
GUIA DE EXCURSIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DEL VALLE DE ABURRÁ

Jorge Julián Restrepo¹, Diego Armando Rendón², Gloria Elena Toro³ y Juliana Estrada⁴

1. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín., 2. Est. Universidad de SHIMANI.

3. Universidad EAFIT., 4. Ing. Geóloga.

jrestrep@epm.net.co

Recibido para evaluación: 13 de Agosto de 2003 / Aceptación: 06 de Noviembre de 2003 / Recibida versión final: 25 de Noviembre de 2003

RESUMEN

Se sintetiza en esta guía de excursión desarrollada en el marco del IX Congreso Colombiano de Geología, realizado en Medellín del 30 de Julio al 1 de Agosto, los avances que en materia de geocronología y petrología han permitido replantear aspectos importantes sobre la naturaleza y origen de las unidades litológicas que afloran en el valle, así como sobre el mecanismo tectónico que generó el valle.

Las unidades litológicas observadas incluyen la Dunita de Medellín, Esquistos Cloríticos y Actinolitas de Rodas, Metagabros de El Picacho, Anfibolita de Medellín, Batolito Antioqueño, Esquistos moscovíticos de Ancón y Gneis de La Miel.

En varias estaciones se describen las unidades geomorfológicas del valle, en particular las fallas que limitan el lado oriental del valle, así como los depósitos de pendiente. El origen tectónico del valle hace unos 3 a 4 Ma. se explica por una cuenca de tracción (*pull-apart basin*) formada a partir de pares de fallas sinistralas

PALABRAS CLAVES: Valle de Aburrá, Origen Tectónico, Unidades Litológicas, Excursión.

ABSTRACT

This fiel trip guide, synthetizes the recent geochronological and petrographical developments about the nature and origin of the lithological units that crop out in the Aburrá Valley, as well as the tectonic mechanism that generated the valley. It was developed for the IX Colombian Geological Congress that took place in Medellín from July 30 to August 1st.2003.

The lithological units observed during the field trip include the Medellín Dunite, the Rodas chloritic schists and actinolites, the El Picacho Metagabbros, the Medellín amphibolite, the Antioquian Batholith, the Ancón muscovitic schists and the La Miel Gneiss.

In several stations the geomorphological units were described, in particular the faults that limit the eastern side of the valley, as well as the versant deposits. The tectonic origin of the valley is attributed to left-lateral movements that produced a pull-apart basin about 3 to 4 Ma.

KEYWORDS: Aburrá Valley, Tectonic Origin, Pull-Apart basin, Lithological Units, Field Trip.

1. GENERALIDADES

El valle de Aburrá, en donde está asentada la ciudad de Medellín y poblaciones vecinas como Bello, Itagüí, Envigado y Caldas, está conformado principalmente por rocas metamórficas y en menor cantidad ígneas, además de las extensas zonas cubiertas por depósitos de vertiente y sedimentos.

Las rocas metamórficas corresponden a anfibolitas (*sensu lato*), esquistos cuarzo-moscovíticos, gneises y migmatitas, todas las cuales fueron asignadas por Botero (1963) al Grupo Ayurá-Montebello. Una descripción microscópica detallada de estas rocas se puede encontrar en Restrepo (1986).

En general corresponden a rocas de facies anfibolita, aunque algunas pertenecen a la facies esquistos verde, con el grado aumentando de W a E (Montes, 2003). En la zona de El Retiro, situada a unos 25 km. al SE de Medellín se encuentra una pequeña zona de facies granulita.

En los últimos años se han estudiado en mayor detalle las llamadas anfibolitas. Para la zona de Caldas, extremo sur del valle, Echeverría (1973) y Restrepo y Toussaint (1978) reconocieron una secuencia de anfibolitas con abundante granate, diferentes a las descritas por Botero, con aspecto de eclogitas, de las cuales se han encontrado edades carboníferas-pérmicas que se discuten abajo. Recientemente, Correa y Martens (2000), con base en características petrográficas y geoquímicas subdividieron las anfibolitas del Grupo Ayurá-Montebello en cuatro grupos: anfibolitas de Medellín, que afloran en el flanco oriental del valle, anfibolitas de El Retiro, anfibolitas de Boquerón, en la parte occidental del valle, y metagabros de El Picacho, en varias partes dentro del valle.

Las dataciones radiométricas de estas rocas metamórficas permiten reconocer tres eventos metamórficos o térmicos: Devo-Carbonífero, Permo-Triásico y Cretáceo. El evento Devo-Carbonífero es conocido en la zona de Caldas, en el extremo sur del valle, en donde se ha encontrado una edad de 388 ± 12 Ma por isócrona de roca total de Rb/Sr en el Gneis de La Miel, así como edades entre 324 ± 16 y 254 ± 8 Ma. por K/Ar en la Anfibolita de Caldas (Restrepo *et al.*, 1991). La edad del Gneis de La Miel es la edad más antigua encontrada hasta el momento para una unidad en la cordillera Central al oeste de la falla Otú-Pericos, aunque por U/Pb SHRIMP se han encontrado en circones de las migmatitas del lado oriental del valle edades hasta de 2.632 ± 46 Ma., indicativas de una proveniencia desde Laurencia (Ordóñez, 2001).

El evento Permo-Triásico se encuentra en el Esquistos de Ancón, con 226 ± 4 Ma. (isócrona Rb/Sr). También se ha encontrado en El Retiro, donde una granulita fue datada en 251 ± 21 (K/Ar, roca total; Restrepo *et al.*, 1991); otra granulita en 226 ± 17 Ma. (Sm/Nd, isócrona granate-roca total, Ordóñez *et al.*, 1991) y anfibolitas entre 230 y 232 Ma (Ar/Ar, Vinasco *et al.*, 1991).

Las dataciones cretáceas han sido obtenidas principalmente en anfibolitas por K/Ar, variando entre 102 ± 31 y 60 ± 18 Ma (Restrepo *et al.*, 1991). Recientes dataciones Ar/Ar sobre estas rocas han dado edades *plateau* cercanas a 100 Ma. con una fracción de argón más antigua, probablemente Permo-Triásica; esas edades se interpretan como de recalentamiento producido por el Batolito Antioqueño sobre rocas más antiguas, posiblemente Permo-Triásicas (Martens y Dunlap, 2003).

