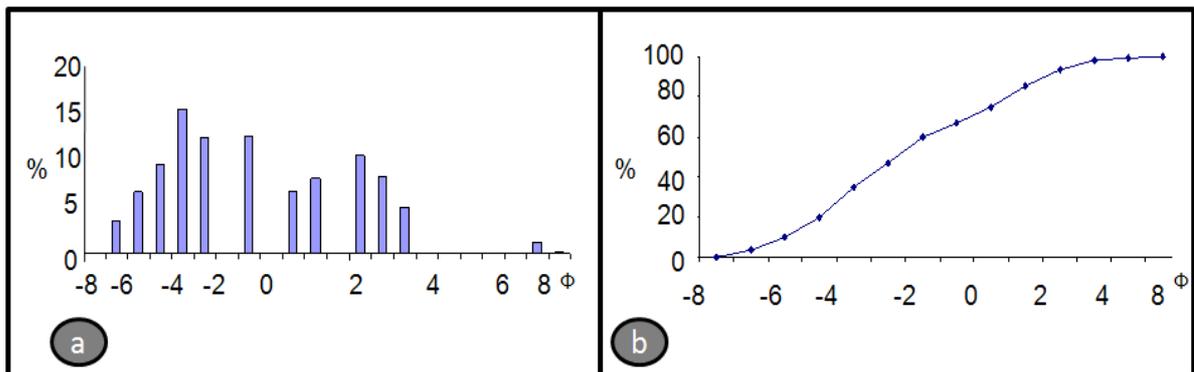


Figura 20. Granulometría obtenida para el Depósito de Lahar. a) Histograma % peso. b) Diagrama de la frecuencia acumulada en % peso.

3.2.1.12 Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (Qfbc)

El depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza es canalizado por el río blanco se encuentra formando terrazas bajas a lo largo del valle de dicho río; su mejor exposición es sobre la vía La Sierra-Río Blanco en inmediaciones del sector El Barrial. Al flujo piroclástico que origino este depósito se asocia también una oleada piroclástica seca localizada hacia la población de Río Blanco y el cerro Patena (Figura 21a).

El depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza se caracteriza por ser clasto-soportado, mal seleccionado, de color gris rojizo, deleznable (Figura 21a). Los fragmentos subangulares, están compuesto principalmente por andesitas ($\text{SiO}_2 = 63.9$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 11.4$) porfídicas, de coloración gris y roja, cuyo tamaño promedio son 10cm pero que pueden alcanzar 1m de diámetro (Figura 21b, 21c y 21d), al microscopio se observa que estos fragmentos están compuestos por cristales euhedrales predominantemente de plagioclasa y opacos embebidos en una matriz microlítica con textura de flujo (Figuras 21e y 21f). La matriz es lítico-cristalina tamaño ceniza medio a grueso. Hacia el techo del depósito de observan pequeñas chimeneas de desgasificación.

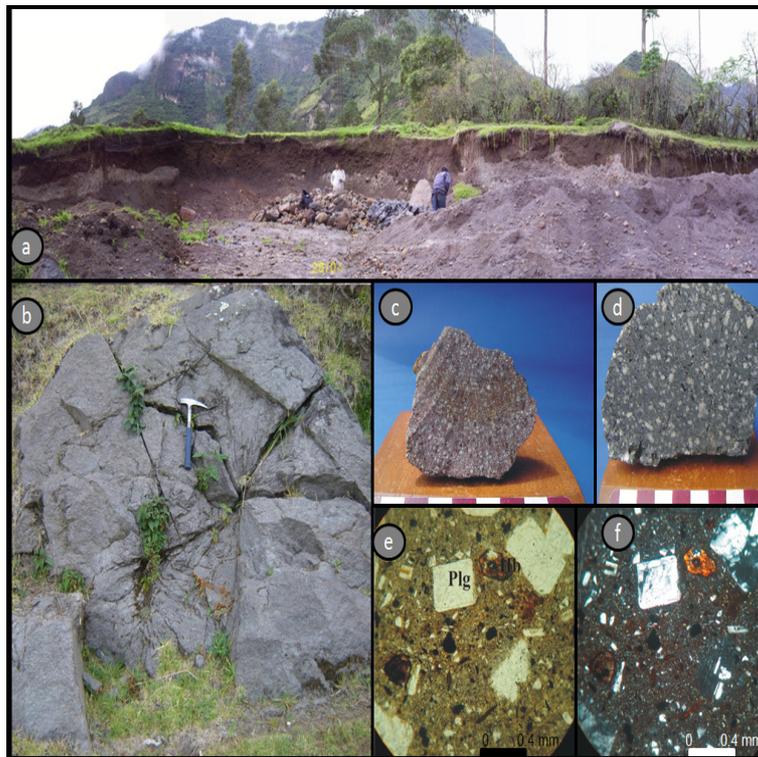


Figura 21. Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza (Qfbc). a) Afloramiento sobre la vía La Sierra-Río Blanco en inmediaciones al río Banco. b) Fragmento de tamaño métrico. c) y

d) Muestras de mano de fragmentos rojo y gris. e) y f) Fotomicrográficas con nicoles paralelos y cruzados respectivamente.

El depósito de oleada piroclástica se caracteriza por presentar laminaciones cruzadas (Figura 22b) y paralelas, al interior de las capas que componen dichas estructuras, se observa que los componentes son predominantemente líticos están bien seleccionados, angulares, el tamaño de grano varía de capa a capa desde ceniza fina a lapilli fino (Figuras 22c y 22d). Es común encontrar madera carbonizada.



Figura 22. Depósito de oleada asociada a Qfbc. a) Afloramiento en el sector de la patena, nótese la madera carbonizada. b) Estratificación cruzada. c) Muestra tamizada. d) Fotomicrografía en lupa binocular.

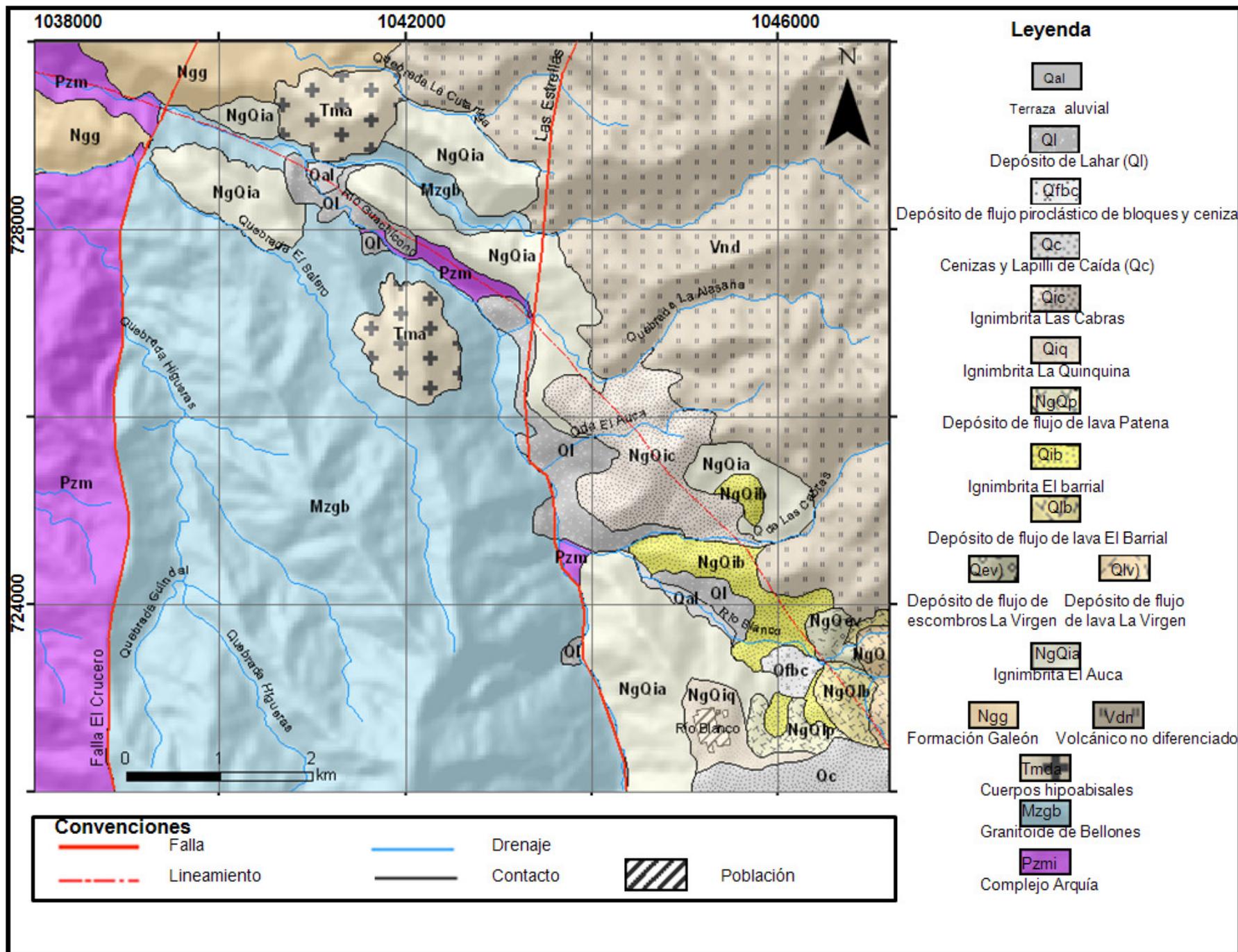


Figura 23. Mapa geológico de la zona de estudio.

3.2.2 Correlaciones estratigráficas.

La estratigrafía se construyó a partir de las columnas estratigráficas levantadas en campo (anexo 3) donde se identificaron contactos y características físicas de los depósitos, y rasgos geomorfológicos; criterios que permitieron comparar los depósitos volcánicos encontrados y plantear relaciones estratigráficas.

Los contactos entre las unidades son fallados, discordantes, netos horizontales o laterales, y transicionales en el caso de los piroclastos de caída. Las características físicas se describen en el capítulo anterior. Sin embargo, es de destacar la importancia de la identificación de fragmentos accidentales, pues su identificación y asociación a una unidad pre-existente resultó importante para establecer la relación temporal entre unidades que no fueron observadas en contacto. Como rasgos geomorfológicos se utilizó la identificación de superficies adosadas, la altura de los depósitos y el grado de incisión de los depósitos.

La fotografía (Figura 24) ilustra la relación entre algunos de los depósitos volcánicos hallados sobre el valle del río Blanco, en el sector de Mambiloma. Antes de la confluencia de los ríos Blanco y Negro aflora la unidad Lava La Virgen, la cual forma un cordón de poco espesor cuya dirección es oriente-occidente y cuya distribución es restringida, ésta es cubierta por el depósito de mayor altura en el sector.

La unidad Ignimbrita El Barrial, se encuentra depositada suprayaciendo unidades más antiguas, como la mencionada anteriormente, aflora a ambas márgenes del río blanco formando lomas altas que exhiben fuerte incisión y son limitadas por escarpes verticales.

Se pueden apreciar, además, algunas relaciones de laterales, en cuyo caso se establece la posición estratigráfica relativa siguiendo un criterio de altura, siendo el más joven el depósito más bajo. El depósito más alto adosado es la unidad Ignimbrita Las Cabras, un poco más bajo y como pequeños remanentes aflora la unidad de lahar y finalmente formando una terraza baja, no disectada se encuentra la unidad de Depósito de Flujo Piroclástico.

En la figura 25, se presenta un modelo esquemático en tres dimensiones (Figura 24), que muestra la distribución, la posición estratigráfica y los contactos observados de los depósitos volcánicos y las unidades litológicas consideradas basamento. Se muestran dos cortes en direcciones norte-sur y oeste-este, que posibilitan una visión general de la zona estudiada en términos estratigráficos.



Figura 24. Fotografía del sector de Mambiloma, ilustra rasgos geomorfológicos de las diferentes unidades.

En el corte en dirección norte-sur, se muestra la relación entre las diferentes unidades que conforman el basamento, en contacto fallado se encuentran el Complejo Arquía y el Granitoide de Bellones, en contacto intrusivo se encuentran el Granitoide de Bellones y uno de los cuerpos hipoabisales, y en se deposita la Formación Galeón. Se deposita sobre el basamento la unidad Ignimbrita El Auca, y hacia la cuenca del río Blanco se encuentran en contacto erosivo las unidades Ignimbrita El Barrial e Ignimbrita Las Cabras, sobre estas se deposita la unidad Depósito de Lahar. Rellenando el actual valle del río Blanco se encuentra la unidad de Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza.

En el corte en dirección oeste-este, se muestra la unidad Depósito de flujo de lava La Virgen depositada directamente sobre el basamento (Complejo Arquía) e infrayaciendo las unidades Ignimbrita El Auca, Ignimbrita El Barrial e Ignimbrita Las Cabras. Entre las dos unidades ignimbríticas superiores se encuentra un depósito de flujo de lava que corresponde a la Unidad Lava Patena. Se observa además, suprayaciendo la unidad Ignimbrita Quinquina la unidad Ceniza y Lapilli de Caída (constituida por niveles cada uno de estos en contacto transicional) sobre la que se desarrolla un paleosuelo que infrayace la unidad Depósito de Flujo piroclástico de bloques y ceniza.

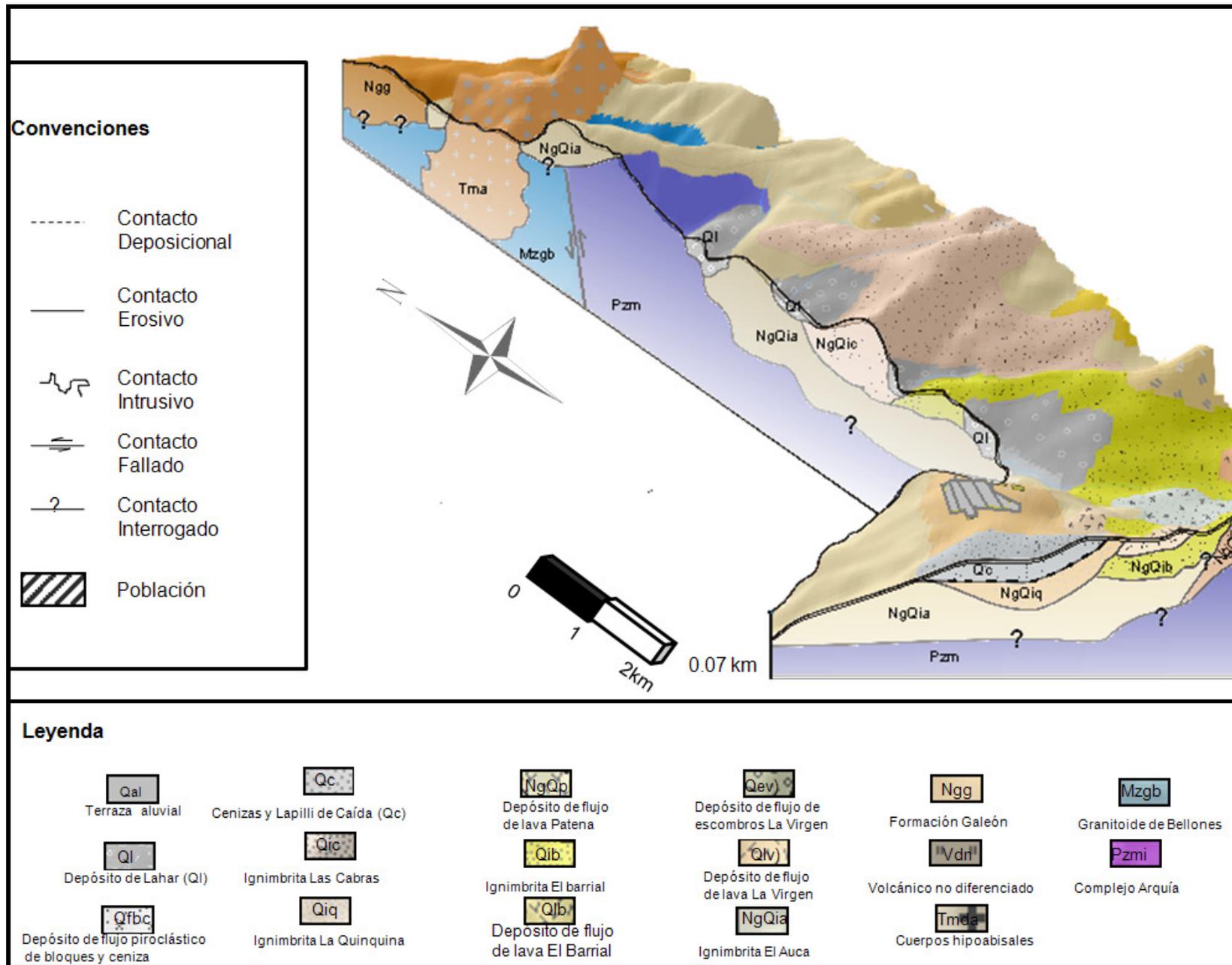


Figura 25. Modelo estratigráfico del área de estudio.

3.3 Geoquímica

Se analizaron 27 muestras que corresponden a las unidades: Depósito de Flujo Piroclástico, Caídas de Ceniza y Lapilli, Ignimbrita Las Cabras, Ignimbrita Quinquina, Depósito de Flujo de Lava Patena, Depósito de Flujo de Lava Barrial, Depósito de Flujo de Lava El Barrial, Depósito de Flujo de Lava La Virgen e Ignimbrita El Auca. La Tabla 2 sintetiza los resultados analíticos de óxidos mayores y de los elementos trazas V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr (ver resultados analíticos en la Tabla 2).

Como se mencionó, en el capítulo 1, las muestras se seleccionaron buscando que no fueran meteorizadas y que fueran representativas estratigráficamente, sin embargo, algunas de éstas presentan altos valores L.O.I (loss on ignition). Este valor representa el contenido total de volátiles, H₂O, CO₂ y S, es decir indica el grado de alteración de las muestras (alteración hidrotermal, meteorización química o procesos metamórficos), el valor límite para el laboratorio es menor de 1% de L.O.I, se considera que las muestras donde se supera este valor (unidades: Caídas de Ceniza y Lapilli e Ignimbrita Quinquina) es debido a meteorización química; en el caso de las muestras de caídas piroclásticas se aceptan los datos de las 7 muestras que superan el valor límite, ya que los resultados no varían significativamente respecto al total de muestras analizadas de la unidad. La muestra ignimbrita sin embargo debe ser tratada como una guía, pues no existen valores comparativos, que permitan establecer su confiabilidad y si el valor L.O.I es muy alto.

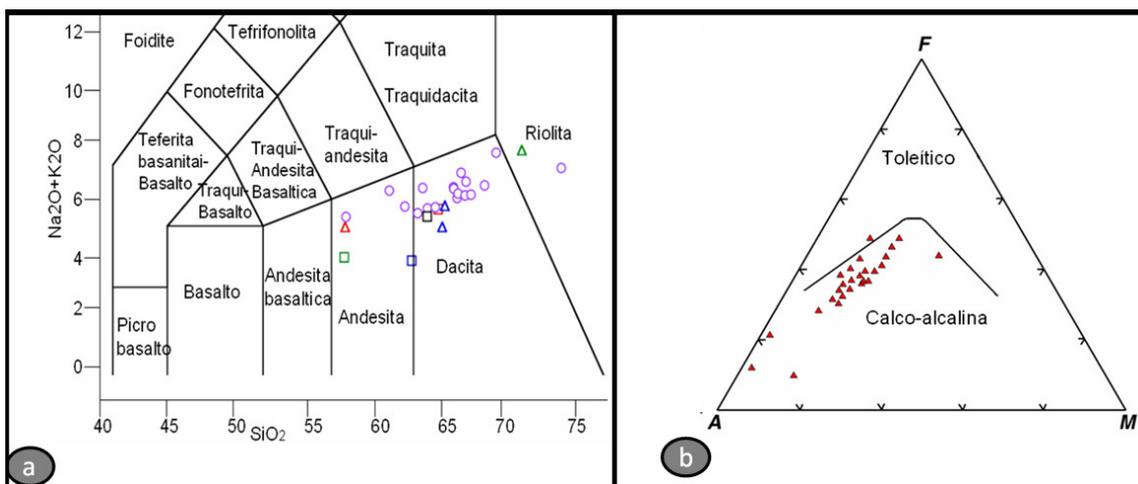


Figura 26. a) Diagrama AFM de clasificación (Después de Le Bas *et al*, 1986). b) Diagrama AFM para las muestras estudiadas (Según Irvine y Barragar, 1971 en Le Maitre, 2002).

