

EDAD Y PROVENENCIA DE LAS ROCAS VOLCÁNICO SEDIMENTARIAS DE LA FORMACIÓN COMBIA EN EL SUROCCIDENTE ANTIOQUEÑO - COLOMBIA

Diego A. Ramírez S., Adriana López C., Gloria M. Sierra L. y Gloria E. Toro V.
Departamento de Geología, Universidad EAFIT
gsierra@eafit.edu.co

Recibido para evaluación: 22 de Septiembre de 2006 / Aceptación: 20 de Noviembre de 2006 / Recibida versión final: 30 de Noviembre de 2006

RESUMEN

Los estudios petrográficos y de paleocorrientes realizados en la Formación Combia (Mioceno), departamentos de Antioquia y Caldas en Colombia sugieren que ésta se formó a partir flujos volcánicos y volcanoclasticos que se originaron hacia el oeste y este del actual Valle del Río Cauca.

Los estudios de trazas de fisión en circones colectados de diferentes horizontes de la Formación Combia arrojan edades Cretácicas, Paleoceno Tardío - Eoceno Temprano y Mioceno Tardío, las cuales han sido interpretadas como el resultado de eventos sintectónicos generados a lo largo del Sistema de Fallas Romeral, en los que se dio el retrabajamiento del basamento cretácico y del Miembro inferior de la Formación Amagá, coetáneamente con los eventos volcánicos, entre 10 y 6 Ma, que dieron origen a la Formación Combia.

Dentro de las edades obtenidas se destaca la de $53,4 \pm 1,4$ Ma en una muestra de ceniza de caída que no presenta retrabajamiento alguno. Este resultado sugiere que los sedimentos subyacentes serían aún más antiguos y en consecuencia, que el volcanismo tipo Combia pudo haber comenzado en el Paleoceno y no en el Mioceno como ha sido hasta el momento aceptado.

PALABRAS CLAVES: Rocas Volcanicas, Formación Combia (suroccidente antioqueño), Neógeno, Petrografía.

ABSTRACT

Petrographic and paleocurrent studies carried out within the Combia Formation, Antioquia and Caldas states-Colombia, suggest that this formation formed from volcanic and volcanoclastic flows originated east and west of the present Cauca river valley.

Fission track studies in zircons obtained in different stratigraphic sections, also within the Combia Formation, yield Cretaceous, Late Paleocene – Early Eocene and Late Miocene ages, which have been interpreted as being the result of syntectonic events generated along the Romeral Fault System, where reworking of both, the cretaceous basement and the Amagá Formation (Oligocene-Miocene), took place at the same time as the volcanic events, sometime between 10 and 6 M.a.

Among all fission track ages obtained in this study there is one in ash falls with no reworking, that stands out: $53,4 \pm 1,4$ Ma. This result suggest that the volcanic activity associated with the Combia Formation could have begun earlier, in Paleocene, and no in Miocene as has been commonly accepted.

KEY WORDS: Volcanic Rocks, Formación Combia, Volcanismo, Neogene, Petrography.

1. INTRODUCCIÓN

La Formación Combia (Grosse, 1926) está formada por rocas volcanoclásticas que suprayacen discordantemente a la Formación Amagá en el Suroccidente de Antioquia. Esta formación está dividida en dos miembros (González, 1976): El Miembro Inferior de carácter volcánico presenta brechas aglomeráticas, derrames basálticos y diques andesíticos y el Miembro Superior de carácter volcanoclástico presenta predominio de epiclastitas mal consolidadas.

1.1. Miembro Volcánico

Se compone esencialmente de conglomerados con matriz tobácea, shales de color crema, areniscas tobáceas, tobas de cristales, tobas de cenizas, aglomerados, brechas volcánicas y derrames de basalto y andesitas. Los aglomerados están compuestos por rocas volcánicas, con una matriz hipocristalina de composición andesítica, las tobas están compuestas por fragmentos cristalinos de augita, hornblenda, biotita, cuarzo, feldespatos caolinitizados, proporción variable de vidrio volcánico y fragmentos de rocas volcánicas. La mayor parte de los derrames eruptivos corresponden a basaltos feldespáticos. Es común observar niveles de autobrechas, sucedidos por niveles de lava maciza vesicular o amigdaloides, con vesículas rellenas de calcedonia, localmente diaclasados, exhibiendo bloques redondeados producto de meteorización esferoidal y a veces, estructuras columnares (Calle y González, 1980)

1.2 Miembro Sedimentario

El Miembro sedimentario está compuesto por sedimentos con aportes de material volcánico que se superponen a los distintos miembros de la Formación Amagá (Grosse, 1926; Calle y González, 1980). Litológicamente está constituido por interestratificaciones de conglomerados, brechas sedimentarias, areniscas de grano fino a medio y arcillolitas de color crema rojizo. En los conglomerados y brechas, los constituyentes son variados, abundando los cantos de basalto, andesitas, tobas y areniscas de la Formación Amagá. (Calle y González, 1982).

La Formación Combia ha sido considerada de edad Mioceno Tardío – Plioceno con base en las correlaciones realizadas por Van der Hammen (1958), a través de estudios fosilíferos y palinológicos, efectuados en la parte sur de la cuenca del Cauca y las dataciones realizadas por otros autores ((Tabla 1), en algunos de los cuerpos hipoabisales porfiríticos y basálticos que afloran en los departamentos de Antioquia y Caldas.

Tabla 1. Edades publicadas para la Formación Combia por diferentes métodos, en diferentes áreas y rocas.

Localidad	Edad	Método	Referencia
<i>Cerro el Corcovado</i>	8 ± 0,9 Ma	K/Ar Roca Total	MacDonald (1980)
	7,8 ± 1 Ma	K/Ar Roca Total	MacDonald (1980)
	10,6 ± 1,2 Ma	FT en circón	Jaramillo (1978)
<i>Stock de Marmato</i>	9,5 ± 0,9 Ma	FT en circón	Jaramillo (1978)
	6,3 ± 0,7 Ma	K/Ar - Hornblenda	Restrepo et al. (1981)
<i>Latibasalto el Cangrejo</i>	9 ± 1 Ma	K/Ar Roca Total	Restrepo et al. (1981)
	"Muy probablemente Mioceno"	Relación de campo	Van der Hammen (1958)
<i>Sedimentos de Fm. Combia</i>	7,1 ± 0,1 Ma	K/Ar - Hornblenda	González (1976)
<i>Pórfido de la Felisa</i>	6,8 ± 0,3 Ma	K/Ar - Biotita	González (1976)
<i>Diabasa de la Popala</i>	9,5 Ma		M. Delaloye, comunicación escrita, 1980, en Toussaint, J.F, 1999
<i>Farallones de La Pintada</i>	"Mio-Plioceno", contaminación en la medición de Ar	K/Ar	Restrepo et al. (1981)
<i>Sección Concordia</i>	Mioceno Tardío	Palinología	Pérez (2005)

Además, los trabajos de geología regional (Grosse, E., 1926; Jaramillo, J.M., 1976 ; González, H., 1976, 1980; Calle, B., González, H., 1980; Álvarez, A., 1983; González, H. 2001) realizados anteriormente en la zona de estudio describen que el Miembro Volcánico de la Formación Combia fue originado a través de erupciones de gran magnitud y energía en el mismo terreno donde hoy aflora, pues el tamaño y forma de los fragmentos de los aglomerados, su espesor y continuidad lateral indican un centro de actividad muy próximo que podría corresponder a algunos de los cuerpos de pórfidos que se encuentran en el área, y que se han interpretado como antiguos cuellos volcánicos (Grosse, 1926).

Este trabajo tiene como objetivo presentar la proveniencia de estos materiales de la Formación Combia en el suroccidente Antioqueño, basados en estudios petrográficos y paleocorrientes, además de las dataciones por trazas de fisión realizadas en las rocas de las secciones Guineales – Peñalisa, Concordia y dos cuerpos porfídicos localizados dentro de la zona de estudio (Figura 1)

