
REGISTRO DEL VOLCANISMO NEÓGENO Y LA SEDIMENTACIÓN FLUVIAL EN EL SUROESTE ANTIOQUEÑO

Gloria M. Sierra, Maria I. Sierra y Ana M. Ríos
Departamento de Geología, Universidad EAFIT
gsierra@eafit.edu.co

Recibido para evaluación: 05 de Septiembre de 2005 / Aceptación: 26 de Octubre de 2005 / Recibida versión final: 11 de Noviembre de 2005

RESUMEN

La Formación Combia, que aflora en el Sur del departamento de Antioquia, suprayace la Formación Amagá y la Formación Barroso, está conformada por rocas volcánicas hacia la base y rocas volcano-sedimentarias hacia el techo; estas rocas volcánicas se encuentran asociadas al Sistema de Falla Romeral, el cuál ha sido interpretado como medio de infiltración de magmas corticales.

El estado inicial de desarrollo de la Formación Combia se da con un volcanismo básico toleítico caracterizado por derrames lávicos, brechas, aglomerados y tobas (base). El registro de este volcanismo se encuentra interrumpido con rocas que representan el retrabajamiento de las rocas primarias, las cuáles están intercaladas con algunas capas de areniscas tobáceas y flujos piroclásticos (techo).

Por medio del estudio de las facies encontradas, apoyado con el análisis petrográfico y de minerales densos, fue posible caracterizar cada uno de estos episodios. Hacia la base de la secuencia se encuentra el Segmento Bolombolo-Peñalisa el cuál presenta un predominio de facies piroclásticas y volcánicas de composición básica y sin evidencia de retrabajamiento en los componentes de las rocas y una única área fuente. Hacia el techo se encuentra el Segmento Guineales-Peñalisa el cuál presenta un registro claro de períodos de agradación y de incisión de valles, así como un aporte de material de las formaciones terciarias y cretácicas adyacentes.

PALABRAS CLAVES: Formación Combia, Volcanismo Neógeno en el Noroccidente Colombiano, Sedimentos Epiclásticos, Litofacies, Minerales Densos.

ABSTRACT

The Combia Formation, that appears to the south of departamento de Antioquia overlaying the Amagá and Barroso Formations, is composed by volcanic rocks to the base and volcano sedimentary rocks to the top. These volcanic rocks are associated to the Romeral Fault System, which has been interpreted as infiltration channel of cortical magmas.

The initial stage of the Combia Formation occurs with a basic to toleithic volcanism characterized by lava flows, brechias, agglomerates and tuffs. This volcanic record is interrupted by rocks that represent the reworking of primary rocks, which are interbedded with certain layers of tuffaceous sandstone and pyroclastic flows.

By studying facies and their relations along with petrographic and dense mineral analysis, it was possible to differentiate each episode. To the base of the sequence, the Bolombolo – Peñalisa segment, mainly volcanic and pyroclastic facies of basic composition with no reworking evidences and single source area is identified. To the top, the Guineales – Peñalisa segment, a clear record of aggradation and valleys incision, as well as a material contribution by the adjacent Tertiary and Cretaceous formations.

KEY WORDS: Combia Formation, Colombian Norwest Volcanism, Epiclastic Sediments, Lithofacies, Dense Minerals.

1. INTRODUCCIÓN

La estratigrafía general de la Formación Combia es conocida por los trabajos regionales de Grosse (1926), González (1976; 1980), y Calle y González (1984); la evolución del magmatismo asociado a esta Formación fue estudiada por Jaramillo (1977), Restrepo et al. (1981) y Marriner y Millward (1984) en el sur de Colombia, estudios principalmente en el Miembro volcánico. El Miembro sedimentario ha sido poco estudiado.

El presente artículo pretende, por medio de análisis faciales, obtener una caracterización petrográfica y análisis de minerales densos de las rocas que componen la Formación Combia en las secciones Bolombolo-Peñalisa y Guineales-Peñalisa; conocer aspectos sobre la relación entre el volcanismo ocurrido en el Neógeno en el Valle del Río Cauca con la sedimentación en ambientes fluviales.

Los segmentos estudiados se encuentran en el Suroeste del departamento de Antioquia en las inmediaciones de los municipios de Venecia, Tarso, Salgar y Concordia, cerca al corregimiento de Bolombolo en el paraje conocido como Peñalisa (Figura 1).

2. AMBIENTE DEPOSICIONAL

Las sedimentitas de la Formación Combia constan de una secuencia aluvial de grano grueso formada como respuesta al crecimiento de un complejo volcánico Neógeno en la depresión intramontana Cauca-Patía, noroccidente colombiano. Sus litofacies reflejan una sedimentación clástica en un ambiente fluvial caracterizado por episodios de actividad volcánica explosiva y calma volcánica. El estudio de las facies piroclásticas y epiclásticas permite relacionar las erupciones explosivas de los edificios volcánicos cercanos y el retrabajamiento posterior de los sedimentos volcanoclásticos.

En general la sección analizada se caracteriza por presentar intercalaciones de conglomerados y areniscas de grano medio a fino con tobas de lapilli y de ceniza, algunas de ellas soldadas. Se levantaron dos columnas estratigráficas (Figuras 2 y 3), cada una con características faciales diferentes (Tabla 1). Estas dos secciones se encuentran separadas por 2,5 km, con un contacto cubierto y posiblemente con una discontinuidad estructural entre ellas. Los segmentos levantados son:

2.1. Segmento Bolombolo – Peñalisa

Este segmento tiene un espesor total de 140 m y una tendencia estructural general de N5°E/32°W con pocas variaciones. Se caracteriza por el predominio de tobas de lapilli y de ceniza cristalinas a líticas interestratificadas con unidades conglomeráticas (Figura 2). Hay predominio de facies de arenas con estructuras sedimentarias como laminación paralela continua y estratificación cruzada, y facies de finos primarios o retrabajados de composición tobácea (Tabla 1). El color de las areniscas y de las tobas es un factor característico, presentándose verde oscuro a negro con algunas laminaciones dadas por acumulaciones de material ferromagnesiano y de niveles pumíticos.

2.2. Segmento Guineales – Peñalisa

Tiene un espesor de 167 m, una tendencia estructural N50°W/80°E constante en toda la secuencia. Presenta un predominio de facies epiclásticas representada por conglomerados intercalados con areniscas gruesas, subordinado a éstas, capas delgadas de material tobácea (Figura 3). Generalmente presenta gradación múltiple invertida y gradación simétrica invertida normal, estructuras de carga desarrolladas en los estratos menos competentes. Las características de los conglomerados no son constantes, presentándose desde conglomerados grano / soportados con desarrollo de imbricación, clastos subredondeados y poca matriz hasta matriz / soportados, sin imbricación y de clastos angulares a subredondeados (Tabla 1, Figura 4).