De acuerdo a los resultados del análisis de elementos mayores realizados en roca total (Tabla 2) se clasifican las muestras de los depósitos volcánicos (Figuras 26a y 26b) utilizando los diagramas TAS (Después de Le Bas *et al*, 1986 en Le Maitre, 2002) y AFM (Irvine y Baragar, 1971 en Le Maitre, 2002), como andesitas, dacitas y riolitas de la serie calco-alcalina. Dos de las rocas analizadas son ligeramente altas en potasio (Figura 27), el diagrama SiO₂ vs. K₂O (Después de Meddmost, 1975 en Le Maitre, 2002).

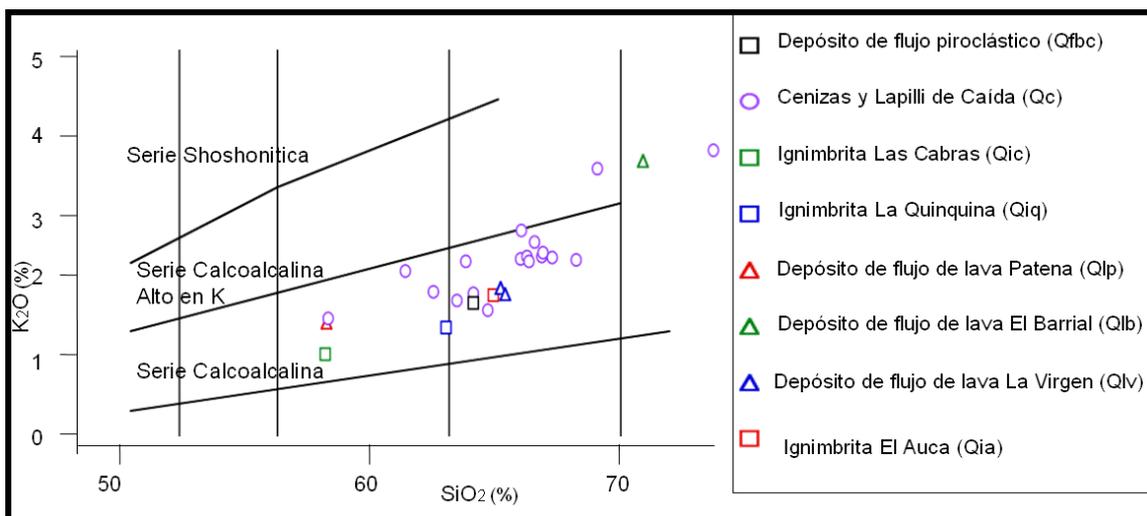


Figura 27. Diagrama de variación de SiO₂ vs K₂O (Después de Meddmost, 1975 en Le Maitre, 2002).

En los diagramas Harker, que muestran la relación de cada uno de los óxidos formados con tales elementos y el SiO₂. Se observa un patrón lineal de pendiente negativa conformado por los óxidos de TiO₂, Fe₂O₃, MnO, MgO, y CaO y no siendo tan claro establecer un comportamiento lineal de los óxidos de Al₂O₃, Na₂O y P₂O₅, donde se observa mayor dispersión (Figura 28).

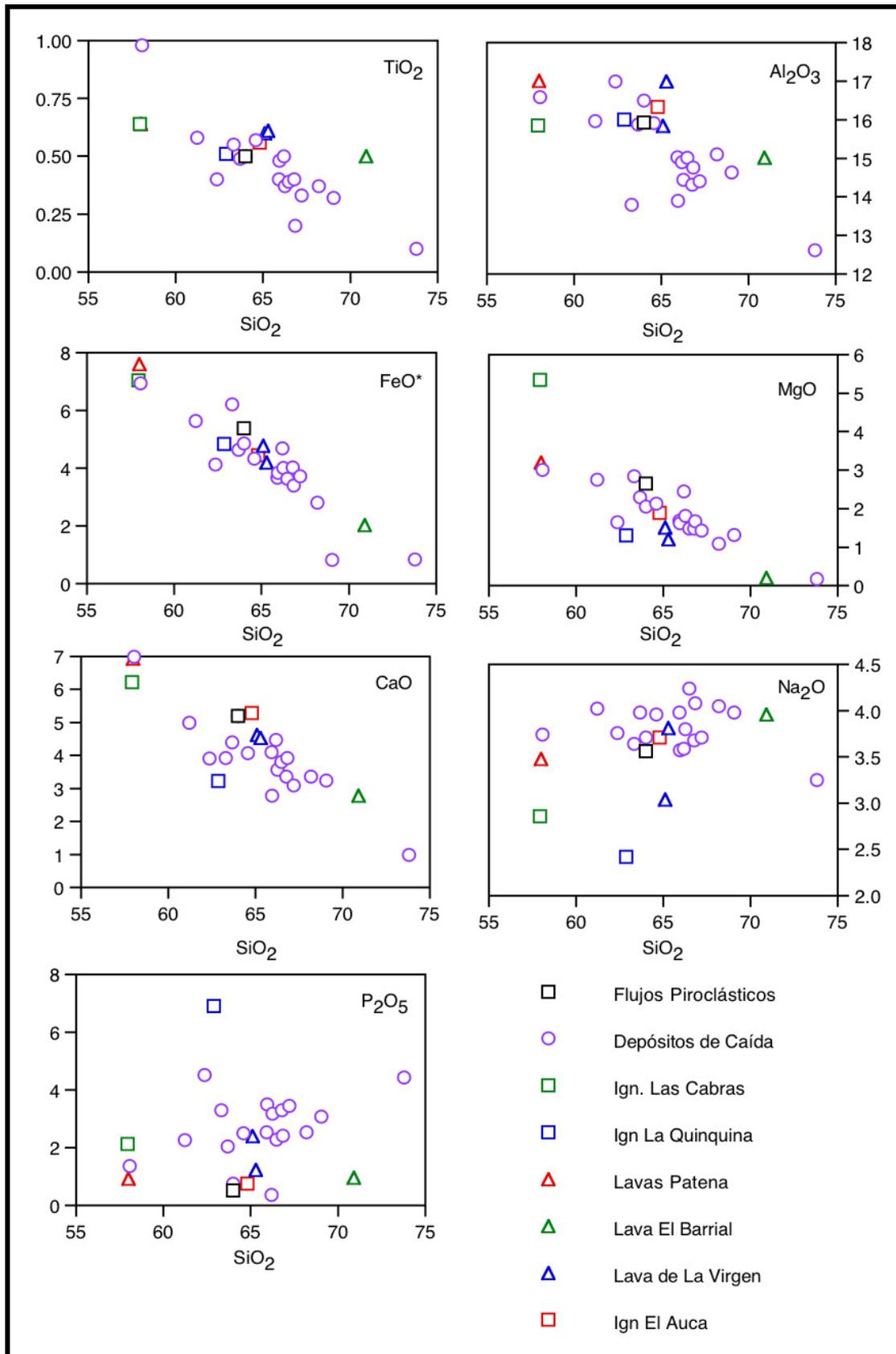


Figura 28. Diagramas Harker para las muestras analizadas.

R
e
c
i
e
n
t
e

A
n
t
i
g
u
o

Unidad	Muestra	Wt %											
		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI
Flujo Piroclástico	LHSW018b	63,94	0,50	15,92	3,83	1,93	0,13	2,64	5,19	3,56	1,75	0,52	0,08
	LHSW011a	63,66	0,50	16,42	4,50	0,78	0,09	2,05	5,17	3,69	1,86	0,76	0,52
	JLSW015a	72,85	0,10	12,45	0,47	0,40	0,10	0,18	0,98	3,20	3,61	4,37	1,28
	JLSW013e	63,36	0,49	15,80	2,32	2,53	0,10	2,29	4,37	3,97	2,26	2,03	0,48
	JLSW015c	68,18	0,31	14,45	0,49	0,38	0,09	1,30	3,20	3,93	3,38	3,04	1,25
	JLSW015d	65,42	0,37	14,26	2,14	2,03	0,08	1,80	3,52	3,76	2,24	3,14	1,25
	LHSW014d	64,23	0,57	15,83	2,03	2,48	0,10	2,12	4,05	3,94	1,65	2,47	0,54
	LHSW014g	60,29	0,57	15,73	3,03	2,83	0,12	2,71	4,91	3,96	2,11	2,23	1,50
	LHSW014i	62,48	0,54	13,61	5,38	1,28	0,13	2,80	3,87	3,59	1,76	3,26	1,30
	LHSW015d	60,73	0,39	16,55	2,99	1,33	0,10	1,60	3,80	3,66	1,84	4,39	2,62
	JLSW015g	66,33	0,33	14,23	2,33	1,58	0,09	1,41	3,05	3,66	2,29	3,41	1,29
	LHSW015f	65,54	0,48	13,82	3,15	0,98	1,39	1,61	2,77	3,54	2,64	3,48	0,61
	LHSW015g	67,72	0,36	15,00	1,28	1,63	0,09	1,09	3,33	4,03	2,27	2,52	0,67
	LHSW018e	66,29	0,38	14,97	0,70	3,00	0,10	1,48	3,79	4,23	2,50	2,27	0,28
	LHSW019a	57,98	0,98	16,57	5,84	1,68	0,18	3,01	6,97	3,73	1,56	1,36	0,14
	LHSW022b	65,70	0,40	14,98	2,87	1,08	0,10	1,68	4,07	3,96	2,30	2,53	0,32
	JLSW013e	66,06	0,50	14,87	4,28	0,83	0,10	2,44	4,46	3,59	2,33	0,36	0,18
Ignimbrita Las Cabras	JLSW036a	57,39	0,63	15,70	6,78	0,88	0,18	5,30	6,16	2,83	1,10	2,10	0,94
Ignimbrita La Quinquina	LHSW023a	60,50	0,49	15,40	4,30	0,78	0,05	1,25	3,10	2,33	1,38	6,64	3,76
Flujo de lava Patena	JLSW009a	57,95	0,64	17,00	5,56	2,58	0,15	3,20	6,92	3,48	1,50	0,93	0,10
Flujo de lava El barrial	JLSW032b	70,78	0,50	14,98	1,21	0,93	0,03	0,20	2,77	3,95	3,52	0,95	0,18
Flujo de lava de la Virgen	LHSW008a	65,04	0,60	16,93	2,21	2,18	0,06	1,20	4,51	3,80	1,86	1,23	0,38
	JLSW021a	64,80	0,60	15,76	1,29	3,58	0,09	1,50	4,59	3,03	1,93	2,38	0,46
Ignimbrita El Auca	JLSW040a	64,69	0,56	16,30	2,53	2,18	0,10	1,89	5,27	3,70	1,85	0,75	0,18

	Unidad	Estación	Wt (%)										
			V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb
R e c i e n t e	Flujo Piroclástico	LHSW018b	34,00	16,00	10,00	6,00	4,00	26,00	54,59	376,86	131,66	1260,32	1,40
	C a d a s d e C e n i z a y L a p i l l i	JLSW015h	44,00	10,00	8,00	4,00	4,00	30,00	84,55	399,69	149,88	1687,03	1,40
		LHSW011a	60,00	20,00	10,00	2,00	12,00	34,00	52,51	396,55	134,35	1528,24	1,20
		JLSWO15a	1,00	1,00	8,00	2,00	2,00	6,00	150,49	159,19	116,34	2344,11	1,80
		JLSW013e	50,00	10,00	8,00	4,00	4,00	26,00	60,65	423,73	169,41	1327,23	< 1
		JLSW015c	36,00	6,00	8,00	4,00	2,00	32,00	110,57	430,45	216,15	1499,27	< 1
		JLSW015d	40,00	6,00	8,00	4,00	2,00	28,00	80,54	398,75	160,79	1646,52	1,20
		LHSW014d	42,00	6,00	12,00	4,00	4,00	30,00	63,74	435,82	149,67	1322,95	1,40
		LHSW014g	66,00	8,00	10,00	6,00	4,00	32,00	44,88	459,98	188,69	1128,52	< 1
		LHSW014i	70,00	12,00	12,00	6,00	2,00	36,00	61,04	325,01	236,31	1239,39	1,20
		LHSW015d	46,00	8,00	10,00	6,00	4,00	30,00	49,67	407,84	193,63	1288,13	1,40
		JLSWO15g	38,00	6,00	8,00	4,00	2,00	26,00	101,72	483,12	172,85	2544,93	2,20
		LHSW015f	44,00	4,00	12,00	4,00	4,00	34,00	71,31	321,62	193,11	1633,87	3,60
		LHSW015g	32,00	2,00	8,00	4,00	2,00	22,00	51,52	418,49	153,27	969,35	1,20
		LHSW018e	42,00	6,00	12,00	4,00	2,00	34,00	91,78	443,92	165,05	1536,32	< 1
		LHSW019a	138,00	2,00	16,00	6,00	52,00	54,00	46,15	462,18	169,15	1305,81	8,40
		LHSW022b	38,00	6,00	10,00	4,00	2,00	24,00	67,81	432,86	142,90	1332,85	< 1
		JLSW013e	62,00	10,00	12,00	4,00	4,00	30,00	60,57	428,42	150,06	1472,69	3,00
	A n t i g u o	Ignimbrita Las Cabras	JLSW036a	38,00	12,00	14,00	6,00	8,00	22,00	30,21	372,34	136,72	919,19
Ignimbrita La Quinquina		LHSW023a	62,00	10,00	8,00	2,00	22,00	52,00	52,10	474,43	187,71	1391,35	4,60
Flujo de lava Patena		JLSW009a	132,00	4,00	16,00	8,00	50,00	36,00	39,92	479,65	104,33	1006,76	1,00
Flujo de lava El barrial		JLSW032b	44,00	12,00	6,00	2,00	8,00	52,00	125,58	329,36	311,13	2195,32	1,20
Flujo de lava de la Virgen		LHSW008a	80,00	6,00	10,00	2,00	6,00	38,00	57,72	385,44	112,70	1572,91	2,20
		JLSW021a	64,00	6,00	8,00	2,00	8,00	56,00	60,28	374,62	121,34	1442,21	1,20
Ignimbrita El Auca	JLSW040a	62,00	18,00	6,00	2,00	10,00	36,00	57,64	440,88	111,04	1517,02	< 1	

Tabla 2. Datos obtenidos para elementos mayores, menores y trazas en roca total, de muestras de las unidades identificadas en el área de estudio.

3.4 Geocronología

Se cuenta con una datación $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en biotita, ubicada en la base de la columna. La muestra fue analizada en el laboratorio CICESE. El tamaño de la muestra es 00.1863 g, en la tabla 3 se reportan las temperaturas a las que se colectó cada fracción, las edades individuales, la edad integrada (t_i), la edad de meseta (t_p) y la edad de isócrona (t_c), la mejor estimación de la edad se resalta en negrillas. En la Figura 29 se muestra el espectro de edad, diagrama $^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$ (equivalente a la razón Ca/K de la muestra) y diagrama de correlación: $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ versus $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ de donde se calcula la edad de isócrona.

T (°C)	F ³⁹ Ar	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	Edad (Ma)	% ⁴⁰ Ar	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K	t (Ma)	t (Ma)	t (Ma)	SumS+(n-2)/n
600	0,1117	-0,03 ± 0,08	-0,16 ± 0,5	-0,33	294,52	0,029				
700	0,1156	0,09 ± 0,09	0,52 ± 0,55	1,58	300,25	0,16				
800	0,2481	0,04 ± 0,04	0,24 ± 0,26	0,99	298,45	0,12				
900	0,2413	0,02 ± 0,05	0,12 ± 0,27	0,62	297,33	0,14				
1050	0,211	0,17 ± 0,05	0,98 ± 0,31	3,51	306,25	0,22				
1200	0,0622	0,16 ± 0,17	0,97 ± 1,03	2,43	302,86	0,26				
1350	0,01	-2,68 ± 1,11	-15,9 ± 6,59	-2,19	289,18	2,078	0,24 ± 0,18	0,24 ± 0,18	0,24 ± 0,18	295 0,45/3

Tabla 3. Reporte de las edades obtenidas en el calentamiento por etapas obtenidas por el laboratorio.

El resultado obtenido en el concentrado de biotita, debe considerarse como una guía debido al alto contenido de argón atmosférico (~99.3%). La edad obtenida para la unidad Ignimbrita el Auca es de 0.24±0.18 Ma, esta ignimbrita se considera la base de la secuencia volcánica estudiada.

3.5 DISCUSION

A partir de las unidades litológicas y las relaciones estratigráficas halladas en el capítulo anterior, se hace la correlación de las columnas de campo (Figura 29) para obtener la columna generalizada de la zona de estudio (Anexo 3) y plantear una hipótesis de la historia evolutiva del vulcanismo en la región. En términos generales se observa una intercalación de flujos ignimbríticos y lavas de espesores considerables, seguido por depósitos de flujos piroclásticos de menor espesor y más recientes, tal como se describe a continuación.

En contacto discordante sobre el basamento se encuentra la unidad Ignimbrita El Auca que constituye la base de la secuencia volcánica en la zona, se caracteriza por formar escarpes a ambos márgenes del río Guachicono. En medio del valle del río Blanco, labrado sobre esta unidad ignimbrítica, se emplazaron dos cordones de lava denominados Depósito de Flujo de Lava La Virgen y Depósito de Flujo de Lava El Barrial, cuya erosión formó los escarpes que actualmente encausan el río Blanco, estos cordones se diferencian petrográfica y químicamente.

La unidad Ignimbrita El Barrial se encuentra en contacto erosivo suprayaciendo a las unidades de depósitos de flujo de lava, antes mencionadas, e incorporando fragmentos de estos; además cubre gran parte de la zona de estudio y forma lomas altas de cima redondeada en dirección este-oeste.

En el sector del cerro La Patena aflora una unidad, el Depósito de Flujo de Lava La Patena, infrayacida por la unidad Ignimbrita El Barrial y suprayacida por la unidad Ignimbrita Quinquina; hacia el techo la lava presenta textura brechosa y el contacto con la unidad que la cubre es erosivo.

Aunque no se observó el contacto entre las unidades Ignimbrita Quinquina e Ignimbrita Las Cabras, si se encontró un fragmento accidental dentro de la Ignimbrita de las Cabras asociado a la unidad que suprayace el Flujo de Lava La Patena, por lo cual se considera que la Ignimbrita Las Cabras es posterior. Ambas unidades ignimbríticas se encuentran cubiertas por la unidad Ceniza y Lapilli de Caída sobre la cual se desarrolla un paleosuelo.

Las unidades que rellenan el valle del río Blanco son: el Depósito de Flujo de Escombros La Virgen, del cual se preservan algunos remanentes altos en el sector de Mambiloma, y un Depósito de Lahar que forma pequeñas terrazas a lo largo de los ríos Blanco y Guachicono con una altura aproximada de 30 m, estas terrazas son de menor altura que los remanentes dejados por el

deposito de flujo de escombros. Se encuentra, también, una terraza baja no disectada formada por el Depósito de Flujo Piroclástico cuya oleada piroclástica asociada alcanza la población de río blanco y el cerro la patena depositándose sobre el paleosuelo formado a partir de los piroclastos de caída.

En síntesis, se identificaron once unidades de origen volcánico diferenciables litológica y químicamente, ocho de ellas se asocian al volcán Sotará teniendo en cuenta la distribución y rasgos geomorfológicos, sin embargo para las unidades Ignimbrita Las Cabras, Ignimbrita Quinquina y Cenizas y Lapilli de Caída se contemplan otras fuentes tal como se verá más adelante.

Separando las unidades mencionadas, se obtiene una columna generalizada caracterizada por dos etapas definidas a partir del tipo de depósitos y el volumen de los mismos. La etapa inicial (T_1) agrupa depósitos ignimbríticos y flujos de lava, capaces de transportarse entre 7 y 11 km desde el volcán Sotará y cuyos espesores oscilan entre 0.05 y 0.100 km, los volúmenes de los remanes aflorantes calculados a partir de la cartografía elaborada no supera 0.4 km^3 , sin embargo, es razonable pensar que el volumen inicial sobrepasara 10 km^3 si se supone una cobertura homogénea desde el volcán y un área trapezoidal con ápice dirigido hacia el mismo. La etapa dos (T_2) agrupa los depósitos más recientes, caracterizados por presentar menor volumen y menor distribución dentro del área de estudio, los depósitos alcanzan espesores promedio de 0.02 km y están compuestos por un flujo de lava, que marca el inicio de esta etapa, seguido de depósitos de flujos piroclásticos y lahares.