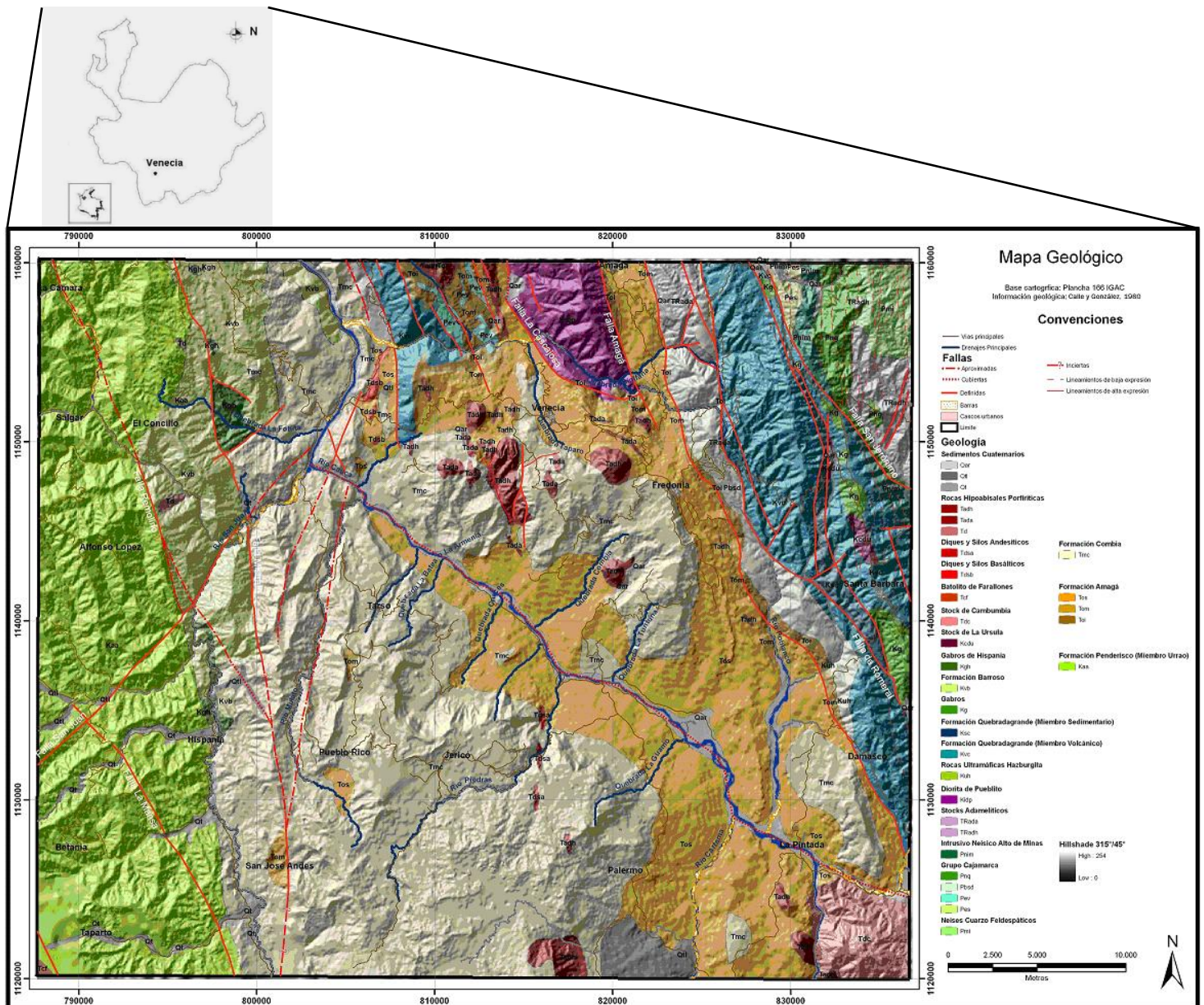


Figura 1. Mapa geológico y localización de las secciones estudiadas, quebrada La Táparo (Verde), Concordia (Rojo) y Guineales – Peñalisa (Azul). (Base cartográfica: Plancha 166 IGAC, Hillshade Azimut 270° / Altitud 45°; Información geológica: Calle y González, 1980).

2. RESULTADOS

2.1. Petrografía

Para la identificación de los principales componentes líticos y mineralógicos de las rocas que afloran en la quebrada La Táparo fueron analizadas 8 secciones delgadas. La Figura 2 muestra la posición estratigráfica de las muestras y la Tabla 2 recopila el contenido porcentual de los componentes principales identificados en cada una de las secciones, ver detalle de algunas secciones (Figura 3).

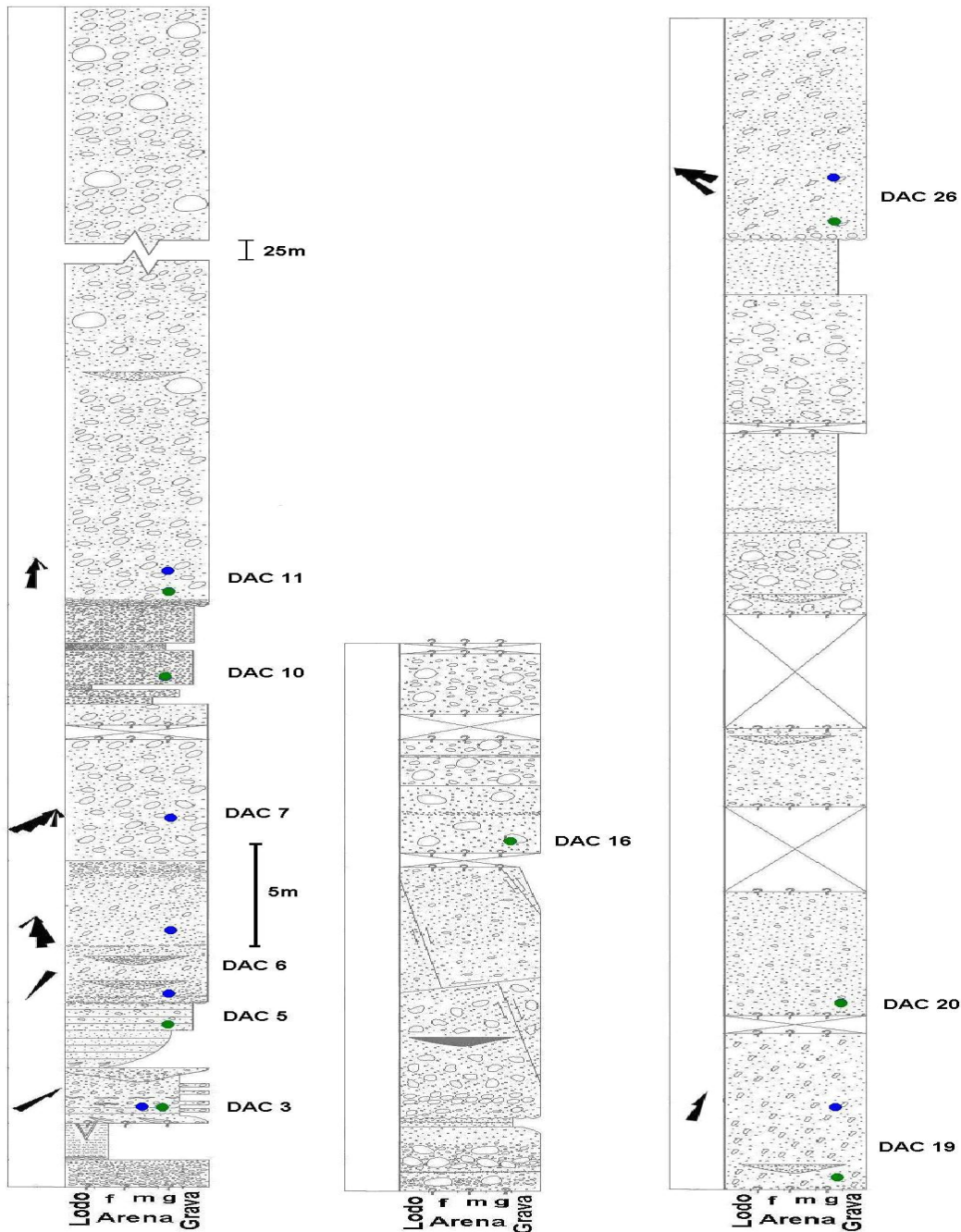


Figura 2. Columna estratigráfica sección quebrada La Táparo. Puntos azules medidas de las direcciones de paleocorrientes y puntos verdes muestra sección delgada.

