

Lineamientos Muzo, Tunja y Paipa en los Departamentos de Boyacá y Casanare, Colombia

GUILLERMO UJUETA L.

Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 14490, Bogotá, Colombia

UJUETA L., G. (1993): Lineamientos Muzo, Tunja y Paipa en los Departamentos de Boyacá y Casanare, Colombia.- *Geología Colombiana*, 18, pp. 65 - 73, 5 figs., Bogotá.

RESUMEN

Los lineamientos Muzo, Tunja y Paipa son importantes elementos tectónicos de dirección Noroeste-Sureste en el sector comprendido entre Bogotá y Sogamoso de la Cordillera Oriental de Colombia. Se expresan en superficie como alineamientos muy notorios de depresiones topográficas, ejercen control en el drenaje y están ligados a la aparición y delimitación de altiplanos presentes en este sector de la cordillera. La mejor evidencia de control estructural ejercido por los lineamientos de dirección NO-SE es la ruptura y desplazamiento de estructuras que siguen el tren general de la Cordillera Oriental de Colombia, tal como se evidencia por la terminación de pliegues y fallas individuales o por el doblamiento de grupos de pliegues y fallas.

Varios centros volcánicos, intrusiones menores y fuentes termales de alta temperatura ocurren a lo largo de los lineamientos propuestos; ligado a lo anterior aparecen, a intervalos alineados, principalmente esmeraldas, y además, mineralizaciones no comerciales de Cu, Fe, Pb y Zn, de tal manera que los lineamientos pueden relacionarse directamente con la circulación de los fluidos mineralizantes que dieron lugar a los depósitos mencionados.

La naturaleza de los lineamientos, sensiblemente paralelos, con espaciamientos regulares (40-50 km), afectados por movimientos recurrentes y de longitudes de cientos de kilómetros, como los aquí estudiados, es importante en el estudio de la historia tectónica no sólo de la Cordillera Oriental de Colombia sino de la Cuenca Subandina de los Llanos Orientales y aún del Escudo de Guayana.

ABSTRACT

The Muzo, Tunja and Paipa lineaments are important Northwest-Southeast trending tectonic elements found in the Bogota-Sogamoso sector of the Eastern Cordillera of Colombia. They are superficially expressed as notorious alignments of topographic lows that exert a strong influence on drainage as well as being directly related to the appearance and delimitation of the high plains found in this part of the cordillera. The best

evidence towards the structural control exerted by these NW-SE structures is the rupture and displacement of those structures parallel to the general trend of the cordillera. Examples of these are the truncation or distortion of individual folds or faults or the displacement of groups of folds and faults.

Several volcanic centers, lesser intrusions and high temperature hot springs are found along the proposed lineaments. In connection with the former, at aligned intervals are found mainly emerald occurrences as well as non-economic copper, iron, fluoride, lead and zinc deposits. Their occurrence is such that they may be directly related to the circulation of hydrothermal fluids that gave rise to such deposits.

The nature of these reasonably parallel lineaments regularly spaced every 40 to 50 km, repeatedly reactivated and with lengths of hundreds of kilometers such as those here considered is important in the tectonic history not only of the Eastern Cordillera but also of the subandean basin of the Llanos Orientales and even of the Guayanan Craton itself.

INTRODUCCION

El término lineamiento se emplea en este artículo en el mismo sentido en que lo utiliza Jain (1980, Parte II :49) para denominar fallas profundas que penetran hasta el Manto Superior y que se manifiestan en superficie por un sinnúmero de indicios: geomorfológicos, estructurales, de sedimentación, magmáticos y geofísicos.

La revisión de la literatura geológica publicada; de mapas geológicos existentes a diferentes escalas; del Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouger (1985); del Mapa en Relieve de Colombia (1980); del fotoanálisis sobre imágenes de Lansat, en Escala 1:250.000 y sobre fotografías aéreas convencionales en Escala aproximada 1:50.000, revela la existencia de varias características estructurales importantes de dirección Noroeste-Sureste. Entre ellas están los denominados lineamientos Muzo, Tunja y Paipa que se reconocen aquí por primera vez, a pesar de que varios autores en trabajos previos han señalado su posible existencia, así: en 1970, Kutina (en Beus, 1972) presenta un mapa estructural de Colombia, Panamá y Venezuela, en el cual extiende desde Panamá hasta la zona productora de

esmeraldas dos posibles fallas de dirección NO-SE dentro de las cuales quedan incluidas tales mineralizaciones.