Estas etapas describen un patrón lineal de enriquecimiento en Na_2O y K_2O y empobrecimiento en Fe_2O_3 y CaO , teniendo en cuenta el contenido de agua en las muestra (L.O.I) se utilizan, adicionalmente, los diagramas Rb/Zr y Sr/Zr (Figura 30) donde se observa las misma tendencias. Esto permite plantear una evolución a partir de diferenciación-cristalización fraccionada (Wilson, 1989), donde inicialmente cristaliza piroxeno + anfíbol + plagioclasa, seguido por la cristalización de anfíbol + plagioclasa \pm biotita. La recarga de la cámara magmática se plantea a partir de los patrones de T_1 y T_2 , y las texturas petrográficas que evidencian desequilibrio (texturas de mezcla de magmas, cúmulo-porfídica, embahamiento, reabsorción y tamiz) al interior de la cámara magmática.

Estudios anteriores (Acevedo y Cepeda, 1982; Marín-Cerón, 2004) establecen un alto grado de diferenciación de los depósitos lávicos asociados al volcán Sotará variando desde andesita

basáltica hasta dacita (Figura 31), estableciendo una predominancia de andesita basáltica-andesita durante el plioceno y andesita-dacita durante el pleistoceno.

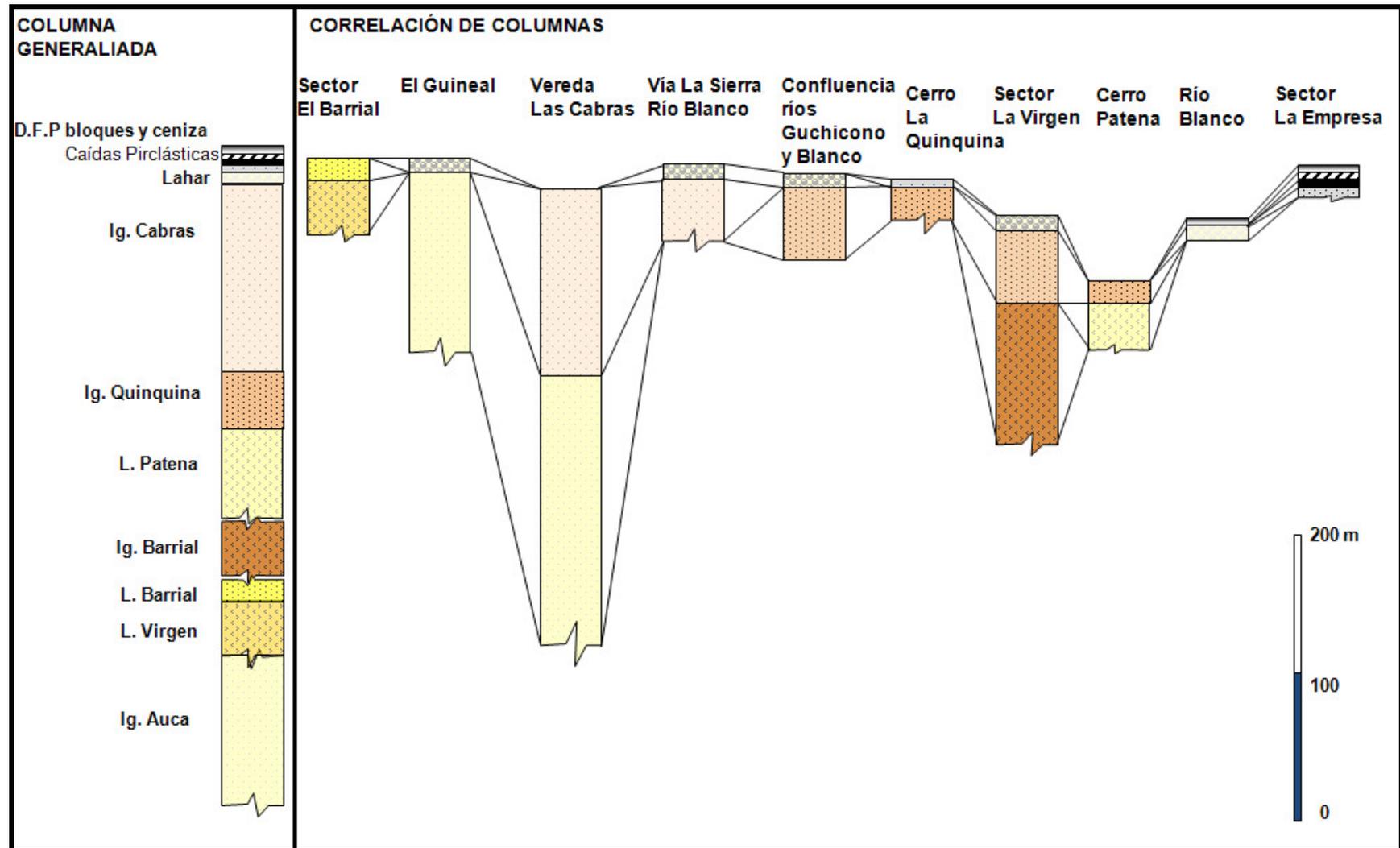


Figura 29. Correlación de Columnas estratigráficas

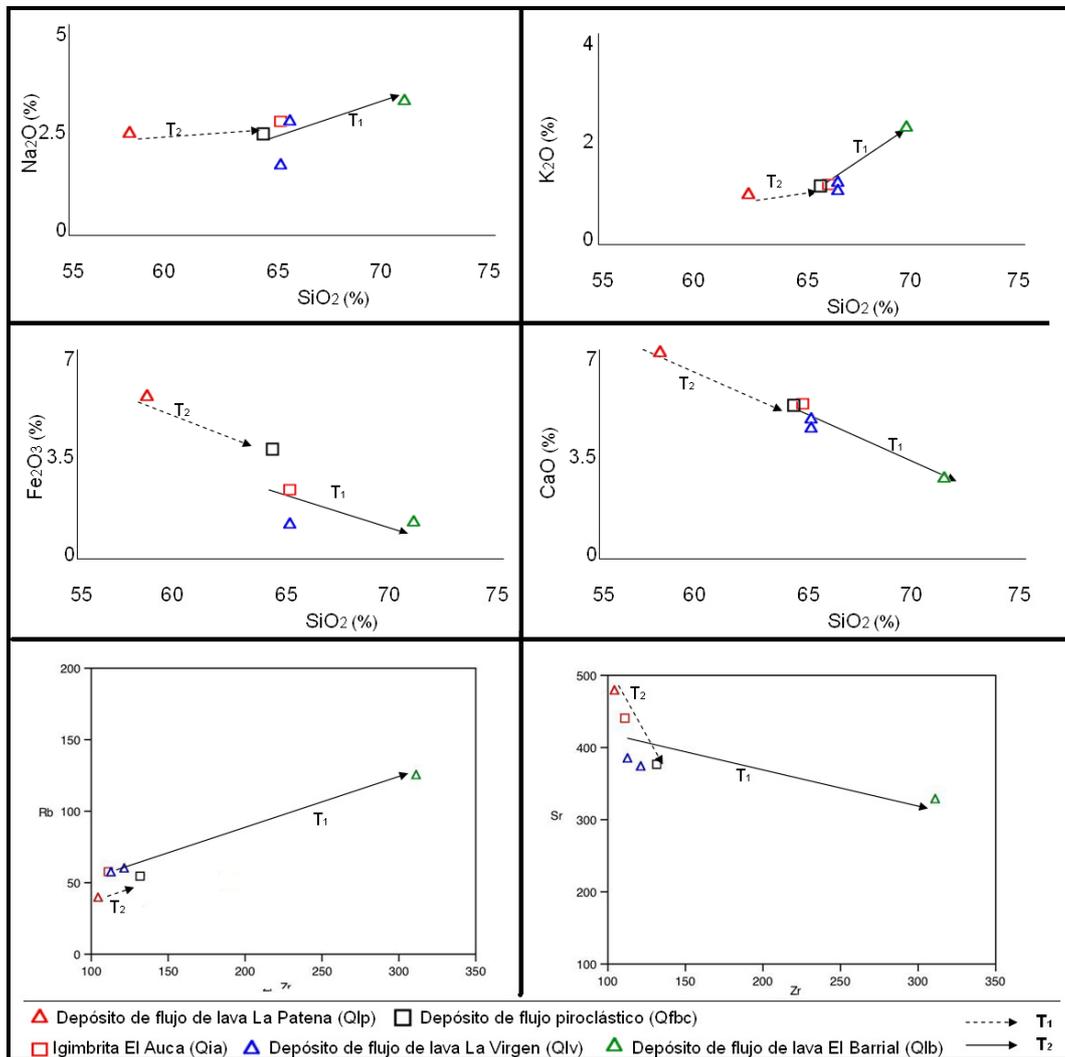


Figura 30. Análisis químico de muestras asociadas al volcán Sotará.

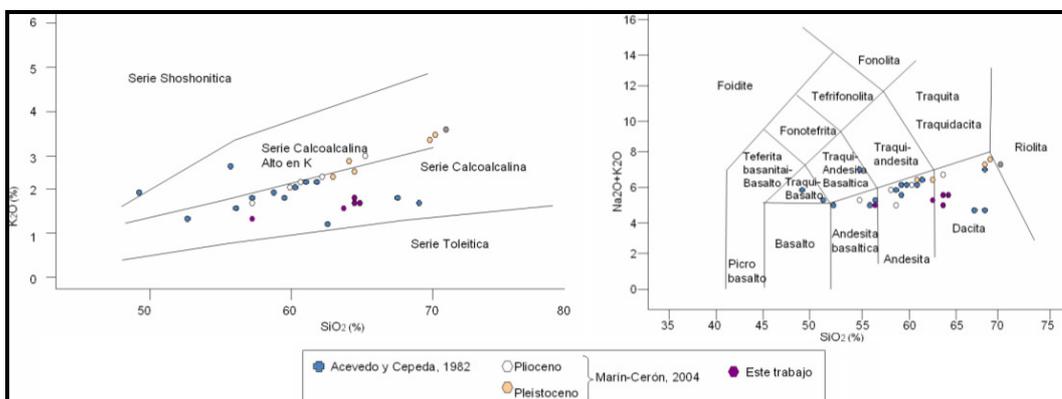


Figura 31. Comparación muestras de los depósitos estudiados y muestras de otros estudios (Acevedo y Cepeda, 1982; Marín-Cerón, 2004).

Los depósitos Ignimbrita La Quinquina, Ignimbrita Las Cabras, y Cenizas y Lapilli de Caídas, presentan homogeneidad composicional y características físicas de los fragmentos de pómez similares. Estos depósitos presentan continuidad en dirección sureste de la población de Río Blanco, es de resaltar que las caídas piroclásticas se presentan dentro del área estudiada de manera muy localizada; por lo anterior se considera que estas unidades están relacionadas genéticamente entre ellas, y es posible que su origen se asocie al volcán Sucubún o Cerro San Alfredo localizado a localizado 10 km al SSE del Volcán Sotará. El volcán Sucubún hace parte de la caldera Cuatanga a la que se asocian grandes volúmenes de depósitos ignimbriticos localizados en el departamento del Huila (Kronenberg *et al*, 1981).

A escala regional se conocen algunos cuerpos intrusivos de composición andesítica y dacítica de edad neógena, antecesores al vulcanismo estudiado; existen también algunas dataciones de depósitos más recientes que el fechado en esta investigación, asociados a centros eruptivos que conforman el Complejo Volcánico Sotará (CVS) de Acevedo y Cepeda (1982), tal como se detalla en la Tabla 4. La datación de 0.24 Ma obtenida en este estudio corresponde a la unidad ignimbritica más antigua de la zona estudiada; se considera que las unidades recientes asociadas al volcán Sotará son posiblemente de edad holo-pleistocena, pues los procesos erosivos que las afectan son incipientes.

Datación	Mineral	Lugar	Método	Referencia
0.24 + 0.1 Ma	Biotita	Río Blanco	Ar-Ar	Este trabajo
0.52 Ma	Obsidiana	Cerro Negro*	Trazas de fisión	OLADE, 1995
0.58 Ma	Obsidiana	Cerro Azafatudo**	Trazas de fisión	OLADE, 1995
0.69 Ma	Obsidiana	Cerro Azafatudo*	Trazas de fisión	Doriguel en Bellot-Culert, 2008
6±1 Ma	biotita	Suárez	K/Ar	Álvarez et al, 1978
8 ± 3 Ma	hornblenda	La Vega	K/Ar	Álvarez y Linares 1979

Tabla 4. Compilación de edades relacionadas al vulcanismo estudiado. * Obsidianas asociados a un centro eruptivo, ** obsidiana asociada a un centro eruptivo cercano a cerro negro, por localización geográfica se supone es el Cerro Azafatudo.

Conclusiones

Se identificaron once unidades de origen volcánico diferenciables litológica y químicamente, ocho de ellas se asocian al volcán Sotará teniendo en cuenta la distribución y rasgos geomorfológicos.

Los depósitos Ignimbrita La Quinquina, Ignimbrita Las Cabras, y Cenizas y Lapillo de Caídas, presentan homogeneidad composicional y características físicas similares de los fragmentos de pómez. Teniendo en cuenta su distribución se separan de los depósitos asociados al volcán Sotará, planteando como posibles fuentes volcanes localizados mas al sur. Sin embargo es necesario estudios mas detallados para obtener criterios concluyentes al respecto.

Se definen dos etapas eruptivas para el volcán Sotará, las mas antigua (T1) esta compuesta por una intercalación de flujos ignimbríticos y de lavas de espesores considerables; y la etapa mas reciente (T2) seguida por depósitos de flujos piroclástico de menor espesor y más recientes, que se describe a continuación.

En los análisis petrográficos es común encontrar texturas de mezcla de magmas, reabsorción y tamiz que evidencian recarga de la cámara magmática, siendo ésta un posible mecanismo eruptivo.

Si bien, en estudios anteriores y en éste, se presentan variaciones composicionales en los depósitos analizados, no se puede establecer una correlación entre dichos trabajos al corresponder a áreas carentes de relaciones estratigraficas claras. Por lo que no es posible plantear una evolución completa para el volcán Sotará.

El volcán Sotará es un volcán activo, con fuentes termales y fumarolas actualmente monitoreadas, del que no se conoce registro histórico de la actividad y al que se asocian depósitos ignimbríticos, lávicos y de flujos Piroclásticos desde el Pleistoceno.

5 BIBLIOGRAFÍA

Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, y la academia de ciencias de la republica federal alemana. 1982. Alexander von Humboldt en Colombia. Extractos de sus diarios. Publicismo y Ediciones. Bogotá.

Acevedo, A. P. y Cepeda H. 1982. El volcán Sotaró Geología y Geoquímica de elementos mayores. Publicación Geológica Especial de Ingeominas. No 10.

Álvarez, J. y Linares, E. 1979. Edad K/Ar del stock granitoide de la quebrada Las Minas, Municipio d la Vega, Cauca. Publicacion Especial Geológica. Departamento de Ciencias d la Tierra – Fac. De Ciencias. Universidad nacional de Colombia. No 21

Álvarez, J., Orrego, A., Botero, G., Linares, E. 1978. Determinación de edad K/Ar del Stock de Suarez – Cauca. Publicación Especial Geológica. Departamento de Ciencias d la Tierra – Fac. De Ciencias. Universidad nacional de Colombia. No 11.

Barreto, S. G. 2004. Tomografía sísmica de atenuación Qc en el volcán Puracé, departamento del Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado. Bogotá. 62 p.

Bellot-Gurlet, L., Dorigel, O, Poupeau, G. 2008. Obsidian provenance studies in Colombia and Ecuador: obsidian sources revisited Journal of Archaeological Science 35. 272-289p.

Boussingault, J. B. 1892. Mémoires. Tome I. Chamelot et Renouard, París, 288 p. (tomado de: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/memov1/memov18b.htm>)

Case, J. E., Duran, L. G., Lopez, A., Moore, W. R. 1971. Tectonic investigation in western Colombia and Estern Panama. Geological Society of America Bulletin. V. 82. 2685-2712 p.

DANE. 2005. Resultados censo general.

Droux, A. y Delaloye, M. 1996. Petrography and geochemistry of plio-quaternary calc-alkaline volcanoes of southwestern Colombia. Journal of Southamerica earth sciences. Vol 9. No 1-2. 27-44 p.

Fabre, A. 2005. Diccionario etnolingüístico y guía bibliográfica de los pueblos indígenas Sudamericanos. YANACONA.

Freymueller, J. T., Kellogg, J. N., Vega, V. 1993. Plate motions in the North Andean Region. Journal of geofisical research, Vol. 98. No B12. 21,853-21,863 p.

Garzón, G., 1997. Catálogo de fuentes termales del suroccidente colombiano. INGEOMINAS. 48 p.

Grosse, E. 1935. Acerca de la geología del sur de Colombia II. Compilación de estudios oficiales en Colombia. Bogotá. Tomo II. 139-231p-

Gustscher, M.A., Malavieille, J., Lallemand S., Collot, J.Y. 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. Earth and Planetary Science Letters. Vol. 168. 255-270p.

Hall, M. L. and Wood, C.A. 1985. Volcano tectonic segmentation of the northern Andes. Geology. V 3. 203-207p.

Hedberg, H. D. 1980. Guía estratigráfica internacional. Editorial Reverté. España. 162p.

Hubach, E. y Alvarado, B. 1934. Geología de los departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón. Informe N 87. Biblioteca Ingeominas. Bogotá. 99-117 p.

Hubach, E. 1957. Unidades estratigráficas de Colombia (Enumeración regional, de más reciente a más antiguo). Servicio Geológico Nacional, inf. 1212. Bogotá. 165p.

INVIAS, 2006. Red vial Nacional. Territorial No. 8, Cauca. Instituto Nacional de Vías. (http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/01_general/mapas/contenidos/15042008/08_cauca.jsp#)

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal of Earth Science, v 8. 523 – 548p.

Jarma F. E y Leguizamo T. R. 1977. Tectonica y su relación con la vulcanología, en el municipio de Rosas (Dolores). Cauca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 149 p.

Kellogg, J. N., Vega, V. 1995. Tectonic development of Panamá, Costa Rica, And the Colombian Andes: Constraints from global positioning system geodetic studies and gravity. Geological Society of America.

Kronenberg, S., Leon, L. A., Pastana, J. M., Pessoa, R. M. 1981. Ignimbritas plioleistocenas en el SW del Huila, Colombia y su influencia en el desarrollo morfológico. CIAF 6. N 1-3 213-314p.

Kronenberg, S. G., Pichler, H., Diederix, H. 1982. Cenozoic Alcalibasaltic to ultrabasic volcanism in the upper most Magdalena Valley, southern Huila department, Colombia. *Geologia Norandina*. N. 5. 19-26 p.

Le Maitre, R. W. 2002. Igneous rocks, classification and glossary of terms. 2ND edition. IUGS. Cambridge.

Manjarres, G. y Nicholls, E., 1958. Obsidiana en el municipio de Sotará, Departamento del Cauca. Servicio Geológico Nacional de Colombia, Informe 1312, 8 p.

Marín-Cerón, M.I., Moriguti, T., Nakamura, E. 2008. Andesite magma generation at the Quaternary volcanic arc of southwest Colombia. ISAG. 310-314p.

Marín-Cerón, M. I., 2004. Geochemical variation of late Cenozoic volcanic rocks in time and space, southwestern Colombia. Master thesis, Graduate School of Science, Shimane University, Japan. 105 p

Marín-Cerón, M.I., Moriguti, T., Nakamura, E. 2010

Méndez, R., Monsalve, M.L., Toro, G.H. 1997. Vulcanismo en el segmento norte de la Cordillera central de Colombia: guía de excursión. Informe interno INGEOMINAS. Manizales . 43p.