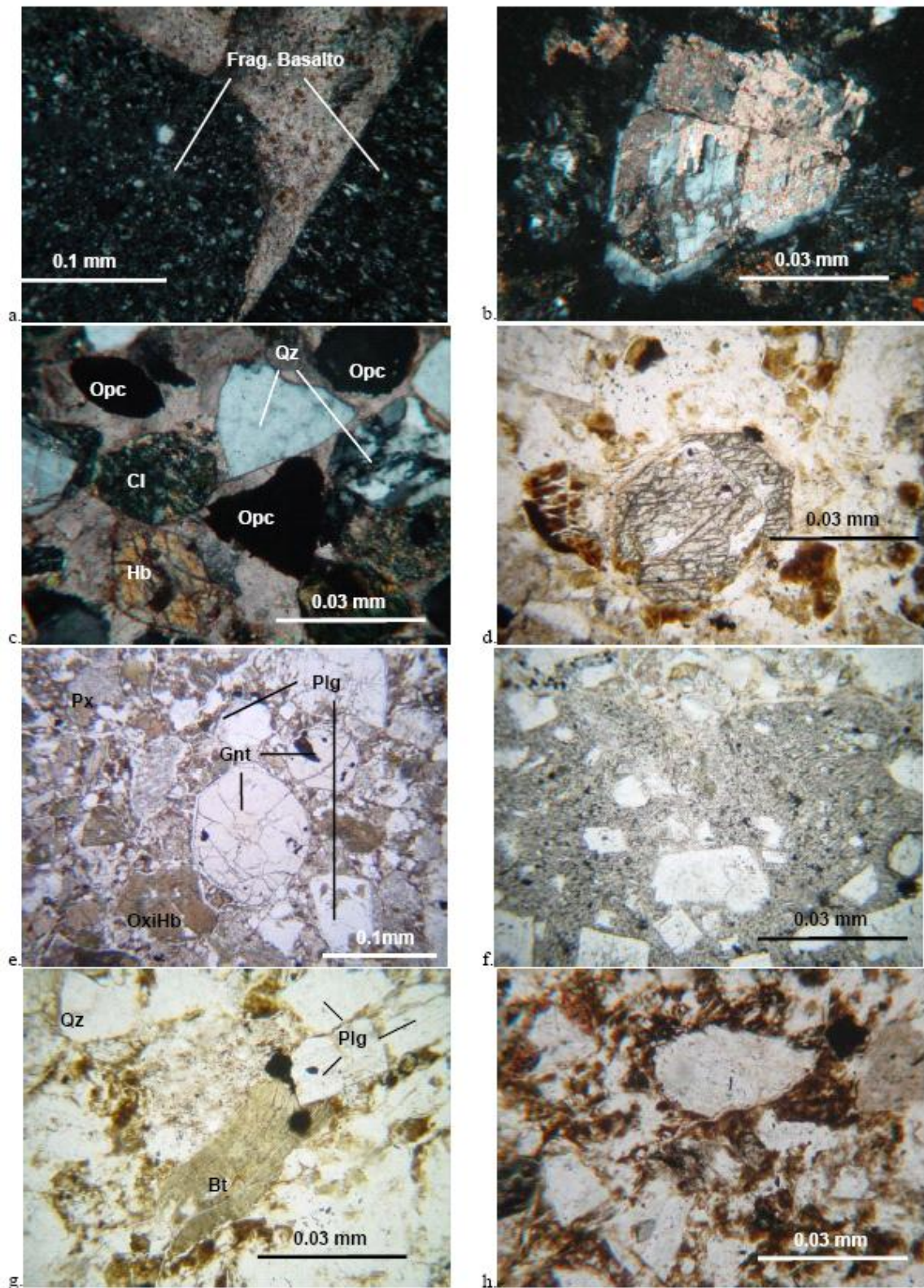


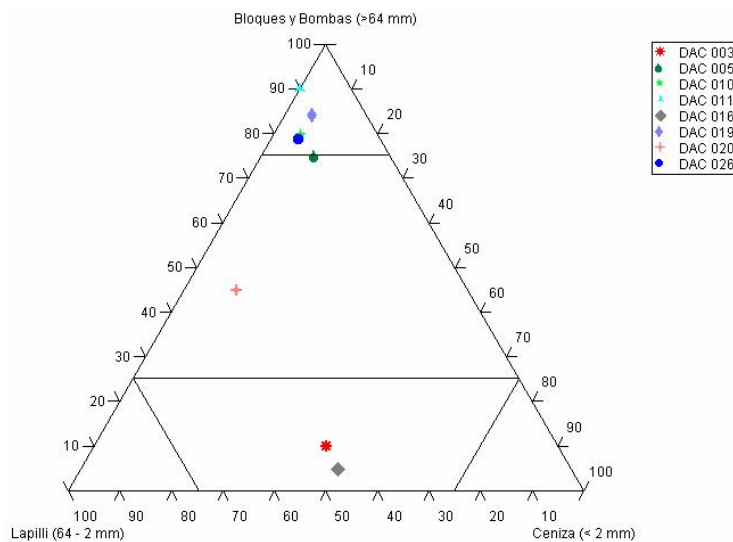
Figura 3. Petrografía Sección QUEBRADA La Táparo: **a.** Cemento carbonatado entre dos fragmentos de basalto (DAC 011); **b.** Plagioclasa zonada alterada a calcita (DAC 019); **c.** Cemento carbonatado. Opc: Opacos; Cl: Clorita, hb: Hornblenda; Qz: Cuarzo (DAC 003); **d.** Clinopiroxeno alterándose a clorita. Nícoles paralelos (DAC 026); **e.** Cristales subhedrales de granate en matriz vítrea alterada. Nícoles paralelos (DAC 010); **f.** Matriz vítrea. Nícoles paralelos (DAC 016); **g.** Cemento arcilloso y cristales de biotita, cuarzo y plagioclasa (DAC 019); **h.** Cemento arcilloso (DAC 019)

Tabla 2. Contenido porcentual (%) de los componentes mineralógicos y líticos de las rocas que afloran en la quebrada La Táparo.

	DAC 003	DAC 005	DAC 010	DAC 011	DAC 016	DAC 019	DAC 020	DAC 026
Hornblenda	4.6	1.1	21.2	0.5	-	2.2	5.9	1
Oxihornblenda	0.2	-	0.7	-	-	0.1	1.5	1.8
Arcillas	2.3	3.7	0.3	-	-	24.2	6.1	-
Biotita	0.2	-	-	-	-	5.1	0.5	0.7
Calcita	27	-	1.9	23.3	16.1	2.7	13.6	6.1
Clinozoisita - Epidota	0.5	1.1	-	-	-	0.2	-	0.2
Clorita	10	1.6	0.5	-	0.2	12.5	4.4	20.8
Qz monocristalino	22.2	2	3.2	2.7	-	2.4	0.9	-
Qz policristalino	16.9	16.9	1.3	2.7	-	4.6	0.7	0.2
Feldespato potásico	0.4	-	-	-	-	1.1	-	-
Fragmentos de roca¹	10.7	59.2	33.4	65.4	5.3	8.1	3.6	5.2
Granate	-	-	6.1	0.5	-	-	-	-
Matriz (vítreo)	-	8.2	20	2.2	45.6	8.6	34.9	30.4
Moscovita	0.1	-	-	0.5	0.1	1.2	-	-
Opacos	0.9	0.5	1.1	-	0.8	0.9	-	0.9
Plagioclasa	3.5	4.6	9.8	2.2	30.7	25.0	27.9	31.6
Piroxeno (Augita)	0.1	-	0.3	-	0.7	0.9	-	1.1
Piroxeno (Enstatita)	-	-	0.2	-	0.5	-	-	-
Sericita	0.4	1.1	-	-	-	0.2	-	-

¹ Los Fragmentos de rocas principales son Basalto, Pórfido feno Andesítico y Cuarzoarenitas.

Dicha información fue utilizada para la posterior clasificación de las rocas, usando los diagramas triangulares de clasificación estándar de términos de rocas para fragmentos piroclásticos de Fisher (1966) (Figura 4), y de cenizas y tobas después de Schmid (1981; en Cas y Wright, 1987)(Figura 5).

**Figura 4.** Clasificación de las rocas que afloran en la quebrada La Táparo a partir del tamaño de grano según Fisher (1966)

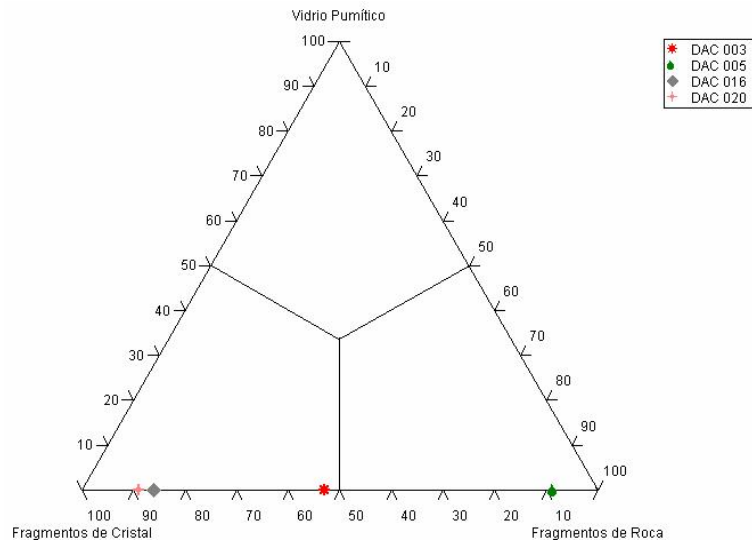


Figura 5. Clasificación litológica de las rocas que afloran en la quebrada La Táparo a partir de la composición porcentual según Schmid (1981)

Así, combinando los resultados mostrados en los dos diagramas anteriores se les asigna los siguientes nombres a estas rocas (Tabla 3):

Tabla 3. Nomenclatura asignada a las rocas que afloran en la quebrada La Táparo.

	DAC 003	DAC 005	DAC 010	DAC 011	DAC 016	DAC 019	DAC 020	DAC 026
NOMBRE DE LAS ROCAS	Toba Lapilítica de cristales	Brecha tobácea lítica	Brecha piroclástica	Aglomerado	Toba Lapilítica de cristales	Brecha piroclástica	Brecha tobácea de cristales	Brecha piroclástica

2.2. Análisis de Paleocorrientes

Para este análisis se recopiló información de las secciones Concordia, Guineales – Peñalisa y quebrada La Táparo (Figura 6), en las cuales se tomó la dirección de imbricación de las gravas contenidas dentro de los paquetes de aglomerado y conglomerado y algunas estructuras sedimentarias entre ellas estratificación cruzada. Esta herramienta fue utilizada para encontrar la posible localización de las antiguas calderas que habrían sido erodadas por procesos superficiales, y que podrían corresponder a las áreas fuentes de los materiales correspondientes a la Formación Combia (Figura 6).