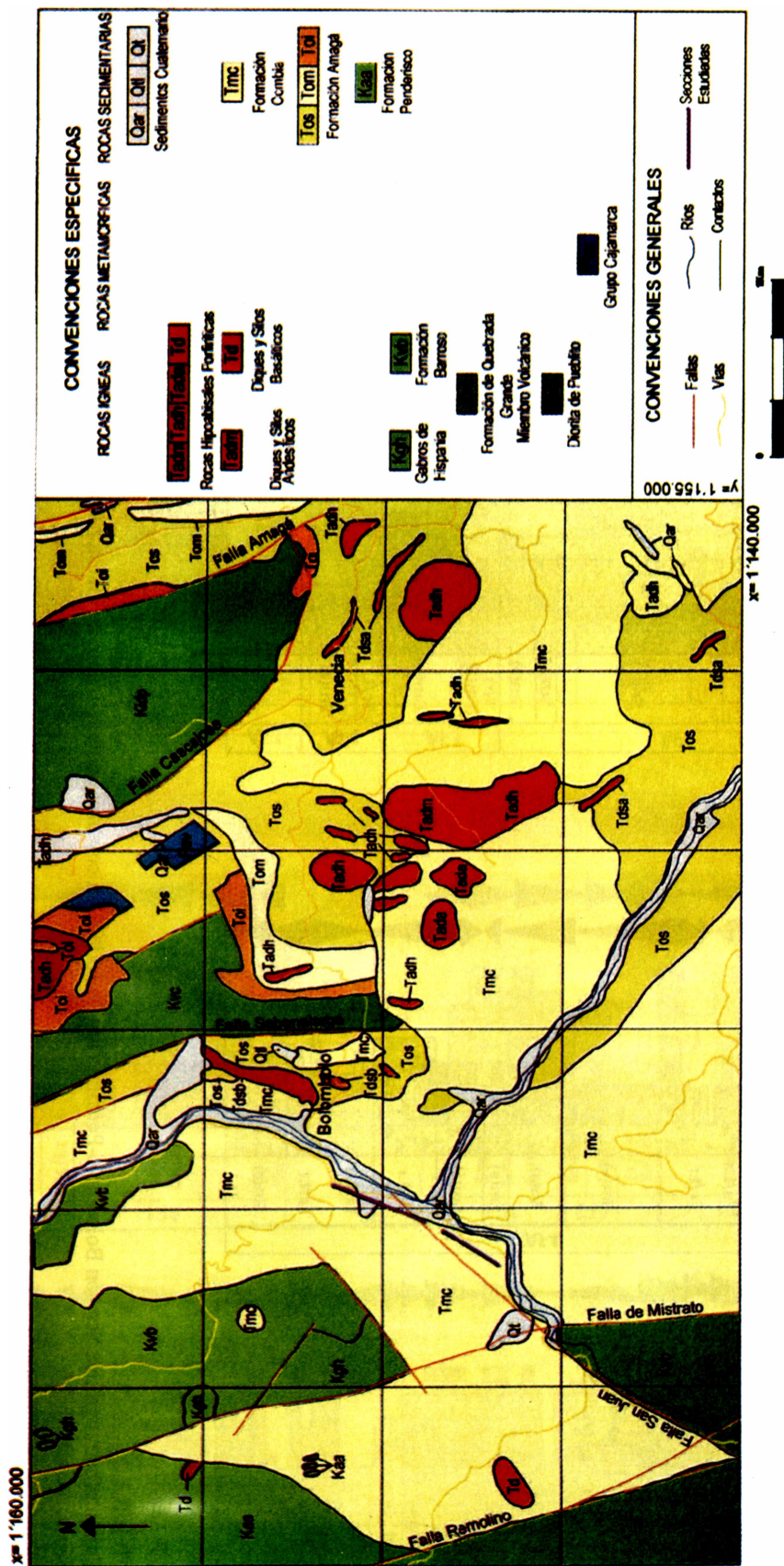


FIGURA 1. Mapa Geológico (Tomado de Calle y González 1984)

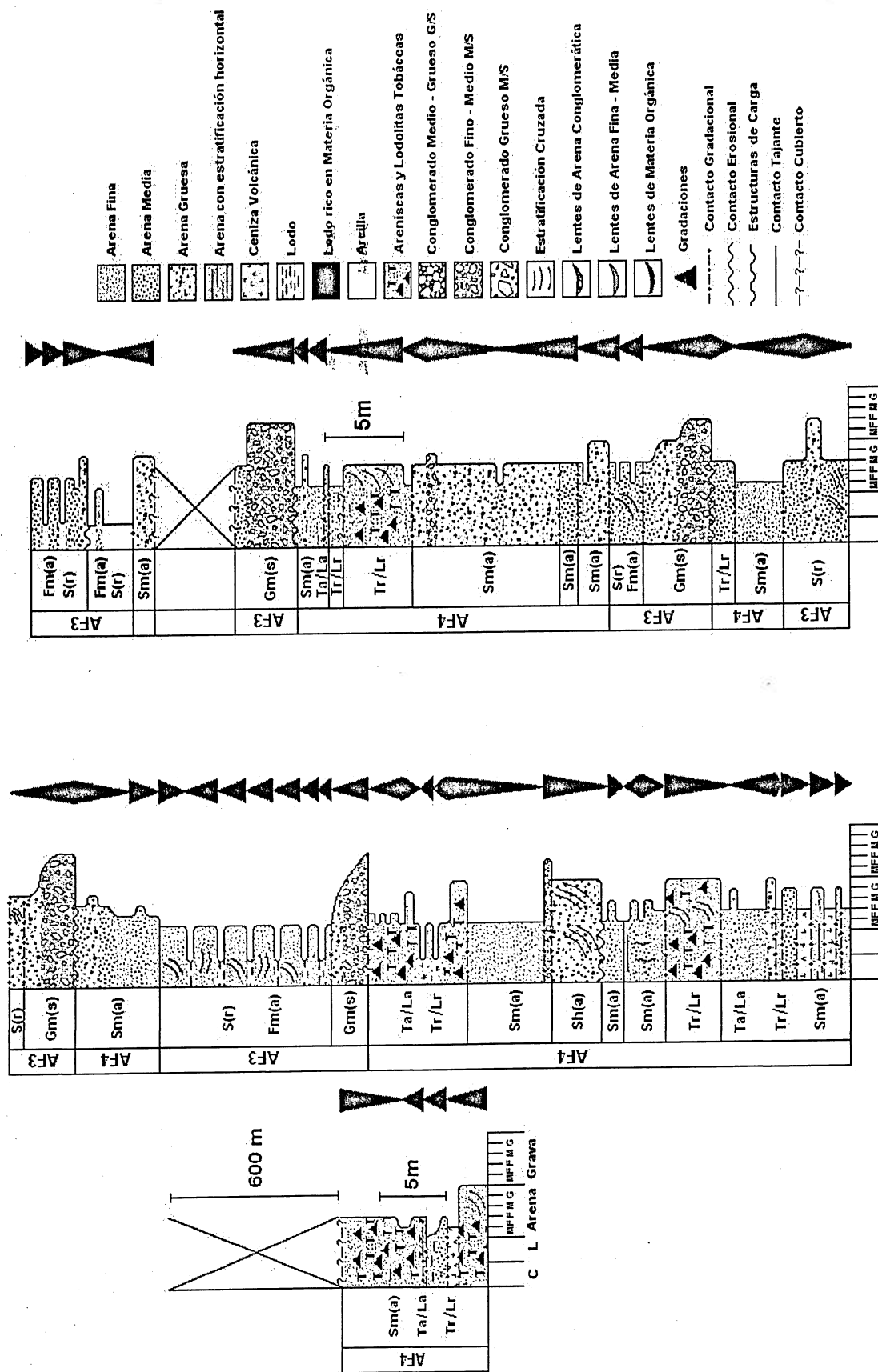


FIGURA 2. Columna estratigráfica Sección Bolombolo-Peñalisa (Escala 1:100). La columna del lado izquierda muestra la asociación de facies (Tabla 1) (Tomado de Ríos y Sierra, 2004).