Méndez, R.A., 1989. Catálogo de los volcanes activos de Colombia. Bol. Geol. V30, No. 3, Ingeominas, Bogotá, 75 p.

Monsalve, M. 1991. Geoquímica y dataciones de episodios tipo San Vicente en el volcán Puracé. Boletín Geológico. Volumen 33. N 1-3

Manjarres, G. y Nicolls, E. 1958. Obsidiana en el municipio Sotará, Departamento del Cauca, Inf. 1312. Ingeominas. Bogotá.

Maya, M., González, H. 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. Boletín geológico. Ingeominas. Volumen 35, N 2-3, Pp43-53.

Nelson, H. 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, sección entre Ibagué y Armenia. Boletín Geológico. Bogotá. Vol 10. 161-202p.

North American Stratigraphic Code - North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 2005. AAPG Bulletin, v 89 (11), p 1547 – 1591.

Numpaqué, L. E., Guio, R. E. 1977. Estudio geológico de la Sierra (Cauca). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Ojeda, A., Ottemölle, L. 2002. Qlg tomography in Colombia. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* Vol. 130 253–270p.

OLADE (Organización Latinoamericana De Energía) & GEOTÉRMICA ITALIANA. 1995. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Colombia. Informe final. En INGEOMINAS, 1995: *Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia*. ed: Edinson Lozano; Tomo XXI. 455 p.

ORREGO, L. A. 1976. Geología y ocurrencias minerales de la parte oeste del cuadrángulo N-6 Popayán. Informe 1690. Ingeominas. Bogota.

Orrego, L. A. 1993. Memoria explicativa de la plancha geológica 364 – Timbío, escala 1:100.000. Ingeominas, Bogota.

Orrego, et al, 1999. Plancha geológica 364 – Timbío (versión digital), escala 1:100.000. Ingeominas, Bogotá.

Orrego, L. A. y París, Q.G. 1999. *Compilación de la geología del cuadrángulo N-6*. Revisado y modificado en su nomenclatura por H. Gonzales. Ingeominas. Bogotá.

Pennington, W. D. 1981. Subduction of the eastern Panama basin and seismotectonics of northwestern South America. *Journal of geophysical research*. Vol. 86. No 11.

Ramos, V.A.; Alemán, A. 2000. Tectonic Evolution of the Andes. *In* Tectonic evolution of South America (Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A.; editors). *International Geological Congress*, No. 31, p. 635-685. Río de Janeiro.

Restrepo, J.J. y Toussait, J.F. 1974. Obducción cretácea en el occidente colombiano. *Anales de la facultad de minas*. Informe 58. Medellín. 1-293p. .

Simkin, T. and Siebert, L. 1994. *Volcanoes of the world*. Segunda Edición. Smithsonian Institution. 349p

Scott, K. 1989. Magnitud and frequency of lahars and lahar-runout flows in the outle-Cowlitz river system. U. S. Geological Survey Professional Paper 1447-B, p. B1-B33.

Stern, R. J. 1998. A subduction primer for instructors of introductory-geology course and authors of introductory-geology textbooks. *Journal of Geosciences Education*. Vol 46. 21p.

Téllez, L., Albarracín, H. A., Duque, J. F., Toro, G. E., Pulgarín, B. & Acosta, B. S., 2007. Vulcanismo Neógeno y Cuaternario en el SW Colombiano, sector Formación Popayán, sector poblaciones Puracé-Coconucos, río San Francisco y sector Cañón del río Guachicono-población Rioblanco. INGEOMINAS – UNIVERSIDAD EAFIT. Informe Interno. 201 p.

Téllez, I., Marín-Cerón, m. I., Toro, g. & Pulgarín, b., 2008. Preliminary petrological, geochemical and stratigraphical characterization of the Sotará volcano, SW Colombia. 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice), Extended Abstracts: p. 538-541

Torres, M. P., 1997. Aporte al conocimiento de la geología y la estratigrafía de la Formación Popayán. Departamento del Cauca. Universidad del Cauca, Nov. Col., (7), p. 4-28.

Torres, M. P., Monsalve, M. L., Pulgarín, B. A. & Cepeda, H., 1999. Caldera de Paletará: aproximación a la fuente de las ignimbritas del Cauca y Huila (Colombia). Boletín Geológico, INGEOMINAS. V.37 (1-3), 1-51 p.

Torres P., Jerez K, Toro G, Pulgarin B., 2009. La formacion popayan, departamento del cauca, nuevas consideraciones. XII congreso colombiano de geología. 2009

Vernon, R.H., 2004. A practical guide to rock microstructure. Cambridge University Press. 594 p.

Weber, M. B., Tarney, J., Kempton, P, D., Kent, R.W. 2001. Crustal make-up of the northern Andes: Evidence based on deep crustal xenolith suites, Mercaderes, SW Colombia.

Wilson, M., 1989. Igneous petrogenesis. Department of Earth Science, University of Leeds. Harper Collins Academic. London.

Zhao, D. 2001. Seismological structure of subduction zones and its implications for arc magmatism and dynamics. Physics of the Earth and Planetary Interiors Vol. 127, 197–214p.

Anexo 1

TABLA DE ESTACIONES DE CAMPO

TABLA DE ESTACIONES DE CAMPO

Estación	Localización		
	X	Y	Z
JLSW033	1045884	724712	2500
JLSW008	1040975	729162	1980
JLSW009	1045832	722402	2730
JLSW010	1046261	722445	2780
JLSW011	1045997	722401	
JLSW011	1045997	722401	2740
JLSW012	1046728	722768	2820
JLSW013	1046803	722778	2820
JLSW016	1045728	722530	2690
JLSW017	1046560	722686	2650
JLSW017	1046560	722686	2650
JLSW017	1046560	722686	2650
JLSW018	1046513	723025	2600
JLSW019	1046512	723280	2500
JLSW019	1046512	723280	2500
JLSW020	1046602	723420	2450
JLSW021	1046829	723358	2470
JLSW021	1046829	723358	2470
JLSW023	1045742	722993	2550
JLSW024	1046347	723277	2440

JLSW026	1046981	723255	2520
JLSW027	1046530	724156	2620
JLSW028	1046495	723593	2540
JLSW029	1046656	723852	2670
JLSW030	1046433	723736	2500
JLSW032	1046000	724270	2770
JLSW032	1046000	724270	2770
JLSW032	1046000	724270	2770
JLSW034	1045682	724806	2490
JLSW035	1044954	725427	2570
JLSW036	1044779	725271	2570
JLSW037	1044757	725180	2545
JLSW038	1044753	725129	2530
JLSW039	1044649	725076	2525
JLSW040	1044693	723632	2520
JLSW041	1044072	724859	2310
JLSW042	1044072	724859	2350
JLSW043	1044150	724869	2362
JLSW044	1044454	724960	2430
JLSW045	1044526	724976	2467
JLSW046	1044833	724942	2435
JLSW047	1043816	723459	2130
JLSW048	1043426	724860	2150
JLSW049	1044388	723650	2450

JLSW050	1041531	728489	2016
JLSW051	1040261	729352	1925
JLSW052	1040189	729516	2030
JLSW058	1041409	728551	1950
JLSW059	1042459	727783	2025
JLSW060	1043872	725777	2340
JLSW061	1041209	728271	1850
JLSW062	1040851	728317	1880
JLSW063	1041002	728097	2000
JLSW064	1040870	728034	2068
JLSW065	1040906	728235	1975
JLSW066	1040840	728280	1870
LHSW008	1047082	723315	2520
LHSW010	1043872	725777	2340
LHSW011	1043750	725800	2300
LHSW012	1045104	725154	2510
LHSW013	1044649	725076	2525
LHSW016	1045561	723156	2500
LHSW017	1046347	723277	2440
LHSW018	1046763	723793	2540
LHSW019	1046699	723341	2410
LHSW020	1045605	723490	2350
LHSW021	1046190	723322	2410
LHSW022	1044218	724782	2310

LHSW023	1045137	722931	2670
---------	---------	--------	------

Anexo 2

ANÁLISIS MICROSCÓPICO PETROGRÁFICO

ANÁLISIS MICROSCÓPICO PETROGRÁFICO

Muestra: JLSW009a

Localidad: Cerro Patena

Descripción Macroscópica: Lava porfídica, vítrea, masiva, de color negro moteada de blanco, con fenocristales de plagioclasa y anfíbol. Se observan fracturas de enfriamiento verticales.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina porfídica seriada, compuesta por fenocristales y matriz microlítica.

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de clinopiroxeno y opacos.

Glomeroporfídica: Se da tanto en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Seriata: En fenocristales de clinopiroxeno.

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos al interior del cristal de la plagioclasa, a veces relleno de vidrio.

Componentes:

Plagioclasa (26%): se encuentra bien maclada, no la mayoría de estas presentan bordes bien definidos, algunos de los fenocristales tienen textura esquelética con inclusiones de vidrio rojizo, el tamaño varía entre 0.5 y 1.50 mm.

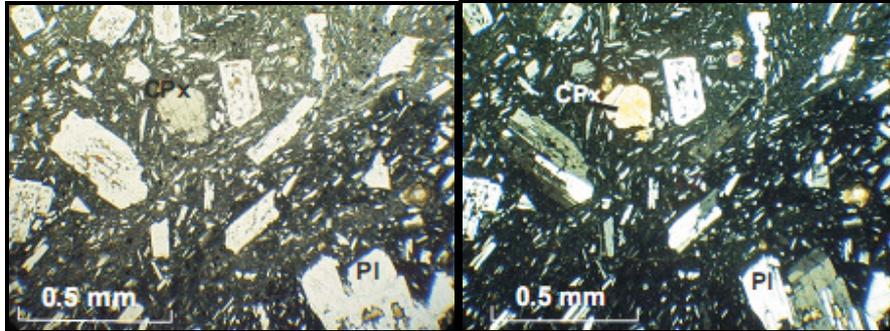
Clinopiroxeno (1.8%): varía de subhedral a anhedral, casi ninguno de estos presenta bordes bien definidos, en general, se encuentran alterados hacia en los bordes y varios presentan alteración a arcilla (?) y calcita casi en su totalidad, el tamaño varía entre 0.5 y 3 mm.

Ortopiroxeno (0.8%): se encuentra en cristales aislados y en textura glomeroporfídica, el tamaño varía entre 0.2 y 0.4 mm.

Opacos (0.2%): se presentan en cristales subhedrales, formando cúmulos con piroxenos, los cuales también hacen parte de la matriz.

Matriz (72%): presenta una mezcla de dos matrices una de color más oscuro y más fino que la otra, debido posiblemente al mayor contenido de microlitos de opacos. Ambas se encuentran compuestas por microlitos de plagioclasa y opacos, exhibiendo una textura traquítica.

Clasificación según Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica



Detalle de la textura de flujo marcada por la orientación de las plagioclasas en medio de una matriz vítrea. Se observan texturas esqueléticas en las plagioclasas y numerosas inclusiones vítreas.

Muestra: JLSW017a

Localidad: Quebrada El Peligro

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compacta, compuesta de bloques y matriz. La matriz es color ocre tamaño ceniza la cual envuelve bloques de lava bandeada, escoria y lava de cristales orientados.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. Roca masiva, soldada. Compuesta por una matriz en la que se diferencia plagioclasa. Tamaño ceniza media, anfíbol (2 a 3 mm) bloques de andesita porfídica mal seleccionados, de 6 cm en promedio, aunque pueden alcanzar unos 30 cm.

Texturas:

Sieve: En fenocristales de plagioclasa se presentan varios anillos de reacción concéntricos.

Componentes:

Plagioclasa (7.5%): caracterizada por tener amplias bahías de corrosión en los bordes, fracturas poligonales y textura sieve. No fue posible determinar el contenido Ab-An.

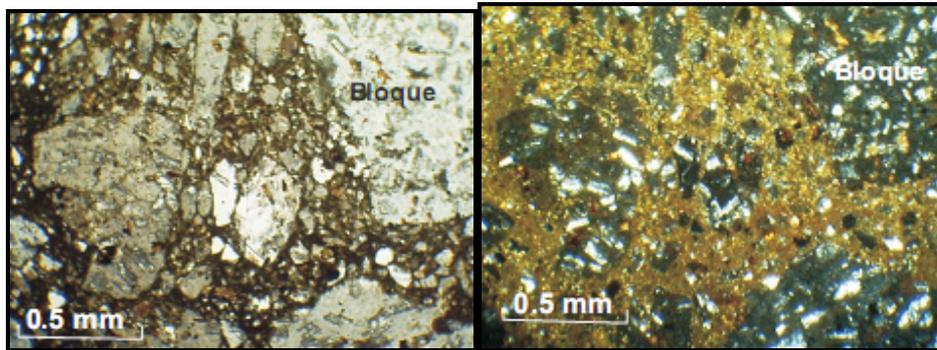
Fragmentos de roca (50.6%): corresponden a una lava vítrea porfídica compuesta esencialmente por fenocristales de plagioclasa; los bordes de estos fragmentos presentan bahías de corrosión.

Oxihornblenda (0.3%)

Opacos (2.9%)

Matriz (37.8%): compuesta por microlitos de opacos, de color naranja debido a la alta oxidación.

Clasificación según Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los bloques rodeados por una matriz oxidada con cristales fracturados. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW017b

Localidad: Quebrada El Peligro

Descripción Macroscópica: Lava vítrea bandeada de color gris oscuro a gris claro. No es posible observar fenocristales.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina microporfídica, compuesta por fenocristales y matriz microlítica. Con textura de flujo definida por los fenocristales. A contraluz se observa bandeamiento, donde ésta diferencia de color se da por la concentración de microlitos opacos

Texturas:

Sieve: En fenocristales de plagioclasa se presentan varios anillos reacción concéntricos.

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos dentro de los cristales de plagioclasa.

Componentes:

Plagioclasa (20.9%): se encuentra maclada según albita y carlsbad, presenta bordes bien definidos, los fenocristales tienen textura esquelética y sieve, y están orientados siguiendo la dirección de las bandas

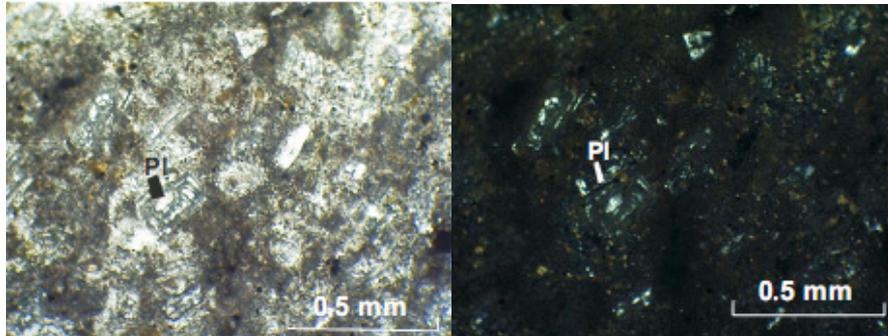
Ortopiroxeno (0.2%): es de forma euhedral, presenta forma bordes bien definidos, la mayoría de estos se encuentran alterados a un óxido. Al igual que el ortopiroxeno

Anfíbol (0.9%): anfíbol se encuentra fuertemente alterado, por lo que no es posible determinar otras características.

Opacos (0.9%)

Matriz (77%): está compuesta por vidrio y microlitos de opacos

Clasificación según Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica de un Piroxeno



Detalle de la matriz vítrea con opacos de la roca. Las plagioclasas esqueléticas zonadas. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW017c

Localidad: Quebrada El Peligro

Descripción Macroscópica: Roca masiva, con matriz vitroclástica, tamaño ceniza en la que se observan fragmentos de otras ignimbritas y de lavas.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, compuesta de cristales, fragmentos de roca y matriz.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de ortopiroxeno

Componentes:

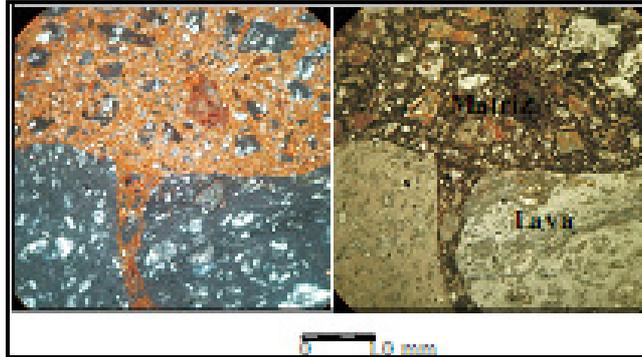
Plagioclasa (1.5%): andesina, se presenta en cristales euhedrales o en fragmentos, está maclado según albita y carlsbad

Cuarzo (0.5%): se presenta anhedral, bordes mal definidos con bahías de reacción amplias

Fragmentos líticos (57%): ambos de lavas vítreas según la textura y color de la matriz.

Matriz (41%): vitroclástica oxidada, con numerosas esquirlas de vidrio

Clasificación según Le Maitre (2002): Toba soldada de cristales y bloques.



Matriz vitroclástica oxidada, con numerosas esquirlas de vidrio rodeando fragmentos de lava vítrea con fenocristales de plagioclasa orientados y bandeada. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados

Muestra: JLSW018a

Localidad: Puchate

Descripción Macroscópica: Roca masiva, afanítica, de tamaño de grano, sin ninguna estructura visible. Presenta fracturamiento.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, con fenocristales y matriz.

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de ortopiroxeno y Plagioclasa.

Glomeroporfídica: Se dá en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Seriata: En de fenocristales de plagioclasa.

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos al interior del cristal de plagioclasa.

Componentes:

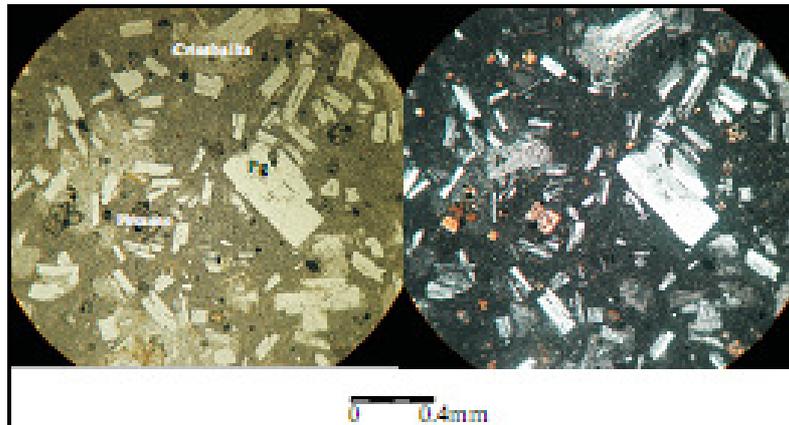
Plagioclasa (25%): andesina, presenta zonación oscilatoria, bahías de reacción, inclusiones de vidrio y opacos, el tamaño seriado varía entre 0.025 y 0.25mm, tiene inclusiones de biotita.

Ortopiroxeno (4%): se encuentra en cristales aislados, presenta bordes con bahías de corrosión, fracturas rellenas de biotita, es equigranular el tamaño es de 0.15mm.

Polimorfos de sílice (7%): se presentan anhedrales como en textura glomeroporfídica. Los minerales opacos parecen son euhedrales cúbicos.

Matriz (64%): compuesta por microlitos de plagioclasa, opacos y vidrio.

Clasificación según Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica



Detalle de la textura porfídica, seriate de la roca. Se observan los fenocristales de plagioclasa, piroxeno y polimorfos de sílice en una matriz criptocristalina. Izquierda nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: JLSW021a

Localidad: Peña La Virgen

Descripción Macroscópica: Lava masiva, porfídica, de color negro con tonalidad grisácea, compuesta por fenocristales de plagioclasa y hornblenda. Se observa una textura de flujo.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina porfídica, compuesta por fenocristales, fragmentos de roca y matriz microlítica. Con textura de flujo definida por los fenocristales.

Los fenocristales están compuestos por plagioclasa, ortopiroxeno y minerales opacos.

Se encontraron de

Texturas:

Cumuloporfídica: Entre ambos grupos de plagioclasa y ortopiroxeno.

Glomeroporfídica: En cristales de plagioclasa.

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos dentro de los cristales de ortopiroxeno.

