

GUIA DE EXCURSION

HONDA - MANIZALES - CALI

DARIO MOSQUERA T., ALBERTO NUÑEZ T. y JOSE L. NARANJO

1. INTRODUCCION

En los últimos años el conocimiento geológico de la Cordillera Central se ha venido incrementando, gracias a los trabajos de geología regional adelantados por el INGEOMINAS, cuyos resultados se compendian en mapas geológicos publicados en escala 1:100.000. La zona volcánica ha sido estudiada en detalle, principalmente por HERD (1982) y más recientemente por THOURET (1984) y THOURET et al. (1985A, 1985B). En esta guía de campo se presenta una sección muy interesante, representativa de la cordillera, que permite formarse una idea muy aproximada de su constitución geológica y los interrogantes que, sobre su evolución se presentan.

2. ESTRATIGRAFIA

La Cordillera Central, elemento geotectónico importante del sistema andino en Colombia, posee características propias, que permiten diferenciarla fácilmente de las otras dos cordilleras colombianas.

Está constituida por rocas metamórficas del Precámbrico y del Paleozoico temprano (?), intruidas por plutones del Mesozoico y Cenozoico. Las estratificaciones orientales, limitadas por el valle del río Magdalena, muestran sedimentitas y vulcanitas del Triásico y Jurásico, así como rocas sedimentarias marinas y continentales del Cretáceo y Terciario, respectivamente. La vertiente occi-

dental está constituida por formaciones vulcano-sedimentarias de ambiente eugeosinclinal, de edad Cretácea. Los contrafuertes de la cordillera, en el costado occidental están constituidos por formaciones sedimentarias continentales del valle del río Cauca. Sobre este conjunto de rocas aparece una secuencia volcánica de edad Mioceno hasta reciente, originada en una cadena volcánica, constituida por importantes edificios volcánicos, algunos de ellos con actividad histórica y actual.

2.1. ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas expuestas en esta sección de la Cordillera Central, han sido definidas en cinco unidades litológicas regionales discriminadas en tres grandes grupos.

2.1.1. NEISES, ANFIBOLITAS Y GRANULITAS

Afloran como franjas de dirección paralela al eje de la cordillera, presentándose también como xenolitos dentro de algunos intrusivos, especialmente los de edad Jurásica. Además xenolitos de granulitas y rocas de alto grado de metamorfismo ha sido reportados dentro de lavas del Volcán Nevado del Ruiz (JARAMILLO, 1978, 1980).

La unidad litológica más conocida fue denominada por BARRERO y VESGA (1976) Neises y Anfibolitas de Tierradentro; nombres más locales han sido utilizados, pero no son de amplia difusión. Las principales

1) Ingeominas.

2) Universidad de Caldas, Facultad de Geología

rocas de este conjunto son neises félsicos, neises máficos, anfíbolitas, granulitas, mármoles y ocasionalmente migmatitas. Por su similitud con rocas del Escudo de Guayana y del llamado Cinturón Granulítico Garzón - Santa Marta (KROONENBERG, 1981), han sido consideradas por la mayoría de los investigadores, como del Precámbrico. Esto ha sido confirmado, sólo preliminarmente, por una edad radiométrica K/Ar de 1360 ± 270 m.a., en anfíbolitas (VESGA y BARRERO, 1978).

2.1.2. ROCAS DE BAJA PRESION

A este tipo pertenece el Grupo Cajamarca (NELSON, 1962) y las llamadas por FEININGER et al (1972) Rocas Metamórficas de la Cordillera Central. Es un conjunto litológico muy espeso y ampliamente extendido en la cordillera, constituido por rocas metamórficas de baja presión, que varían de facies entre esquisto verde y anfíbolita.

La litología más frecuente está representada por intercalaciones de pocos centímetros hasta cientos de metros de espesor, de esquistos verdes cloríticos - actinolíticos y esquistos negros cuarzo-sericítico grafitosos. Subordinadamente se presentan filitas, esquistos cuarzosos, esquistos micáceos, cuarcitas, cuarcitas biotíticas, mármoles y rocas de muy bajo grado de metamorfismo.

Existe discusión sobre la edad del conjunto original y la época del primer evento metamórfico que lo afectó. La hipótesis más extendida ubica las rocas originales en el Cámbrico-Ordoviciano, con un evento metamórfico importante en el Silúrico (?). Sin embargo no se descarta que parte de las rocas parentales sean del Precámbrico.

Eventos térmicos y dinámicos han sido detectados en el Paleozoico superior (RESTREPO y TOUSSAINT, 1978) y en Cretáceo-Terciario (VESGA y BARRERO, 1978; NUÑEZ et al., 1979), por lo que la unidad se considera como un conjunto polimetamórfico.

2.1.3. ROCAS DE MEDIA - ALTA PRESION

Afloran en el costado occidental de la cordillera, diferenciándose claramente dos secuencias. La más extensa corresponde a un conjunto de anfíbolitas, anfíbolitas granatíferas, esquistos anfibólicos y esquistos cuarzo - sericíticos, estrechamente relacionados con gabros, peridotitas y serpentinitas, que han recibido diferentes denominaciones, pero que pueden ser equivalente cronoestratigráficamente; las unidades más conocidas son el Grupo Arquía (RESTREPO y TOUSSAINT, 1975), Esquistos Anfibólicos del río Cauca (GONZALEZ, 1976), Complejo del río Rosario (ESQUIVEL et al, 1981) y Grupo Bugalagrande (McCOURT, 1982).

La otra unidad generalmente de poca extensión está constituida principalmente, por esquistos glaucofaníticos y esporádicamente eclogitas; afloran al sur de la ciudad de Armenia, como ha sido descrito por ORREGO et al. (1980), MURCIA y ORREGO (1982), McCOURT y FEININGER (1982); MURCIA y GONZALEZ (1982).

Las dataciones radiométricas de las rocas de media-alta presión en la cordillera dan edades del Cretáceo (RESTREPO y TOUSSAINT, 1975; ORREGO et al., 1980; McCOURT et al., 1984A). Esta puede ser la época de su emplazamiento en la corteza, pero la edad de las rocas originales puede, en consecuencia, ser mucho más antigua.

2.2. ROCAS IGNEAS

Se pueden distinguir en la zona cuerpos intrusivos de edad Mesozoica y Cenozoica, así como rocas volcánicas del Jurásico, Cretáceo y Terciario-Cuaternario. Las rocas eruptivas del Mesozoico están comúnmente asociadas con sedimentitas, por lo que serán descritas en la parte de las rocas estratificadas.

2.2.1. CUERPOS INTRUSIVOS

El plutón más antiguo es el Batolito de Ibagué (NELSON, 1957), de composición

predominantemente granodiorítica y edad Jurásico medio a superior 143 ± 9 m.a. K/Ar (VESGA y BARRERO, 1978); 143 ± 5 m.a. K/Ar (McCOURT et al., 1984A).