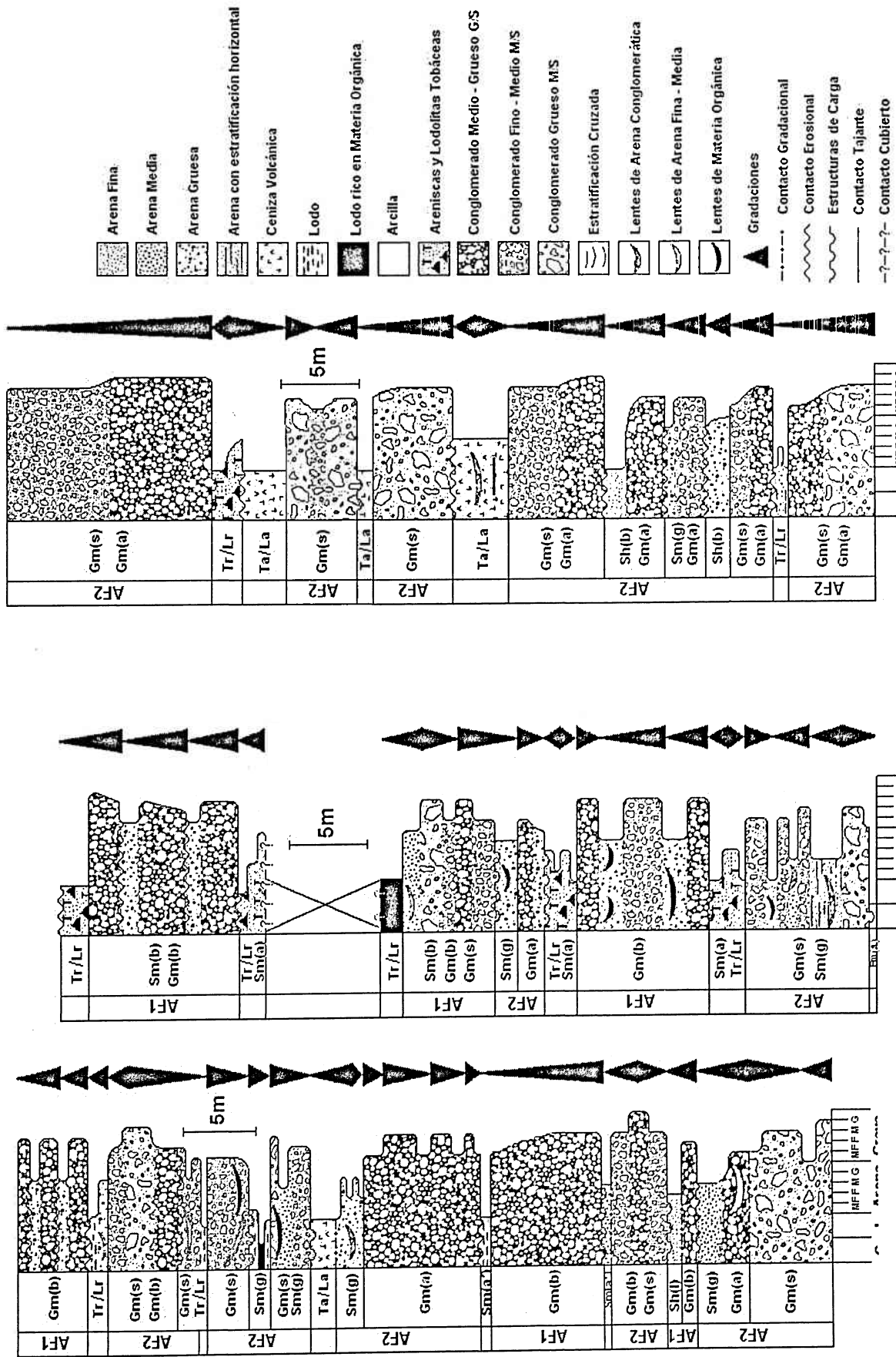
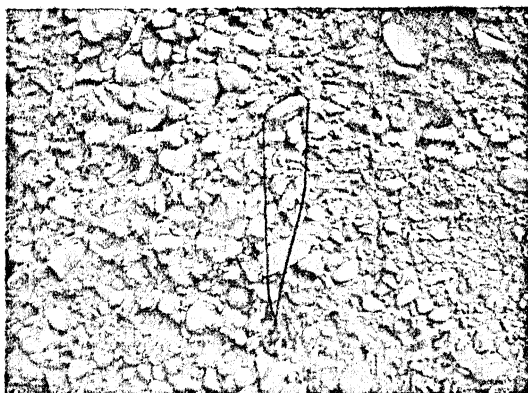


FIGURA 3. Columna estratigráfica Sección Guineales-Peñalisa (Escala 1:100). La columna del lado izquierdo muestra la asociación de facies (Tabla 1)(tomado Ríos y Sierra, 2004).

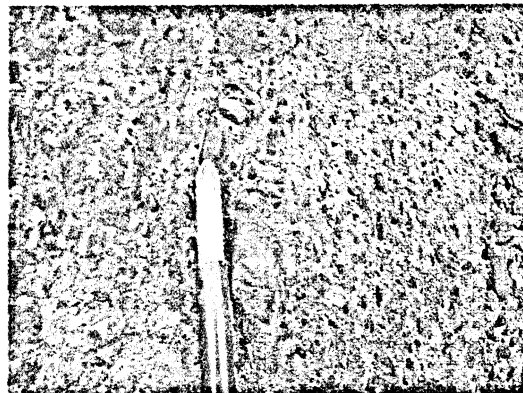
TABLA 1.

Nomenclatura de facies y asociaciones de facies para la Formación Combia, teniendo presente la nomenclatura de Miall, 1977, 1978; Rust, 1978; Mathisen y Vondra, 1983; Smith, 1987; Cardona y Ortiz, 1994; Ríos y Sierra, 2004.

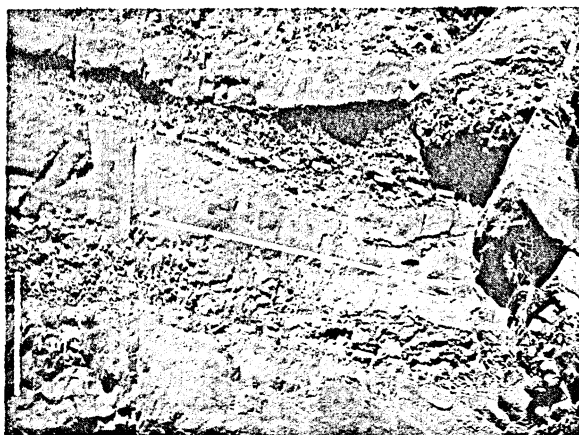
Asociación de Facies	Facies Dominantes	Facies menores	Unidades volcánicas intercaladas	Interpretación	Referencia
AF1	Gm(b), Sm(b)	Sp, Sh(l), Fm(a), Sm(a')	Tobas de ceniza y de lapilli	Depósitos de canales fluviales	Miall (1977; 1978)
AF2	Gm(a), GmS, Sm(g), Sh(b)	Sp, Gm(b), Sm(a')	Tobas de ceniza y de lapilli	Depósitos de flujos de escombros y flujos hiperconcentrados Depósitos de flujos de escombros con algunas intercalaciones de depósitos de canal y llanuras de inundación con caída piroclástica Depósitos de flujos piroclásticos de grano fino a medio	Smith (1987); Mathisen y Vondra (1983)
AF3	GmS, Sr	Fm(a), Sm(a)	Tobas de ceniza y lapilli; flujos piroclásticos	intercalados con depósitos de llanura de inundación y piroclastos retrabajados	Smith (1987); Cardona y Ortiz (1994)
AF4	Sm(a), Sh(a)	Ta,La, Tr,Lr	Tobas de ceniza y lapilli		Smith (1987); Cardona y Ortiz (1994)



33 m de la base. Características de la facie *Gm(a)* conglomerado grano/soportado, Guineales-Peñalisa.



Imbricación de los clastos característica de la facie *Gm(b)*. Guineales-Peñalisa.



10 m de la base. Características de la facie *Sm(a)*. Geometría tabular, compuesta por areniscas de grano fino con contacto neto hacia la base y gradacional hacia el techo con la facie Ta,La. Bolombolo-Peñalisa.



16 m de la base. Areniscas de grano fino a grueso ricas en cristales con desarrollo de meteorización esferoidal a lo largo de diaclasas. El color del estrato suprayacente, es típico de la facie *Sm(a')* Guineales-Peñalisa.



Estructuras de escape de gas en tobas de lapilli líticas. Facie Ta,La. Bolombolo-Peñalisa.

Areniscas de grano medio con estratificación cruzada marcada por el color oscuro (minerales densos), típicas de la facie St Bolombolo-Peñalisa.

FIGURA 4.