Componentes:

Plagioclasa (28.7%): Se observan dos poblaciones de plagioclasa, en ambos casos: andesina, con inclusiones de vidrio y opacos, no fracturadas, el tamaño varía entre 0.15 y 0.15 mm, ocasionalmente presentan reemplazamiento de calcita la interior del cristal, diferenciables por la forma, la definición de los bordes y Texturas, un primer grupo euhedral de bordes bien definidos,

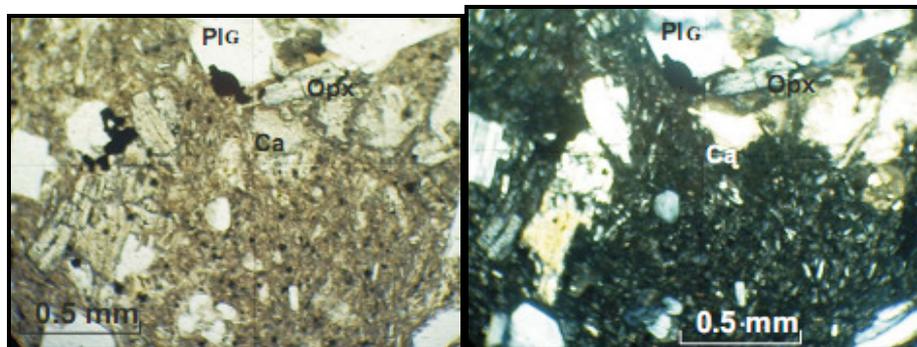
macla según albita y zonación oscilatoria. Por otra parte, un segundo grupo anhedral presentando bordes con bahías de reacción.

Ortopiroxeno (2.8%): tiene inclusiones de opacos y vidrio, presenta reemplazamiento de calcita y fracturas rellenas por este mineral.

Fragmentos líticos (0.2%): dos tipos de fragmentos de roca (no salen en el análisis modal), ambos con bordes mal definidos; uno hipocristalino finogranular compuesto de plagioclasa, piroxeno y vidrio, mientras que, el otro está compuesto por matriz vítrea rojiza y cristales aciculares

Matriz (28.4%): está compuesta por vidrio rojizo, microlitos de plagioclasa y minerales opacos. Estos microlitos definen la textura traquítica.

Clasificación según Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica Porfídica de un Piroxeno



Detalle de la calcificación de la roca y de las acumulaciones glomeroporfídicas y cumulo- porfídicas. En la matriz se observa la textura de flujo por la orientación de los microlitos. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW026a

Localidad: La Calera

Descripción Macroscópica: Roca masiva, microporfídica, con fenocristales de plagioclasa. Corresponde a una lava.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina porfídica, con textura traquítica. Compuesta de cristales, fragmentos de roca y matriz.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos al interior del cristal de plagioclasa.

Sieve: Anillos de reacción dentro de la plagioclasa.

Componentes:

Plagioclasa (16%): andesina se presenta de forma euhedral, con extinción continua oscilatoria, macla según albita y carlsbad, bordes con bahías de corrosión y alteración hacia el interior del cristal, el tamaño varía entre 0.25 y 0.5 mm

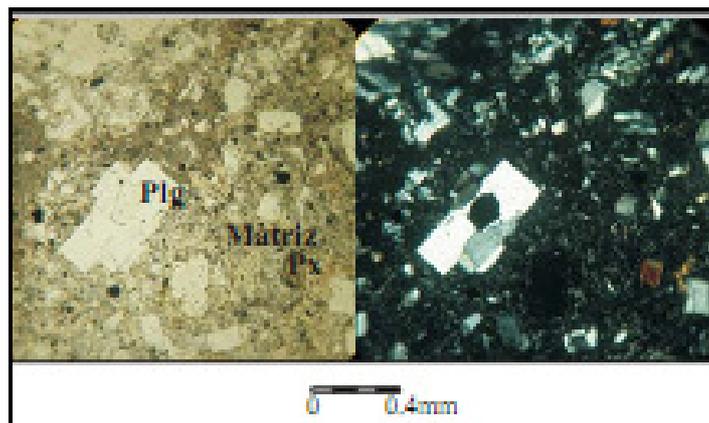
Ortopiroxeno (1%): hiperstena, es euhedral a subhedral, levemente fracturado, se observan inclusiones de opacos y concentraciones de los mismo hacia los bordes del cristal, hábito columnar (sección trasversal 0.15 mm y sección longitudinal 0.25mm).

Fragmentos líticos (1%): tres tipos de fragmentos de roca todos evidencian reacción en los bordes indicando asimilación a alta temperatura.

Opaco (1%)

Matriz (51%): microlítica

Clasificación según Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica



Detalle de la textura porfídica de la roca. Los cristales de plagioclasa euhedrales y piroxenos, rodeados de una matriz vítrea con microlitos de plagioclasa, opacos y cuarzo. Derecha nicoles paralelos, izquierda nicoles cruzados

Muestra: JLSW033a

Localidad: Vereda Las Cabras

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compacta, compuesta de bloques y matriz. La matriz es color ocre tamaño ceniza y envuelve bloques angulosos.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa y óxidos rojizos. En general, los fenocristales se presentan de forma euهدral, aunque, algunos son subhedrales.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y en los óxidos.

Sieve: Se observa en los fenocristales de plagioclasa.

Componentes:

Plagioclasa (18.6%): andesina, tiene inclusiones de vidrio rojizo, minerales opacos y apatito y presenta fracturas poligonales

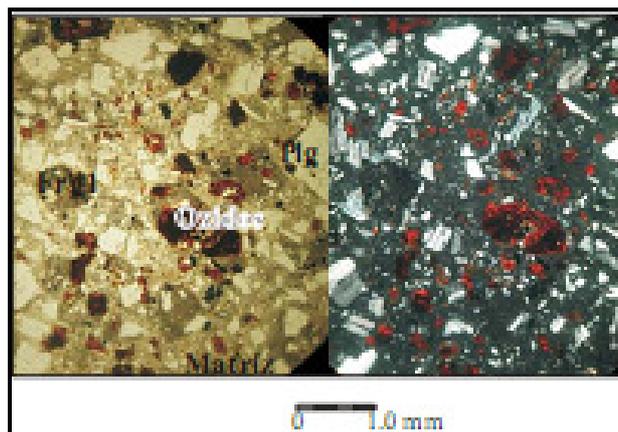
Óxidos (8.6%): resultado de un reemplazamiento pseudomórfico de piroxeno y anfíbol (según la sección transversal).

Opacos (0.2%)

Fragmentos líticos (4.9%): dos poblaciones de fragmentos de roca, una lava con fenocristales de plagioclasa (con textura sieve, maclada según albita y zonación oscilatoria), óxidos rojizos euهدrales y opacos, matriz traquíutica, bordes con bahías de reacción. La otra población se caracteriza por presentarse en menor proporción y poseer un mayor tamaño, matriz rojiza y altamente oxidada y microlítica, donde se pueden diferenciar algunos cristales de plagioclasa.

Matriz (30.8%): vítrea con textura de desvitrificación.

Clasificación según Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la matriz vítrea cataclástica que rodea los cristales fracturados de plagioclasa y ferromagnesiano oxidado. Algunos fragmentos vítreos con cristalitas tienen evidencias de reabsorción.

Muestra: JLSW036a

Localidad: Vereda Las Cabras

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compacta, compuesta de bloques y matriz. La matriz es color ocre tamaño ceniza y envuelve bloques

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina porfídica compuesta por cristales, fragmentos y matriz. La fase cristalina esta compuesta por plagioclasa, ortopiroxeno, anfíbol y como accesorio circón.

Componentes:

Plagioclasa (20%): se encuentra euhedral y en fragmentos, macla según albita, bordes con bahías de reacción, inclusiones de vidrio y zonación continua normal

Ortopiroxeno (10%): forma euhedral, algunos presentan coronas de opacos e inclusiones de los mismos.

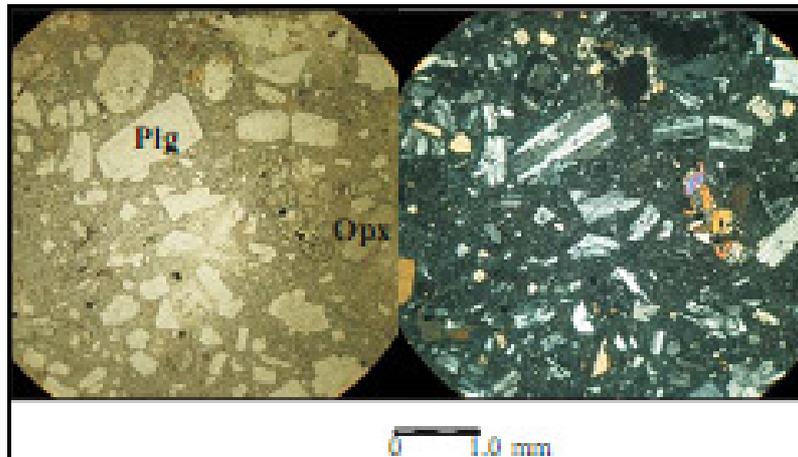
Anfíbol (5%): forma euhedral, algunos presentan coronas de opacos e inclusiones de los mismos.

Vesículas (5%)

Fragmentos líticos (25%):

Matriz (35%): vitroclástica está compuesta por microlitos de plagioclasa, opacos y vidrio rojizo. Vesiculada.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la textura porfírica, con textura de flujo marcada por la orientación de los microlitos de la matriz vítrea. Los fenocristales de plagioclasa y piroxenos euherales con bordes de reabsorción. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Muestra: JLSW037a

Localidad: Vereda Las Cabras

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compuesta por bloques (25%) de pómez levemente vesiculada, dichos bloques se encuentran embebidos en una matriz ceniza fina en la que se puede observar algunos anfíboles.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz.

La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol (hornblenda), ortopiroxeno (posiblemente hiperstena) y minerales opacos. En general, los cristales se encuentran fracturados y en fragmentos aislados, aunque, es posible encontrar hornblenda de forma euhedral.

Texturas:

Glomeroporfídica: Ocasionalmente en ortopiroxeno

Seriate: En fenocristales de plagioclasa.

Sieve: Anillos de reacción al interior de la plagioclasa.

Componentes:

Plagioclasa (23.6%): labradorita, tiene zonación continua normal, tiene inclusiones de opacos y apatito, presenta fracturas poligonales

Ortopiroxeno (1.9%): ortopiroxeno se encuentra en cristales aislados, el grado de fracturamiento es variable, puede ser leve o muy alto.

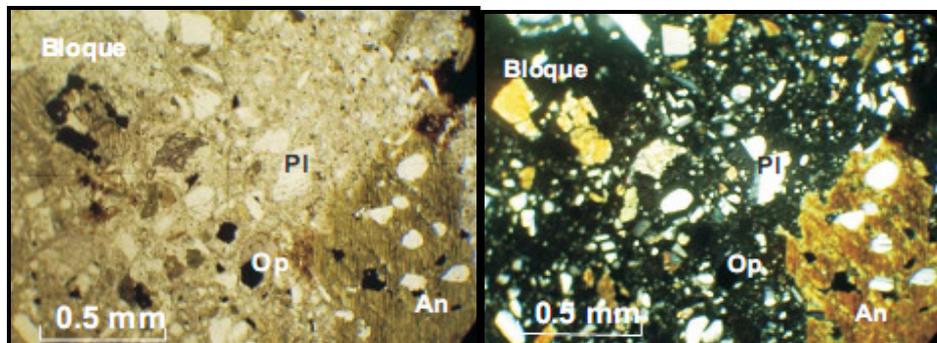
Anfibol (3.6%): se presenta en algunos casos reemplazado por biotita hacia el centro del cristal, está maclado según albita y tiene inclusiones de opacos, ortopiroxeno, plagioclasa y circón, los bordes tienen bahías de reacción

Opacos (0.4%)

Fragmentos líticos (23.2%): están compuestos por: ignimbrita (presente también en las muestras JLSW029a y JLSW065a) de matriz vitroclástica con fragmentos de plagioclasa, ortopiroxeno y minerales opacos. Lava criptocristalina con fenocristales de plagioclasa y anfíbol.

Matriz (47.5%): vitroclástica, compuesta de microlitos de opacos plagioclasa y anfíbol y chards deformados.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de las inclusiones de cristales en los anfíboles. En la matriz de esta roca se observan cristales fracturados y esquirlas de vidrio. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW040a

Localidad: El Arado

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz tamaño ceniza media en la que se logra diferenciar plagioclasa, anfíboles (con tamaño de 2 a 3mm), bloques (de 6cm en promedio) de andesita porfídica mal seleccionados, aunque pueden alcanzar los 30cm.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz.

La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol (hornblenda) y ortopiroxeno (posiblemente hiperstena) y opacos. En general, los cristales se encuentran fuertemente fracturados y en fragmentos aislados subhedrales. El ortopiroxeno

Los fragmentos de roca Matriz vitroclástica,

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de plagioclasa, ortopiroxeno y anfíbol

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa

Seriate: En fenocristales de plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (31.3%): andesina, tiene zonación oscilatoria normal, tiene inclusiones de fluidas, presenta fracturas poligonales, maclada según albita y albita-carlsbad, según Texturas se pueden diferenciar dos grupos: glomeroporfídica, tamaño entre 1.75 y 2.00 mm y aquellos cristales que presentan textura sieve y esquelética, tamaño alrededor de 0.25 mm

Ortopiroxeno (3%): se encuentra en cristales aislados, subhedral, fracturado, las fracturas pueden estar o no rellenas por un material isotropito, el tamaño varía entre 0.75 y 1,00mm. Opacos euhedrales, isométricos.

Anfíbol (10.1%): esta maclado según albita, tiene inclusiones de opacos, ortopiroxeno y posiblemente de apatito, el tamaño varía ente 0.50 y 2.50 mm

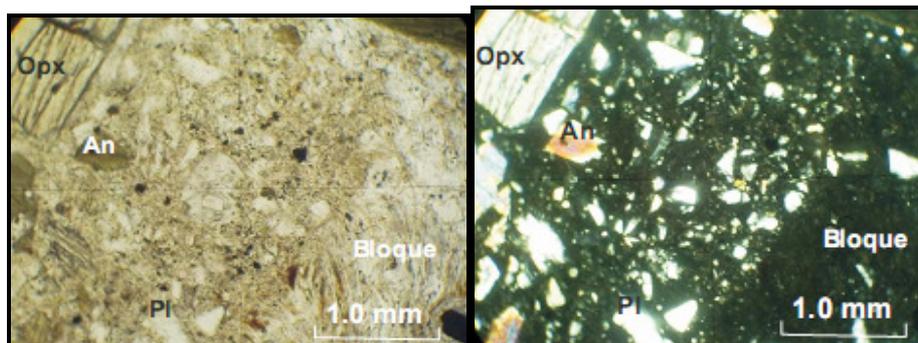
Vesículas (0.1%)

Opacos (0.9%)

Fragmentos líticos (5%): presentan un avanzado estado de alteración, sin embargo se observa que están compuesto por matriz criptocristalina y fenocristales de opacos y anfíbol

Matriz (47.9%): compuesta chard deformados, con texturas de desvitrificación (esferulitas).

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Cristales euhedrales de hiperstena, fragmentos de plagioclasa y anfíboles y bloques de rocas soldadas. Las esquirlas de vidrio con textura fiamme. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW041a

Localidad: Sobre la vía Río Blanco Los Robles

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz tamaño ceniza media en la que se logra diferenciar plagioclasa, anfíboles (con tamaño de 2 a 3mm), bloques (de 6cm en promedio) de andesita porfídica mal seleccionados, aunque pueden alcanzar los 30cm.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno y minerales opacos. En general los cristales se encuentran fuertemente fracturados y en cristales aislados.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en la plagioclasa

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de plagioclasa, anfíbol y ortopiroxeno

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos en el interior del cristal de plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (%): andesina, subhedral tiene zonación oscilatoria y continua normal, tiene inclusiones de ortopiroxeno, presenta fracturas, maclada según albita y carlsbad

Ortopiroxeno (%):

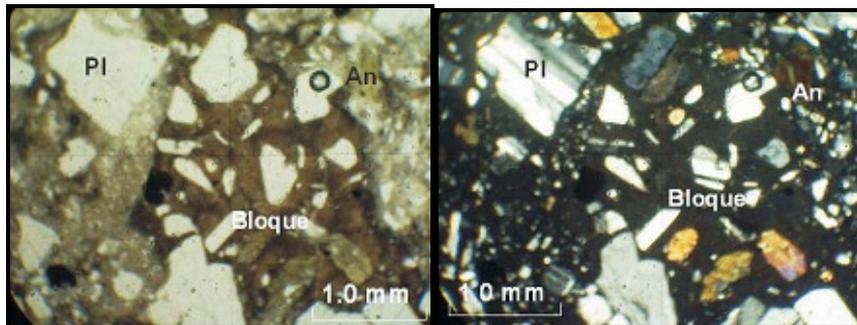
Anfíbol (%): está maclado según albita, tiene inclusiones de opacos, cuarzo (?). El ortopiroxeno (hiperstena) se encuentra en cristales subhedrales, con coronas de reacción formada por minerales opacos

Vesículas (%)

Fragmentos líticos (%): ignimbrita vitroclástica, de matriz rojiza esferulítica y cristales de piroxeno, anfíbol y plagioclasa. Y bloque fino granular compuesto esencialmente por cuarzo, plagioclasa y opacos.

Matriz (%): criptocristalina, compuesta de microlitos opacos y plagioclasa, avanzado estado de meteorización

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los cristales fracturados en medio de una matriz oxidada que dificulta la determinación precisa de la roca. Arriba, nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW049a

Localidad: El Arado

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compacta, compuesta por una matriz de color gris claro azulado y afanítica. Cristales entre 2 y 6 mm de biotita, hornblenda y plagioclasa.

Descripción Microscópica: Roca hipohialina en la que se observa textura sèriate en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Texturas:

Seriate observable en cristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Componentes:

Plagioclasa (36%): se presenta en fenocristales inequigranulares, tabulares de forma euهدral y subهدral. Sus maclas son principalmente tipo Albita y Albita Carlsbad. Se observan muy fracturados en dos direcciones preferenciales, generando un clivaje poligonal. Su tamaño varía entre 0,49 y 0,098 mm. Según el método Michel-Levy, la plagioclasa se clasifica como Labradorita (An 53%).

Ortopiroxeno (3%): se observa como cristales euهدrales, algunos de ellos con macla tipo carlsbad. Su tamaño promedio es de 0,4 mm.

Anfibol (7%): fenoristales que presentan aspecto muy fresco, forma euهدral y hábito tabular

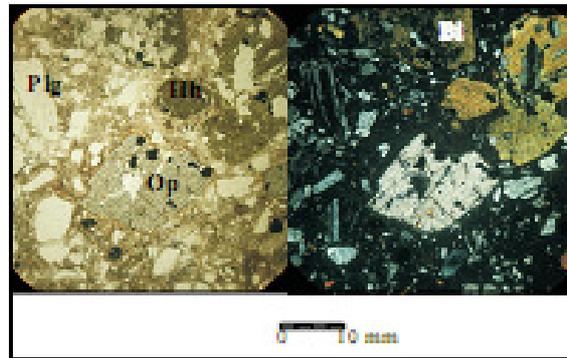
Vesículas (0,8%)

Opacos (1%): cristales subhedrales caracterizados por formas redondeadas, se encuentran distribuidos aleatoriamente en toda la sección

Fragmentos líticos (0,2%):

Matriz (52%): vítrea de color marrón. Presenta evidencias de desvitrificación en esferulitas radiales, abiertas y conformadas por cristalitos.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los cristales de ortopiroxeno (hiperstena), biotita, plagioclasa y opacos fracturados en medio de una matriz vitroclástica. La hiperstena y anfíboles encierran opacos mostrando una textura poikilítica. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Muestra: JLSW050a

Localidad: El Guineal

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz tamaño ceniza media en la que se logra diferenciar plagioclasa, anfíboles (con tamaño de 2 a 3mm), bloques (de 6cm en promedio) de andesita porfídica mal seleccionados, aunque pueden alcanzar los 30cm.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz.