La dunita de Medellín, incluida dentro de las rocas metamórficas en este trabajo, aflora al oriente de Medellín, formando el flanco oriental del valle de Aburrá, aunque a la altura de Bello cruza el río Medellín y se interna en la meseta occidental, alcanzando una longitud total de unos 37 km. La roca está conformada primariamente por olivino (aun no definido si de origen ígneo o metamórfico o de ambos) y tremolita, con cantidades menores de picotita, talco y antofilita. En un pequeño cuerpo entre Belmira y San Pedro se encuentra abundante ortopiroxeno, mientras que en el cuerpo principal sólo se ha encontrado este mineral en una muestra (Restrepo, 2003). Minerales secundarios son principalmente minerales del grupo de serpentina, clorita, magnetita y magnesita. Desde hace unos 30 años se ha considerado que la dunita fue obducida sobre el basamento metamórfico de la Cordillera Central durante el Cretáceo (Restrepo y Toussaint, 1974, 1975). Sin embargo, recientemente se ha cuestionado la edad de la obducción, considerando como más probable un emplazamiento permo-triásico; también se ha propuesto que las anfibolitas sobre las que reposan podrían hacer parte del cabalgamiento, el cual habría ocurrido sobre un basamento metamórfico más antiguo (Restrepo, 2003). En la zona de contacto entre dunita y anfibolita se encuentra una zona con un espesor entre 5 y 30 metros de metagabros y

esquistos clorítico-actinolíticos mutuamente intercalados; informalmente estos esquistos se denominan de Rodas. También hay algunas intercalaciones de anfibolitas dentro de la dunita y de dunita serpentizada dentro de la anfibolita.

Las rocas ígneas corresponden al Stock de Altavista, que forma el flanco occidental del valle, el Stock de San Diego y cuerpos relacionados con el Batolito Antioqueño tales como el Batolito de Ovejas, que aflora al occidente de Bello, y los stocks de Las Estancias y de Media Luna, al oriente de Medellín.

Para el Gabro de San Diego se dató una muestra de hornblenda por K/Ar (dos extracciones) obteniéndose edades de 162 ± 10 y 137 ± 20 Ma., indicando una probable edad jurásica (Restrepo *et al.*, 1991) anterior a la del Batolito Antioqueño.

Del Stock de Altavista, bimodal con una facies ácida y una básica, (Montoya, 1987; Rodríguez y Sanchez, 1987), se han encontrado edades discordantes. La facies básica arroja edades de 151 ± 15 y 117 ± 11 Ma por K/Ar en hornblenda (dos extracciones de la misma muestra) y 108 ± 4 Ma. en roca total, mientras por Rb/Sr se obtuvo una edad modelo de 100 Ma. para la facies granítica (Restrepo *et al.*, 1991). Como se puede ver, para esos dos cuerpos se necesitan dataciones adicionales por métodos más modernos.

El Batolito de Ovejas tiene dataciones K/Ar, biotita, de 68 ± 3 y 63 ± 11 Ma. (Restrepo *et al.*, 1991), aunque probablemente sea un poco más viejo, de alrededor de 100 Ma., como el Batolito Antioqueño.

De éste las edades por K/Ar, biotita, varían entre 90 ± 6 Ma (Restrepo *et al.*, 1991) y 68 ± 3 (Feininger *et al.*, 1972). Recientemente Ordóñez, (2001), obtuvo una edad de 98 ± 27 Ma con base en una isócrona con muestras distribuidas en todo el cuerpo, de más de 7.000 km² de extensión. Aunque esta edad es razonable geológicamente, debe considerarse sólo como una isócrona de referencia por la gran dispersión geográfica de las muestras datadas.

2. DEPOSITOS Y ORIGEN DEL VALLE

Sobre el Valle de Aburrá se han desarrollado investigaciones en diversas épocas, generándose paralelamente modelos que tratan de explicar su origen (Hermelin, 1983). Inicialmente las hipótesis propuestas señalaban un origen a partir de la erosión fluvial (Scheibe, 1919, Posada 1936, Botero 1963, Palacio 1987), pero a finales de la década de los setenta Hermelin describe una serie de características del valle, las cuales le permiten plantear la posibilidad de un origen tectónico, sin especificar el mecanismo particular, idea que fue seguida y ampliada posteriormente (Page y James, 1981; Hermelin, 1983; Parra, 1984; Toro y Velásquez, 1984; Salinas, 1988). Rendón (1999), plantea como hipótesis una posible cuenca de tracción, o *pull apart* para el sector del valle comprendido entre Caldas y Copacabana, denominada parte alta del Valle de Aburrá.