Facies características en los segmentos Bolombolo-Peñalisa y Guineales-Peñalisa

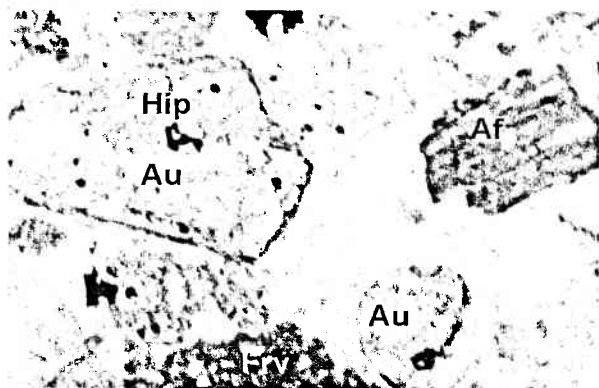
3. PETROGRAFÍA

Para el análisis petrográfico se tomaron 30 muestras (16 en el Segmento Guineales-Peñalisa y 14 en el Segmento Bolombolo-Peñalisa) de areniscas de grano medio y tobas de lapilli y de ceniza, en intervalos regulares de 10 m aproximadamente en la parte media de cada estrato. Fueron seleccionadas muestras de grano medio con el fin de disminuir el efecto del tamaño de grano en la concentración de ciertos minerales y obtener muestras estadísticamente confiables (Ingersoll et al., 1984; Large e Ingersoll, 1997).

Las características mineralógicas y texturales de las rocas del Segmento Bolombolo-Peñalisa son muy homogéneas en comparación con el Segmento Guineales-Peñalisa (Figura 5, 6, 7, Tabla 2). En estas rocas predomina la fase cristalina, siendo los componentes más importantes los minerales ferromagnesianos como hipersteno, augita, olivino, hornblenda y biotita (Figura 5). En cuanto a roca total, los componentes más importantes oscilan entre el hipersteno y los fragmentos de roca volcánica, mientras que en algunas rocas donde la presencia de plagioclasa es importante porcentualmente, los fragmentos de roca reducen su presencia (Tabla 2).

Todas las rocas analizadas del Segmento Bolombolo-Peñalisa presentan un aporte volcánico, sin embargo, el carácter piroclástico no es claro, ya que algunas presentan retrabajamiento en la matriz, en tal caso estas rocas fueron clasificadas como areniscas tobáceas. Cuando se presentan evidencias de soldamiento (relación vidrio-cristales, texturas de flujo, texturas de escape de gas, se clasificaron como ignimbritas.

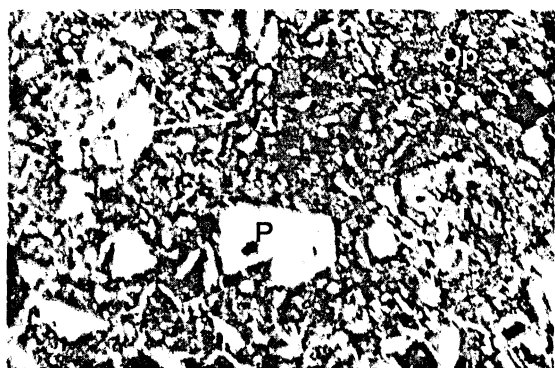
Las arenitas del Segmento Guineales-Peñalisa fueron clasificadas como litoarenitas y litoarenitas feldespáticas, las cuáles tienen un gran aporte piroclástico evidenciado por la presencia de plagioclasas y piroxenos zonados. Los tipos minerales más importantes son los fragmentos de rocas volcánicas hipoabisales (LVH), el cuarzo policristalino (Qp) y la plagioclasa (Tabla 2). Estas rocas presentan un porcentaje relativamente alto de minerales ferromagnesianos (Figura 9). Los fragmentos de arena son de tamaño fino a medio, subangulares a subredondeados y pobremente seleccionados (Figura 9). La hematita es el cemento dominante; sin embargo, no todas las muestras se encuentran cementadas.



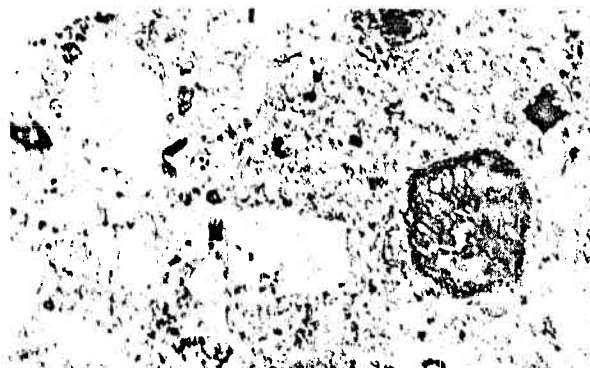
Cristal de hipersteno (Hip) maclado con augita (Au). Frv: Fragmento de roca volcánica. 10x.



Zonación de plagioclasa (P). Nótese alteración de calcita selectiva concéntrica. Ol: Olivino



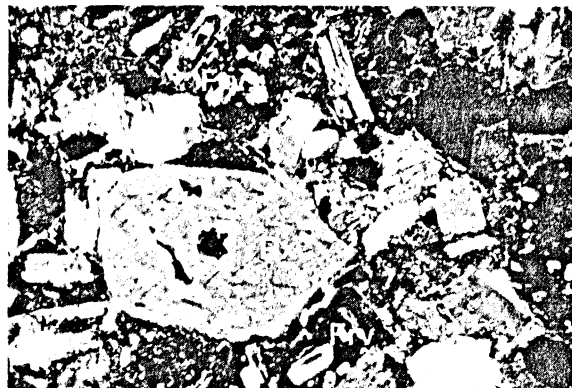
Anfibol (Af) con desarrollo de textura corona en toba cristalina (Nicoles cruzados). Op: opacos 10x.



Igual que anterior (Nicoles paralelos). Ver inclusiones de plagioclasa en anfíbol. 10x

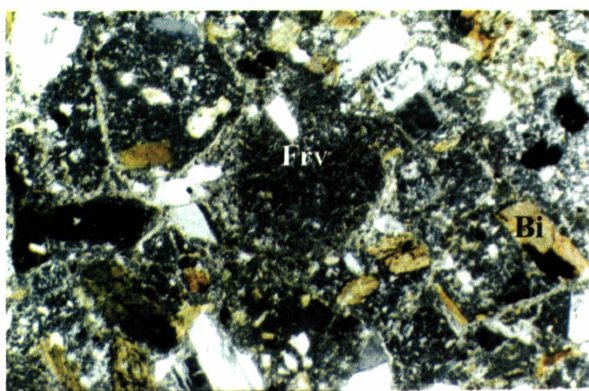


Biotita (Bi) plegada en arenisca tobácea. 10x.

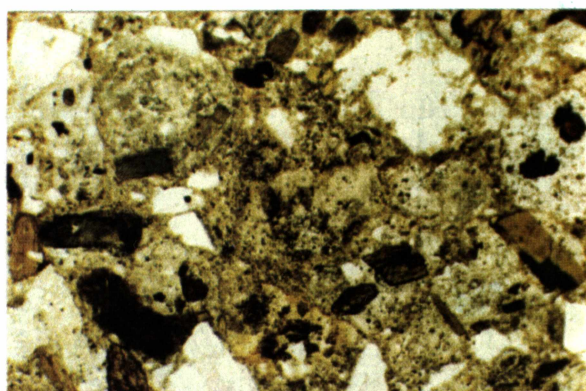


Piroxeno (Px) euhedral en toba cristalina. 10x.

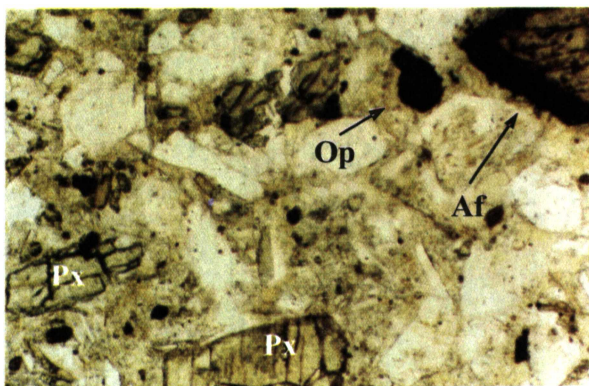
FIGURA 5.
Características petrográficas de las rocas del segmento Bolombolo – Peñalisa.