En el Cretáceo y Terciario se emplazaron numerosos batolitos y stocks de composición granodiorítica a tonalítica, que se hallan expuestos tanto al oriente como occidente de la cordillera. En el este se destacan el Stock de Mariquita 113 ± 4 m.a. K/Ar, el Batolito de El Bosque 49.1 ± 17 m.a. K/Ar y Stock del Hatillo 53 ± 1.8 m.a. K/Ar, descritos inicialmente por BARRERO y VESGA (1976). En el occidente se conocen el Batolito de Buga, el Stock de Manizales, Complejo de Córdoba, Complejo Igneo del río Navarco, que por radiometría se ubican en el Cretáceo Terciario (TOUSSAINT et al., 1978; VESGA y BARRERO, 1978; McCOURT et al., 1984A).

Cuerpos básicos como el Stock Diorítico de Santa Rosa y el Stock Gábrico de Pereira (MOSQUERA, 1978; CABALLERO et al., 1983) y numerosos afloramientos de serpentinitas y peridotitas se asocian al Sistema de Fallas de Romeral, en el flanco occidental de la cordillera: la edad de estas rocas básicas-ultrabásicas es Cretácea como ha sido comprobado por las dataciones de RESTREPO y TOUSSAINT (1975), ESPINOSA (1980), McCOURT et al. (1984A) y muchos otros autores (ver RESTREPO et al., 1982).

Intrusivos hipoabisales y sistemas de diques de composición que varía de andesítica, son conocidos en ambos flancos de la cordillera y, por lo regular, son del Terciario medio a superior.

2.2.2. UNIDADES VOLCANICAS DEL Terciario - CUATERNARIO

Sobre la secuencia ígneo-metamórfica que conforma gran parte del núcleo de la Cordillera Central, aproximadamente desde mediados del Terciario (Mioceno), un vulcanismo de margen continental destructivo, se ha desarrollado, extendiendo su actividad hasta nuestros días.

Según THOURET (1984) y THOURET et al. (1985-A; 1985-B) el vulcanismo inicial en la zona central de la cordillera fue de tipo fisural, formándose grandes mesetas de lava sobre las que fueron edificándose, en fases sucesivas, diferentes aparatos volcánicos que fueron destruyéndose hasta obtener la cadena volcánica, conocida como Cadena o Complejo Volcánico Ruiz - Tolima. La cual está conformada por nueve edificios volcánicos principales y numerosos conos y domos. De norte a sur los volcanes principales son Mar de San Diego, Volcán Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Nevado El Cisne, Nevado Santa Isabel, Cuello de Santa Rosa, Nevado Quindío, Nevado Tolima y Cerro Machín.

Los de Santa Rosa y Quindío son volcanes antiguos, fuertemente erodados por las glaciaciones del Cuaternario, no quedando de ellos sino algunos vestigios y restos de las calderas antiguas.

El Cisne y el Santa Isabel son, en concepto de THOURET (1984) domos y domos-coladas, mientras que el Cerro Bravo, Ruiz, Tolima y Machín son estratovolcanes. Tres de ellos (Ruiz, Tolima y Machín) han tenido actividad fumarólica contemporánea y específicamente el Volcán Nevado del Ruiz, en la actualidad ha emitido cenizas y continúa con fuerte actividad fumarólica y peligro de avalanchas y formación de "lahars".

Las lavas más antiguas del complejo se extendieron hasta 30 km de los centros de emisión, pero los flujos más modernos no se alejan más de 3 - 5 km de los sitios de erupción.

La cubierta glaciaria, muy extendida en el pasado, favoreció la formación de espesos depósitos volcánico - sedimentarios, que descendieron por valles de los ríos hasta formar grandes abanicos y conos en los valles de los ríos Magdalena y Cauca. En la zona media de la cordillera, especialmente en la vertiente oriental, se conservan relictos de estos flujos de lodo, que en conjunto han sido llamados por THOURET (1984) como Formación Casabianca. Otras unidades correspon-

dientes, en muchos casos a eventos de destrucción de calderas en la cadena volcánica, se conocen con los nombres de Formación Gualf (ETHERINGTON, 1942), Formación Armenia (McCOURT et al., 1984-A), y otras unidades. Sin embargo, se requieren estudios para determinar la equivalencia en tiempo entre estas diferentes unidades.

2.3. ROCAS ESTRATIGRAFICAS

Las rocas estratigráficas afloran, principalmente en los valles de los ríos Magdalena y Cauca. En nuestra zona de estudio las más antiguas corresponden a unidades sedimentarias y volcánicas del Cretáceo que han sido agrupadas en la Formación Quebradagrande (BOTERO, 1963) y la Formación Amaime (McCOURT, 1984), siendo la última predominantemente volcánica y equivalente al conocido Grupo Diabásico en el sentido de HUBACH (1957).

El Terciario del Valle del Magdalena está representado, en el área, por los Grupos Gualanday y Honda y la Formación Mesa, ya descritos en el trayecto Bogotá - Honda - Mariquita por ULLOA (1981).

En el valle del río Cauca las unidades del Terciario, más conocidas son la Formación La Paila (NELSON, 1957), y las formaciones Zarzal (VAN DER HAMMEN, 1958), Cinta de Piedra y La Pobreza (McCOURT et al, 1984-B).

El Cuaternario está representado por depósitos glaciales y aluviales, terrazas y derrubios de pendiente, que forman extensas zonas planas, especialmente en el valle del río Cauca entre La Uribe y Cali.

3. ANTECEDENTES HISTORICOS DEL VOLCAN NEVADO DEL RUIZ

Basados en varias fuentes trataremos de reconstruir los antecedentes históricos de la actividad volcánica del área del volcán Nevado del Ruiz.

El primer recuento histórico de actividades volcánicas en la región del Parque

Natural de los Nevados se encuentra en un mapa publicado en el año de 1570 (INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" 1969, p. 17), donde se localiza un gran volcán en llamas al NW de Mariquita. Este documento podría referirse al Volcán Nevado del Ruiz.

Desde esa época, aparentemente el volcán tuvo actividad fumarólica continua hasta 1595, año durante el cual ocurrió una violenta erupción, que fue observada por Cieza de León, cronista sevillano (RAMIREZ, 1968, p.228) según Fray Pedro Simón, quien hizo una descripción detallada de esta erupción: El 12 de marzo de 1595 a las 11 a.m. ocurrieron tres temblores que se sintieron hasta unas 50 leguas alrededor del volcán. Estas sacudidas estuvieron acompañadas por emisiones de productos volcánicos como lapilli y cenizas. A consecuencia de lo anterior una gran cantidad de rocas, lodo y aguas invadió los cursos de los ríos Gualf y Lagunilla, situados respectivamente al norte y oeste del cráter del Ruiz, acabando cultivos y matando ganados en los valles de estos ríos hasta alcanzar el valle del río Magdalena. Sin embargo, Fray Pedro Simón no reporta pérdidas de vidas humanas.

El Volcán del Ruiz tuvo erupciones en 1828 y 1829 y estuvo humeando entre 1831 y 1833 (VON HUMBOLT, 1958, p. 281; HNATKE y PARODI, 1966, p. 6; SCHAUFELBERGER, 1944, p. 37; HERD, 1974).