La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno, opacos y apatito como mineral accesorio. En general, los cristales se encuentran fuertemente fracturados y en cristales aislados. Se presentan tres grupos de plagioclasa. El anfíbol (hornblenda). El ortopiroxeno. Los minerales opacos parecen Matriz

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de ortopiroxeno y anfíbol

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno

Seriate: En de fenocristales de plagioclasa

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos en el interior del cristal de plagioclasa

Sieve: Anillos de reacción dentro de la plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (28.7%): andesina, el primero se caracteriza por ser euhedral, fracturado, tener bordes con amplias bahías de corrosión, zonación oscilatoria, inclusiones de apatito y circón, maclado según albita y albita-carlsbad, el segundo grupo se caracteriza por ser fragmentos anhedrales y el tercer grupo se encuentra altamente fracturado y presenta textura sieve

Ortopiroxeno (5.5%): se encuentra en cristales muy fracturados, bordes con bahías de corrosión y muy alterados

Anfibol (6.7%): se presenta muy fracturado y fragmenta con inclusiones de opacos, macla de albita, bordes con bahías de reacción, algunos tienen corona de reacción

Vesículas (1.7%)

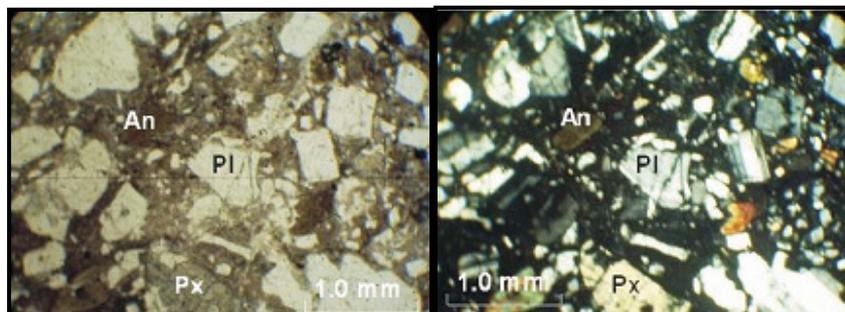
Fragmentos líticos (33.8%):

Opacos (2%): pseudomorfos de anfíbol y piroxeno.

Vesícula (5.2%)

Matriz (34.8%): vitroclástica, compuesta de cristalitos de opaco y chart deformados, y textura de desvitrificación.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle del grado de fracturamiento de los cristales. El soldamiento de la roca se evidencia por la textura fiammé de las esquirlas de vidrio. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW051a

Localidad: Los Robles

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz tamaño ceniza media en la que se logra diferenciar plagioclasa, anfíboles (con tamaño de 2 a 3mm), bloques (de 6cm en promedio) de andesita porfídica mal seleccionados, aunque pueden alcanzar los 30cm.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno, opacos y apatito como mineral accesorio. En general los cristales se encuentran fracturados y en fragmentos anhedrales.

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de ortopiroxeno y anfíbol

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno

Seriate: En los fenocristales de plagioclasa

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos dentro del cristal de plagioclasa

Sieve: Anillos de reacción dentro de la plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (25%): andesina, se caracteriza por ser subhedral a anhedral (cuando se encuentra en fragmentos), fracturado, bordes con amplias bahías de corrosión, zonación continua normal y oscilatoria, inclusiones de apatito, circón y opacos, maclado según albita y albita-carlsbad

Ortopiroxeno (5.2%): hiperstena, se encuentra en cristales muy fracturados, bordes con bahías de corrosión y muy alterados.

Anfíbol (5.5%): se presenta en cristales aislados pequeños y formando cúmulos, muy fracturado y fragmentado con inclusiones de opacos, ortopiroxeno y circón, bordes con bahías de reacción, algunos concentran opacos a su alrededor

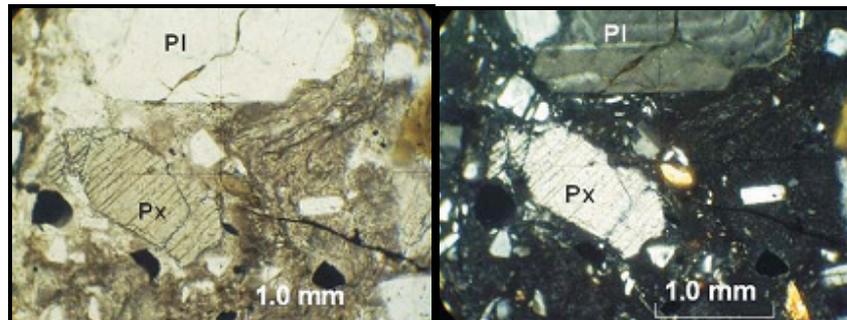
Vesículas (1.7%)

Fragmentos líticos (48.4%):

Opacos (1.5%): parecen pseudomorfos de anfíbol y piroxeno

Matriz (12.8%): vitroclástica, compuesta de chard deformados con textura de desvitificación (esferulitas), levemente vesiculada.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle del fracturamiento de los cristales y la textura fiammé de los fragmentos de esquirlas de vidrio. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW064a

Localidad: El Tablón

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz tamaño ceniza media en la que se logra diferenciar plagioclasa, anfíboles y bloques de andesita porfídica mal seleccionados.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, fanerítica, inequigranular, compuesta por cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por hornblenda, ortopiroxeno (posiblemente hiperstena), plagioclasa, opacos, circón y apatito. En general los cristales se encuentran fracturados aunque es posible encontrar hornblenda euhedral, los bordes tienen bahías de reacción.

Texturas:

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de ortopiroxeno y anfíbol

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno

Seriate: En fenocristales de plagioclasa

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos al interior del cristal de la plagioclasa

Sieve: Anillos de reacción al interior de la plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (22.6%): labradorita, tiene zonación continua normal y oscilatoria, tiene inclusiones de vidrio rojizo y opacos, el tamaño varía 0,25 y 17,7 mm

Ortopiroxeno (2.6%): se encuentra en cristales aislados con fracturas rellenas de vidrio, el tamaño promedio es de 0,50 mm.

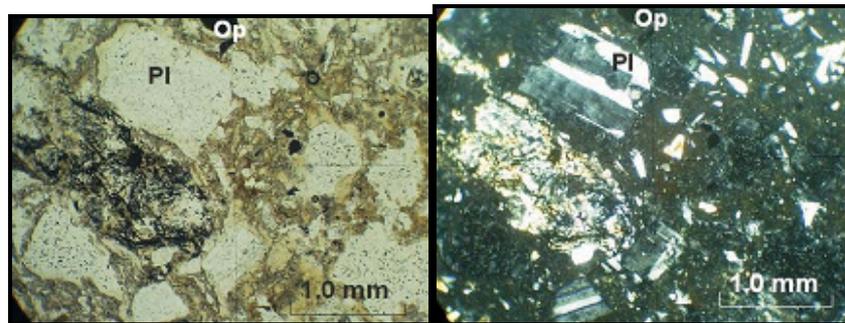
Anfíbol (10.3%): se encuentra maclada según albita, tiene inclusiones de opacos, se observan dos poblaciones de acuerdo al tamaño de 0,25 y 2.00 mm.

Vesículas (6.7%)

Fragmentos líticos (4.4%): están compuestos por una ignimbrita de matriz vítrea con fragmentos de plagioclasa, cuarzo y anfíbol, con textura fiamme, el tamaño que varía entre 1,25 y 3,75 mm.

Matriz (53.1%): vitroclástica, levemente vesiculada, compuesta de chards deformados y microlitos de opacos (en menor proporción), con textura de desvitrificación.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los cristales fracturados, matriz con esquirlas deformadas y plagioclasas con bordes de corrosión. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW065a

Localidad: El Tablón

Descripción Macroscópica: Roca masiva, soldada, compuesta por una matriz fanerítica de color gris y tamaño ceniza media; los cristales son de anfíboles (hornblenda) y plagioclasa, con tamaño de 2 hasta 6mm respectivamente.

Descripción Microscópica: La fase cristalina esta compuesta por plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno, opacos. En general los cristales se encuentran fracturados y en fragmentos anhedrales

Componentes:

Plagioclasa (27.1%): andesina, se caracteriza por ser subhedral a anhedral (cuando se haya en fragmentos), fracturado, bordes con amplias bahías de corrosión, zonación continua normal y oscilatoria, inclusiones de apatito, anfíbol, circón y opacos, maclado según albita y albita-carlsbad, se observan dos poblaciones según el tamaño

Ortopiroxeno (1.2%): hiperstena, se encuentra en cristales muy fracturados, bordes con bahías de corrosión con inclusiones de plagioclasa y opacos, y textura corona

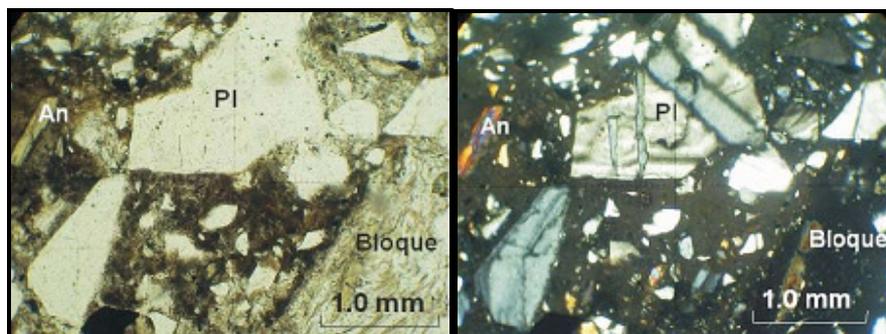
Anfíbol (13.3%): se presenta en cristales aislados pequeños, muy fracturados y fragmentados con inclusiones de opacos, ortopiroxeno y circón, bordes con bahías de reacción y corona de reacción. El ortopiroxeno

Opacos (1.4%): pseudomorfos de anfíbol y piroxeno.

Fragmentos líticos (33.9%): dos poblaciones: ignimbrita (presente también en las muestras JLSW029a y JLSW037a) de matriz vitroclástica con fragmentos de plagioclasa, ortopiroxeno y opacos. Lava microlítica traquítica.

Matriz (23%): vitroclástica, compuesta vidrio con textura de desvitificación (esferulitas) y algunos microlitos de opacos.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle del fracturamiento de los cristales de plagioclasa y anfíboles en medio de una matriz con esferulitas y cristallitos de opacos. Arriba nicoles paralelos, abajo nicoles cruzados.

Muestra: JLSW039a

Localidad: Vereda Las Cabras

Descripción Macroscópica: Roca masiva con fragmentos de pómez blanca, vesiculada con textura fiamme. En la matriz vitroclástica se observan cristales de plagioclasa y hornblenda.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, inequigranular, con cristales fragmentados

Texturas:

Sieve: Anillos de reacción en el interior de la plagioclasa

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno

Corona: En anfíbol y ortopiroxeno

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos dentro de los cristales de plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (6%): cristales subhedrales, muy fracturados, y están maclados según Albita

Anfíbol (1%): cristales subhedrales - anhedrales que hace parte del material juvenil

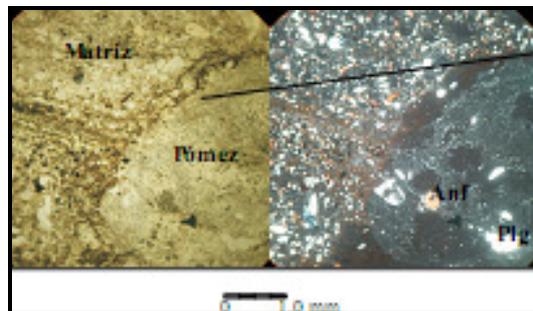
Trizas vítreas (1%): Pómez: se presentan grandes fragmentos, tienen vesículas y cristales de anfíbol y plagioclasa; en los bordes externos el material está aplastado presentando textura fiamme.

Fragmentos líticos (32%): Roca de matriz vítrea con fenocristales de plagioclasa y anfíbol (Pómez).

Opacos (2%): cristales ahedrales aislados en la matriz.

Matriz (58%): Compuesta por vidrio y microlitos de plagioclasa, anfíbol y opacos muy fragmentados dispuestos aleatoriamente.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle del aplastamiento de las vesículas del material pumítico hacia los bordes externos. La matriz vitroclástica está bandeada, compuesta por anfíboles, plagioclasas y opacos fragmentados. Las pómez vítreas altamente vesiculares con texturas fiammé, tienen cristales de plagioclasa, hornblenda y piroxenos. Izquierda nicols paralelos, derecha nicols cruzados.

Muestra: LHSW017d

Localidad: El Barrial

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compacta, inequigranular, porfídica con fenocristales de plagioclasa, hornblenda y algunos opacos. Es de color gris y está fresca

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, inequigranular, porfídica, seriada.

Texturas:

Reabsorción: en los cristales más grandes de plagioclasa.

Seriada: dos tamaños de fenocristales de plagioclasa se presentan.

Corona de opacos: desarrollada alrededor de los anfíboles.

Traquítica: los microlitos de plagioclasa están orientados en la matriz.

Componentes:

Plagioclasa (25%): representa por cristales subhedrales de forma tabular; los cristales están maclados según Albita y su composición es Andesina con un 48% de Anortita. La plagioclasa se presenta en cristales aislados y con dos tamaños de cristales: 3,1 y 0,6 mm. Algunos cristales grandes tienen procesos de reabsorción del material de la matriz. Hay zonación oscilatoria normal.

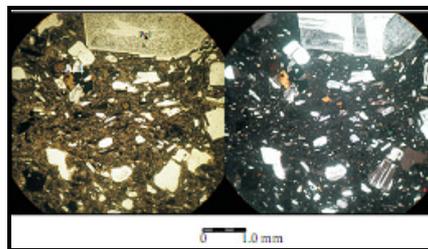
Ortopiroxeno (1%): se presentan como fenocristales subhedrales, con forma tabular, y se encuentran aislados. Son ortopiroxenos (Hiperstena). Anfíbol cristales subhedrales, de forma rómbica y tabular, por lo general tienen una corona de opacos, en otros casos están completamente reemplazados por opacos

Opacos (3%): son pequeños cristales anhedrales y están como cristales aislados, reemplazando los anfíboles o en corona alrededor de estos.

Anfíbol (13%):

Matriz (58%): compuesta por vidrio con microlitos de plagioclasa y opacos orientados indicando textura de flujo. Se encuentra oxidada.

Clasificación según Le Maitre (2002): Fenoandesita



Detalle de la textura porfídica de la roca, con fenocristales de plagioclasa y anfíbol en una Matriz microcristalina, se observa la estructura de flujo. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Muestra: JLSW029a

Localidad: La Laja

Descripción Macroscópica: Roca masiva con textura afanítica, cristales de anfíboles y plagioclasa y piroxenos.

Descripción Microscópica: Roca hialocristalina, compuesta de cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol, ortopiroxeno y opacos.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de ortopiroxeno.

Componentes:

Plagioclasa (13%): andesina, se presenta en cristales euhedrales o en fragmentos, está maclado según albita y carlsbad, extinción continua normal y oscilatoria, las fracturas están rellenas de matriz.

Ortopiroxeno (1%): aparece de forma subhedral altamente fracturado con inclusiones de opacos y anfíbol, el tamaño máximo es 1,05 mm

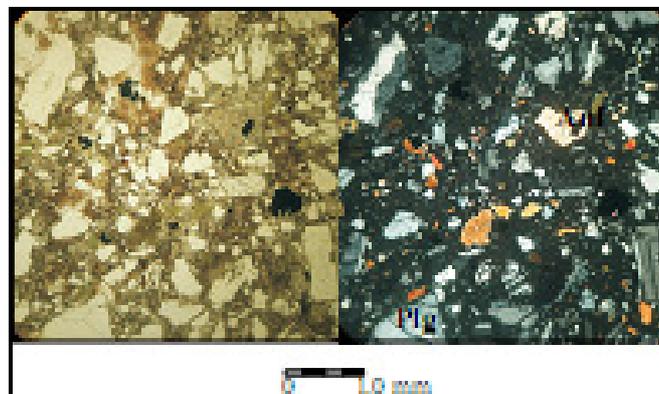
Anfíbol (4%): se presenta euhedral, con bordes bien definidos, se presenta en cristales aislados y como inclusiones en plagioclasa y ortopiroxeno, el tamaño es de 2 mm.

Opacos (1%)

Fragmentos líticos (58%): corresponden a una ignimbrita, con textura fiammé.

Matriz (23%): vitroclástica compuesta chards achatados y vesículas, presenta un alto grado de desmitificación evidenciado por las esferulitas que la conforman.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle del fracturamiento de los cristales de plagioclasa y hornblenda, en medio de una Matriz vitroclástica oxidada. Izquierda nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: JLSW032b

Localidad: Cerro El Picacho

Descripción Macroscópica: Roca masiva, afanítica con bandeamiento marcado por cambios de color. Esta roca corresponde a una lava

Descripción Microscópica: Roca holocristalina, inequigranular, porfídica

Texturas:

Sieve: incipiente en unos pocos cristales de plagioclasa, la reacción se desarrolla como un anillo delgado entre el borde y el centro del cristal.

Componentes:

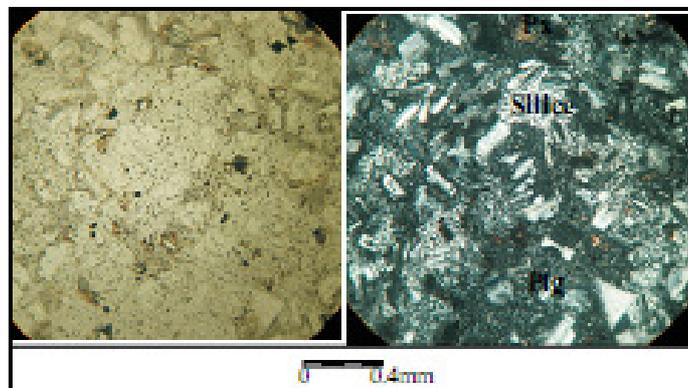
Plagioclasa (34%): representada por cristales euhedrales de forma tabular; los cristales están maclados según Albita y su composición es Andesina con un 38% de Anortita. La plagioclasa se presenta en cristales aislados y los tamaños son: 0,24 mm. Se encuentran algunos cristales intercrecidos con un ángulo menor de 90° entre ellos, en general la mayoría de los cristales están aislados

Ortopiroxeno (2%): Hiperstena, se presentan como fenocristales subhedrales, con forma tabular, pequeños y aislados y están fracturados

Opacos (3%): son pequeños cristales anhedrales y están como cristales aislados

Matriz (61%): masa amorfa compuesta por cristobalita que "entapeta" la roca y sobre la cual están los fenocristales.

Clasificación según Le Maitre (2002): Fenoandesita



Detalle de los posibles polimorfos de alta temperatura de silice? O lo más probable, procesos de desvitrificación a alta temperatura. Los cristales de plagioclasa y piroxenos fracturados. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Muestra: LHSW018e

Localidad: La Laja

Descripción Macroscópica: Roca afanítica, con vesículas elongadas, fenocristales de anfíbol y biotita, baja densidad, color beige

Descripción Microscópica: Roca hipohialina, compuesta de cristales y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, anfíbol, cuarzo, sanidina y opacos. La plagioclasa.

Texturas:

Componentes:

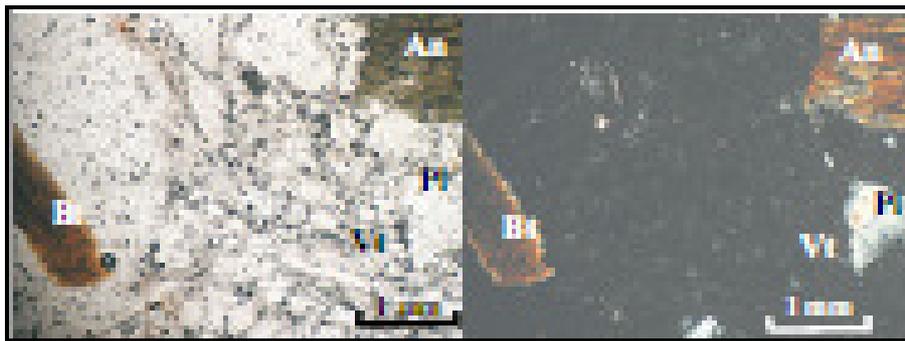
Plagioclasa (6.2%): andesina, se presenta de forma euhedral a subhedral, con extinción continua oscilatoria, macla según albita, bordes con bahías de reacción, algunos presentan inclusiones de biotita, altamente fracturada

Anfíbol (5.3%): muy fracturado con inclusiones de biotita y opacos, de forma subhedral se presenta en cristales aislados

Cuarzo (3.7%): subhedral bipiramidal redondeado muy fracturado. Opacos anhedrales. **Vesículas (24.7%)**

Matriz (53.9%): vitroclástica compuesta de chard achatados y altamente vesiculada.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Pómez Fenoandesítica



Matriz vitroclástica compuesta por charts elongados. Se observa Biotita (Bt), Plagioclasa (Pl), Anfíbol (An). Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados y chart (Vt).