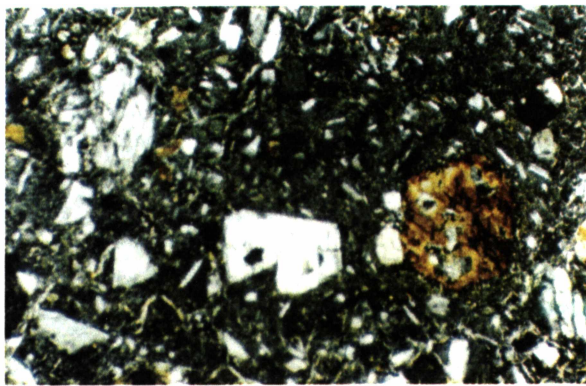
Fragments de roca volcánica (Frv) en toba lítica (Nicoles cruzados) 10x.



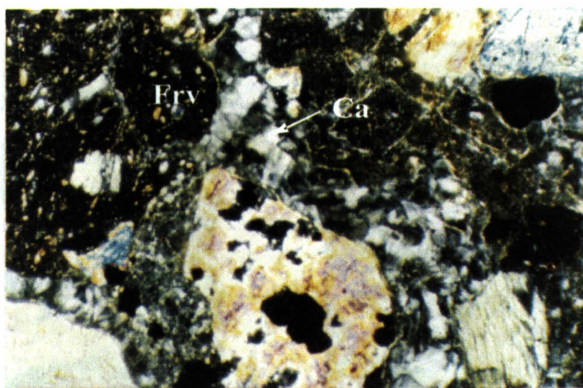
Igual que la anterior. Fragmentos de roca volcánica en toba lítica (Nicoles paralelos) 10x.



Matriz hipocristalina en toba 10x.



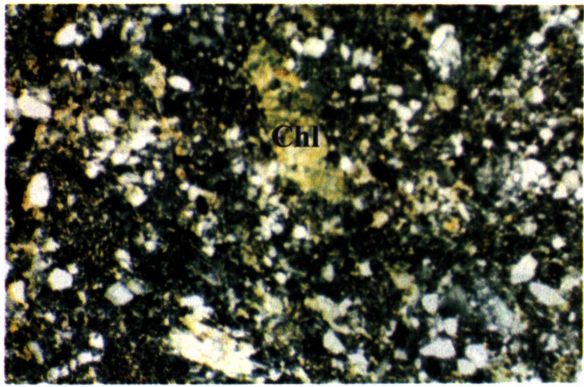
Matriz microcristalina con cristales subhedrales 10x.



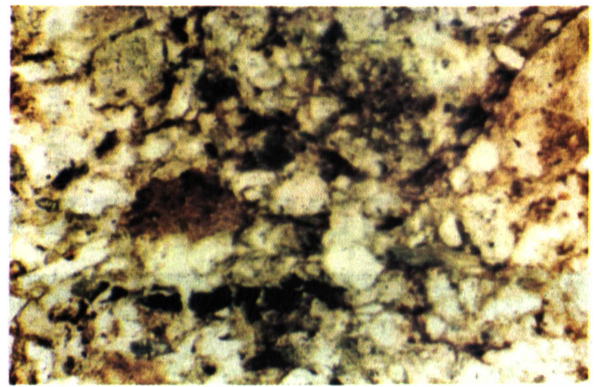
Calcedonia (Ca) radial como cemento 10x.

FIGURA 6.

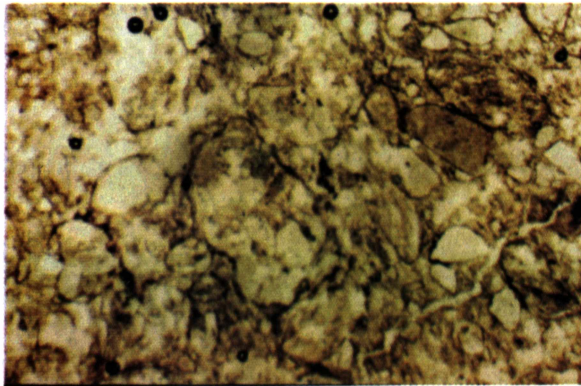
Características petrográficas de las rocas del segmento Bolombolo – Peñalisa.



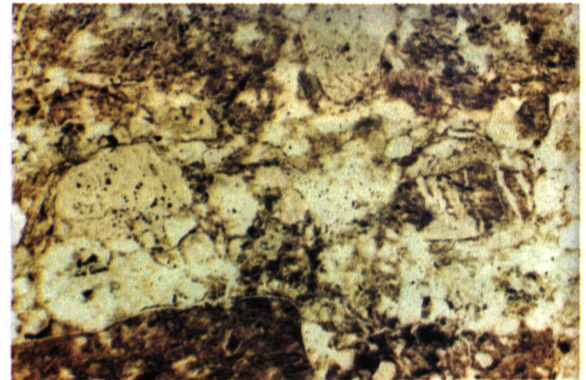
Areniscas tobáceas mal seleccionadas. Alteración de fragmentos de roca a clorita (Chl) 10x.



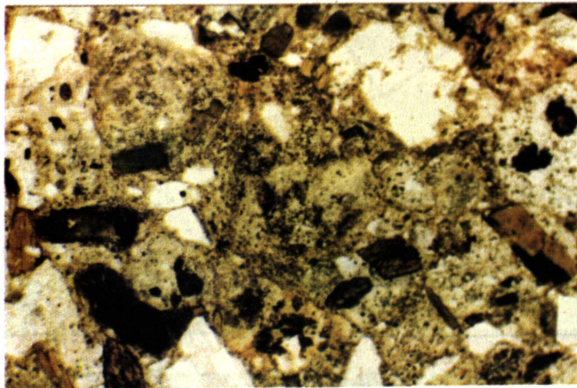
Clorita y materia orgánica (m.o.) 10x.



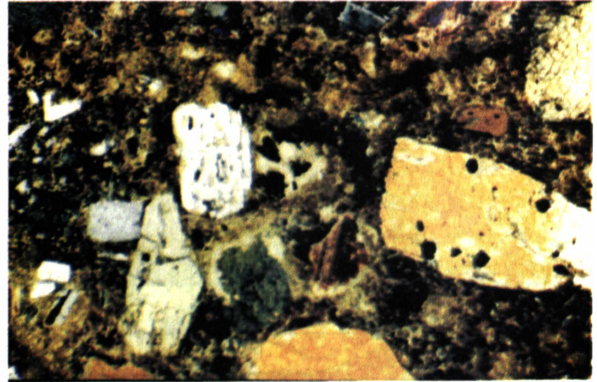
Fragmentos de roca retrabajados.



Fragmentos de roca retrabajados. 10x.



Toba de lapilli cristalina basáltica fresca.



Textura "sieve" en plagioclasa 10x.

FIGURA 7.
Características petrográficas de las rocas del segmento Guineales – Peñalisa.