Posteriormente, a causa de una erupción, el 10 de febrero de 1845 a las 7:00 de la mañana, un torrente de lodo (lahar) invadió los cursos de los ríos Lagunilla y Santo Domingo (RAMIREZ, 1968). El fenómeno ocasionó la muerte de 400 a 1000 habitantes de las cabeceras del río Lagunilla y grandes daños materiales. Los efectos se observaron hasta la Provincia de Mariquita. Sobre este flujo de lodo se construyó la ciudad de Armero la cual en noviembre de 1985, fue totalmente destruida por un evento similar. Desde 1945 y especialmente a partir de los años 50, cuando se construyó el refugio del Nevado del Ruiz, el cráter Arenas fue visita-

do con frecuencia, por lo que se deduce que el volcán tuvo una actividad muy reducida.

3.1. ESTUDIOS PREVIOS

A través del Proyecto Inventario Minero Nacional, entidad precursora del INGEOMINAS, en 1964 se iniciaron las labores levantamiento geológico del área volcánica de la cadena montañosa de la Cordillera Central y posteriormente en el año de 1969 se dio comienzo a la cartografía de los volcanes del Parque Natural de los Nevados. Los informes correspondientes se encuentran en la Biblioteca del INGEOMINAS.

En el año de 1974 el doctor Darrel G. Herd, hoy experto vulcanólogo del Servicio Geológico de los Estados Unidos, con la cooperación del INGEOMINAS, realizó estudios de geología glacial y volcánica del complejo Ruiz-Tolima (Cordillera Central de Colombia), estudios geológicos que aparecen en el Boletín Publicación Especial No. 8 de 1982 del INGEOMINAS.

Las directivas del Instituto conscientes de los riesgos volcánicos de la Cordillera Central, en especial del Complejo Ruiz - Tolima, suscribieron un convenio de cooperación técnica y científica con la Universidad de Grenoble (Francia), para adelantar conjuntamente investigaciones vulcanológicas en dicha región. Como resultado de lo anterior se han preparado mapas geomorfológicos y estructurales de los volcanes nevados Ruiz, Santa Isabel y Tolima, los cuales han sido básicos para el levantamiento de las zonas vulnerables por estos fenómenos naturales. Igualmente a través de este proyecto han recibido entrenamiento varios de los científicos del INGEOMINAS.

Las publicaciones "Aspecto vulcanoestructurales y dinamismo eruptivo de los volcanes Cerro Bravo y Nevado del Tolima, Cordillera Central" y "Cronoestratigrafía mediante dataciones K/Ar y 14C de los volcanes compuestos del complejo Ruiz-Tolima y aspectos vulcanoestructurales del Nevado del Ruiz, Cordillera Central", fueron presentadas conjuntamente con la Universidad de

Grenoble y el Ingeominas, al Sexto Congreso Latinoamericano de Geología, llevado a cabo en la ciudad de Bogotá del 9 al 12 de octubre de 1985.

3.2. SUCESOS RECIENTES

A partir del mes de noviembre de 1984, los pobladores de los alrededores de los volcanes del Ruiz y Santa Isabel, sintieron una serie de movimientos sísmicos que precedieron una explosión de carácter freático que tiñó de amarillo la nieve del Volcán del Ruiz, en las cercanías del cráter Arenas el día 22 de diciembre de 1984.

A finales del mes de febrero de 1985, a solicitud del señor Ministro de Minas y Energía doctor Alvaro Leyva Durán una comisión de geólogos del INGEOMINAS visitó el Nevado del Ruiz y preparó el informe "Concepto geológico sobre los fenómenos volcánicos ocurridos en diciembre del 1984, en el área del Parque Natural de los Nevados", en el cual se analiza la situación y se recomiendan las acciones que debían llevarse a cabo al respecto. Este informe fue entregado al señor ministro y a los gobernadores de los departamentos afectados a mediados del mes de marzo. En el período comprendido entre el 15 de marzo y el 15 de julio el INGEOMINAS se dedicó a documentarse acerca de los avances para monitoreo de los volcanes, tanto en el país como en el extranjero y estructuró el Proyecto "Riesgos sísmicos y volcánicos del Parque Natural de los Nevados", cuyo objetivo era establecer las bases para la instalación de una estación vulcanológica permanente en el área y evaluar los riesgos de una posible erupción del Volcán del Ruiz.

Asimismo, se logró la visita de una misión de vulcanólogos de la UNDRO al Volcán del Ruiz en las últimas semanas de marzo. Estos vulcanólogos y sismólogos se encontraban en el país asistiendo al Seminario sobre "Desastres", organizado por la Fundación Participar y auspiciado por la Embajada de Suiza. También el doctor Minard Hall que se encontraba en Medellín estuvo presente en el Volcán del Ruiz en este período. El