Muestra: JLSW045a

Localidad: Cerro El Auca

Descripción Macroscópica: Roca con bloques pumíticos, matriz vitroclástica. Textura fiammé observable en algunos de los fragmentos pumíticos.

Descripción Microscópica: Matriz de un depósito de flujo de piroclástico.

Roca hipohialina con alto contenido de fragmentos de pómez con versículas subesfericas y alargadas, líticos de varias composiciones y cristaloclastos, todo dentro de una matriz vítrea marrón y shards.

Texturas:

Sieve: Los cristales y cristaloclastos de plagioclasa presenta evidencias de desequilibrio.

Reabsorción Cristales de plagioclasa con bordes redondeados y bahías en los cristales.

Fracturas irregulares Los cristaloclastos de plagioclasa presentan fracturamiento irregular.

Componentes:

Plagioclasa (21.8%): cristaloclastos y cristales anhedrales a subhedrales que hacen parte del material juvenil. La plagioclasa es una andesina con el 45% de Anortita

Ortopiroxeno (1%): Hiperstena, escasos fragmentos de cristales anhedrales.

Anfíbol (2.4%): cristales y cristaloclastos euhedrales a subhedrales, color verde manzana, clasificado como hornblenda

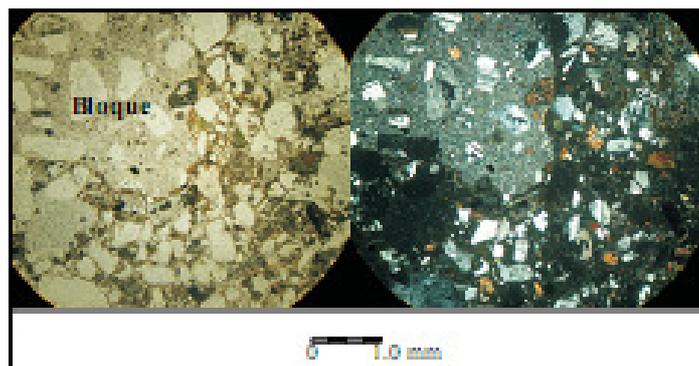
Opacos (1%): cristales anhedrales en la matriz.

Material vítreo (15.3%) Presenta vesículas esféricas y otras alargadas, y cristales de plagioclasa. Shards: Son pequeñas trizas de vesículas, escasos en la roca o han sido borrados por la desvitrificación del vidrio.

Fragmentos líticos (13.4%): Lavas con cristales de plagioclasa euhedrales dentro de una matriz vítrea a microlítica. Ignimbrita microvesiculada con cristaloclastos de plagioclasa. Roca subvolcánica con cristales euhedrales a subhedrales de anfíbol.

Matriz (45.3%): Compuesta por un agregado vítreo de ceniza fina y cristaloclastos.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los bloques rodeados con bordes de corrosión, soldados por una matriz vitroclástica con fragmentos de cristales fracturados. Izquierda nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: LHSW008a

Localidad: Peña de La Virgen

Descripción Macroscópica: Roca masiva, con matriz vitroclástica, en la que se observan cristales de anfíboles, opacos y plagioclasas

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, inequigranular, con textura general porfídica. Se observa variaciones texturales en la roca que están definiendo una mezcla de magmas. Las características se presentan a continuación.

Texturas:

Sieve: Los cristales son euhedrales y muestran inclusiones del material fundido dentro del cristal.

Bahías: Se presentan como irregularidades del cristal, como respuesta al proceso de desequilibrio por la entrada de un nuevo magma a la cámara.

Componentes:

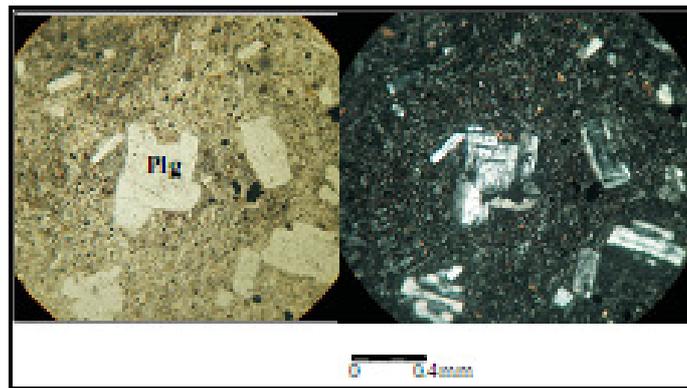
Plagioclasa (17.1%): fenocristales euhedrales de plagioclasa que muestran evidencias de reabsorción, la plagioclasa es una andesina con el 40% de Anortita. Y fenocristales euhedrales de plagioclasa bien desarrollados, que no presentan texturas de reabsorción, indicando que no hubo reacción con los otros componentes de la cámara magmática

Ortopiroxeno (1.3%):

Opacos (0.4%):

Matriz (81.3%): microlitos de plagioclasa principalmente, algunos cristales de piroxeno y opacos

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la textura de flujo marcada por la orientación de los microlitos de plagioclasa y opacos en una matriz vítrea que rodea los fenocristales de los fenocristales de plagioclasa fracturados con bordes de reabsorción. Izquierda nicols paralelos, derecha nicols cruzados.

Muestra: LHSW011a

Localidad: Los Guarangos, al N de El Auca

Descripción Macroscópica: Roca masiva, compuesta por bloques pumíticos que presentan una textura fiammé. Se observan cristales de plagioclasa y hornblenda

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, masiva y porfirítica; compuesta por cristales hypidiomórficos y una matriz predominantemente vítrea, Los fenocristales presentes en esta muestra son plagioclasa, piroxeno, hornblenda, biotita?, pómez, minerales opacos y como mineral accesorio circón.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en los fenocristales de plagioclasa.

Cumuloporfídica: Apreciable en los cristales de hornblenda, plagioclasa y minerales opacos.

Fiammé: Muy clara en los fragmentos pumíticos.

Componentes:

Plagioclasa (33.9%): La plagioclasa (An50) tiene forma euهدral a subهدral, exhibe zonación continúa normal, presenta macla según albita, sus bordes parecen "dibujados" dentro de la matriz vítrea, en cristales aislados y en textura glomeroporfídica; su tamaño varía entre 0,1mm y 1,50mm

Biotita (6%): se halla en cristales aislados de forma subهدral, con hábito tabular y sus bordes levemente fracturados; ocasionalmente se encuentran cristales con macla según albita; su tamaño va desde 0,2mm hasta 0,9mm.

Piroxeno (3.4%): se observan parcialmente fracturados, en los bordes se pueden distinguir claramente bahías de corrosión, exhiben clivaje en dos direcciones formando un ángulo aproximado de 90°, y son ligeramente pleocroicos; el tamaño de estos va entre 0,3mm y 0,8mm. Los cristales de hornblenda se encuentran aislados, en ocasiones con forma euهدral, pero, en general, de forma subهدral y con hábito tabular

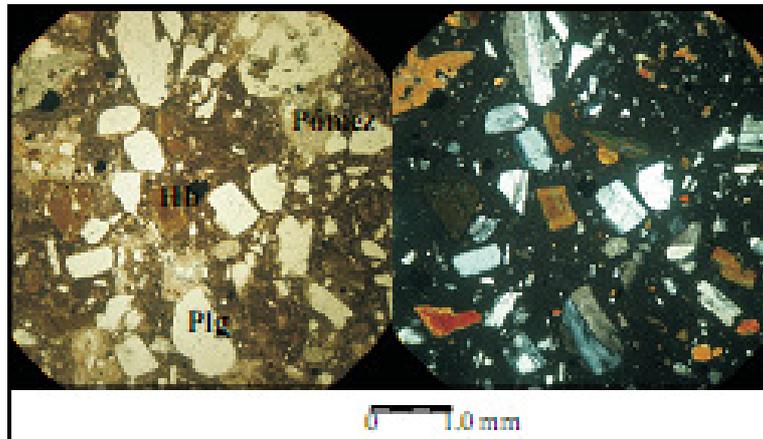
Opacos (2.2%): son netamente anhedrales, tienen bahías de corrosión en los bordes. El

Circón (%): tiene forma subهدral, se observa en cristales aislados y como inclusión en algunos fenocristales; con un tamaño de 0,1-0,3mm.

Fragmentos líticos (10.5%): pumita con un tamaño promedio de 0,5mm exhibe una textura fiammé (lo que indica soldamiento en la roca), en fragmentos aislados y deformados, ligeramente vesiculada, sus bordes están corroídos.

Matriz (44.2%): vítrea, aunque, es posible distinguir algunos cristalitos de plagioclasa; es de color marrón claro y totalmente amorfa.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los cristales de hornblenda y plagioclasa fracturados, con bordes de corrosión por la matriz vítrea de color oscuro. Los fragmentos pumíticos claros con textura fiammé. Izquierda, nicoles paralelos; derecha, nicoles cruzados.

Muestra: LHSW012a

Localidad: Vereda Las Cabras

Descripción Macroscópica: Roca masiva con matriz vítrea pumítica, con cristales de plagioclasa y hornblenda. Textura fiammé. Bandeada

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, porfírica, vesicular e inequigranular

Texturas:

Fiammé: Apreciable en las vesículas.

Seriate: En los fenocristales de plagioclasa.

Sieve: Presente en algunos cristales de plagioclasa.

Glomeroporfídica: Se observa en los minerales opacos.

Componentes:

Plagioclasa (24.4%): se observan fenocristales aislados de forma euهدral, exhibiendo macla según albita y albita-Carlsbad, con textura sieve y seriate, en ocasiones se distinguen algunos cristales con bordes de reacción, su tamaño oscila entre 0,1mm y 1,1mm; no fue posible hallar su composición

Piroxeno (8.5%): forma subهدral, ligeramente fracturados en cristales aislados e inequigranulares

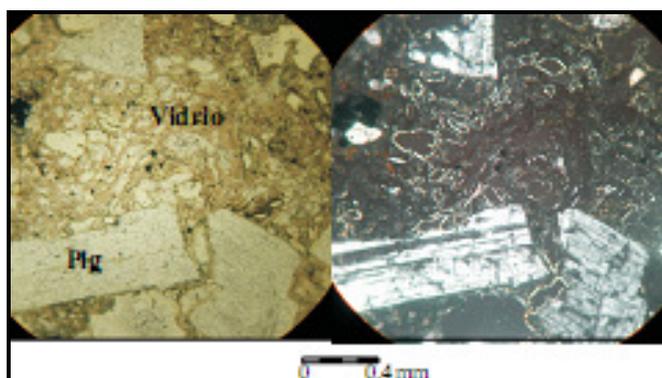
Opacos (2.8%): se presentan de forma anهدral, con los bordes corroídos, en cristales aislados o formando textura glomeroporfídica; su tamaño varía entre 0,1mm y 0,7mm

Shards (3.5%): son de color rosado y con forma casi siempre alargada. Las vesículas en general, están deformadas mostrando una textura fiammé. Las vesículas tienen un tamaño entre 0,1mm y 0,6mm

Vesícula (14%):

Matriz (46.9%): vitroclástica de color beige, con presencia de shards (generalmente de color rosado) y fenocristales de plagioclasa, piroxeno y minerales opacos

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la matriz vítrea, vesicular, con deformaciones de las vesículas, textura fiammé. Los cristales de plagioclasa fracturados presentan bordes de corrosión. Izquierda, nicols paralelos; derecha, nicols cruzados.

Muestra: LHSW020a

Localidad: El Barrial - El Sauce

Descripción Macroscópica: Roca maciza, bandeada afanítica. Con bandas oscuras vítreas con cristales y bandas claras vesiculares.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, porfírica, compuesta por fenocristales de plagioclasa, cuarzo, opacos, fragmentos de roca, pómez y matriz.

Texturas:

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos dentro del cristal de la plagioclasa.

Sieve: En las plagioclasas.

Componentes:

Plagioclasa (18.2%): se encuentra fracturada y fragmentada, tienen textura esquelética con inclusiones de vidrio, también tienen textura sieve y están macladas según la ley Albita y Albita

Carlsbad. Según el método de ángulos de extinción combinados de F. E. Wright, las plagioclasas son andesinas (Ab60An40)

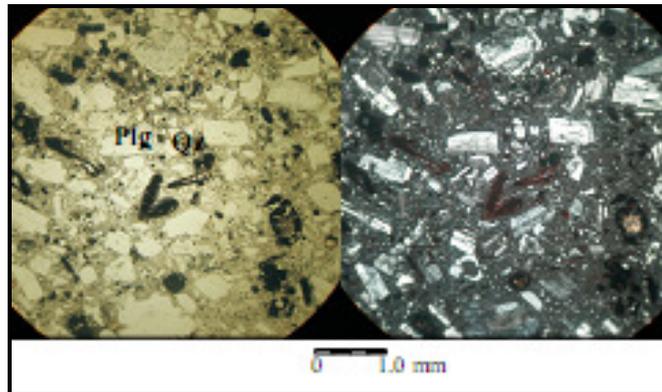
Cuarzo (0.7%): es subhedral (bipiramidal) y anhedral altamente fracturado.

Opacos (4.4%):

Fragmentos líticos (11.1%):

Matriz (65.2%): hipocrystalina, compuesta de vidrio y microlitos de cuarzo y plagioclasa.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la textura de flujo marcada por la orientación de las plagioclasas, los fenocristales de anfíboles oxidados y pequeños cristales de cuarzo redondeados en medio de una matriz vítrea con cristalitos. Izquierda, nicoles paralelos; derecha; nicoles cruzados.

Muestra: LHSW023a

Localidad: Cerro Quinquina

Descripción Macroscópica: Roca masiva hipohialina, de matriz amarillenta, compuesta de bloques, cristales y matriz

Descripción Microscópica: Roca hipohialina, porfídica, compuesta por fragmentos de cristales, fragmentos de roca y matriz. La fase cristalina esta compuesta por plagioclasa, ortopiroxeno y opacos, como mineral accesorio de observa circón.

Texturas:

Esquelética: Alto fracturamiento y vacíos en el interior del cristal de plagioclasa

Componentes:

Plagioclasa (15%): se encuentra altamente fracturada y en fragmentos, esta maclada según albita, los bordes presentan bahías de reacción, presenta inclusiones de opacos

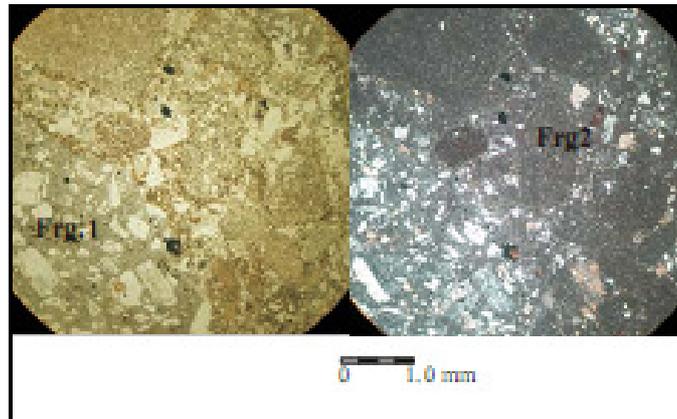
Piroxeno (5%):

Opacos (5%): subhedral fragmentados son inclusiones de opacos.

Fragmentos líticos (35%): ehedrales cúbicos.

Matriz (40%): vitroclástica con textura de desvitrificación, presenta algunas esferulitas esta compuesta por microlitos de opacos y chard y vidrio rojizo.

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de los fragmentos tipo 1, bloques de lava, tipo 2, fragmentos vítreos con cristalitos, en medio de una matriz vitroclástica, de color pardo, con cristales fracturados de plagioclasa y opacos. Izquierda nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: LHSW017a

Localidad: El Barrial

Descripción Macroscópica: Roca masiva con textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasa y hornblenda.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, porfirítica, inequigranular. Compuesta por fenocristales y matriz de vidrio y microlitos. Con textura de flujo definida por los microlitos y los fenocristales. Los fenocristales están compuestos por plagioclasa, anfíbol, piroxenos (orto y clino), biotitas, opacos y circones como minerales accesorios.

Texturas:

Sieve: En fenocristales de plagioclasa se presentan varios anillos reacción concéntricos.

Esquelética: En fenocristales de plagioclasa. Con inclusiones vítreas.

Componentes:

Plagioclasa (16.9%): columnares euhedrales a subhedrales, con tamaños que varían entre 0,096 mm y 3,50 mm. Se encuentran macladas según albita y carlsbad zonadas, presenta bordes bien definidos, textura esquelética con inclusiones vítreas y textura sieve. La composición de las plagioclasas, según el método Michel-Lévy, son andesinas (Ab60An40).

Anfíbol (4.7%): tiene borde de reacción, son subhedrales y anhedrales y están alterados, su tamaño varía entre 0,43 mm y 0,57 mm, se encuentran orientados.

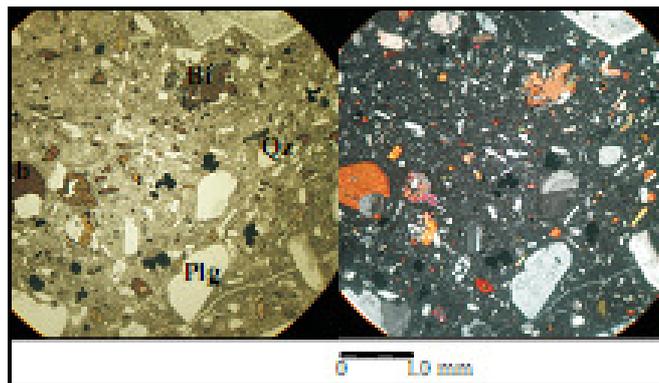
Biotita (%): presenta bordes de reacción y están macladas, son subhedrales y anhedrales, con tamaños entre 0,14 mm y 3,36 mm

Piroxeno (1.6%): son euhedral y subhedrales y presentan bordes de reacción

Opacos (2.2%):

Matriz (74.1%): compuesta por vidrio y microlitos de opacos y plagioclasa. Presenta vesículas.

Clasificación según recomendaciones de Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica porfídica de dos piroxenos



Los fenocristales orientados de hornblenda, plagioclasa, opacos, biotita y cuarzo en medio de una matriz vítrea con cristalitos. Obsérvese la textura corona en los anfíboles y en general los bordes de corrosión. Izquierda, nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: LHSW017b

Localidad: El Barrial

Descripción Macroscópica: Roca masiva con textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa y hornblenda.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina, porfídica. Compuesta por fenocristales y matriz de vidrio y microlitos. Con textura de flujo definida por los microlitos. Los fenocristales están compuestos por plagioclasa, anfíbol, piroxenos y opacos.

Texturas:

Sieve: En fenocristales de plagioclasa.

Componentes:

Plagioclasa (9.1%): son euhedrales a subhedrales, el tamaño es entre 1,68 mm y 3,6 mm. Se encuentran macladas según Albita y Carlsbad y, según el método Michel-Lévy son Oligolcasas-Andesinas (Ab7An3). Los fenocristales de plagioclasa tienen textura sieve y están zonadas

Anfíbol (0.4 %): tienen borde de reacción, son subhedrales y anhedrales y están alterados a opacos

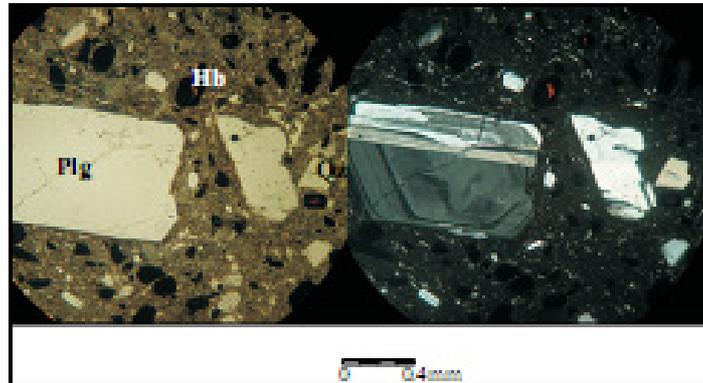
Biotita (2.3%): presentan bordes de reacción, son subhedrales y anhedrales y su tamaño varía entre 0,33 mm y 2,16 mm

Piroxeno (1.5%): tienen borde de reacción, son subhedrales y anhedrales y están alterados a opacos

Opacos (9.2%):

Matriz (77.5%): compuesta por vidrio y microlitos de opacos y plagioclasa. Se observan vesículas. Se observan fragmentos líticos.