A continuación se muestran los resultados

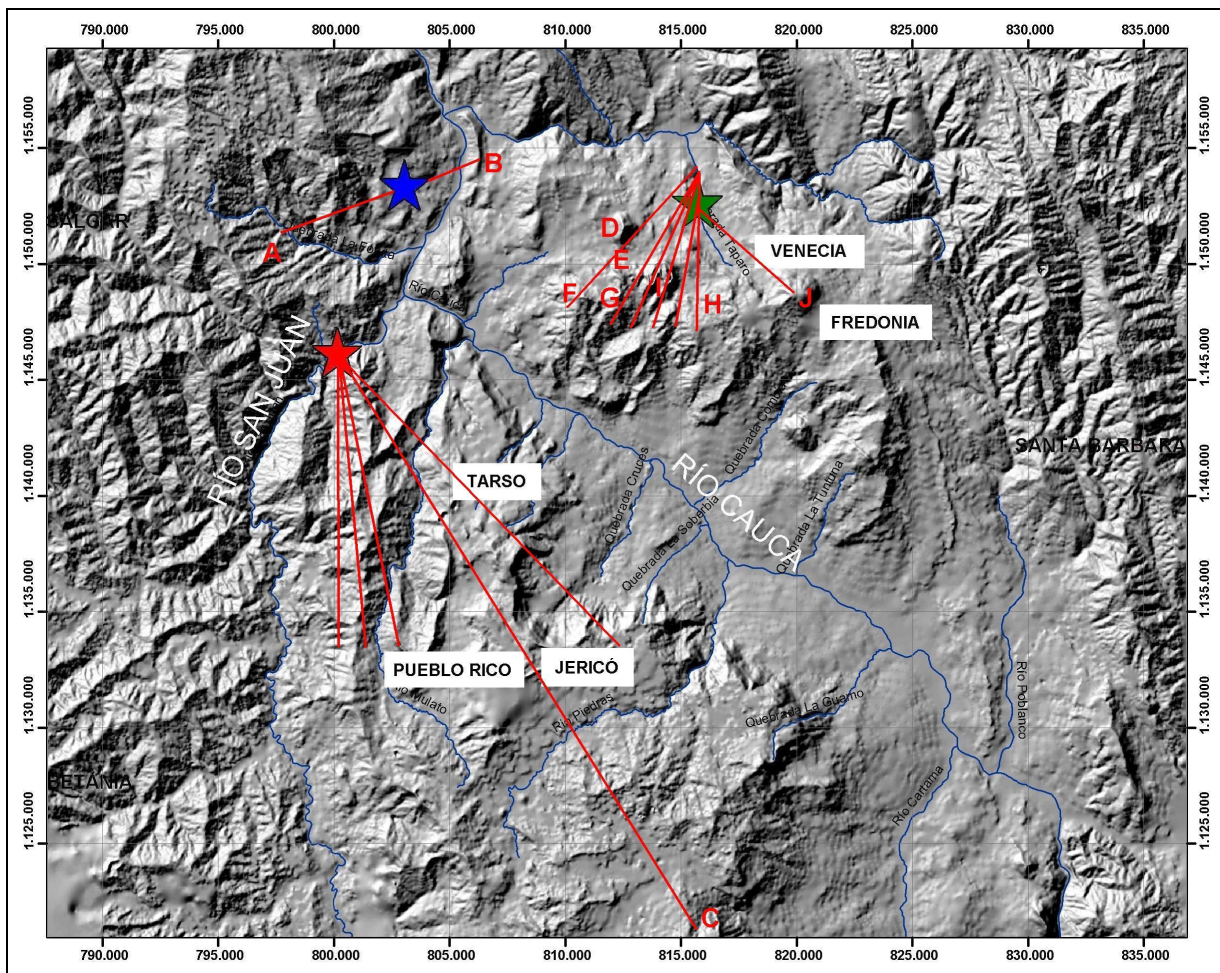


Figura 6. Localización de las secciones Concordia (I), Guineales – Peñalisa (I), quebrada La Táparo (I), y los vectores principales de paleocorrientes. **A.** Morro Pelón, **B.** Cuchilla Espinosa de Caballo, **C.** Intrusivo de Tamesis, **D.** Cerro Tusa, **E.** Alto de Chelines, **F.** Alto Buenavista, **G.** Alto Organos, **H.** Alto Cardona, **I.** Cerro Sillón, **J.** Cerro Bravo

2.2.1. Concordia

Según las medidas realizadas en gravas imbricadas contenidas dentro de los paquetes de aglomerado y conglomerado que afloran en la sección Concordia (Figura 7), los resultados muestran dos direcciones principales: SW y NE (Figura 8).

Se propone como posible área fuente al pequeño cuerpo intrusivo de composición dacítica (Morro Pelón) para los materiales del estrato CCP 5-2 (dirección promedio 243°) y a las Diabasas de la Popala para los materiales correspondientes al estrato CCP 5-8 (dirección promedio 064°). De acuerdo a estas direcciones, los materiales retrabajados habrían estado asociados a paleodrenajes relacionados a una antigua trayectoria del río San Juan (?) (Figura 6).

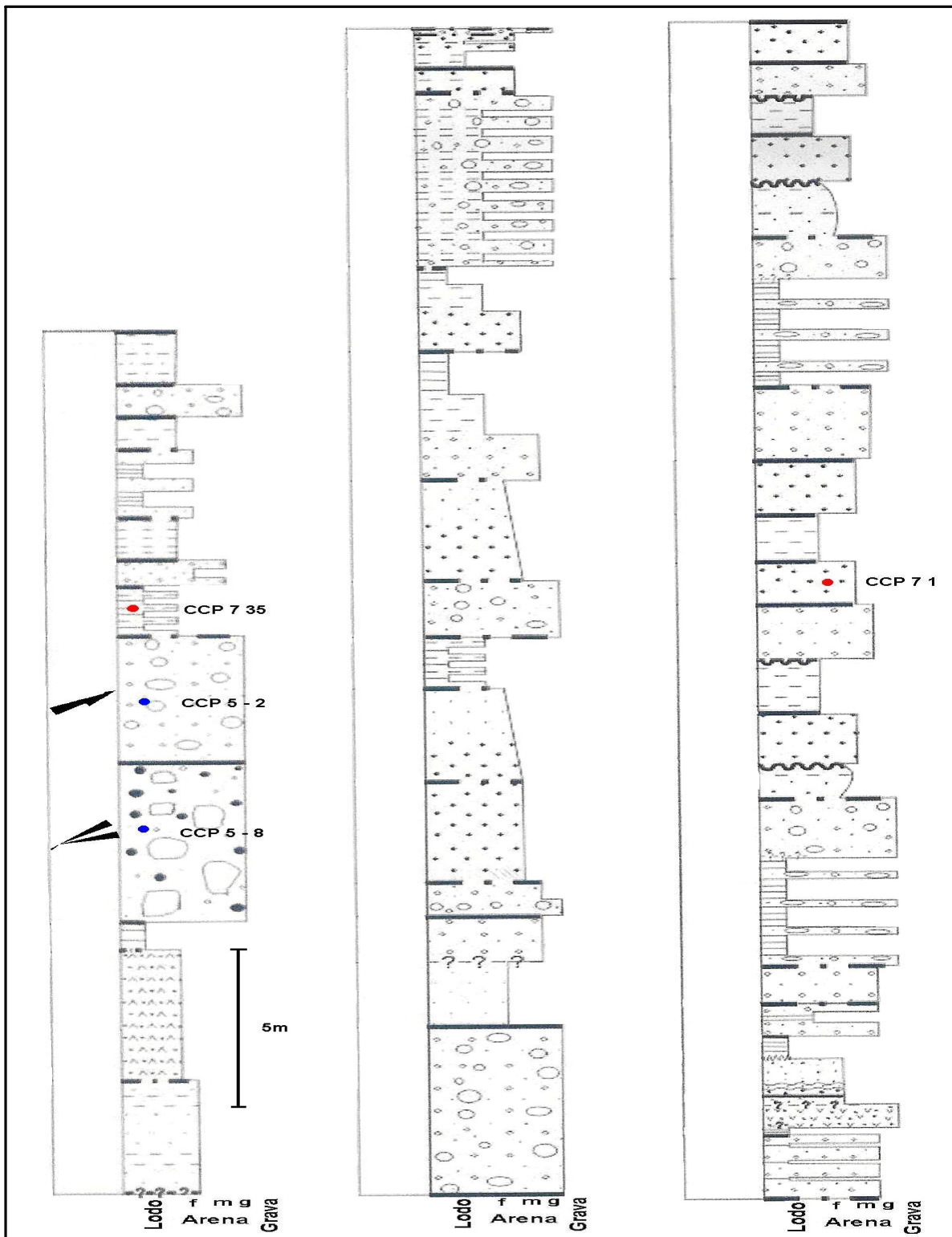


Figura 7. Columna estratigráfica Sección Concordia. Los puntos rojos indican los estratos datados y los azules donde se tomaron direcciones de paleocorrientes (Tomada y modificada de Pérez, 2005)

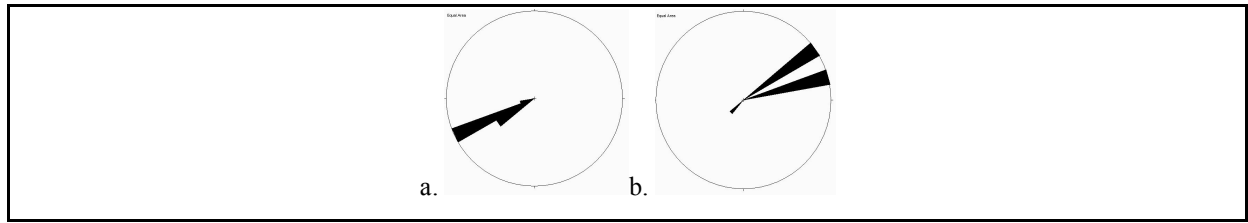


Figura 8. Diagrama de rosas sección Concordia: **a.** CCP 5-2, número de medidas =19, dirección prom. 243°; **b.** CCP 5-8, número de medidas =21, dirección prom. 064°.

2.2.2. Guineales – Peñalisa

Según las direcciones de paleocorrientes medidas en la sección Guineales – Peñalisa (Figura 9), se observan dos tendencias: la primera muestra una dirección S – SE (Figura 10) con un rango de variación amplio (desde 132° a 178°) (CGP 4, CGP 22, CGP 26, CGP 26B y CGP 30), la cual coincide con la dirección actual de algunas de las quebradas que desembocan al río San Juan (p.e. quebrada La Herradura); y la segunda tendencia muestra una dirección NE (017° y 030°) (CGP 16 Y CGP 18), y podría indicar retrabajamiento de estos materiales por las aguas de un paleodrenaje similar al actual río San Juan (Figura 6).