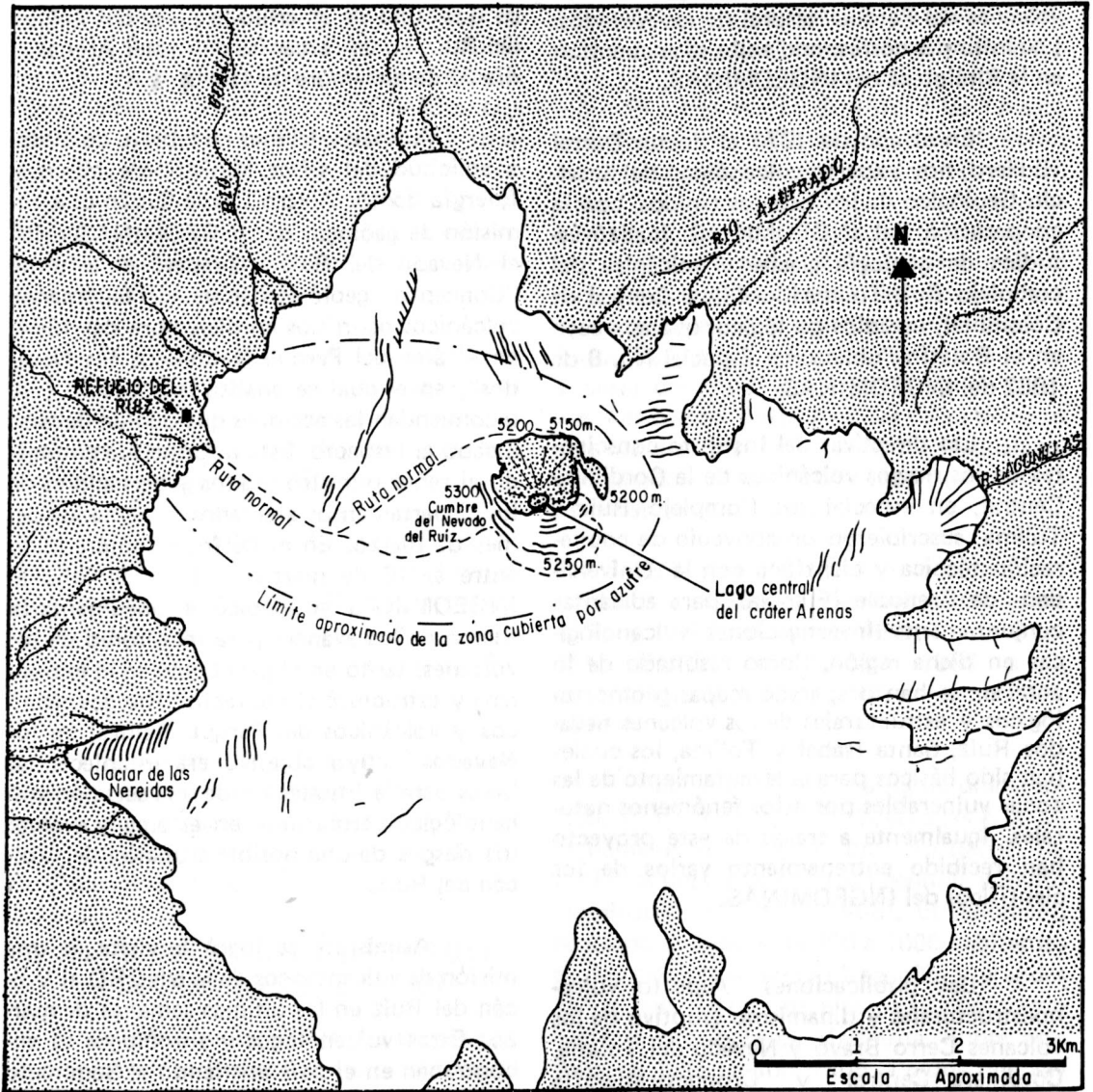


FIGURA 1: El nevado del Ruiz y el cráter Arenas. Se indican las alturas de las crestas alrededor del cráter (alturas aproximadas medidas con altimetros tomando la altura del refugio del Ruiz, 4.800 m, como punto de referencia). Se indica el límite aproximado de la zona que fue cubierta por azufre durante el evento del 22 de diciembre de 1984. Mapa no corregido dibujado con base en una fotografía aérea de 1959.

doctor John Tomblin de UNDRO, tal vez el vulcanólogo más conocido de América Latina estuvo dos veces en el país, la primera en marzo y posteriormente en agosto de 1985.

Es importante anotar que al mismo tiempo un grupo de ciudadanos sobresalientes del departamento de Caldas, en especial de Manizales, encabezado por el gobernador, integró y conformó el Comité de Estudios Vulcanológicos en la ciudad de Manizales.

Con la instrumentación del volcán el 16 de julio de 1985, se empezó el estudio científico desde el punto de vista de la sismología y geología detallada. El señor ministro de Minas y Energía, doctor Iván Duque Escobar, convocó a las diferentes entidades del sector nacional y departamental a una reunión en su despacho el día 17 de septiembre, donde se estableció un organigrama de trabajo y se designó al INGEOMINAS, en cabeza de su director general doctor Alfonso López Reina, para adelantar las funciones de secretaría general. El doctor Darrel Herd, científico del Servicio Geológico de los Estados Unidos, arribó al país el jueves 19 de septiembre y conjuntamente con el INGEOMINAS asumió la asesoría de las acciones a seguir en el nevado con el siguiente cronograma:

— El día 7 de octubre se entregaría un mapa preliminar de riesgos volcánicos que sería ejecutado por el INGEOMINAS, el cual fue presentado a las autoridades Civiles y Militares, Defensa Civil, Medios de Comunicación hablados y escritos y salió publicado en la primera página de "El Espectador" el día 8 de octubre de 1985.

3.4. LA ERUPCIÓN DEL 13 DE NOVIEMBRE

Como lo mencionamos anteriormente, la actividad presente se inició en noviembre de 1984, cuando sismos de alguna magnitud fueron reportados por los habitantes de las cercanías del Volcán del Ruiz. El 22 de diciembre una pequeña erupción de carácter freático emitió algunas cenizas y tiñó de

amarillo la nieve de los alrededores del cráter Arenas. El 11 de septiembre de 1985 otra pequeña erupción arrojó cenizas y algunos clastos en los alrededores del cráter. Durante el período comprendido la actividad fumarólica se incrementó fuertemente en forma aparentemente cíclica.

El día 13 de noviembre de 1985, aproximadamente a las 3 de la tarde una erupción menor arrojó algo de cenizas. Entre las 9 y 9:45 p.m., una pequeña erupción de carácter freático-magmático logró lanzar pumitas de varios centímetros de diámetro hasta unos 10 km de cráter, mientras las cenizas alcanzaron hasta Venezuela. El aumento de calor en los alrededores del cráter Arenas ocasionó que se descongelara una apreciable cantidad de hielo, calculada entre el 3.5 y el 7% aproximadamente; para los más optimistas este descongelamiento podría alcanzar el 15% del total de hielo y nieve de los glaciares del Nevado del Ruiz.

La anterior erupción causó que se originaran cuatro grandes flujos de lodo. Los dos mayores descendieron por los ríos Azufrado y Lagunilla, fundiéndose en uno solo en su confluencia para alcanzar una altura superior a los 42 m sobre el nivel normal de las aguas en el cañón del río destruyendo la ciudad de Armero al explayarse en la llanura. Otro bajó por los nacimientos del río Molinos hacia el río Claro y el río Chinchiná, destruyendo una parte del municipio de Chinchiná. El último tomó el cauce del río Gualí hacia el río Magdalena.

De acuerdo a sus características físicas estos flujos de lodo pueden clasificarse como bastante fluidos y podrían compararse con aquellos originados en el Volcán Santa Helena en 1980 y 1982.

En los primeros días del mes de enero del presente, los síntomas de actividad del volcán llegaron a mostrar tal grado de excitación que las autoridades gubernamentales encabezadas por el Secretario General de la Presidencia de la República, doctor Víctor G. Ricardo, determinaron establecer alerta general en la zona de influencia del Volcán

Nevado del Ruiz. Afortunadamente la actividad decreció y se regresó a la "normalidad" dentro del proceso eruptivo del volcán.

En el fin de semana del domingo 4 de mayo, nuevamente se ha alertado a los pobladores de los alrededores del volcán. Se calcula, basados en las estadísticas elaboradas por los vulcanólogos japoneses, quienes llevan más de 100 años en el ejercicio de esta ciencia, que el volcán podría estar en excitación alrededor de 5 años.

3.5. PERSPECTIVAS

La existencia de grandes acumulaciones de detritos sueltos, al frente del casquete glacial, complementada por la gran cantidad de hielo, lo estrecho y pendiente de los valles de los ríos, eleva considerablemente la posibilidad de formación de flujos de lodo en cualquier eventualidad de deshielo causado por la actividad volcánica. Por lo cual es necesario no abandonar la vigilancia del volcán y establecer sistemas de alerta en su futuro relocalizar las poblaciones en peligro.

En el caso que se presentare alguna actividad volcánica que genere considerable cantidad de calor, tal como la emisión de lavas o cenizas calientes, el descongelamiento del total o parte del casquete glaciar ocasionará la formación de flujos de lodo, similares a los formados el 13 de noviembre de 1985. El Mapa de Riesgos o zonas vulnerables elaborado por el INGEOMINAS, con la colaboración y apoyo logístico de muchas entidades y publicado por Resurgir, muestra las áreas que serán devastadas por este tipo de fenómeno de origen volcánico.

Por otro lado el riesgo de una explosión lateral dirigida, aunque con menores posibilidades, es otro de los factores a tener en cuenta en la evaluación de los peligros provenientes de la actividad volcánica del Ruiz. La caída de cenizas y piroclastos afectará muchos kilómetros a la redonda del cráter, dependiendo de la dirección del viento.

El mapa adjunto indica las áreas a ser afectadas por cada uno de los riesgos descritos arriba.