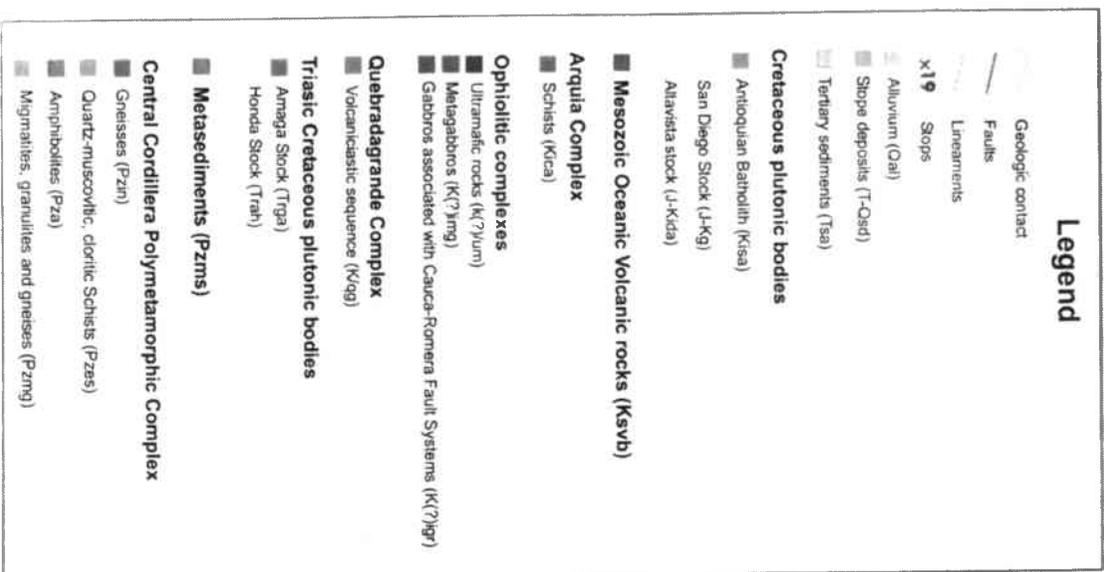
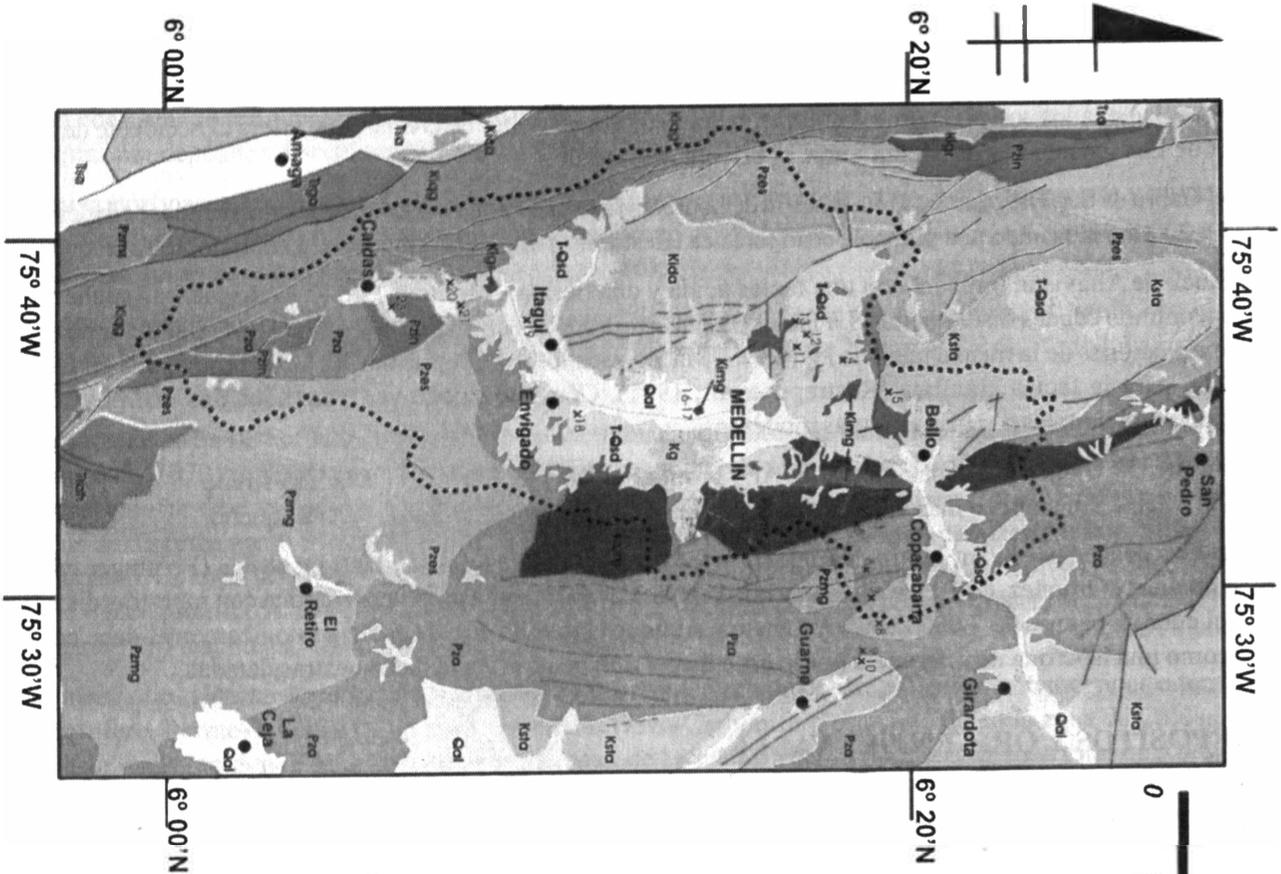
Con base en las dataciones por trazas de fisión realizadas en circones de origen volcánico intercalados en los depósitos aluviales y de vertiente en el valle de Aburrá, Toro (1999) asigna una edad para la apertura del valle entre los 4 Ma y 3 Ma, asociado posiblemente al levantamiento principal de la Cordillera Oriental, según los trabajos realizados en la Sabana de Bogotá (Van der Hammen, 1961; Van der Wiel., M., 1991).

3. EXCURSIÓN

Todos las estaciones están indicadas en la Figura 1, Mapa geológico. La primera parte de la excursión se hará en la "autopista" Medellín Bogotá. El kilometraje indicado se toma desde el puente de esta vía con el río Medellín, aunque debido a la dificultad de parquear el bus en los carriles de subida, la mayoría de los afloramientos los veremos a la bajada.

Estación 1, km 1.2

En el lado derecho de la carretera aflora una secuencia de metagabros meteorizados con algunas intercalaciones de esquistos cloríticos. Veremos una secuencia semejante en la única estación donde pararemos de subida, la Estación 4. Subiendo por la carretera, en el extremo del afloramiento aparece una anfibolita (s.l.) fresca; sin embargo análisis químicos la ubican dentro de los metagabros debido a su bajo contenido de TiO₂ (< 0.7%).



Geologic Framework around the upper Aburra Valley. Map Sources: Ingeominas, 1983; 1997; Rendón, 1999; Corra & Martens, 2000; Integral S.A., 1982; 1994; 2000; Seismological Group of Medellín, 1999; 2002; Restrepo & Toussaint, 1984; Botero, 1963; Estrada, 2003.

Unos pocos metros más adelante aparece la dunita. Hoy en día la vegetación ha cubierto el contacto, pero anteriormente se observó un contacto de falla frágil con formación de brechas tectónicas.

En este sitio se ha abierto un gran cantera explotada por la empresa Canteras de Colombia. El principal producto económico de la dunita es el balastro extraído en estas canteras; casi todas las construcciones del valle la utilizan como material de construcción. El otro producto extraído ha sido cromita-picotita de depósitos lenticulares (*podiform*).