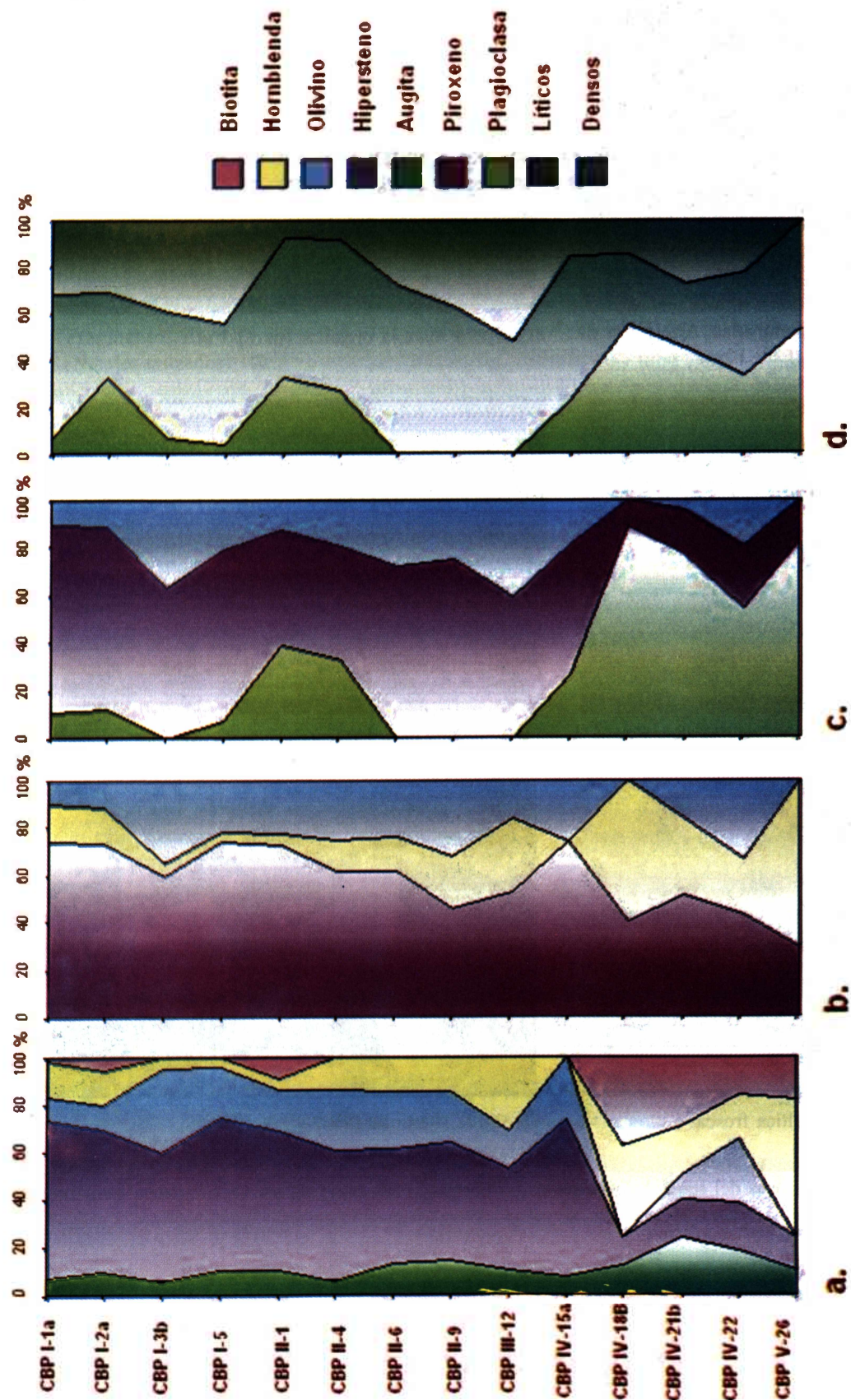


FIGURA 8. Relaciones entre los componentes principales en las rocas del Segmento Bolombolo-Peñalisa.
 a. Relación minerales máficos totales (Hornblenda + Biotita + Augita + Hipersteno + Olivino)
 b. Relación piroxenos-hornblenda-olivino.
 c. Relación plagioclasa-piroxenos-olivino
 d. Relación plagioclasa - minerales densos - fragmentos de roca (componentes totales del armazón).

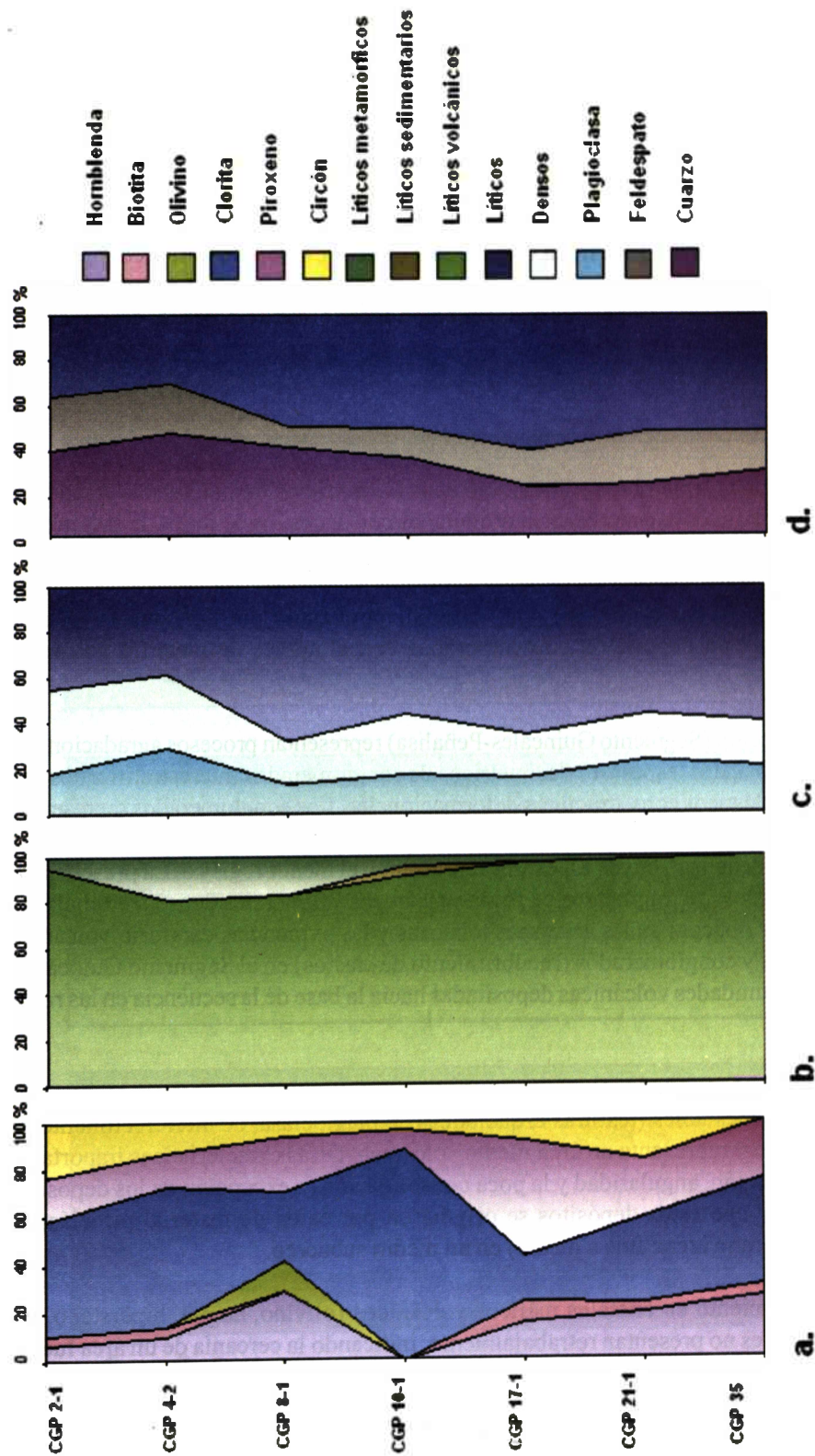


FIGURA 9. Relaciones entre los componentes principales en las rocas del Segmento Guineales-Peñalisa.
a) Relación minerales máficos totales (Hornblenda + Biotita + Olivino + Augita + Hipersteno + Olivino)
b) Relación líticos metamórficos - sedimentarios - volcánicos
c) Relación líticos - densos - plagioclasa y
d) Relación cuarzo-feldespato-fragmentos de roca (componentes totales de roca del amazón).

4. MINERALES DENSOS

El muestreo se realizó sobre material no meteorizado, a intervalos regulares y en puntos específicos donde se evidenciaban cambios en los patrones estratigráficos, en las variaciones litológicas y texturas, especialmente en los materiales más finos (arenitas, tobas y matriz de los conglomerados).

El análisis de minerales densos indica que el Segmento Bolombolo – Peñalisa está caracterizado por una variedad de especies minerales, donde se presenta un predominio de opacos, hipersteno, augita, hornblenda y olivino, en menor porcentaje se encuentra calcita, apatito y biotita.