Los primeros que intentan establecer una relación directa entre las ocurrencias de esmeraldas y una probable zona tectónica profunda perpendicular a la Cordillera Oriental de Colombia fueron Beus (1972) y Naciones Unidas (1976). Ellos notaron, además, la correspondencia entre la dirección de algunos ríos importantes como el Río Minero, el Río Garagoa, el Río Gachetá, entre otros, y la dirección NO-SE.

Dehanschutter (1980) reconoce y da ejemplos en Colombia de cuatro juegos dominantes de lineamientos. Dentro de ellos destaca y analiza el juego de dirección N50°O, reconocido y relacionado antes, por Beus (1972) y Naciones Unidas (1976), a la mineralización de las esmeraldas.

Ujueta (1982, Fig. 2) demuestra cómo la dirección NO-SE reconocida en basamento sobre rocas precámbricas y paleozoicas, se proyecta a través de la cubierta sedimentaria en la Cuenca de los Llanos Orientales donde se expresa como anomalías geomorfológicas, y como fallas de rumbo sobre el borde cordillerano.

LINEAMIENTOS RECONOCIDOS

Para cada uno de los lineamientos reconocidos, se señala los nombres de las principales localidades por las cuales pasan, pero por simplificación se les asigna un solo nombre (Fig. 1):

1.- LINEAMIENTO MUZO

Vuelta Larga (sobre el Río Manacacías) - Río Upía - Chivor - Muzo - Puerto Boyacá (sobre el Río Magdalena).

2.- LINEAMIENTO TUNJA

Puerto Gaitán - La Poyata - Tauramena - Rondón - Tunja - Villa de Leiva - Jesús María - Puerto Berrío (sobre el Río Magdalena).

3.- LINEAMIENTO PAIPA

Río Meta - Aguazul - Aquitania - Iza - Paipa - Santa Ana - La Paz - Puerto Carare (sobre el Río Magdalena).

Los lineamientos se describen en el orden anotado y las características que hacen parte de cada lineamiento, se describen de SE a NO.

1.- LINEAMIENTO MUZO

A lo largo de este lineamiento son notorias, entre otras, las siguientes características :

a) En los Lanos Orientales, el lineamiento puede iniciarse a partir de la localidad de Vuelta Larga (Fig. 1), desde donde es notoria la ampliación que sufre el canal del Río Manacacías y que mantiene hasta su desembocadura en el Río Meta; sigue luego hasta el Río Yucao donde se sucede un fuerte cambio de dirección de este río y

continúa sobre el Río Upía hasta la Serranía de Las Palomas. Luego, en cercanías de Santa María, sigue el curso del Río Batá.

- b) El lineamiento continúa a lo largo de las localidades de Chivor (Almeida), Macanal, Somondoco, Guateque, Manta, Tiribita y Machetá, alineadas todas en dirección NO-SE, y situadas en el flanco oriental de la Cordillera Oriental. En tales localidades hay otra zona de concentración de minerales de Fe, minerales de Cu y especialmente esmeraldas (Fig. 1) (Gil, 1976 e Ingeominas, 1978).
- c) Las fuentes termales denominadas Barbosa (50°C) y El Paraíso (42°C), están separadas 500 m la una de la otra. Están localizadas 3,5 km al NO de la unión de la carretera Machetá-Guateque con el ramal a Tiribita. Se encuentran sobre la margen izquierda del Río Machetá que en este sector está controlado por "una fractura de orientación NW y que además presenta movimiento de rumbo" (Olade-Icel, 1981: 14). Alineadas en dirección NO-SE con las anteriores, a seis y siete km desde Machetá sobre la vía Machetá-Chocontá, se encuentran las fuentes termales denominadas Los Volcanes y Nápoles con 61°C y 45°C de temperatura respectivamente.
- d) En la parte alta y axial de la Cordillera Oriental, el lineamiento coincide donde las cadenas montañosas longitudinales, de dirección NNE-SSO, se interrumpen para dar paso al altiplano de Ubaté-Chiquinquirá-Villa de Leiva (Fig. 2). Este es más pequeño que el altiplano de Bogotá, pero de mayor tamaño que el altiplano que llamaremos de Zipaquirá-Sesquilé-Laguna de Suesca. Este último altiplano está separado del altiplano de Bogotá por el estrechamiento que sufren, en la intersección con el lineamiento, cerros y valles alargados de dirección NE-SO. A lo largo y sobre el Lineamiento Muzo se encuentran las lagunas de Suesca y Cucunubá. Fuera del lineamiento, veinte km al NE de Ubaté está la Laguna de Fúquene. Es importante señalar la presencia simultánea de lagunas y lineamientos.
- e) Sobre la parte alta de la cordillera, hacia el oeste de Ubaté, el lineamiento controla el Río Ubaté. Luego, ya en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, en el sector Coper-Muzo, el lineamiento controla el Río Guazo o Palenque.
- f) En el sector de Ubaté a Otanche se presenta la terminación SO del extenso Sinclinal de Chiquinquirá - San José de Pare que viene desde el NE de la última población (Fig. 3). También algunos anticlinales y sinclinales menores, parecen terminar o estar desplazados por el lineamiento (Fig. 1).
- g) En las localidades de Ubaté, Carupa, Coper, Muzo, Otanche y Peñas Blancas todas alineadas en dirección NO-SE, en el flanco oeste de la cordillera, hay concentración de mineralizaciones de Pb, Zn, Cu y principalmente esmeraldas (Fig. 1, Mariño, 1976).
- h) Al oeste de Muzo el Anticlinal de Itoco de dirección NE-SO está cortado por la Falla del Río Itoco de dirección