Estación 2, km 2.5 (frente al Estadero de Chalo)

Aquí se observan los esquistos cloríticos subyacentes por metagabro muy meteorizado. Encima aparecen depósitos de dunita. El hecho de que a este nivel se encuentren metagabros y esquistos se debe explicar por pequeñas fallas que elevan estos materiales al mismo nivel de la dunita, la cual se encuentra a ambos lados de estas rocas. El esquisto clorítico presenta pliegues asimétricos que muestran un arrastre al W, contrario al encontrado por Restrepo y Toussaint (1974) un poco más adelante. Parece probable que los pliegues centimétricos en los cuarzo moscovíticos no correspondan en todos los casos a arrastre durante la obducción sino a movimientos locales posteriores.

Estación 3, km 3.2 frente al antiguo basurero “La Curva de Rodas”

En el talud de la carretera se encuentra una zona de esquistos de contacto un poco anómalos. Por un lado, en la base se encuentra anfíbolita de Medellín, con plegamientos métricos. Encima se encuentran esquistos clorítico-actinolíticos y talcosos. Toda la secuencia está cortada por diques de una roca ígnea porfídica con fenocristales de hornblenda. Por las relaciones con las rocas adyacentes se atribuye este dique al Batolito Antioqueño o al Batolito de Ovejas. Es de notarse que los diques no están afectados por la deformación, indicando que ella es anterior a 100 Ma. Encima se encuentra un depósito de dunita. Localmente hay fallas con estrías subhorizontales. Cerca de este afloramiento se tomó una actinolita datada por K/Ar en 102 ± 8 Ma. (Restrepo y Toussaint, 1975).

Estación 4, km 3.7 entrada planta de tratamiento del acueducto de Manantiales

Se entra unos 40 metros por la carretera que conduce a Manantiales. En este corte se ve muy bien la secuencia de contacto de metagabros y esquistos clorítico-actinolíticos. La dunita aflora en el lado izquierdo de la carretera. En sección delgada se encuentra que tiene un avanzado estado de serpentinización. El contacto de la dunita sobre los esquistos parece corresponder a una falla frágil que forma una delgada capa de salbanda (*gouge*). Debajo se encuentran los esquistos clorítico-actinolíticos, algo plegados, y debajo metagabro meteorizado, aunque se encuentran algunos bloques frescos de esta roca. En sección delgada se observa una recrystalización de los minerales a un anfíbol verde pálido y plagioclasa. La textura muestra un anfíbol desordenado, postectónico, que parece haberse formado por el calor residual del cabalgamiento. El corte total de metagabro-esquistos tiene un espesor de unos 12 metros, con la mayoría de los esquistos en la parte superior, aunque hay algunos intercalados en la parte media de los metagabros.

En el lado derecho de la carretera se observan muy bien los esquistos. Aquí la esquistosidad es bastante plana a diferencia de otros sitios en donde están fuertemente replegados. La mayoría de las rocas corresponden a clorita con pequeña cantidad de actinolita, aunque hay bancos de unos 40 cm de espesor, con límites tajantes, formados por actinolita. También se encontró un banco intercalado de unos 20 cm de espesor de metagabro.

No se observa el yacente de estas rocas. Aunque no hay una exposición continua de rocas desde aquí a la autopista, allí todavía hay actinolitas por lo que la secuencia –si continua– puede tener aquí entre 40 y 50 metros.

Estación 5, km 4.0, entrando unos 300 metros sobre la quebrada Rodas

La quebrada corre en parte sobre depósitos, pero a unos 200 metros aguas arriba se encuentra *in situ* anfíbolita de Medellín. Subiendo un poco más, se observa en la quebrada principal y en un afluente por la margen izquierda que aflora dunita serpentinizada, encima hay una capa de 2 metros de clorita y encima, concordantemente está la anfíbolita.

Aguas arriba aflora sólo anfibolita en un tramo de centenas de metros. Esta intercalación de dunita en anfibolita no se conocía previamente.

Estación 6, km 10.1, frente a Estadero Pollos Mario

Aquí aflora la secuencia de anfibolitas de Medellín, con una intercalación de gneises biotítico con abundante grafito y sulfuros en el extremo del afloramiento carretera arriba. Las anfibolitas presentan algunas segregaciones de feldespatos que han sido consideradas como un indicio de migmatización (Estrada, 2003). La composición de la anfibolita es de hornblenda, plagioclasa (andesina a labradorita), cuarzo y esfena. En algunos sitios se encuentran biotita, granates, cumingtonita o diópsido. La presencia de granate rico en almandino y bajo en esferartina (Alm 53.7-65.5%, Pyr 9.9-22.6%, Gro 15.4-22.1%, Esp 2.2-3.3%) se ha tomado como indicativo de un tipo bórico de media presión (Estrada, 2003) pero, de otro lado, la cumingtonita sería más propia de uno de baja presión. Esta ambigüedad entre baja y media presión se presenta en otras rocas metamórficas del valle de Aburrá (Montes, en preparación).

Las intercalaciones de material con protolito sedimentario (metasedimentos) en las anfibolitas es relativamente común en la parte superior de la secuencia de anfibolitas (algunos kilómetros más adelante) pero aquí se presenta de manera excepcional. Estos gneises están compuestos por cuarzo-plagioclasa-biotita-sillimanita-granate, con abundante grafito y sulfuros (pirrotina con un poco de calcopirita). Los sulfuros se consideran singenéticos e indicadores de condiciones reductoras durante la sedimentación. En gran parte los sulfuros se han oxidado a sulfatos de hierro, formando costras blanquecinas que a su vez se oxidan a limonita (caparrosas), manchando extensamente a los "metasedimentos". Unos 50 metros carretera arriba las anfibolitas toman un aspecto de migmatitas *schollen*.

Estación 7, km 12.5 Cantera

Aquí se encuentra la zona de contacto entre la anfibolita y el gneis biotítico con grafito. Dentro de la zona de "metasedimentos" se encuentran capas de anfibolita de uno a dos metros de ancho que fueron consideradas por Botero (1963) como correspondientes a diques de rocas básicas dentro de los sedimentos y por lo tanto como indicio de origen ígneo para las anfibolitas (ortoanfibolitas). Sin embargo en esta zona se han encontrado algunas anfibolitas con circones redondeados que se han interpretado como indicativos de que parte de las anfibolitas provienen de material fragmental sedimentario, tal vez tobas o derrames contaminados con sedimentos (Correa y Martens, 2000; Estrada, 2003)

Km 12.8, Entrada al Túnel de Las Peñas (en gneis biotítico con grafito)

Km 13.1, Salida Túnel de Las Peñas

Estación 8, km 13.7 cantera frente al Estadero Deguste Almojábanas

Aquí se explota para balastro el gneis biotítico con grafito. Se presentan zonas ricas en sillimanita, aunque normalmente sericitizada.