El Segmento Guineales - Peñalisa presenta una mayor diversidad de especies minerales, con un enriquecimiento en minerales asociados a un magma acuoso (hornblenda) que subordinan la presencia de hipersteno y augita. El material de esta sección presenta evidencias de retrabajamiento más claras que la sección anteriormente descrita, definidas por la angularidad y esfericidad de los cristales.

5. DISCUSIÓN

La sedimentación en la cuenca donde se deposita el miembro sedimentario de la Formación Combia, fue dominada por depósitos de caída de piroclastos y flujos piroclásticos hacia la base, interdigitados con depósitos de flujos de escombros, flujos hiperconcentrados y algunos de llanuras de inundación. Estas características deposicionales fueron la respuesta de un sistema fluvial trenzado al aporte de grandes cantidades de sedimentos por un arco volcánico adyacente. Esta intercalación de material volcánico primario (tobas de lapilli) con material retrabajado por corrientes fluviales (conglomerados y areniscas tobáceas) representa deposición contemporánea con el aporte de material volcánico (sedimentación sin-eruptiva).

Los depósitos que conforman el techo de la sección (Segmento Guineales-Peñalisa) representan procesos agradacionales rápidos caracterizados por la ausencia de paleosuelos, espesores decimétricos de conglomerados interestratificados con depósitos de caída de piroclastos o flujos piroclásticos con estructuras deformacionales. Los conglomerados representan depósitos sin inter-erupción donde los mecanismos de incisión de valles pueden retrabajar los depósitos de erupciones volcánicas anteriores (Segmento Bolombolo-Peñalisa), cuyos espesores representan el menor registro. La presencia de clastos de tobas y basaltos en los conglomerados, de fragmentos de rocas volcánicas y minerales densos retrabajados (olivino, circón, apatito, anfíbol, piroxenos y opacos) en las areniscas tobáceas y las evidencias de vidrio volcánico alterado en la matriz de las areniscas tobáceas y conglomerados (recubrimiento de clastos) en el Segmento Guineales-Peñalisa evidencian el retrabajamiento de las unidades volcánicas depositadas hacia la base de la secuencia en las rocas del Segmento Bolombolo-Peñalisa.

La presencia de minerales zonados, con inclusiones de burbujas de gas y de vidrio volcánico, así como texturas de crecimiento bajo condiciones fisicoquímicas inestables (texturas esqueléticas en plagioclasa, de intercrecimiento en anfíboles y piroxeno y de reacción en anfíboles) representa un área fuente volcánica. Otras características importante de estas rocas son las evidencias de fragmentación, angularidad y la poca consolidación (a excepción de los depósitos de flujo piroclástico), lo que permite inferir que estos depósitos se originaron por caída de material piroclástico relativamente cerca de la fuente (tamaño de grano arena fina a media) en un medio subaéreo.

La base de la sección presenta un enriquecimiento en cristales máficos volcánicos (olivino, augita, hipersteno, +/- hornblenda, opacos, apatito y biotita) los cuáles no presentan retrabajamiento, indicando la cercanía de un área fuente piroclástica. En el techo de la sección se encuentran estas mismas especies minerales retrabajadas, además de circón y cuarzo.

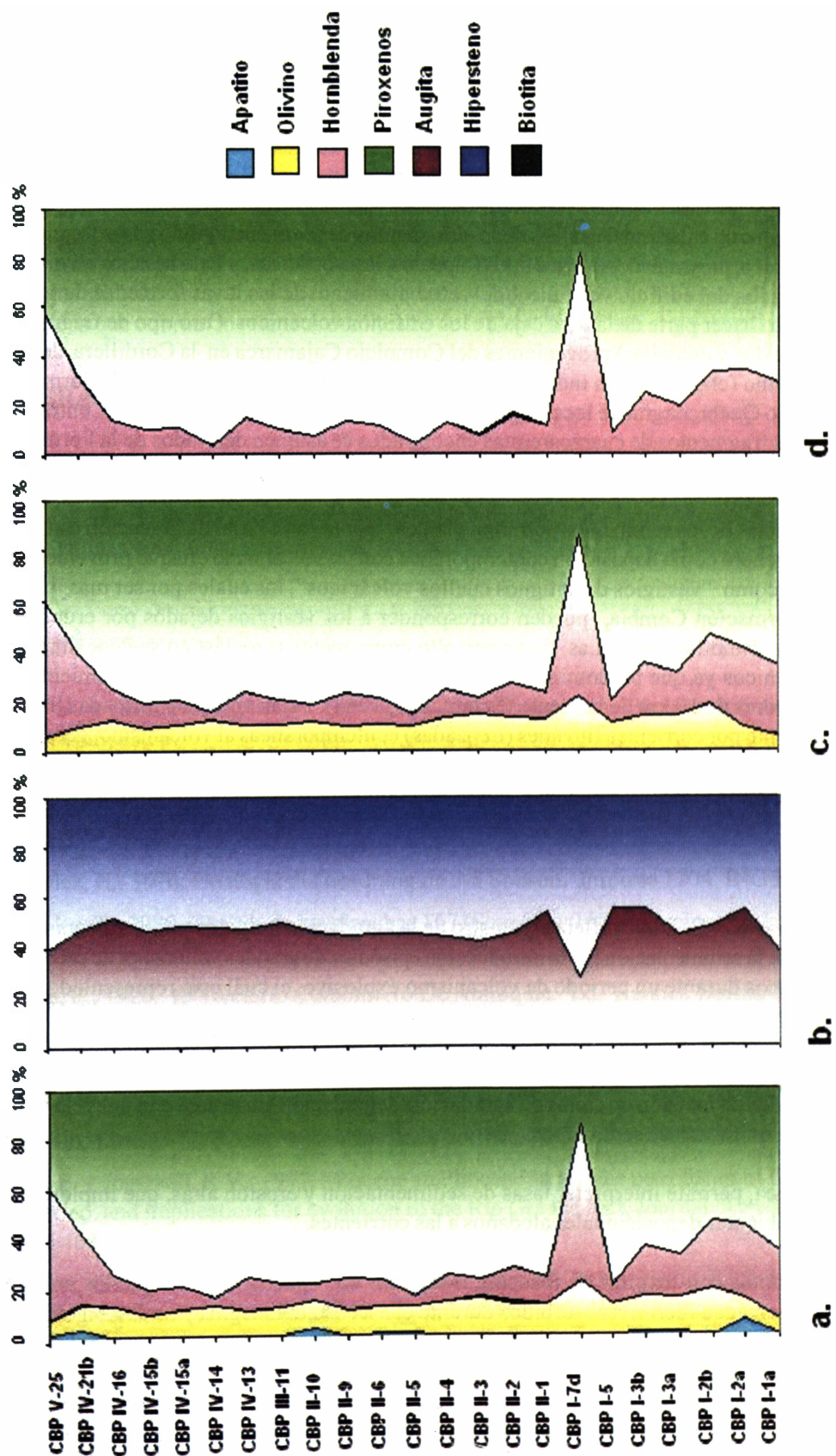


FIGURA 11. Distribución de minerales densos en el Segmento Guineales – Peñalisa (de base a techo) mostrando la variación de las especies presentes en las unidades estratigráficas.

a. Apatito-Circón-Olivino-Clorita-Piroxenos-Hornblenda.

b. Augita-Hipersteno.

c. Circón-Piroxenos-Olivino.

d. Olivino-Piroxenos-Hornblenda.

Los granos de circón en el Segmento Guineales-Peñalisa y el carácter estéril del Segmento Bolombolo-Peñalisa en cuanto a este mineral, permite inferir que en el techo de la sección hay un nuevo aporte de un área fuente diferente (Formación Amagá). Así mismo, es posible determinar entre las diferentes variedades de los granos de circón algunos con características volcánicas, provenientes probablemente de retrabajamiento de unidades volcánicas pre-existentes y otros redondeados (circones sedimentarios) provenientes de la Formación Amagá, la cuál estaba levantada en el momento de depositación de la Formación Combia.