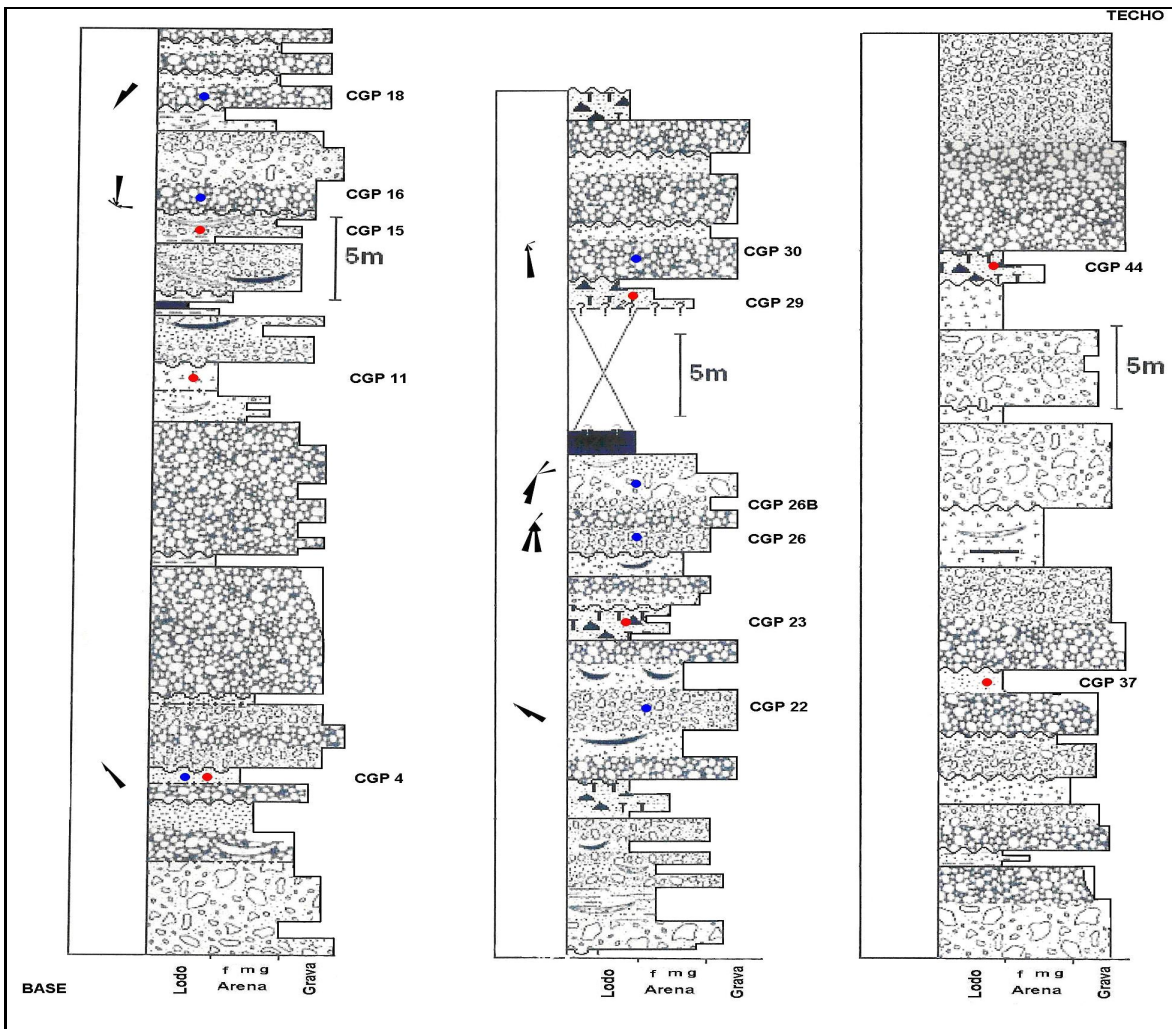


Figura 9. Columna estratigráfica Sección Guineales - Peñalisa. Los puntos rojos indican los estratos datados y los azules donde se tomaron direcciones de paleocorrientes (Tomada y modificada de Ríos y Sierra, 2004).

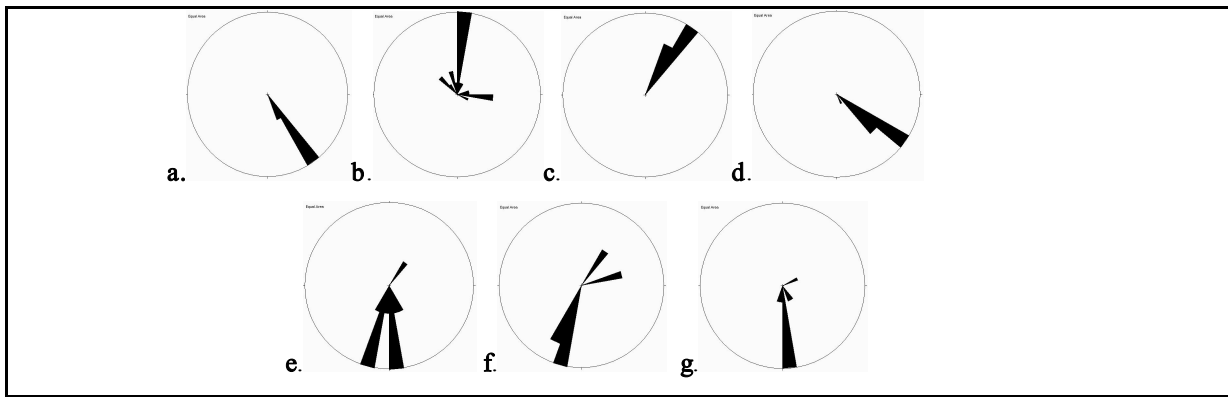


Figura 10. Diagrama de rosas sección Guineales – Peñalisa: **a.** CGP 4, número de medidas=18, dirección prom. 145°, **b.** CGP 16, número de medidas=21, dirección prom. 017°, **c.** CGP 18, número de medidas=30, dirección prom. 030°, **d.** CGP 22, número de medidas=14, dirección prom. 132°, **e.** CGP 26, número de medidas=21, dirección prom. 178°, **f.** CGP 26B, número de medidas=18, dirección prom. 173°, **g.** CGP 30, número de medidas=20, dirección prom. 165°.

2.2.3. Quebrada. La Táparo

Los datos obtenidos de las direcciones de paleocorrientes muestran que el área fuente varía de SW a SE (Figura 11), a medida que se asciende en la columna estratigráfica así (Figura 2): DAC 003: Cerro Tusa, Alto Chelines y Alto Buenavista; DAC 006: Alto Órganos (parte media del estrato) y Alto Cardona (parte alta del estrato); DAC 007, DAC 011 y DAC 026: Cerro Sillón; DAC 019: Cerro Bravo (Figura 6).

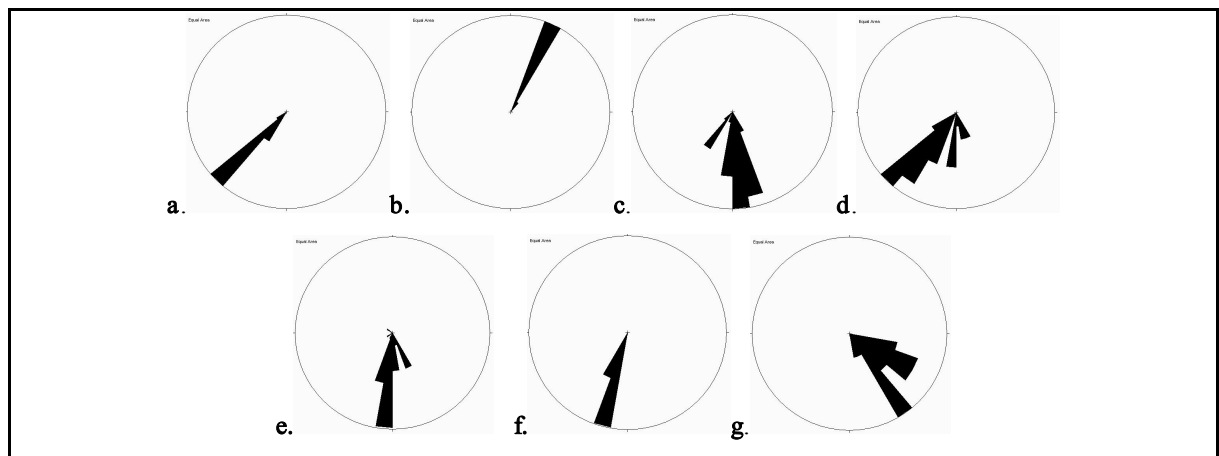


Figura 11. Diagrama de rosas sección quebrada La Táparo: **a.** DAC 003, número de medidas=25, dirección prom 223°, **b.** DAC 006. número de medidas=19, dirección prom 028°, **c.** DAC 006 (parte media), número=31, dirección prom 178°, **d.** DAC 007, número de medidas=28, dirección prom 203°, **e.** DAC 011. número=40, dirección prom 183 °, **f.** DAC 026, número de medidas=19, dirección prom 197°; **g.** DAC 019. número de medidas=26, dirección prom 131°.

2.3. Edad de la Formación Combia por Trazas de Fisión

Para la datación se realizaron varios montajes de circones euédricos y redondeados en el laboratorio de Trazas de Fisión de la Universidad EAFIT. Las muestras fueron obtenidas de las secciones Guineales – Peñalisa, Concordia y algunos cuerpos hipoabisales porfídicos, y los montajes fueron realizados de acuerdo a las recomendaciones de Huford (1990), efectuando un montaje en teflón, pulido con papel abrasivo 600 pastas de diamante de 9, 6, 1, 0.25 micrón, con el fin de garantizar un factor de geometría de 0.5 (Toro et al, 1999). El ataque para el revelado de las trazas se efectuó con una mezcla eutéctica de NaOH-KOH a 220°C (Gleadow et al, 1976), y el proceso de irradiación de las muestras fue

realizado en el reactor La Reina de Santiago de Chile (Chile). Finalmente, para el conteo de las trazas inducidas, se utilizó el método de detector externo (Kapton), empleando un objetivo 100X de inmersión y oculares 10X. La edad central y la dispersión fueron calculadas utilizando el factor de calibración de Diego Ramírez ($\zeta = 404 \pm 18$) y Gloria Toro ($\zeta = 366 \pm 0,5$) con base en lo propuesto por Galbraith y Laslett (1993).