Estación 9, km 14.8

Aquí se presenta un depósito de vertiente con bloques interesantes. Los de mayor tamaño corresponden a una migmatita de inyección (agmatita) formada por cantos angulares de anfibolita en una matriz de la roca tonalítica del Batolito Antioqueño. Otros cantos corresponden a rocas metasedimentarias convertidas a migmatitas biotíticas plegadas.

Estación 10, km 15.0

En este sitio aflora el Batolito Antioqueño en su parte más occidental. De aquí hasta el río Samaná, en el oriente de Antioquia, la carretera en una distancia de unos 50 km. va esencialmente sobre las rocas tonalíticas-granodioríticas del Batolito Antioqueño (Feininger y Botero, 1982). La composición es cuarzo, plagioclasa (andesina), biotita, hornblenda y cantidades menores de ortoclasa.

En este afloramiento se observa muy bien la meteorización esferoidal (“capas de cebolla”) de la tonalita, quedando un saprolito arenoso que rodea bloques frescos. A partir de roca fresca, la meteorización comenzaría por las zonas diaclasadas, ampliándose progresivamente la zona meteorizada. Este mecanismo ha sido usado para explicar la formación de la Piedra del Peñol y otros “peñoles” (Botero, 1963).

Km 15.9 Alto de La Sierra, aprox. 2300 m.s.n.m.

Km 16.6 Retorno para tomar carriles descendentes hacia Medellín.

El punto de referencia para el subsiguiente kilometraje de la excursión es el cruce vial de la Facultad de Minas.

Estación 11, Depósitos de vertiente de Robledo

Se observan a lo largo de la carretera en ambos márgenes. Se tratan de depósitos en su mayoría de escombros, pardos, compuestos por fragmentos angulares de distribución caótica (sin estratificación, ni selección, ni imbricación). Existen buenas exposiciones en el km 2, con algunas ventanas erosivas del ortogneis de la Iguaná.

Estación 12, km 3.6 Entrada a la urbanización La Pola

Intercalación de cenizas volcánicas en un nivel de paleosuelo separando dos depósitos de vertiente compuestos por fragmentos de decimétricos a métricos de metagabros (Correa y Materns, 2000) parcialmente meteorizados en matriz limo arcillosa. Las dataciones por trazas de fisión en circones rosados de las cenizas volcánicas en este sitio de 1.98 ± 0.42 Ma. (Restrepo, 1991). Sobre la misma vertiente, 3 km al oeste de este sitio, se presenta una capa de cenizas con una relación estratigráfica similar, datada en 2.04 ± 0.3 por Toro (1999). Estos datos sugieren una edad máxima Plioceno Tardía para la depositación de estos depósitos, implicando la existencia de un valle abierto y con una importante dinámica sobre sus vertientes para esta época.

Estación 13, km 5.2 Afloramiento de Metagabros

En medio de los extensos depósitos de vertientes que caracterizan esta ladera del valle se observan pequeñas ventanas erosivas correspondientes a metagabros (Rendón, 1999; Correa y Martens, 2000). En los alrededores de este sector algunos de los bloques involucrados en los depósitos son anfíbolitas (Correa y Martens, 2000).

Estación 14, km 11.1 Estadero Las Hamacas

Discusión general de las características geomorfológicas del Valle de Aburrá, sector comprendido entre el Poblado y Copacabana.

El Valle de Aburrá hace parte de la Unidad Fisiográfica “Cordillera Central”, que puede definirse como un bloque tectónico de carácter ígneo - metamórfico, limitado por grandes sistemas de fallas de orientación predominante N-S. El valle constituye además una porción de la unidad de paisaje denominada “Norte de la Cordillera Central” (Rendón 1999), caracterizada por la presencia de extensas superficies de erosión que forman altiplanos (Page y James 1981) cortados por profundos cañones o valles. Uno de los más importantes es el Valle de Aburrá, drenado en toda su longitud por el Río Medellín - Porce, afluente del Río Cauca por su margen derecha (Hermelin, 1983).

El valle está dividido en dos dominios contrastantes. La parte inferior del Valle de Aburrá es un cañón recto de perfil en V y con orientación $N50^{\circ}W$. Por el contrario la parte superior del Valle de Aburrá es una prominente depresión rómbica en sentido N-S de unos 45 km de largo, 22 km de ancho y 1.2-1.5 km de profundidad respecto a las superficies de erosión adyacentes.

La parte superior del Valle de Aburrá está limitado por escarpes regionales hacia la parte superior de las vertientes oriental y norte, las cuales presentan claros rasgos morfotectónicos asociados, tales como facetas triangulares, peldaños y tramos rectos en las quebradas. Adicionalmente, espesos depósitos aluviales y de vertiente, generados desde el Plioceno hasta hoy, cubren las partes bajas y medias de los flancos. Basados en la extensión de estos materiales y la irregularidades

del cauce del Río Medellín, se definieron tres cuencas intermontanas dentro de esta porción del valle. Estas cuencas se denominan Bello, Medellín e Itaguí (de norte a sur).

El Valle alto de Aburrá presenta una marcada asimetría en su geología, tectónica y geomorfología. Desde esta posición es factible observar, hacia el sector noroccidental, vertientes homogéneas y largas que se extienden desde el Río Medellín hasta los remanentes de las superficies de erosión en inmediaciones del municipio de Pedro. Hacia la zona nororiental las laderas tienen una configuración escalonada, con algunos rasgos tectónicos asociados. Sobre el flanco izquierdo del río, en los sectores centro y sur occidental del valle, las vertientes presentan una geoforma típica de cuchillas, las cuales corresponden a porciones sobresalientes de terreno que se desprenden desde la divisoria de aguas con el río Cauca y se extienden hasta el fondo del valle (Hermelin 1977, Rendón 1999).

Estación 15, km 16. Estadero Jalisco (Parada de Almuerzo-Discusión).

Desde esta posición observar el cambio de dirección que exhibe el Río Medellín en inmediaciones del Municipio de Bello. Aguas abajo de esta localidad la corriente transcurre por un valle de fondo estrecho.