Otras posibles áreas fuentes se determinaron a partir del análisis de los fragmentos de rocas encontrados. Los fragmentos predominantes son los de origen volcánico, presentándose varios tipos (hipoabisales, porfídicos, y feno basaltos olivínicos), los cuáles pudieron haber sido derivados del edificio volcánico, del retrabajamiento de las lavas formadas durante la fase efusiva del Volcanismo Combia o hacer parte de la roca caja de los edificios volcánicos. Otro tipo de fragmentos de rocas son los metamórficos (esquistos y cuarcitas) provenientes del Complejo Cajamarca en la Cordillera Central. Los fragmentos de cuarzo policristalino (chert) pueden indicar proveniencia de la Cordillera Occidental (Formación Barroso y Penderisco) o del Complejo Quebradagrande localizada en el flanco occidental de la Cordillera Central y en el valle del río Cauca. En cuanto a los fragmentos de cuarzoarenitas encontrados se asumen derivados de la Formación Amagá.

Las evidencias de posibles proveniencias de los sedimentos permiten plantear que la parte basal de la sección estudiada (Segmento Bolombolo-Peñalisa) se generó como deposición contemporánea con un volcanismo efusivo proveniente de los denominados por Grosse (1926) como "vestigios de antiguos cuellos volcánicos", los cuales por ser mas jóvenes que las edades obtenidas para la Formación Combia, pueden corresponder a los vestigios dejados por erupciones explosivas en la parte final del volcanismo Neógeno. Las rocas con alto componente piroclástico se depositaron en zonas cercanas a los edificios volcánicos ya que predominan las tobas de lapilli e ignimbritas sin soldamiento, las cuáles se presentan a distancias menores de 10 km de la fuente (Schmincke, 1988). Estas unidades formadas hacia la base fueron retrabajadas posteriormente por corrientes fluviales (trenzadas) contemporáneas al volcanismo, generando agradación e incisión de valles. El registro dejado por estos procesos es la intercalación de rocas epiclásticas con pequeñas capas de piroclastos (Segmento Guineales-Peñalisa), cuyos componentes se encuentran retrabajados.

6. CONCLUSIONES

El Miembro Sedimentario de la Formación Combia refleja el registro de la agradación inducida por el volcanismo en cuencas fluviales. La causa primaria de la sedimentación fue la introducción episódica de grandes volúmenes de escombros desde los edificios volcánicos cercanos durante un periodo de volcanismo explosivo, el cuál está representado por el Miembro Volcánico de la Formación Combia.

Las facies de canal que cortan depósitos anteriores de piroclastos, sugieren una deposición de secuencias gruesas en cortos periodos, separados por periodos de incisión en ciclos de agradación/degradación en un área con una relación de espacio de acomodación bajo y alto suministro de sedimentos.

El bajo contenido de materia orgánica, permite interpretar tasas de sedimentación y erosión altas, que impidieron la formación de suelos maduros en ambientes deposicionales aledaños a las corrientes.

La presencia de hornblendas y biotitas con texturas de reacción o coronas de opacos, sugiere que los anfíboles formados a partir de un magma rico en agua fueron reabsorbidos durante el ascenso del magma y no fueron enfriados rápidamente.

Los cuellos volcánicos que suministraron el material piroclástico a la Formación Combia pueden ser los Cuerpos Hipoabisales Porfídicos que afloran en la cuenca del Río Cauca al Sur de Antioquia y a Oeste de Caldas, los cuáles, por presentar edades mucho mas jóvenes que las obtenidas para la Formación Combia, representan los vestigios de cuellos

volcánicos en la parte mas explosiva del volcanismo Neógeno en un macizo de arco en una cuenca de arco interior limitado por fallas.

La presencia de minerales máficos retrabajados y la aparición de cuarzo en el techo de la sección (Segmento Guineales-Peñalisa) se explica por el inicio de procesos epiclásticos, dándose un retrabajamiento de las unidades adyacentes a la cuenca deposicional y de los piroclastos y unidades volcánicas formadas al inicio del volcanismo.

De acuerdo al análisis de la composición litológica de los clastos de los conglomerados, areniscas tobáceas y tobas puede concluirse que la Formación Combia en el área estudiada, tuvo su origen en la caída de piroclastos y la sedimentación de flujos piroclásticos, los cuáles, fueron retrabajados junto con las rocas de la Formación Amagá (Paleógeno) y cretácicas que cubrían los flancos occidental de la Cordillera Central y oriental de la Cordillera Occidental.

7. AGRADACIMIENTOS

El presente trabajo hace parte del proyecto "Estratigrafía y Paleomagnetismo de la Formación, Combia" que se realizo gracias a la financiación de la Universidad Eafit, dentro del grupo de investigación Geología Ambiental e Ingeniería Sísmica. A los laboratorios de Geología de la Universidad Eafit (Maria Isabel Acevedo – Wilton Andrés Echavarría 1), por su valiosa colaboración en la parte logística.

8. REFERENCIAS

- Calle, B. y González, H., 1984. Geología y Geoquímica de la Plancha 166 Jericó, Informe 1822 INGEOMINAS, Medellín, 232 p.
- Cardona, F.J. y Ortiz, M., 1994. Aspectos estratigráficos de las unidades del intervalo Plioceno-Holoceno entre Pereira y Cartago. Propuesta de definición para la Formación Pereira, Tesis de pregrado, Universidad de Caldas-CARDER, 124 p.
- González, H., 1976. Geología del cuadrángulo J-8 Sonsón. Informe 1704. INGEOMINAS. Bogotá. 421 p.
- González, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 168 (Salamina), Boletín Geológico del Ingeominas, N° 23, 174 p.
- Grosse, E., 1926. El Terciario Carbonífero De Antioquia. Ed. Reimer. Berlin, 361 p.
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.D. y Sares, S.W., 1984. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method, *Journal of Sedimentary Petrology*, V 54, pp. 103-116.
- Jaramillo, J.M., 1977. Rocas Volcánicas de la Formación Combia. *Boletín Ciencias de la Tierra* N° 2, pp. 163-164.
- Large, E. y Ingersoll, R.V., 1997. Miocene an Pliocene sandstone petrofacies of the Northern Albuquerque basin, New Mexico, and implications for evolution of the Rio Grande Rift, *Journal of Sedimentary Research*, Vol. 67, N° 3, pp. 462-468.
- Marriner, G.F., y Millward, D., 1984. Petrochemistry of Cretaceous to Recent Volcanism in Colombia, *Journal of Geological Society of London*, Vol 141, pp. 473-486.
- Mathisen, M.E. y Vondra, V.S., 1983. The fluvial and pyroclastic deposits of the Cagayan basin, Northern Luzon, Philippines-an example of nonmarine volcanoclastic sedimentation in an interarc basin, *Sedimentology*, Vol 30, pp. 369-392.
- Miall, A.D., 1977. A review of the braided river depositional environment, *Earth Science Review*, Vol 13, pp. 1-62.

- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary, en Miall, A, ed., *Fluvial Sedimentology*, Can. Soc. Petroleum Geologist Mem. 5, pp. 597-604.
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., González, H., 1981. Edades Mio-pliocenas del magmatismo asociado a la Formación Combia, Departamentos de Antioquia y Caldas, Colombia, *Geología Norandina*, N° 3, pp. 21- 26.
- Rios, A.M, Sierra, M.I; 2004. La Formación Combia: Registro de la Relación Entre El Volcanismo Neógeno y la sedimentación fluvial, sección Guineales – Bolombolo, Suroeste Antioqueño. Proyecto de Grado. Universidad Eafit. 106 p.
- Rust, B.R., 1978. Depositional models for braided alluvium, en Miall, A, Ed., *Fluvial Sedimentology*, Can. Soc. Petroleum Geologist Mem. 5, pp. 597-604.
- Schmincke, H.U., 1988. Pyroklastische Geesteine en Füchtbauer, H., *Sedimente und sedimentgesteine*, 778 p.
- Smith, G., 1987. The influence of explosive volcanism on fluvial sedimentation: The Deschutes Formation (Neogene) in Central Oregon, *Journal of Sedimentary Geology*, vol 57, N° 4, pp. 613-629.