La Tabla 4 muestra los resultados analíticos de las dataciones por trazas de fisión y la Figura 12 muestra los diagramas radiales de los circones datados en los diferentes estratos de la sección Guineales – Peñalisa (Figura 9).

Tabla 4. Sección Guineales – Peñalisa. Resultados analíticos de las dataciones por trazas de fisión. **n**: número de cristales contados; **ρ_s - ρ_i** : densidad de trazas espontáneas e inducidas (trazas*cm⁻²); **Ns-Ni**: total de trazas espontáneas e inducidas; **P(χ^2)**: probabilidad del valor **X²**;

Muestra Taf	Observador	n	ρ_s (tr/cm ²) Ns	ρ_i (tr/cm ²) Ni	P(χ^2) (%)	Dispersión (%)	Edad Central (Ma)	\pm	1 σ	Diagrama radial
TAF436 CGP44	Gloria Toro	3	5,68182E-07150	3,40909E-0625	78	0	52,36	\pm	3,22	
	Diego Ramírez	3	5,45455E-07141	3,20455E-0624	77	0	56,58	\pm	4,38	Figura 12 a
TAF37 5 CGP37	Gloria Toro	3	6,41026E-0726	6,66667E-0725	21	0	9,1	\pm	1,45	
	Diego Ramírez	3	6,92308E-0726	6,66667E-0727	21	0	9,3	\pm	1,55	Figura 12 b
TAF384 CGP29		18	1,20745E-06673	1,78989E-06454	0	84,7	10,2	\pm	1,17	
	Gloria Toro	P1 13	1,2293E-06252	8,02548E-07386	88	0	5,72	\pm	0,3	
		P2 5	1,09677E-06	6,79032E-06	1	39,1	56,94	\pm	3,53	
		18	1,16489E-06664	1,76596E-06438	0	78,5	11,6	\pm	1,35	
	Diego Ramírez	P1 13	1,1465E-06254	8,08917E-07360	0	0	6,82	\pm	0,5	Figura 12 c
	P2 5	1,25806E-06410	6,6129E-0678	0	8,2	50,85	\pm	3		
F4 17 CG P2	Gloria Toro	3	8,18182E-07197	4,47727E-0636	5	31,9	48,77	\pm	3,72	
TAF4 17 CGP2 3	Diego Ramírez	3	8,18182E-07188	4,27273E-0636	26	0	50,32	\pm	3,6	Figura 12 d
		18	1,04651E-06560	1,30233E-06450	0	69,4	7,97	\pm	0,85	
TAF372 CGP15	Gloria Toro	P1 15	1,10326E-06280	7,6087E-07406	0	11,8	6	\pm	0,34	
		P2 3	7,09677E-07280	4,51613E-0644	0	56,6	44,4	\pm	5	
		16	1,02806E-06504	1,28571E-06403	0	70,1	9,4	\pm	1,13	
	Diego Ramírez	P1 13	1,09697E-06255	7,72727E-07362	0	0,7	6,81	\pm	0,47	Figura 12 e
	P2 3	6,6129E-07249	4,01613E-0641	0	52,6	53,51	\pm	6,14		
TAF373 CGP15	Gloria Toro	5	1,20968E-06715	5,76613E-06150	70	0	41,63	\pm	1,3	
	Diego Ramírez	5	1,07752E-06569	4,41085E-06139	89	0	39,48	\pm	2,21	Figura 12 f
TAF437 CGP11	Gloria Toro	10	1,0177E-06711	6,29204E-06115	86	0	53,95	\pm	1,66	
	Diego Ramírez	10	1,1982E-06715	6,44144E-06133	84	0	51,8	\pm	2,8	Figura 12 g
TAF423 CGP		9	1,30303E-061687	1,02242E-05215	10	15,2	66,9	\pm	1,8	
	Gloria Toro	P1 7	1,39669E-061187	9,80992E-06169	19	0	61,2	\pm	1,5	Figura 12 h
		P2 2	1,04545E-06500	1,13636E-0546	3	0	94,56	\pm	3,3	

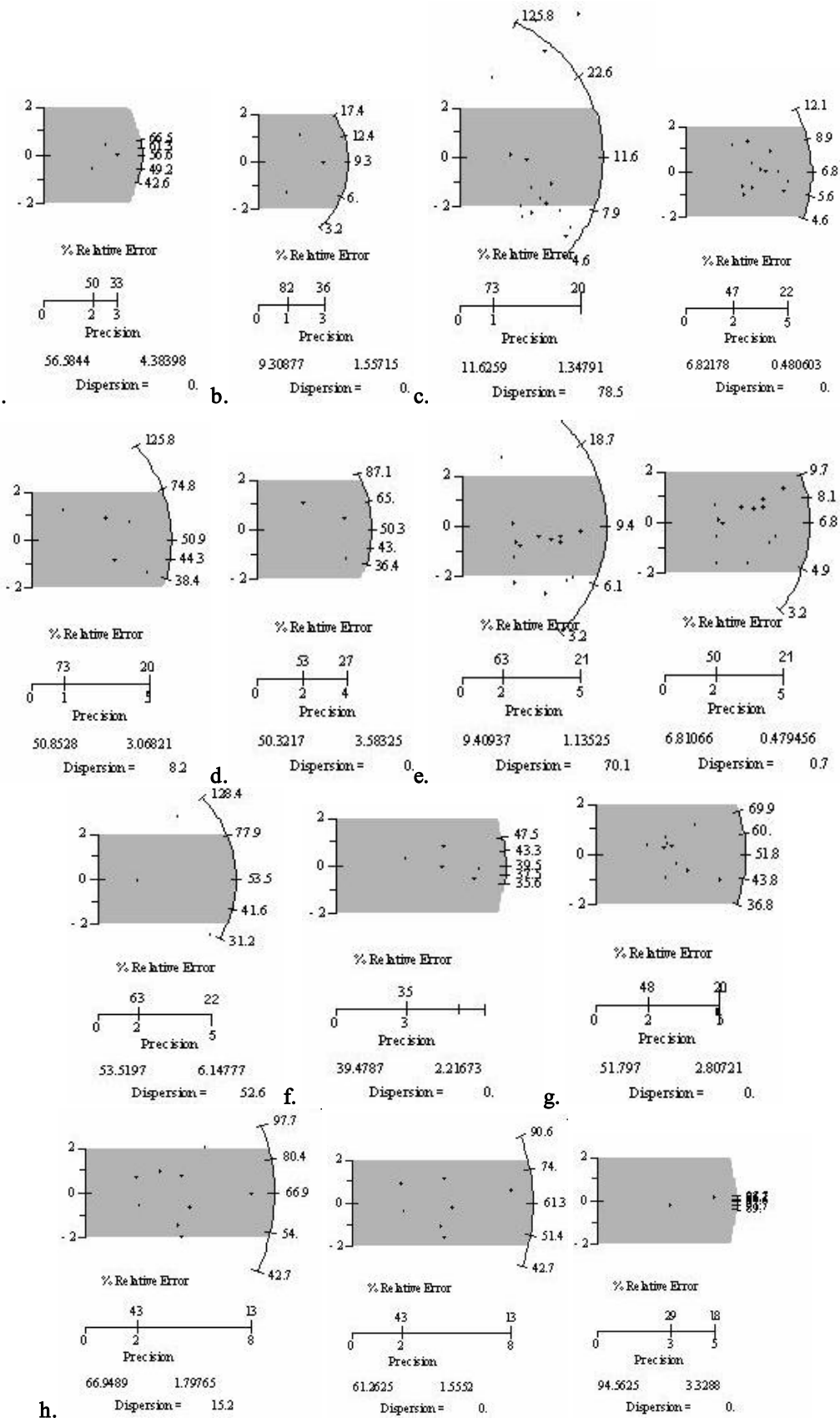


Figura 12. Diagrama radial de los circones datados en el estrato **a.** CGP 44 (Taf 436), **b.** CGP 37 (Taf 375), **c.** CGP 29 (Taf 384), **d.** CGP 23 (Taf 417), **e.** CGP 15 (Taf 372), **f.** CGP 15 (Taf 373), **g.** CGP 11 (Taf 437), **h.** CGP 4 (Taf 423).

La Tabla 5 muestra los resultados analíticos de las dataciones por trazas de fisión y la Figura 13 muestra las edades obtenidas en la sección Concordia a partir de los diagramas radiales de los circones datados en los diferentes estratos de la sección (Figura 7).

Tabla 5. Sección Concordia. Resultados analíticos de las dataciones por trazas de fisión. **n**: número de cristales contados; **ρ_s - ρ_i** : densidad de trazas espontáneas e inducidas (trazas*cm⁻²); **Ns-Ni**: total de trazas espontáneas e inducidas; **P(χ^2)**: probabilidad del valor **X²**.