Hacia la comuna nororiental de Medellín se puede identificar la coloración rojiza de los suelos derivados de las rocas ultrabásicas predominantes en dicho sector, estos suelos están limitados hacia el oriente por rasgos lineales relacionados con la Falla Rodas y lineamientos paralelos. Dichos suelos también se presentan sobre la orilla izquierda del río, en el sector norte de Bello, remontándose hasta las superficies de erosión y controlados en su borde oriental por rasgos tectónicos.

Estación 16, Mirador del Cerro Nutibara

Desde este lugar es factible corroborar la asimetría morfológica de la parte superior del Valle de Aburrá. Hacia el norte, el perfil escalonado de la vertiente oriental y la distribución compleja de los depósitos de ladera denota una dinámica de bloques, con estructuras asociadas como la Falla Manrique. Por el contrario hacia el occidente los depósitos son el rasgo predominante, definiendo una morfología de laderas largas y homogéneas, solo interrumpida por el cerro el Picacho.

Hacia el suroriente, sector de El Poblado, los depósitos son también el rasgo característico, sin embargo en dicho sector se identificaron al menos cuatro series de depósitos de vertiente sobre ladera distribuidos en un patrón telescópico, según lo sugieren sus características geomorfológicas. Distribuciones similares han sido reportadas por Schlemmon (1979) en inmediaciones de Bello y Copacabana.

Cuchillas de orientación W-E son el rasgo característico de la parte centro y sur occidental del valle. Ellas están desarrolladas casi en su totalidad sobre el stock de Altavista. Las porciones distales de dichas geoformas presentan una serie de rasgos morfotectónicos como colinas independientes, facetas triangulares, silletas, escarpes y lomos en L; que siguen una tendencia N15°-20°W, correspondiente a la porción sur de la Falla Iguaná-Boquerón (Grupo de Sismología de Medellín, 1999; Ortiz, 2002).

Estación 17, Flanco occidental del Cerro Nutibara (sobre la carrera 65)

Este cerro está formado por metagabro (Correa y Martens, 2000). Aunque en general la roca está muy meteorizada, en este afloramiento está fresca. En general, el metagabro se distingue por varias características geoquímicas entre la cual vale la pena destacar el bajo contenido de TiO₂ (menor de 0.7% mientras que en las demás unidades es mayor a 0.9%), así como características petrográficas tales como ausencia de esfena subhedral abundante (aparece muy poca esfena secundaria en agregados anhedrales), anfíboles verde pálidos y plagioclasas deformadas y recristalizadas con maclas complejas; presencia de diópsido anhedral asociado con las bandas de plagioclasa y más rara vez intercrecido con el anfíbol es común pero no siempre se encuentra. En este afloramiento la roca está bastante deformada, recordando una anfíbolita. Sin embargo las características petrográficas corresponden a las mencionadas anteriormente. Aquí aparece el clinopiroxeno sólo como granos anhedros muy pequeños intercrecidos con la plagioclasa.

Como se explicó arriba, los metagabros están presentes en varios de los contactos de la dunita, razón por la cual Correa y Martens (2000) agruparon estas dos rocas en el Complejo ofiolítico de Aburrá. Aunque la relación descrita en la Estación 4 muestra una estrecha relación entre las dos rocas, en los cerros de Nutibara y El Picacho aflora sólo el metagabro, sin que se hayan encontrado rocas ultramáficas.

Esta situación plantea algunos interrogantes sobre el origen tectónico del valle de Aburrá como se discutió arriba. Si la dunita era un cuerpo extenso cabalgado sobre las anfibolitas y metagabros, al descender las rocas del centro del valle por hundimiento tectónico, en el centro del valle deberían haber quedado las dunitas adyacentes a las del lado oriental de Medellín. Sin embargo aflora el metagabro que teóricamente estaría debajo de la dunita. Para explicar esta situación habría que pensar que las fallas del lado oriental del valle (falla de Manrique) actuaron inicialmente en sentido inverso (lado occidental hacia arriba) antes de la formación del valle, levantando las dunitas y permitiendo su total erosión antes de que se formara la superficie de erosión de la Cordillera Central. Efectivamente, esta situación se observa bien en el altiplano cerca de San Pedro, donde anfibolitas (al oeste) están en contacto con dunitas (al oriente). Al formarse tectónicamente el valle, estas fallas habrían actuado en sentido inverso, con el bloque occidental moviéndose hacia abajo.

Estación 18, Urbanización Villa Nueva de la Ayurá

La secuencia de depósitos de vertiente descrita en la estación 16 se extiende hasta el municipio de Envigado, especialmente sobre la margen derecha de la cuenca de la quebrada La Ayurá. Hacia la parte baja de esta cuenca existe un fuerte contraste morfológico entre los depósitos torrenciales y aluviales del fondo del valle con los flujos que recubren las laderas. Aquí los depósitos de vertiente mencionados presentan una topografía abrupta, definiendo un escarpe erosivo de 25-35m de altura, sobre el cual se puede definir una secuencia de eventos de flujo con paleosuelos intercalados. Las variaciones en la disposición geométrica de los paleosuelos y la existencia de patrones de fracturamiento anómalos en estos materiales meteorizados sugieren una posible actividad tectónica.

Estación 19, Margen derecha de la “autopista” entre Itagui y La Estrella

En este trayecto se observa un escarpe erosivo de unos 15 a 20 metros de altura correspondiente a la parte distal de los depósitos de vertiente generados desde la margen occidental del valle, en estrecha relación con los lineamientos del Sistema Romeral.

Unos 205m después del parque cementerio Jardines Montesacro, es factible observar una secuencia de sedimentos aluviales de unos 6 m, coronados por flujos de lodos y escombros, con más de 20m de espesor. Los sedimentos aluviales se interpretaron como generados por el desplazamiento lateral de un canal sobre una planicie aluvial, siguiendo un patrón meándrico o trezado (Rendón, 2003).

El puente sobre el río Medellín en el Ancón Sur es tomado como Km 0 para esta parte de la excursión.

Km 0.3 Ancón Sur. Aquí el río va por una “cortada”, excavación realizada por los mineros para permitir la explotación de aluviones auríferos. El cauce original era más al occidente, bordeando el Ancón.