4. GEOLOGIA DEL SECTOR MARIQUITA - NEVADO DEL RUIZ, MANIZALES

Este recorrido nos permitirá hacer un corte de la Cordillera Central de Colombia, entre el Valle del río Magdalena y la zona volcánica. Este corte será complementado con el trayecto Manizales - Armenia - Cali.

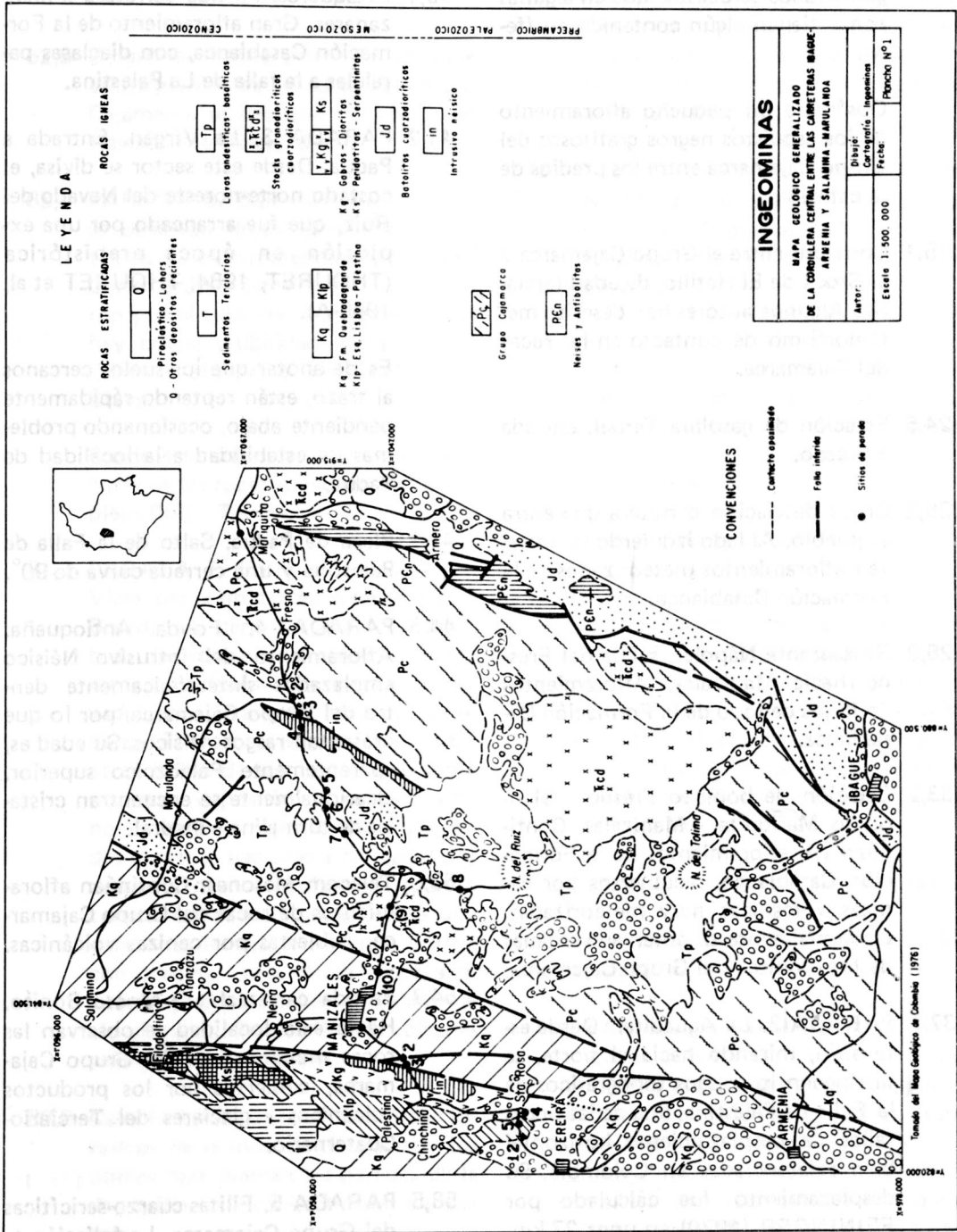
km

00,0 Mariquita. Estación de gasolina Terpel, salida hacia Manizales.

1,1 Puente sobre el río Gualf. Se observan afloramientos de la Formación Gualf, de origen volcánico - sedimentario, y aluviones recientes del río.

3,5 PARADA 1: Vista panorámica del valle del río Magdalena. Localizada en un pequeño cerro al lado derecho de la carretera. Pasado el río Gualf se inician los afloramientos del Stock de Mariquita, de edad Cretáceo inferior; normalmente la carretera presenta afloramientos muy meteorizados, con una fuerte tinción roja, proveniente de lixiviación de los estratos terciarios de la Formación Honda, que lo cubren discordantemente, en algunos sectores.

Desde este sitio, mirando en dirección sur y sureste, se observan los estratos ligeramente inclinados de la Formación Mesa; además la Formación Gualf se presenta encajonada entre la Formación Mesa y las estribaciones de la cordillera. También se observan guijarros de cuarzo y rocas ígneas de los retazos de conglomerados no mapeables a esta escala de la Formación Honda, discordante sobre el Intrusivo de Mariquita. Es importante anotar que estos conglomerados han sido explotados artesanalmente para obtener oro de placeres, desde los tiempos de la colonia por los españoles y posteriormente por compañías mineras multinacionales.



PLANCHA 1: Mapa geológico generalizado de la Cordillera Central entre las carreteras Ibaque - Armenia y Salamina - Marulanda.

- 9,5 Estación de bombeo La Parroquia-Oleoducto Mariquita - Manizales. Contacto entre el Stock de Mariquita y las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca. Se detectan restos de conglomerados terciarios, que en algunas zonas tienen algún contenido aurífero.
- Obsérvese un pequeño afloramiento de los esquistos negros grafitosos del Grupo Cajamarca entre los predios de la Estación.
- 15,1 Contacto entre el Grupo Cajamarca y el Stock de El Hatillo, de edad terciaria. Algunos autores han descrito metamorfismo de contacto en las rocas del Cajamarca.
- 24,5 Estación de gasolina Terpel, entrada a Fresno.
- 26,2 Cruce desviación carretera que entra al pueblo. Al lado izquierdo se observan afloramientos meteorizados de la Formación Casabianca.
- 26,9 Restaurante Nápoles, salida del Fresno hacia Manizales. Afloramientos de flujos de lodo de la Formación Casabianca.
- 33,2 Estación de bombeo Fresno - Oleoducto Mariquita - Manizales. Continúan los afloramientos de la Formación Casabianca, recubiertos por cenizas volcánicas muy meteorizadas. Ocasionalmente se observan ventanas de los esquitos del Grupo Cajamarca.
- 37,7 PARADA 2. La Aguadita. Desde este sitio, mirando hacia el norte, se distinguen los rasgos topográficos de la Falla La Palestina, una de las pocas fallas de desplazamiento horizontal bien referenciadas en Colombia. Su desplazamiento fue calculado por FEININGER (1970) en unos 27 km. Aquí pone en contacto rocas del Grupo Cajamarca al oriente y anfíbolitas precámbricas al occidente.
- Sobre esta falla se localiza el Volcán Nevado del Ruiz y tiene que ver con la actividad histórica del volcán (THOURET et al., 1985-A).
- 40,1 Petaqueros. Partida carretera a Manzanares. Gran afloramiento de la Formación Casabianca, con diaclasas paralelas a la falla de La Palestina.
- 41,2 PARADA 3. La Virgen. Entrada a Padua. Desde este sector se divisa, el costado norte-noreste del Nevado del Ruiz, que fue arrancado por una explosión en época prehistórica (THOURET, 1984; THOURET et al, 1985-A).
- Es de anotar que los suelos cercanos al trazo, están reptando rápidamente pendiente abajo, ocasionando problemas de estabilidad a la localidad de Padua.
- 42,3 Plaza de Padua. Salto de la Falla de Palestina y una cerrada curva de 90°.
- 44,6 PARADA 4. Fonda Antioqueña. Afloramiento del Intrusivo Néisico emplazados sintectónicamente dentro del Grupo Cajamarca, por lo que presentan rasgos néisicos. Su edad es, aparentemente Paleozoico superior. Ocasionalmente se encuentran cristales de turmalina euhedral.
- 53,6 Telecom Mesones. Continúan afloramientos de rocas del Grupo Cajamarca, cubiertas por cenizas volcánicas.
- 54,7 Partida carretable a Monte Bonito. Hacia esta localidad se observan las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca, cubiertos por los productos volcánicos - glaciares del Terciario-Cuaternario.
- 58,5 PARADA 5. Filitas cuarzo-sericíticas del Grupo Cajamarca. La foliación es N6°W 40°E. Mirando hacia el noroeste, en el Cauca del río Perillo, se ven algunos depósitos volcánicos, espe-