Muestra Taf	Observador	n	ρ_s (tr/cm ²) Ns	ρ_i (tr/cm ²) Ni	P(χ^2) (%)	Dispersión (%)	Edad Central (Ma)	±	1 σ	Diagrama radial
TAF387 CCP71		19	1,12367E-062930	6,24733E-06527	0	38,8	48,08	±	1,57	
	Gloria Toro	P1 14	1,22043E-062105	5,6586E-06454	9	5,3	40,4	±	0,88	Figura 13 a
		P2 5	7,52577E-07825	8,50515E-0673	8	22,7	100,85	±	3,6	
TAF390 CCP735	Gloria Toro	3	1,3617E-06641	6,81915E-06128	86	0	43,73	±	1,41	
	Diego Ramírez	3	1,32653E-06636	6,4898E-06130	88	0	47,15	±	2,59	Figura 13b

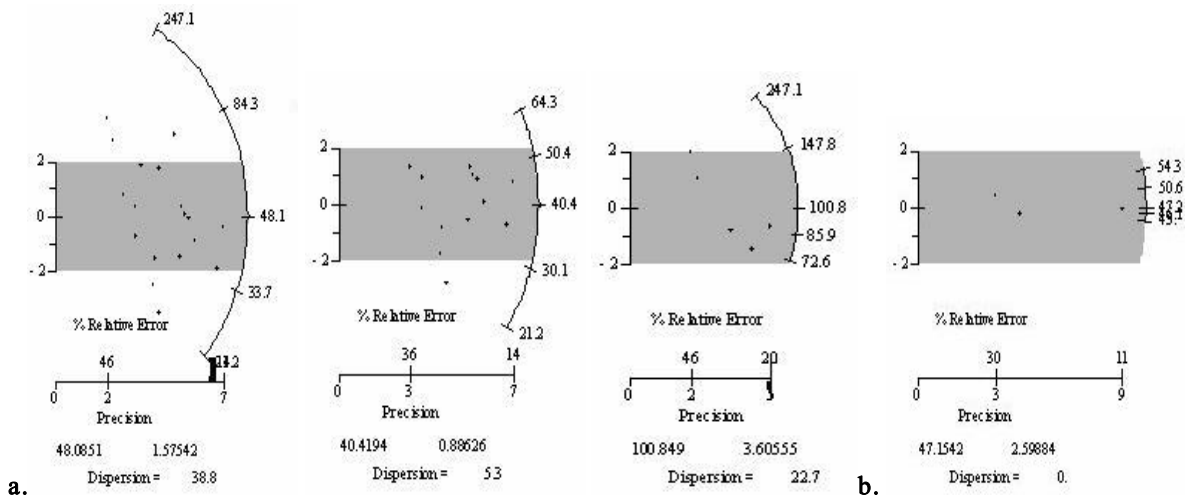


Figura 13. Diagrama radial de los circones datados en el estrato **a.** CCP 7 1 (Taf 387), **b.** CCP 7 35 (Taf 390)

La Tabla 6 y la Figura 14 muestran las edades obtenidas en los cuerpos hipoabisales porfídicos. Los cuerpos datados fueron el cerro El Corcovado al este del área (Taf 271 y Taf 275) y el pequeño intrusivo localizado al E de Cerro Tusa (Taf 267 y Taf 268).

Tabla 6. Cuerpos hipoabisales porfídicos. Resultados analíticos de las dataciones por trazas de fisión. **n**: número de cristales contados; **ρs-ρi**: densidad de trazas espontáneas e inducidas (trazas*cm-2); **Ns-Ni**: total de trazas espontáneas e inducidas; **P(χ2)**: probabilidad del valor **X2**.

Muestra Taf	Observador	n	ρs (tr/cm ²) Ns	ρi (tr/cm ²) Ni	P(χ ²) (%)	Dispersión (%)	Edad Central (Ma)	±	1σ	Diagrama radial
TAF267 INTR. CAUCA	Gloria Toro	18	1,15667E-06853	1,6499E-06598	10	14,3	12,62	±	0,44	
		P1 9	1,31169E-06488	1,58442E-06404	15	0	10,57	±	0,4	Figura 14a
		P2 9	1,12088E-06425	1,55678E-06306	7	0	16,4	±	0,7	
TAF268 INTR. CAUCA	Gloria Toro	8	1,07471E-06515	1,47989E-06374	95	0	12,05	±	0,45	Figura 14b
TAF271 CORCOVADO	Gloria Toro	29	7,23469E-07836	8,53061E-07709	39	9,9	10,32	±	0,33	
		P1 22	7,49664E-07575	7,7389E-07567	85	0	9,04	±	0,33	Figura 14c
		P2 27	6,4135E-07261	1,10127E-06152	2	0	15,03	±	0,75	
TAF271 CORCOVADO	Gloria Toro	25	8,78701E-071100	1,05062E-06920	100	0	10,47	±	0,29	Figura 14d

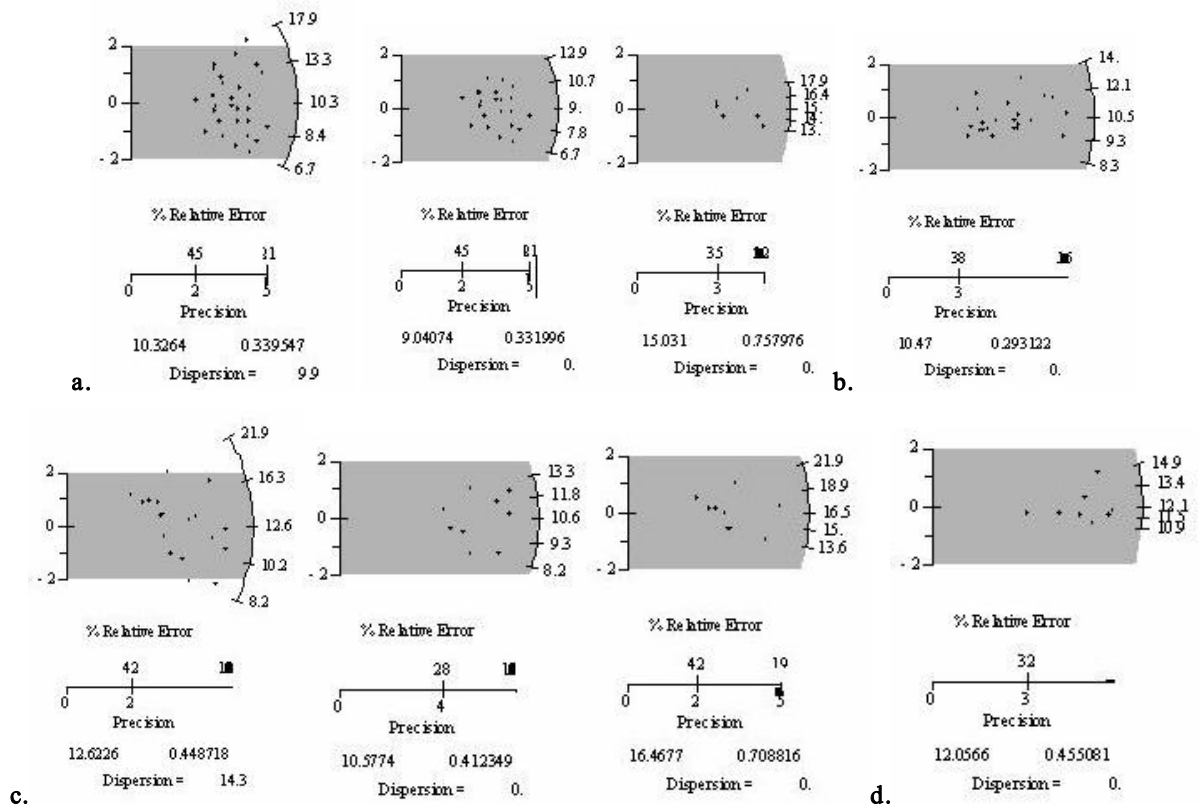


Figura 14. Diagrama radial de los circones datados en el montaje **a.** Taf 271, **b.** Taf 275, **c.** Taf 267, **d.** Taf 268

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tomando como base el porcentaje mineralógico descrito en la sección 2.1., es posible inferir que el magma del cual provinieron las rocas de la sección quebrada La Táparo contenía gran cantidad de agua, pues tal como se observa en la Tabla 2, el porcentaje de Hornblenda en las secciones estudiadas supera al de piroxeno, y la aparición de minerales de alteración (biotitas, arcillas y calcita) muestra que las rocas también fueron expuestas a la interacción de fluidos hidrotermales. Además, la Plagioclasa fue clasificada como 35% - 50% An que indicaría que este magmatismo fue de tipo intermedio.

Por otra parte, según las edades obtenidas, es posible que los últimos pulsos del vulcanismo Combia hayan ocurrido hacia los 6 Ma, siendo correlacionables con la intrusión de los cuerpos porfídicos de Marmato y la Felisa, la unidad B del vulcanismo Irra datada por Toro et al., (1999) en $6,3 \pm 0,2$ Ma, y la sección Concordia, datada por métodos palinológicos como Mioceno Tardío (Pérez, 2005). Sin embargo, la correlación con la Unidad B de la Formación Irra es cuestionable. Según estudios geoquímicos realizados por Sierra (1994), estas rocas muestran un carácter calcoalcalino, probablemente derivado de una fuente diferente a la de la Formación Combia, esta última de carácter toleítico (Jaramillo, 1976; Marriner y Millward, 1984); razón por la cual Sierra (1994) propone como fuente de los materiales de la Unidad B al complejo volcánico Ruiz – Tolima. Pese a esto, la datación obtenida para la Formación Irra es más antigua que las edades más viejas que se han asignado al Macizo Ruiz – Tolima ($3,6 \pm 0,36$ Ma para la lava inferior del volcán Romeral) (Toro et al, 1999). Por lo anterior, y debido a que la etapa de vulcanismo explosivo en Combia también es de afinidad calcoalcalina, es posible que la fuente de estos últimos pulsos hayan sido los cuerpos de Marmato y La Felisa, o el cuerpo intrusivo de Támesis, localizado al sureste de la zona de estudio y señalado por el análisis de paleocorrientes (Figura 6) como una de las áreas fuentes de los materiales que conforman la sección Guineales - Peñalisa. Sin embargo este último intrusivo ha sido datado como Cretácico (González, 1980).