Estación 20, Km 3.6, La Tablaza

En este sitio es el único afloramiento conocido al interior del valle, con una secuencia de terrazas aluviales basculadas, situada 200 metros arriba del actual nivel del Río Medellín. Es un depósito oligomórfico compuesto por cantos y guijarros derivados de basaltos espiliticos cretácicos de la Formación Quebradagrande, con intercalación de cenizas volcánicas. Los circones de estas cenizas fueron datados por trazas de fisión en por trazas de fisión en $3,06 \pm 0,12$ Ma. (Toro *et al.*, 1996) Un nivel de la base presenta un paleomagnetismo químico remanente invertido (Toro y Velásquez, 1984).

Estación 21, km 2.9 Planta de Cobral S.A.

Aquí afloran esquistos cuarzo moscovíticos con grafito denominados inicialmente Esquistos Sericíticos de Ancón

(Restrepo y Toussaint, 1984). A pesar de que en la literatura geológica colombiana ha sido muy usado el término "sericita" para moscovita fina de origen metamórfico regional, realmente el término se debe restringir a moscovita fina de origen secundario, generalmente retrógrada. Por esa razón recomendamos discontinuar su uso y más bien seguirlos llamando Esquistos moscovíticos de Ancón.

Además de los minerales mencionados anteriormente, se encuentran andalucita y biotita. Texturalmente se observa que las rocas son polifásicas. Hacia el oriente en estas rocas se forman estaurolita y granate y finalmente en la zona de la quebrada Ayurá migmatitas (Montes, 2003). El contenido de grafito es altamente variable en este afloramiento. Recién hecho el corte de esta carretera se observó que la secuencia había sido intruida por una metapegmatita.

Como se mencionó arriba, hay una isócrona Rb/Sr con un valor de 226 ± 4 Ma (Restrepo *et al.*, 1991) muy cercano a dataciones por otros métodos en rocas de alto grado en la zona de El Retiro, aunque también hay dataciones K/Ar de 270 ± 10 Ma. (Restrepo, 1978) y 182 ± 8 y 160 ± 11 Ma. Por el momento no es claro si estas edades tienen algún significado geológico.

Estación 22, km 9.3. Parte baja de la Quebrada La Miel

Tomamos un carreteable a la izquierda por la quebrada La Miel hasta el antiguo puente (derrumbado). En la Virgen aflora el Gneis de La Miel, aunque aquí la roca se encuentra algo meteorizada; un afloramiento de roca más fresca se encuentra al borde de la quebrada, unos 60 metros aguas abajo. La roca presenta en afloramiento una estructura gnéisica bien definida. La componen ortoclasa convertida a microclina (con suerte en muestra de mano se puede distinguir la macla de Carlsbad), plagioclasa (Oligoclasa), biotita y moscovita. El cuerpo se considera de origen ígneo (Sepúlveda y Saldarriaga, 1980).

Como se mencionó arriba, la edad de 388 ± 12 por isócrona Rb/Sr, es la más antigua encontrada hasta el momento en el llamado terreno Tahamí de la Cordillera Central. Por K/Ar en micas se obtuvieron edades de 343 ± 12 y 331 ± 28 (Restrepo *et al.*, 1991), indicativas de que el metamorfismo ya había terminado a ese momento. Aun no es claro porqué el argón radiogénico de esta roca no fue afectado por el metamorfismo triásico ocurrido en rocas hoy en día cercanas alrededor de 225 a 230 Ma.

En la quebrada La Miel se encuentran bloques rodados del esquisto cuarzo moscovítico con estaurolita, y a veces con granate, que se describió en la Estación 18. También se encuentran abundantes cantos de anfibolita granatífera de Caldas. Por lo general estas rocas no muestran mesoscópicamente una buena foliación, aunque al microscopio se observa bien una esquistosidad polifásica. Los granates frecuentemente fueron remplazados parcial o totalmente por una mezcla de hornblenda y plagioclasa, quedando el granate con un borde claro que delinea la extensión original del granate. En la quebrada La Clara, al sur de Caldas, aparecen intercalados dentro de la anfibolita, esquistos biotíticos con granate y estaurolita con pequeñas cantidades de cianita. Las características mineralógicas de ambas rocas son indicativas de un tipo bórico barroviano (Sepúlveda y Saldarriaga, 1980; Restrepo, 1986)

La edad más antigua de la anfibolita es de 324 ± 16 Ma., concordante con la obtenida por el mismo método en el Gneis de La Miel, aunque algunas edades dan más jóvenes, hasta 254 ± 8 Ma. (Restrepo *et al.*, 1991), tal vez mostrando el calentamiento triásico.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Botero, G., 1963, Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia, Anales de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, V. 57, 1-101.
- Correa, A. M. y Martens, U., 2000, Caracterización geológica de las anfibolitas de los alrededores de Medellín, Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 363 pp.