cialmente flujos piroclásticos, de las últimas fases eruptivas del Volcán Cerro Bravo. Las partes más altas son cubiertas por intercalaciones de productos volcánicos, lavas y flujos de lodo.

62,5 Delgaditas, salida a Herveo. Últimos afloramientos de las rocas del Grupo Cajamarca se encuentran debajo del Restaurante Delgaditas.

63,5 PARADA 6. Balcones. Hacia el sur se observan flujos lávicos y depósitos de flujos piroclásticos del Volcán Cerro Bravo; estos flujos se deslizaron por el valle del río Aguacatal. Si hay buena visibilidad hacia el occidente se observa el Volcán de Cerro Bravo.

Desde este sitio la carretera inicia el corte de las rocas volcánicas del Complejo Ruiz - Tolima.

81,3 PARADA 7. Entre el 11 y Letras. Vista panorámica del Volcán Cerro Bravo. La carretera ha cortado la base del volcán y la caldera más externa. Los depósitos pumfíticos observados en el trayecto, rellenan la caldera. El volcán, según THOURET et al. (1985-B) está construido sobre una gran depresión de origen volcano-tectónico, cuyos límites y paredes externas han sido atravesadas por domos y domos - colada. El aparato consta de dos calderas, incluidas una dentro de la otra y un domo central con cráteres hacia el norte. La actividad volcánica ha ido migrando hacia el norte. Es uno de los volcanes más explosivos del área.

83,8 Caserío La Esperanza. Obsérvense los rastros de la morfología glacial y los domos que marcan las paredes de la depresión volcano-tectónica de Letras.

84,8 Límite entre los departamentos de Tolima y Caldas. Una columna a la

derecha lo señala. En dirección N20°E se ven algunos domos de la caldera del volcán Cerro Bravo.

89,4 El Ocho. Salida de la carretera hacia el Nevado del Ruiz. Cerca se observan afloramientos de lavas antiguas, de composición básica y textura porfirítica. Se continúa por la carretera al Nevado del Ruiz.

96,4 Laguna Chinchiná. Origen glacial. Nótese las capas de cenizas que modelan la topografía. También se distinguen varios niveles de suelos fósiles.

98,3 PARADA 8. El Arbolito. En dirección sureste se destaca el Volcán Nevado del Ruiz; el glaciar que se observa es el del río Gualf, actualmente muy fracturado y en peligro de deshielo rápido.

Hacia el suroeste se levantó un domo colada.

99,6 Partida de la carretera hacia el Hotel Termal. Lavas muy alteradas, depositación de azufre y óxidos de hierro. Nótese como las diversas capas de cenizas suavizan la topografía y lo estratos de los suelos fósiles intercalados, así como también los circos glaciares.

Regreso a la carretera a Manizales.

109,8 El Ocho. Carretera Mariquita - Manizales.

— PARADA 9. Opcional. Quebrada La Zulía. Stock de Manizales. Afloramiento parcialmente meteorizado de cuarzdiorita biotítica. Se ha asumido una edad Cretáceo superior - Terciario inferior, basada en correlaciones de campo. La intrusión trajo consigo mineralizaciones de plomo - zinc - cobre, ricas en oro y plata principalmente de tipo filoniano, emplazada periféricamente en las rocas intrusivas.

— **PARADA 10.** Opcional. Formación Quebradagrande. Afloramiento parcialmente meteorizado de grauvacas de color gris oscuro. Nótese la esquistosidad causada por cataclasis y la presencia de venas de cuarzo hidrotermal.

5. GEOLOGIA DEL SECTOR MANIZALES - CALI

En esta parte reconoceremos las unidades aflorantes entre la parte media del flanco occidental de la Cordillera Central y las estribaciones de la Cordillera Occidental a orillas del río Cauca.

km

000. PARADA 1. Vista panorámica. Estación de gasolina Terep, 500 m abajo de la plaza del ferrocarril. Salida a Chinchiná. Hacia el sur-occidente se observa el valle del río Cauca y las estribaciones de la Cordillera Occidental, la ciudad de Chinchiná y el caserío de Palestina. Hacia el sur está el valle del río Chinchiná rellenado por flujos de lodo del volcán Nevado del Ruiz y los cerros de Sancansio y Tesorito.

Un poco más hacia Chinchiná al lado izquierdo se aprecian los flujos de lodo sobre los cuales se construyó Manizales.

1,9 Cruce de la carretera Panamericana.

7,4 Afloramiento meteorizado de las rocas metasedimentarias de la Formación Quebradagrande.

10,2 PARADA 2. La Siria. Viaducto sobre una de las fallas de rumbo del Sistema de Romeral, que afecta las rocas metasedimentarias de la Formación Quebradagrande. Hacia el sur se observan los flujos de lodo de los volcanes del Parque Natural de los Nevados y el cráter del Volcán Santa Rosa. Nótese las fincas cafeteras donde se

cultiva el café más suave del mundo.

11,9 PARADA 3. Formación Quebradagrande. Brechas con cantos de andesitas, diabasas y gabros intercalados con diabasas y localmente andesitas. El afloramiento presenta un área de color rojizo, debido a la lixiviación de los óxidos de hierro de las diabasas.

17,8 Anfibolitas. Afloran en el cauce del río Chinchiná, se presentan muy bien foliadas. Pertenecen a la unidad denominada esquistos de Lisboa - Palestina (MOSQUERA, 1978) en algunos afloramientos presentan ocasionales porfiroblastos de granate.

18,6 Cenicafé. Centro Nacional de Investigaciones del Café.

19,0 Puente sobre el río Chinchiná.