También se reportan edades entre los 16 y 12 Ma para los intrusivos del Corcovado y el pequeño intrusivo al E de Cerro Tusa. Dichas edades estarían marcando la transición de la migración del cinturón magmático desde la Cordillera Occidental hacia Valle interandino del Río Cauca, que junto con los resultados obtenidos en el estudio de paleocorrientes de la quebrada La Táparo, donde las zonas de proveniencia varían hacia el oriente a medida que se asciende en los niveles estratigráficos, se estaría evidenciando la migración del magmatismo del Valle Interandino del Cauca hacia la Cordillera Central debido a que el ángulo de inclinación del plano de Benioff se vuelve progresivamente más suave desplazando hacia el Este la zona de fusión parcial generadora del magmatismo, tal como lo proponen Toussaint y Restrepo (1991).

Debido a que el Cerro El Corcovado corresponde a un lacolito, es posible que el intrusivo localizado al E de Cerro Tusa corresponda a una de las fuentes de los materiales piroclásticos que afloran al E del río Cauca, ya que las paleocorrientes obtenidas en este estudio muestran la fuente de los materiales volcánicos que afloran en la sección quebrada La Táparo, provienen justamente de allí, y de otros cuerpos localizados al sur y más al oriente como los Cerros Tusa, El Sillón, Cerro Bravo y el Alto Cardona.

De esta forma, se tendrían entonces 2 episodios de vulcanismo explosivo: uno, ocurrido a los 10 Ma, al E del Río Cauca, generado por los cuerpos intrusivos que afloran en la carretera Venecia – Bolombolo, y que aportó material al estrato CGP 37 de la sección Guineales – Peñalisa ($9,2 \pm 1,1$ Ma), al W del Río Cauca, coetáneamente con el episodio magmático que produjo el latibasalto del Cangrejo y las diabasas de la Popala; y otro a los 6 Ma generado por los cuerpos intrusivos de Marmato, la Felisa y/o el intrusivo de Támesis, que darían lugar a los piroclastos depositados al W del río Cauca.

Se desata la duda acerca de la edad obtenida en la muestra CGP11, la cual según Ríos y Sierra (2004) y Sierra, et al (2005), corresponde a cenizas de caída que no presentan retrabajamiento y en la cual se obtuvo una edad de $53,4 \pm 1,4$ Ma (Paleoceno – Eoceno). De esta manera, los materiales subyacentes corresponderían a sedimentos más antiguos que

esta edad, tal como lo demuestra la datación obtenida en CGP 4, donde se obtuvieron edades paleocenas y cretácicas. Además, en los estratos superiores a CGP11 de la sección Guineales - Peñalisa y en los de la Sección Concordia, se reportan circones correlacionables en edad formados en un episodio magmático o plutónico ocurrido durante el Eoceno Temprano, y transportados a estos lugares tiempo después. Sierra et al. (2003) reporta que la Unidad 2 del Miembro Inferior de la Formación Amagá también presenta edades en el rango Eoceno – Oligoceno, que se correlacionaría con este evento, y que según las paleocorrientes analizadas para este Miembro (Sierra, et al., 2003) estarían indicando como área fuente a la Cordillera Central.

Dichos circones habrían sido formados en la Cordillera Central, la cual debido a las altas tasas de levantamiento durante el Eoceno tardío (Saenz, 2003; Toro, comunicación personal) habría sido sometida a intensos procesos erosivos que llevarían a la depositación de los sedimentos resultantes en la cuenca correspondiente al paleovalle Interandino del Cauca. Para el Oligoceno, el inicio de los procesos depositacionales de la Formación Amagá conducirían al retrabajamiento de estos materiales Eocenos, explicando la presencia de las edades que Sierra et al. (2003) reportan en su Miembro inferior. Con la subsiguiente depositación del Miembro superior de la Formación Amagá, dichos materiales habrían sido enterrados y aislados del ciclo sedimentario. Ya en el Mioceno tardío, con la reactivación de los procesos tectónicos que dieron origen al vulcanismo tipo Combia, el Miembro Inferior habría sido exhumado por los componentes verticales de los sistemas de fallas de rumbo (Sistema de Fallas Romeral), y por lo tanto, expuesto a procesos superficiales que se habrían encargado de retrabajar estos materiales; lo anterior se ve evidenciado por la presencia de fragmentos de carbón en los estratos basales de la sección quebrada la Táparo (López y Ramírez, 2006) y de circones Eocenos en las secciones Guineales – Peñalisa y Concordia, como se dijo anteriormente.

De esta forma se pone en duda la existencia del hiato Cretácico - Oligoceno en el Departamento de Antioquia propuesto por Toussaint (1999), planteando la posibilidad que para esta época se haya presentado un evento plutónico – magmático (?) que no se encuentra registrado para la zona central de Colombia.

4. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo hace parte del proyecto “Estratigrafía y paleomagnetismo de la Formación Combia”, dentro del grupo de investigación Geología Ambiental de la Universidad EAFIT. A los laboratorios de la Universidad EAFIT, por su colaboración en la parte logística.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., 1983. Geología de la Cordillera Central y el Occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Mesoceno-zóicos. Boletín Geológico, Vol. 26. 175 P.
- Cas, R. y Wright, J., 1987. Volcanic Successions: Modern and Ancient: London, Allen y Unwin, 528 P.
- Calle, B. y González, H., 1980. Geología y Geoquímica de la Plancha 166, Jericó. Informe No. 1822: Medellín, INGEOMINAS, 232 P.
- Fisher, R., 1966. Rocks composed of volcanic fragments. Earth-Sci. Rev. No. 1. pp. 287-298.
- Galbraith, R. y Laslett, G., 1993. Statical models for mixed fission track ages. Nucl. Traces Radiat Meas. Vol. 21. pp. 459 – 470.
- Gleadow, A.; Huford, A. y Quaiife, R., 1976. Fission track dating of zircon - Improve etching techniques. Earth and planetary science letters. Vol. 33. pp. 273 - 276.
- González, H., 2001. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Escala 1:400.000: Medellín, INGEOMINAS, 240 P.

- González, H, 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 168 (Salamina): Boletín Geológico, Vol. 23, 174 P.
- González, H, 1976. Geología del Cuadrángulo J-8 Sonsón: Bogotá, INGEOMINAS. Informe 1704, 421 P.
- Grosse, E., 1926. Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia en la parte occidental de la Cordillera Central de Colombia: Berlín, Verlag Von Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 361 pp.
- Huford, A.J., 1990. Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by fission track working group of the I.U.G.S. Subcommittee on geochronology. Chem. Geol. (Isotope Geosci. Section), Vol. 80, pp. 171-178.
- Jaramillo, J. M., 1978. Determinación de las Edades de algunas Rocas de la Cordillera Central por el Método de Huellas Fisión. Memorias II Congreso Colombiano de Geología. Bogotá.
- Jaramillo, J. M., 1976. Volcanic rocks of the Río Cauca valley, Colombia S.A. Thesis Degree of Master of Arts, Rice University, Houston.
- López, A. y Ramírez, D., 2006. Registro del Vulcanismo Neógeno en el Suroccidente Antioqueño y sus Implicaciones Tectónicas. Proyecto de grado: Medellín, Universidad EAFIT.
- Maya, M., 1992. Catálogo de dataciones isotópicas en Colombia. Boletín Geológico. INGEOMINAS. Vol 32 No 1 - 3. pp. 135 - 187.
- MacDonald, W.D., 1980. Anomalous paleomagnetic directions in Late Tertiary andesitic intrusions of the Cauca Depression, Colombian Andes: Tectonophysics. pp. 339-348.
- Pérez, A. L., 2005. Formación Combia: Litofacies y aproximación a su edad con base en estudios palinológicos, suroeste antioqueño. Proyecto de grado. Medellín, Universidad EAFIT.
- Restrepo, J.J.; Toussaint, J.F. y González, H., 1981. Edades Mio-Pliocenas del magmatismo asociado a la Formación Combia. Departamentos de Antioquia y Caldas, Colombia: Geología Norandina, Vol. 3, pp. 21-26.
- Ríos, A.M. y 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: Medellín, Universidad EAFIT.
- Saenz, E.A., 2003. Fission Track Thermochronology and Denudational Response to Tectonics In The North Of The Colombian Central Cordillera. (Tesis Maestría). Shimane University. 131 P.
- Sierra, G.M., 1994. Structural and Sedimentary Evolution of the Irra Basin, Northern Colombian Andes. Tesis de Maestría. Binghamton University. New York. 102 P.
- Sierra, G.M.; Silva, J.C. y Correa, L.G., 2003. Estratigrafía Secuencial de la Formación Amagá: Boletín de Ciencias de la Tierra, Vol. 15, pp. 7-22.
- Sierra, G.M.; Sierra, M.I. y Ríos, A.M., 2005. Registro Del Volcanismo Neógeno y la Sedimentación Fluvial en el Suroeste Antioqueño. Boletín de Ciencias de la Tierra, Vol. 17, pp. 135-152.
- Toro, G; Restrepo, JJ; Poupeau, G; Saenz, E y Azdimousa, A. 1999. Datación por trazas de fisión de circones rosados asociados a la secuencia volcánico – sedimentaria de Irra (Caldas). Boletín de Ciencias de la Tierra. Vol 13. pp. 28 – 34.
- Toussaint, J.F, 1999. Evolución Geológica de Colombia: Pre-Cámbrico a Cenozoico. 103 P.
- Toussaint, J.F; Restrepo J.J., 1991. Migración del Magmatismo del Noroccidente Colombiano. Boletín de Ciencias de la Tierra. No. 5.
- Van der Hammen, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes colombianos (con 7 planchas). Boletín Geológico, Vol. 6, pp. 67-128.