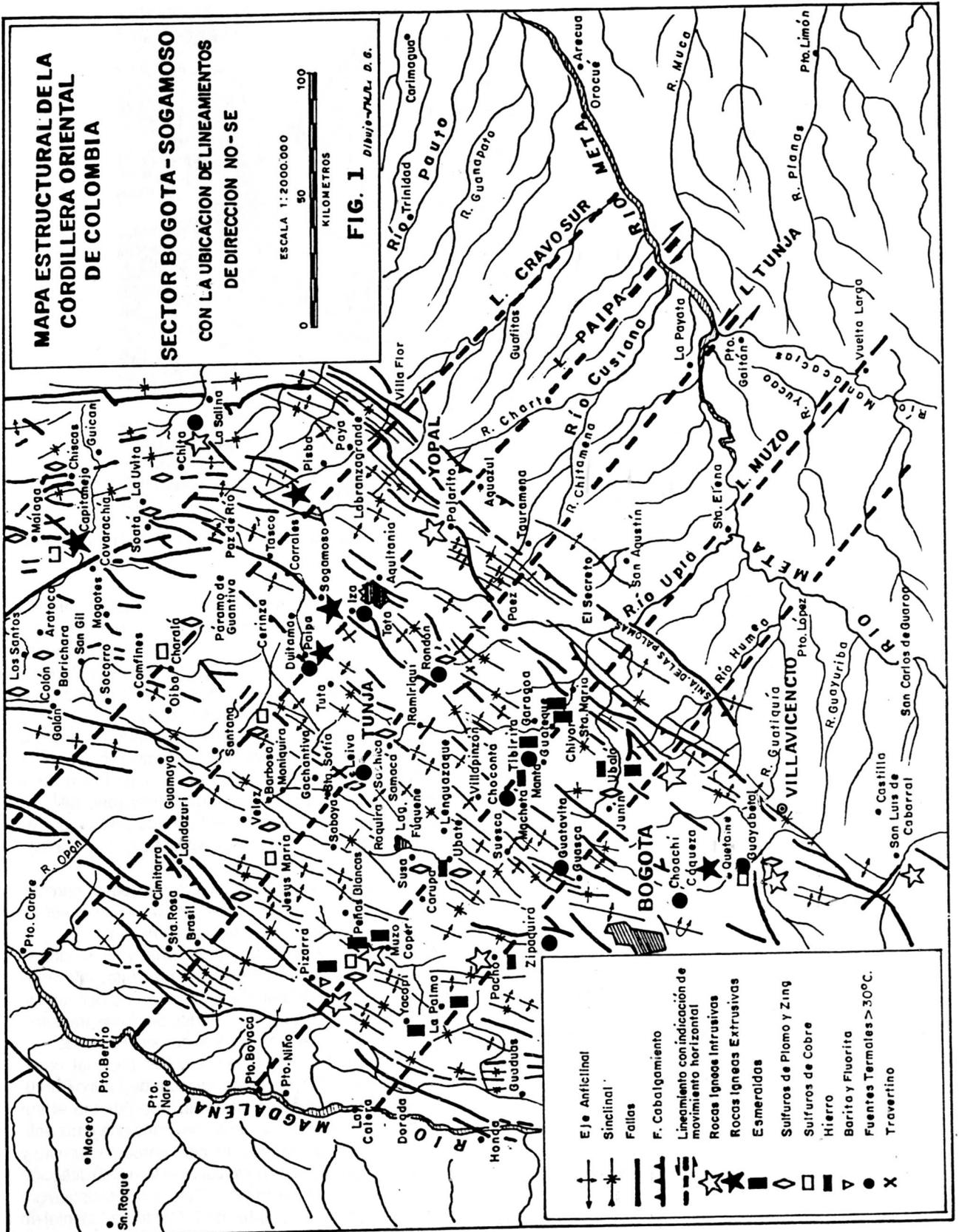




Fig. 2. Altiplanos de Ubaté-Chiquinquirá-Villa de Leiva y Villa de Leiva-Gachantivá-Arcabuco. Fotografía tomada del Mapa en Relieve de Colombia, 1980.

NO-SE que sigue el río del mismo nombre. Se menciona la posibilidad de que esta falla cause algún desplazamiento en las vetas esmeraldíferas pero, sin embargo, no existe información de detalle al respecto. Al norte de la falla está ubicado el Banco Tequendama y al sur de la falla los bancos : Santa Bárbara, El Chulo, Aguardiente y Gallinazo.

No solo existe la estructura anterior sino que existen numerosas fallas pequeñas de rumbo N30°O; esta dirección de fallas es considerada por Naciones Unidas (1976: 10), como el principal elemento estructural de la región.

- i) La intrusión de La Corona, un gabro con hornblenda y biotita, aflora por 60 m sobre la Quebrada El Cedro unos 100 m por debajo de la carretera a La Victoria, y los silos de Cáceres, un gabro con dialagita y cuarzo, están localizados en las cabeceras del Río Cáceres, 1 km al E de la perforación Cáceres 1 (Fabre & Delaloye, 1983, Tabla 1). Ambas intrusiones se encuentran sobre el lineamiento propuesto.
- j) En Puerto Romero, coordenadas X= 1.133.800 y Y=973.700, aparece un gabro que intruye rocas de edad albiana (Ujueta, 1991, Tabla 1).

2.- LINEAMIENTO TUNJA

Las características que determinan este lineamiento, son:

- a) En los Llanos Orientales, este lineamiento controla el Río Meta en dirección NO-SE en el sector comprendido