20,6 Entrada a la población de Chinchiná.

21,9 Salida de la población de Chinchiná. Afloramientos meteorizados de flujos de lodo.

27,5 Caseta de peaje Tarapaca.

27,8 Puente sobre el río Tarapaca.

29,3 Afloramiento de lavas andesíticas fosilizado por los flujos de lodo que conforman la Formación Armenia.

34,7 Entrada a la población de Santa Rosa de Cabal.

37,9 PARADA 4. Dioritas y gabros de Pereira - Santa Rosa (MOSQUERA, 1978), son rocas de posible edad Cretácea. Las relaciones de las facies integrantes son desconocidas. Se encuentran asociadas a la zona de fallas de Romeral, uno de sus trazos pasa por aquí produciendo intensa cataclasis en las rocas aflorantes cuyo grano varía de fino a grueso. Nótese el paisaje conformado hacia el SE por

- las suaves pendientes de los flujos de lodo. Rocas terciarias continentales se encuentra hacia el este, afectadas por la falla más este del Sistema de Romeral. Al fondo flujos de lodo del volcán de Santa Rosa.
- 38,5 Salida del municipio de Santa Rosa. Puente sobre el río San Eugenio. Obsérvese los grandes bloques de flujos de lodo bien consolidados.
- 40,9 PARADA 5. Vista panorámica. El Boquerón. Afloramientos meteorizados de flujos de lodo. Las rocas tienen en este sector una meteorización de color rojizo característica. Hacia el sur-occidente se ven las ciudades de Pereira y Dos Quebradas. En el valle del río Cauca rocas terciarias continentales. Obsérvese los flujos de lodo reptando suavemente hacia el río Cauca.
- 45,2 Entrada a la población de Dos Quebradas. Avenida de 2 vías con separador.
- 50,2 Río Otún. Límite de los municipios de Dos Quebradas y Pereira. Afloramiento de flujos de lodo fosilizando diabasas, que ocasionalmente se presentan como ventanas.
- 53,3 Salida municipio de Pereira.
- 54,8 Río Consota
- 72,3 Río Barbas. Afloramientos meteorizados de los flujos de lodo que conforman la Formación Armenia. Límite de los departamentos Risaralda y Quindío.
- 81,8 Caseta de peaje del municipio de Circasia. Afloramientos meteorizados de la Formación Armenia.
- 92,0 Entrada al municipio de Armenia, capital del Departamento del Quindío. Round-poin con una antigua máquina de vapor de los Ferrocarriles. Avenida Bolívar.
- 98,3 Salida de Armenia. Se toma la carretera de Pijao y Río Verde.
- 103,9 La Ye. Estación de Gasolina ESSO. Partida de la carretera que conduce a Ibagué o Cali.
- 106,3 Caserío La Albania.
- 110,3 Entrada a la localidad de Barcelona.
- 111,0 Salida de Barcelona.
- 114,3 Río Verde, partida de la carretera a Córdoba y Pijao por la cual seguimos.
- 115,1 Partida de la carretera a Pijao por la cual seguimos.
- 115,3 PARADA 6. Pórfido dacíticos-andesíticos. Rocas típicas de la zona de Falla de Romeral. Se presentan alterados hidrotermalmente, mineralizados por pirita, se asume edad entre 18 y 11 m.a. Es importante anotar que en general mineralizaciones tipo cuprífero ricas en oro, fueron explotadas con mucho éxito y en forma artesanal hace varios años. Unos 3 km hacia el sur se ubica la mina La Reina, una de las más ricas en oro. Regreso a la carretera a Córdoba.
- 115,5 Cruce carretera a Córdoba.
- 118,3 PARADA 7. Serpentinitas. Cantera donde se observa un buen afloramiento de rocas ultramáficas serpentinizadas y tectonizadas, localmente con fragmentos de eclogitas y anfibolitas eclogíticas. Estos cuerpos no han sido muy bien estudiados, pero son interpretados como fragmentos de corteza oceánica de edad Mesozoico inferior y se correlacionan con complejos ofiolíticos del flanco occidental de la Cordillera Central.
- 120,1 PARADA 8. Gabros del Complejo Córdoba. Afloramiento estratificado de las rocas del complejo, que varían de dioritas a cuarzodioritas y ocasionalmente gabros, de grano fino a

a grueso. Las relaciones entre las diversas facies son desconocidas. Ha sido datado en 83 ± 2 , 77 ± 3 y 58 ± 1 m.a. K/Ar (McCOURT et al, 1984-B). La última de las edades es considerada como un rejuvenecimiento.

- 120.9 Puente sobre la Quebrada La Siberia.
- 121.1 Cruce de carretera. Punto de Retorno.
- 127.3 Río Verde. Carretera a Ibagué o Cali.
- 139.5 Puente Barragán sobre el río de su mismo nombre y partida a la carretera al municipio de Génova.
- 143.8 Entrada al municipio de Caicedonia.
- 145.4 Salida del Municipio de Caicedonia.
- 163.9 Municipio de Sevilla. Coliseo Cubierto.
- 165.0 Salida de Sevilla. Estación de Gasolina ESSO.
- 167.2 Traza de la Falla de Sevilla. Basaltos de la Formación Anaime. La cataclasis da la impresión que el afloramiento sea de esquistos verdes. De aquí en adelante se observarán paisajes conformados por rocas terciarias continentales.
- 182.4 Inspección de Policía. Retén.
- 189.0 PARADA 9. Vista panorámica. A la distancia el valle del río Cauca y sus ingenios azucareros y más allá las estratificaciones de la Cordillera Occidental. Al este rocas de las Cordillera Central principalmente metamorfitas.
- 195.1 La Uribe. Carretera a Cali o Ibagué, Parador Punto Rojo.
- Guacarí. Deliciosos jugos de frutas tropicales.
- Cali. Capital del Departamento del Valle del Cauca.

6. BIBLIOGRAFIA

- BARRERO, D. y VESGA, C., 1976.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y mitad sur del Cuadrángulo J-9, Dorada. Ingeominas. Esc. 1:100.000.*
- BOTERO, G, 1963.- *Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia. Anales (Medellín), 57: 101 p.*
- CABALLERO, H., et al., 1983.- *Mapa geológico preliminar de la Plancha 224, Pereira. Ingeominas. Esc. 1:100.000.*
- DE ARMAS, M., 1984.- *Mapa geológico preliminar de la Plancha 261, Tuluá. Ingeominas. Esc. 1:100.000.*
- ESQUIVEL, J., FLORES, D., NUÑEZ, A., 1981.- *Anfibolitas granatíferas, esquistos anfibólicos y rocas máficas-ultramáficas al este de Buga y Palmira (Valle-Colombia). Trabajo presentado al II Congreso Col. Geol. (Medellín), resúmenes: 40 - 41.*
- ESPINOSA, A., 1980.- *Sur les roches basiques et ultrabasiques du basin du Patía, Cordillera Occidentale des Andes Colombiennes. Etude geologique et petrographique. Tesis de doctorado, Université de Gêneve (Ginebra): 241 p.*
- ETHERINGTON, TH., 1942.- *Distribución geográfica de la Formación Gualí (Pleistoceno), en una parte del valle del alto Magdalena. Inst. Geol. Petrol., estudios técnicos (Bogotá), 4: 3-9.*
- FEININGER, T., 1970.- *The Palestina fault. Geol. Soc. Am. Bull. 81 (4): 1201-1216.*
- FEININGER, T., BARRERO, D., CASTRO, N., 1972.- *Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-B). Bol. Geol. (Bogotá), 20 (2): 173 p.*
- GONZALEZ, H., 1976.- *Geología del Cuadrángulo J-8 (Sonsón). Informe 1704. Ingeominas (Medellín). 421 p.*
- HANTKE, G., PARODI, I. 1966.- *Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields. Part XIX, Colombia, Ecuador and Perú. Internat. Volcanol. Assoc. 1 - 73, Naples.*
- HERD, D., 1982.- *Glacial and volcanic geology of the Ruiz - Tolima volcanic complex, Cordillera Central, Colombia. Pub. Esp. Geol. (Bogotá), 8: 48 p.*
- HUBACH, E., 1957.- *Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Inf. 1212, Ingeominas (Bogotá): 160 p.*
- INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" 1969.- *Atlas de Colombia. Segunda edición, 216 p. Bogotá.*
- JARAMILLO, J., 1978.- *Rocas metamórficas de alto grado -granulitas- en algunas lavas del*