- Echeverría, L. M., 1973, Zonación de las rocas metamórficas del valle de Aburrá y sus alrededores, Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 124 p.
- Estrada, J., 2003, Caracterización geológica de las rocas metamórficas en los alrededores de la Cuchilla Las Peñas, Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 91 p.
- Feininger, T.; Barrero, D. y Castro, N., 1972, Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona IIB), Boletín Geológico, V. 20, No. 2, 1-173.
- Feininger, T. y Botero, G., 1982, The Antioquian Batholith, Colombia, Publicaciones especiales del Ingeominas, N.12, 1-50.
- Grupo de Sismología de Medellín, 1999, Instrumentación y Microzonificación Sísmica del área urbana de Medellín, Informe técnico Municipio de Medellín y SIMPAD.
- Hermano Daniel, 1948, Nociones de Geología y Prehistoria de Colombia, Editorial Bedout, Medellín, 360 p.
- Hermelin, M., 1983, El origen del Valle de Aburrá: Evolución de las ideas, Boletín de Ciencias. de la Tierra. Universidad Nacional-Sede Medellín. Facultad de Minas, N. 7-8, 47-65.
- Martens, U. y Dunlap, J., 2003, Características del metamorfismo triásico del terreno Tahamí como se infiere a partir de edades Ar/Ar obtenidas en las Anfibolitas de Medellín, Cordillera Central de Colombia, IX Congreso Colombiano de geología, p. 47.
- Montes, L.F., 2003, Relación entre las metamorfitas de alto y bajo grado en el Sur del Valle de Aburrá, IX Congreso Colombiano de Geología, p. 60.
- Montoya, A. T., 1987, Petrografía y petroquímica del Plutón de Altavista, zona norte, Medellín, Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, 1-235
- Ordóñez, O., 2001, Caracterizaçã isotópica Rb-Sr e Sm-Nd dos principias eventos magmaticos nos Andes Colombianos, Tesis de doctorado, Univ. De Brasilia, 177 p.
- Ordóñez, O, Pimentel, M., Morales, R., Restrepo, J. J., 1999, Rocas grenvillianas en la región de Puerto Berrío – Antioquia, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, V. 23, No.87, 225-232.
- Ordóñez, O.; Pimentel M.; Correa A.M.; Martens, U., Restrepo, J. J., 2001, Edad Sm/Nd del metamorfismo de alto grado de El Retiro (Antioquia), En Memorias VIII Congreso Colombiano de Geología, Manizales (C.D.) .
- Ortiz, E., 2002, Evaluation of Neotectonic Activity of the Cauca-Romeral Fault System near western Medellín, Colombia, Msc Thesis, Shimane University, Japan. 113p.
- Page, W. y James, M., 1981, The antiquity of erosion surfaces and late Cenozoic deposits near Medellín, Colombia: implications to tectonics and erosion rates, Revista CIAF. V.6, No.1-3, 421-454.
- Palacio, F., 1987, Origen erosivo invertido del Valle de Aburrá, En Memorias Primer Seminario Gerardo Botero Arango, Universidad Nacional-Sede Medellín. Facultad de Minas, 123-133.
- Posada, J. de la C., 1936, Bosquejo Geológico de Antioquia, Anales de Escuela Nacional de Minas, N. 38: 1-51.
- Parra, L. N., 1984, Tectonismo Terciario y Depresión del Valle de Aburrá, En Memorias Primera Conferencia sobre Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, Medellín. 1-13.
- Rendón, D., 1999, Cartografía y caracterización de las unidades geológicas de la zona urbana de Medellín, Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Facultad de Minas, 200 p.
- Rendón, D., 2003, Tectonic and sedimentary evolution of the upper Aburrá Valley northern Colombian Andes, MSc, Thesis, Shimane University, Japan, 131p.
- Restrepo, J. J., 1986, Metamorfismo en el sector norte de la Cordillera Central de Colombia. Medellín: Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, 1986, (trabajo de promoción a profesor titular), 279 p.

- Restrepo, J. J., 1991, Datación de algunas cenizas volcánicas de Antioquia por el método de trazas de fisión. AGID Report. 16: 148-157.
- Restrepo, J.J., 2003, Edad de generación y emplazamiento de ofiolitas en la Cordillera Central de Colombia: un replanteamiento. IX Congreso Colombiano de Geología, Medellín (Resúmenes), p. 48-49
- Restrepo, J. J. ; Toussaint, J. F., 1974, Obducción Cretácea en el occidente Colombiano. En: Anales de la Facultad de Minas. No. 58, p. 73-105.
- _____; _____, 1975, Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia - Colombia. En: Boletín de Ciencias de la Tierra. No.5-6, p. 1-18. ISSN 0120-3630.
- _____; _____, 1978, Ocurrencia de Precámbrico en las cercanías de Medellín, Cordillera Central de Colombia. Publ. Esp. Geol., Univ. Nal. Medellín, 12:1-13
- _____; _____, 1984, Unidades litológicas de los alrededores de Medellín. En: Memorias 1ª conferencia sobre riesgos geológicos del Valle de Aburrá. ; Sociedad Colombiana de geología. p. 1-26.
- Restrepo, J. J.; Toussaint, J. F.; González, H. et al., 1978, Datación de metasedimentos del Grupo Ayurá-Montebello. En: Boletín de Ciencias de la Tierra. No. 5-6, p. 33-44.
- Restrepo, J. J., Toussaint, J. F., González, H. et al., , 1991, Precisiones geocronológicas sobre el Occidente Colombiano. En: Memorias Simposio sobre magmatismo Andino y su marco tectónico, Manizales. p. 1-21.
- Rodríguez, G.y Sánchez, F., 1987, Petrografía y petroquímica del Plutón de Altavista, zona central. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Fac. Minas, Medellín, 1-267.
- Salinas, I.C., 1988. Cartografía e interpretación de formaciones superficiales en el Valle de Aburrá. Proyecto de Grado, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Facultad de Minas, 190 p.
- Sepúlveda, R. D. y Saldarriaga, S. M., 1980, Metamorfismo de las rocas del oriente del municipio de Caldas (Antioquia). Medellín, Tesis de grado. Universidad Nacional, Facultad de Minas., 119 p.
- Scheibe, R., 1919, Informe sobre resultados de la Comisión Científica Nacional en Antioquia. Compil. Estudios Geol. Oficiales en Colombia. Tomo I. 95-165.
- Schlemon, R., 1979, Zonas de deslizamientos en los alrededores de Medellín, Antioquia (Colombia). Boletín Geológico Ingeominas, Publicación Especial 5, 1-45.
- Van der Hammen, T., 1961, Late Cretaceous Tertiary stratigraphic and tectogenesis of the Colombia Andes, Geologie en mijnbouw, 40: 181-188.
- Toro, G., 1999, Téphrocronologie de la Colombie centrale (département d'Antioquia et abanico de Pereira). Tesis Doctoral, Universidad Joseph Fourier, Grenoble- Francia. 1-250.
- Toro, G. y Velásquez, A., 1984, Estudio geomorfológico y estructural del Valle de Aburrá. Proyecto de Grado, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Facultad de Minas. 1-206.
- Toro, G., Restrepo, J. J., Poupeau, G., Hermelin, M., Sáenz, E., Azdimousa, A., 1996, Terraza pliocénica tardía al sur del valle de Aburrá por datación por trazas de fisión : implicaciones sobre la edad del valle. Resúmenes, VII Congreso Colombiano de Geología. Bogotá.
- Van der Wiel, M., 1991, Uplift and volcanism of the SE Colombian Andes in relation to Neogene Sedimentation in the Upper Magdalena Valley. Tesis Doctoral, Wageningen Agricultural University. The Netherlands 1-207.
- Vinasco, C.J, Cordani, U.G, Vasconcelos, 2001, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates in the Central Cordillera of Colombia: Evidence for an upper Triassic regional tectonomagmatic event. III Simposio Sudamericano de geología isotópica. Pucón, Chile (C.D.)