Clasificación según recomendaciones de Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica porfídica de un piroxeno



Detalle de los fenocristales de plagioclasa, fracturados, con bordes de corrosión, los cristales de cuarzo fracturado y los anfíboles con corona de óxidos, rodeados por una matriz vítrea con microlitos y cristallitos marcando una textura de flujo. Izquierda nicoles paralelos, derecha, nicoles cruzados.

Muestra: LHSW017c

Localidad: El Barrial

Descripción Macroscópica: Roca maciza, bandeada, afanítica. Se observan cristales de plagioclasa y piroxenos.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina porfídica, compuesta de cristales y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, ortopiroxeno, anfíbol, cuarzo y opacos. La plagioclasa.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y ortopiroxeno.

Componentes:

Plagioclasa (31%): andesina, se presenta de forma euhedral, con extinción continua normal y oscilatoria, macla según albita, albita carlsbad y carlsbad, bordes con bahías de reacción, algunos presentan inclusiones de vidrio y apatito

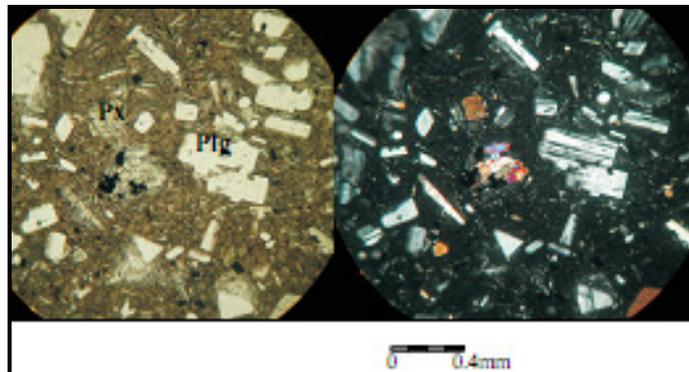
Cuarzo (1%): bipiramidal, con bahía de reacción estrechas **Anfíbol (%):** se presenta en pequeñas cantidades como oxihornblenda u hornblenda y Opacos subhedrales cúbicos

Piroxeno (5%): hiperstena, es euhedral se observan inclusiones de opacos y concentraciones de los mismo hacia los bordes del cristal, bordes bien definidos algunos con bahías de reacción

Opacos (1%):

Matriz (62%): compuesta por microlitos de plagioclasa y cristalitos de opacos, con textura traquítica

Clasificación según recomendaciones de Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica



La matriz vítrea con cristalitos y microlitos de plagioclasa, rodean los cristales de plagioclasa y piroxenos con bordes de corrosión. Izquierda nicols paralelos, derecha, nicols cruzados.

Muestra: LHSW018b

Localidad: La Laja

Descripción Macroscópica: Roca masiva, porfirítica, de color rojizo, con fenocristales de plagioclasa y hornblenda

Descripción Microscópica: Roca holocristalina, con fenocristales y matriz. La fase cristalina está compuesta por plagioclasa, biotita, anfíbol y opacos. En general, los cristales se encuentran de forma euhedral, aunque en algunos casos pueden ser anhedrales.

Texturas:

Glomeroporfídica: Se da en fenocristales de plagioclasa y anfíbol.

Cumuloporfídica: Participan fenocristales de plagioclasa y anfíbol.

Componentes:

Plagioclasa (33%): labradorita, presenta zonación inversa (?) y oscilatoria, bahías de reacción, inclusiones biotita, tiene inclusiones de biotita y oxidación hacia el entro del cristal

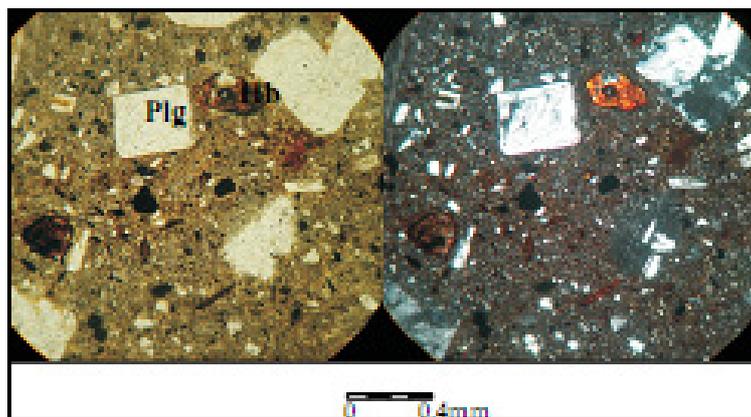
Anfíbol (7%): oxihornblenda y hornblenda, tiene inclusiones de plagioclasa y coronas de óxidos. Los minerales opacos parecen son euhedrales aciculares.

Biotita (4%): presenta bordes definidos con concentración de óxidos

Opacos (1%):

Matriz (55%): está compuesta por microlitos de plagioclasa y opacos.

Clasificación según recomendaciones de Le Maitre (2002): Lava Fenoandesítica



Detalle de la textura porfirítica, con fenocristales fracturados de plagioclasa, opacos y oxihornblendas con coronas de reacción, en medio de una matriz microcristalina. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Muestra: LHSW018c

Localidad: La Laja

Descripción Macroscópica: Roca pumítica, con textura fiammé. Se observan los cristales de plagioclasa y hornblenda.

Descripción Microscópica: Roca hipocristalina que presenta textura sériate en fenocristales de plagioclasa y anfíbol. Sobresale su alto contenido de fragmentos líticos deformados.

Texturas:

Fiammé: Se observa en pómez.

Seriate: Se presenta en fenocristales de plagioclasa y hornblenda.

Componentes:

Plagioclasa (24%): Cristales inequigranulares de forma subhedral con textura sériate, distribuidos sin una dirección preferencial dentro de la se observan cristales desintegrados con bordes agudos, que pueden llegar a confundirse con microlitos. Las maclas predominantes son Carlsbad, albita y albita -carlsbad en menor proporción. Se observa en la mayoría de los cristales que tienen la macla carlsbad, zonación normal. Los tamaños de los cristales varían entre 1,2; 0,56; 0,2; 0,1; 0,07mm. Se clasifica ésta plagioclasa según el método Michel-Levy como tipo labradorita (An 54%).

Sanidina (4%): Cristales subhedrales y anhedrales que poseen fracturas en dos direcciones, una dirección paralela a la longitud del cristal y otra perpendicular a esta, lo que genera un patrón de fracturamiento rectangular. Poseen maclado tipo Carlsbad y extinción ondulante. Su tamaño promedio es de 0,4 mm.

Anfíbol (6%): Se presenta en cristales inequigranulares longitudinales de forma subhedral, y como fragmentos de cristales con bordes agudos. La mayoría de los cristales se observan fracturados perpendicularmente a la longitud del cristal. Sus tamaños varían entre 0,9; 0,35; 0,25mm

Piroxeno (5%): euhedrales con pequeñas inclusiones de cristales euhedrales de plagioclasa y minerales opacos de forma redondeada. Poseen maclado tipo albita.

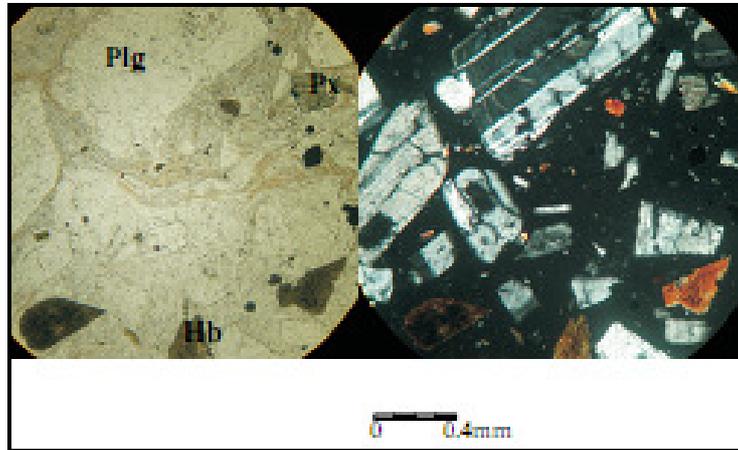
Opacos (1%): Cristales anhedrales de formas redondeadas, distribuidos aleatoriamente en la sección.

Fragmentos líticos (19%): Se observan deformados y aplanados. Sobresalen dos composiciones: unos de ignimbrita, con matriz hipohialina y fenocristales euhedrales de plagioclasa, hornblenda y clinopiroxeno. Sus tamaños varían entre: 8,4; 5,52; y 1,2 mm.

Pómez: Posee textura fiammé, y alta vesicularidad. Posee cristales euhedrales de plagioclasa y hornblenda. La forma de sus vesículas es alargada. Suele deformarse rodeando cristales de plagioclasa. Su tamaño promedio es de 2mm

Matriz (41%): vitroclástica

Clasificación según recomendaciones de Fisher y Smincke (1984): Toba soldada de cristales y bloques



Detalle de la matriz vítrea, con vesículas aplastadas, textura fiammè. Los fragmentos de vidrio no tienen microlitos. Los fenocristales de plagioclasa y hornblenda están frescos, zonados y fracturados. Izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Anexo 3

COLUMNAS ESTRIGRÁFICAS

LHSW011, sector quebrada El Auca. Corresponde a las Ingimbritas más antiguas.

Estación: LHSW011										Escala: 1:1800					Origen de Coordenadas: Oeste										
X: 1.043.750			Y: 725.800			Z: 2.300msnm			Ubicación: Quebrada El Auca																
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología		Granulometría				Selección	Redondez	Fracción Gruesa	Tamaño (cm) Mda. M. Min.	Estructura Externa	Estructura Interna	Espesor de capa	Número de capa	Dirección / Buzamiento	Color	Composición			Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones
		Arcilla y Limo	Ceniza Fina	Arena	F	M	G											Grava	Juveniles (%)	Accesorios (%)	Accidental (%)	Primarias			
II	150																Gray	100			Estratificación		Ignimbrita soldada, con intercalaciones de ceniza colgimbrítica	91	<p>En esta unidad se incluyen al menos 5 capas, que presentan variaciones en el contenido de liticos, pomex y granulométricas</p> <p>Ignimbrita descrita en las estaciones LHSW010, JLSW035, JLSW036, JLSW37</p>
I	200									Inferido							Medium Gray	100			Fiamme		Ignimbrita soldada	94 96	<p>Ignimbrita descrita en las estaciones LHSW011, JLSW040, JLSW041, JLSW050, JLSW51</p>

Convenciones

- Gradación al tope
- Gradación a la base
- Líticos
- Fiamme
- Pumitas
- Escoria
- Ceniza fina Aroillo-linosa
- Matriz tamaño arena

Mb Muy buena
 B Buena
 R Regular
 M Malo
 Sa Sub-angular
 Sr Sub-redondeado

JLSW011, cerro Patena e inmediaciones de la quebrada El Peligro. Intercalación de lava e ignimbritas.

Estación: JLSW011, JLSW016, JLSW017, JLSW018.										Escala: 1:10		Origen de Coordenadas: Oeste								
X:		Y:		Z:		Ubicación: Cerro Patena e inmediaciones de la quebrada El Peligro.														
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología		Granulometría				Fracción Gruesa		Color	Composición		Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones			
		Arcilla y Limo	Arena	F	M	G	Grava	Selección	Redondez		Tamaño (cm)	Má. M. M.	Juveniles (%)	Accesorios (%)				Accidental (%)	Primarias	Secundarias
Ceniza Fina		Canchales	Lapilli	Bombas	Bloques	Selección	Redondez	Tamaño (cm)	Má. M. M.	Estimación Sedimentaria	Estimación Estructural	Espesor de capa	Número de capa	Dirección / Buzamiento						
IV	240.0																	Ignimbrita soldada con bloques de JLSW009	J100 J101	Levantado en JLSW011 X: 1,045.947 Y: 722.401 Z: 2740
III	180.0																	Lava vítreo, posiblemente igual la de la estación JLSW009	J99	Levantado en JLSW009 X: 1,045.832 Y: 722.4422 Z: 2730
II	80.0																	Ignimbrita, con bloques de lava bandeda	J116 J117	Levantado en JLSW017 X: 1,045.550 Y: 722.865 Z: 2650
I	>80.0																	Flujo de lavas, ferropiritales de FI, vítreo, levemente bandeda	J 118	Escoria hacia el techo Levantado en JLSW018 X: 1,046.513 Y: 723.025 Z: 2650

Convenciones

- ▲ Gradación al tope
- ▼ Gradación a la base
- ◀ Líticos
- ◻ Pumitas
- ◻ Ceniza fina Arcillo-limosa
- ◻ Matriz tamaño arena
- ◻ Fiamme
- ◻ Escoria

Mb Muy buena
B Buena
R Regular
M Mala
Sa Sub-angular
Sr Sub-redondeado

JLSW044, sector El Auca.

Estación: JLSW044, 045, 046				Escala: 1:1250				Origen de Coordenadas: Oeste												
X: 1.034.486		Y: 729.891		Z: 1.530 msnm		Ubicación: Cerro El Auca.														
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología		Granulometría			Selección	Redondez	Fracción Gruesa Tamallo (cm) Má. M. Min.	Espesor de capa Espesor de capa Número de capa	Color	Composición			Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones	
		Arcilla y Limo	Arena	F	M	G						Legiti	Bonosa	Blanca	Juveniles (%)	Accesorios (%)				Aciduladas (%)
IV	75.00	Ceniza Fina					M	Sa		75.00	3	Beige							L333 J223	Levantado en SESW045 X: 1045.528 Y: 724.976 Z: 2467
III	52.30	Inferido					B	Sa	Inferido	0.2	3	Grayish Yellow								
II	50.00	Matiz tamaño arena					M	Sa	6.4 0.8 0.8	50.0	2	Grayish Yellow				Matiz soportado	L320 J221	Levantado en SESW044 X: 1044.890 Y: 724.890 Z: 2430		
I	?	Basamento							Inferido	?	1									Levantado en SESW046 X: 1044.833 Y: 724.842 Z: 2435

Convenciones

- Gradación al tope
- Gradación a la base
- Líticos
- Flamme
- Pumitas
- Escoria
- Ceniza fina Arcillo-limosa
- Matiz tamaño arena
- Mb: Muy buena
- B: Buena
- R: Regular
- M: Mala
- Sa: Sub-angular
- Sr: Sub-redondeado

JLSW014, cerro Patena. Secuencia de ceniza y lapillo de caída en contacto con la oleada piroclástica.

Estación: JLSW014				Escala: 1:164				Origen de Coordenadas: Oeste									
X: 1.046.861		Y: 722.113		Z: 2.880 msnm		Ubicación: Cerro Patena											
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología		Granulometría			Fracción Gruesa		Color	Composición			Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones
		Arcilla y Limo	Ceniza Fina	Arena F	Arena M	Grava G	Redondez	Tamaño Mm. M. Mh.		Juveniles (%)	Accesorios (%)	Accidental (%)	Primarias	Secundarias			
IX	5.92									Black					Suelo actual	J104 a J110	
VIII	5.72									Medium Gray					Flujo de ceniza y bloques	J104 a J110	Tamaño arena media con liticos.
VII	5.12									Medium Gray					Oleada piroclástica	J104 a J110	Presencia de carbonos. Similar a la estación JLSW013.
VII	4.92									Black					Paleosuelo	J104 a J110	
VI	4.32									Dark Brown					Caída de ceniza	J104 a J110	Tamaño arena fina, presencia de cuarzo y pómez.
V	3.68									Pale Yellow						J104 a J110	Grano soportado, presencia de cuarzo, biotita y pómez.
IV	1.38									Pale Green	90	10				J104 a J110	Matriz soportado, liticos y pómez; matriz tamaño arena fina.
III	0.98									Beige						J104 a J110	Clastos soportado, liticos y pómez; matriz tamaño arena gruesa.
II	0.78									Pale Yellow						J104 a J110	Clastos de liticos y pómez; matriz tamaño arena gruesa, anfíbol y biotita.
I	0.40									Beige						J104 a J110	Clastos de pumita; matriz tamaño arena fina, cuarzo y biotita.

Convenciones

- Gradación al tope
- Gradación a la base
- Líticos
- Fiamme
- Pumitas
- Escoria
- Ceniza fina Arcillo-limosa
- Matriz tamaño arena

Mb Muy buena
 B Buena
 R Regular
 M Mala
 Sa Sub-angular
 Sr Sub-redondeado

JLSW015, cerro Patena. Secuencia de ceniza y lapilli de caída.

Estación: JLSW015			Escala: 1:300		Origen de Coordenadas: Oeste																				
X: 1.046.578		Y: 722.440	Z: 2.820msnm		Ubicación: Vía Río Blanco - Cerro Patena																				
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología				Selección	Redondez	Tamaño (cm) M. M. Min.	Fración Gruesa	Estructuras Subvolcánicas	Estructuras Ígneas	Espesor de capa	Número de capa	Dirección / Bazamiento	Color	Composición			Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones		
		Arcilla y Limo	Arena	Grava	Ceniza											Juveniles (%)	Accesorios (%)	Accesorios (%)	Primarias	Secundarias					
VII	4.78											0.7	7		Medium Gray										Contenido de cuarzo y liticos
VI	2.43						6.4		Neto			1.65	6		Gray	100									Caída de ceniza J111 J113
V	2.43								Neto			0.20	5		Beige										Caída de ceniza
IV	2.23				B		6.4	1.6	Neto			0.50	4		Beige	90	10								Líticos y pómez bien seleccionados
III	1.73								Neto			0.23	3		Beige										Presencia de pumitas tamaño grava
II	1.50						6.4		Neto			1.50	2		Beige										Presencia de pumitas tamaño grava
I	?						12.8 a 2.1 a		Neto			?	1			40	60								Ignimbrita alterada descrita en la estación JLSW011

Convenciones

- Gradación al tope
- Gradación a la base
- Líticos
- Fiamme
- Pumitas
- Escoria
- Ceniza fina Arcillo-limosa
- Matiz tamaño arena

Md. Muy buena
 B Buena
 R Regular
 M Mala
 Sa Sub-angular
 Sr Sub-redondeado

JLSW024, sector el Barrial. Flujo piroclástico reciente.

Estación: JLSW024										Escala:			Origen de Coordenadas: Oeste										
X: 1.046.347		Y: 723.277		Z: 2.440msnm		Ubicación: El Barrial																	
Secuencia	Espesor Acumulado (m)	Litología		Granulometría			Fración Gruesa			Color	Composición			Estructuras		Tipo de depósito	Fotografía	Observaciones					
		Arcilla y Limo	Arena		Grava	Selección	Referencia	Tamaño (cm)	Má. M. Mf.		Estructuras Sedimentarias	Espesor de capas	Número de capas	Dirección	Eszamiento				Juveniles (%)	Accesorios (%)	Accidentales (%)	Primarias	Secundarias
			F	M																			
III	2.16	Ceniza Fina			B	Sa	102.4			0.98	3			5	95			Flujo de lodo					
II	1.18	Ceniza Fina			M	Sa	102.4		Neto	1.18	2		Dark Red		100			Flujo piroclástico	L257 L258 L259 L260 L261				
I	?	Ceniza Fina			R	A			Inferido	?	1			75	25			Flujo de Bloques y ceniza					

Convenciones

- Gradación al tope (upward triangle)
- Gradación a la base (downward triangle)
- Líticos (circle with dot)
- Fiamme (wavy line)
- Pumitas (square with dot)
- Escoria (irregular shape)
- Ceniza fina Arcillo-limosa (dotted pattern)
- Matriz tamaño arena (dotted pattern)
- Mb Muy buena
- B Buena
- R Regular
- M Mala
- Sa Sub-angular
- Sr Sub-redondeado