- JARAMILLO, J., 1978.- *Rocas metamórficas de alto grado -granulitas- en algunas lavas del Nevado del Ruiz, Colombia*. II Congr. Col. Geol. (Bogotá), resúmenes: p. 16.
- , 1980.- *Petrology and geochemistry of the Nevado the Ruiz Volcano, Colombia*. Northern Andes Ph. D. Thesis. University of Houston (Houston) 167 p.
- KROONENBERG, S., 1981.- *El Borde Occidental del Escudo de Guyana en Colombia*. Bol. Geol. Mem. Pub. Esp. No. 10. I Simposio Amazónico. Editado Caracas, Venezuela. 51-63 p.
- McCOURT, W., 1982.- *Aspectos del Metamorfismo y tectonismo regional Cordillera Central Valle*. IV Congr. Col. Geol. (Cali), Resúmenes.
- McCOURT, W., FEININGER, T., 1982.- *Un posible cinturón de esquistos azules a lo largo de la Falla de Romeral*. IV Congr. Col. Geol. (Cali). Resúmenes.
- McCOURT, W., 1984.- *Mapa geológico preliminar de la Plancha 262, Génova*. Ingeominas. Esc. 1:100.000.
- McCOURT, W., ASPDEN, J., BROOK, M., 1984-A.- *New geological and geochronological data from the Colombian Andes: Continental growth by multiple accretion*. Journal of the Geol. Society (London), 141 (5): 831-845.
- McCOURT, W., et al., 1984-B.- *Mapa geológico preliminar de la Plancha 243, Armenia*. Ingeominas. Esc. 1:100.000.
- MOSQUERA, D., 1978.- *Geología del Cuadrángulo K-8, Manizales*. Inf. 1763. Ingeominas (Ibagué), 63 p.
- MURCIA, A., GONZALES, H., 1982.- *Una contribución al conocimiento de los estudios de glaucofano en Colombia*. IV Congr. Col. Geol. (Cali). Resúmenes.
- MURCIA, A., ORREGO, A., 1982.- *Un cordón metamórfico del tipo bórico alta presión-baja temperatura asociados a las zonas de Fallas de Romeral, Colombia*. IV Congr. Col. Geol. (Cali), Resúmenes.
- NELSON, H., 1957.- *Contribución to the geology of the Central and Western Cordilleras of Colombia between Ibagué and Cali*. Leidse Geol. Meded. 22: 1-76.
- , 1962.- *Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia, sección entre Ibagué y Armenia*. Bol. Geol. (Bogotá), 10 (1-3): 161-202.
- NUÑEZ, A., GONZALES, H., LINARES, E., 1979.- *Nuevas edades radiométricas K/Ar de los esquistos verdes del Grupo Cajamarca*. Pub. Esp. Geol. (Medellín), 23: 8 p.
- ORREGO, A., CEPEDA, H., RODRIGUEZ, G., 1980.- *Esquistos glaucofánicos en el área de Jambaló, Cauca, Colombia*. Norandina (Bogotá), 1: 5-10.
- ORREGO, A., et al., 1980-A.- *Datación de un esquisto sericítico de Jambaló, Cauca-Colombia*. Pub. Esp. Geol. (Medellín), 25: 2 p.
- RAMIREZ, J., 1968.- *Edades radiométrica de algunas rocas de Antioquia, Colombia*. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat., 13: 227-235.
- RESTREPO, J., TOUSSAINT, J., 1975.- *Edades Radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia*. Pub. Esp. Geol. (Medellín), 6: 24 p.
- , 1978.- *Datación de una metadiabasa del Grupo Cajamarca*. Pub. Esp. Geol. (Medellín), 16: 4 p.
- RESTREPO, J., et al., 1982.- *Compilación de edades radiométricas de Colombia: Departamentos Andinos hasta 1982*. Bol. Cienc. de la Tierra (Medellín), 7 - 8: 201-248.
- SCHANFELBERGER, P., 1944.- *Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia*. Federación Nacional de Cafeteros, Colombia, Primer Tomo, 1-288. Manizales.
- THOURET, J., 1984.- *Observations geomorphologiques preliminaires sur quelques reliefs volcaniques des Andes de Colombie*. Geomorphologie, exemples sud-americanins. Trav. et Doc. du CEGET-ONRS, No. 52.
- THOURET, J., et al., 1985-A.- *Cronoestratigrafía mediante dataciones K/Ar y C-14 de los volcanes compuestos del Complejo Ruiz - Tolima y aspectos volcano - estructurales del Nevado del Ruiz, Cordillera Central de Colombia*. VI Congr. Latin, Geol. (Bogotá): 49 p.
- , 1985-B.- *Aspectos volcano-estructurales y dinamismo eruptivo reciente de los volcanes Cerro Bravo y Nevado del Tolima, Cordillera Central de Colombia*. VI Congr. Col. Geol. (Medellín), 13: 3 p.
- TOUSSAINT, et al., 1978.- *Datación K/Ar del Batolito de Buga*. Pub. Esp. Geol. (Medellín), 13: 3 p.
- ULLOA, C., 1981.- *Guía de excursión No. 4 Medellín - Manizales - Dorada - Bogotá, trayecto Dorada - Bogotá*. III Congr. Col. Geol. Ingeominas (Bogotá) 26 p.
- VESGA, C., BARRERO, D., 1978.- *Edades K/Ar de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su aplicación geológica*. II Congr. Geol. (Bogotá), Resúmenes: p. 19.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958.- *Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano y tectogénesis de los Andes Colombianos*. Bol. Geol. (Bogotá), 6 (1-3): 73-128.
- VAN DER HAMMEN, TH., BARELDS, J.; DE JONG, H.; DE VEER, A., 1980.- *Glacial sequence and environmental history in the Sierra Nevada del Cocuy (Colombia)*. Palaeogeogr. Palaeochimat. Palaeoecol. 32: 247-340.
- VON HUMBOLDT, A., 1858.- *Cosmos: A sketch of physical description of the Universe*. Vol. 5, Henry G. Bohn, 1-500. London.