entre la desembocadura del Río Manacacías (cerca de Puerto Gaitán) hasta la localidad de La Poyata; continúa luego el lineamiento hacia el NO controlando buena parte del Río Chitamena. Luego, ya sobre el flanco E de la cordillera, controla el valle alto del Río Mueche, en el sector entre Páez y Rondón (Fig. 1).

- b) En Zetaquirá, sobre el lineamiento propuesto, hay una fuente termal que alcanza 70°C de temperatura (Fig. 1).
- c) Sobre la parte alta de la cordillera, de acuerdo a la cartografía del Cuadrángulo J-12 "Tunja" (Renzoni, 1981), es posible ver cómo el lineamiento queda definido por las siguientes características estructurales que se señalan en la Fig. 4:
 - 1- El Sinclinal de Tunja de dirección suroeste-noreste, es una estructura amplia que comienza al sur de Tunja, justamente sobre el lineamiento.
 - 2- El área comprendida entre Tunja y Ramiriquí es estructuralmente compleja. Se presentan allí varios pequeños anticlinales y sinclinales que han sufrido arqueamiento y están cortados por fallas transversales a su dirección general suroeste-noreste.
 - 3- Al este de Ramiriquí, en la Cuchilla Bijagual, cerca del lineamiento propuesto, en rocas del Grupo Churuvita y la Formación Une que traen desde el sur dirección noreste-suroeste, se forma una nariz anticlinal que apunta en dirección noroeste-sureste y que luego hacia el norte vuelve a tomar su dirección inicial noreste-suroeste. Esta característica se presenta en otras partes de la Cordillera Oriental en el área de influencia de lineamientos similares a los

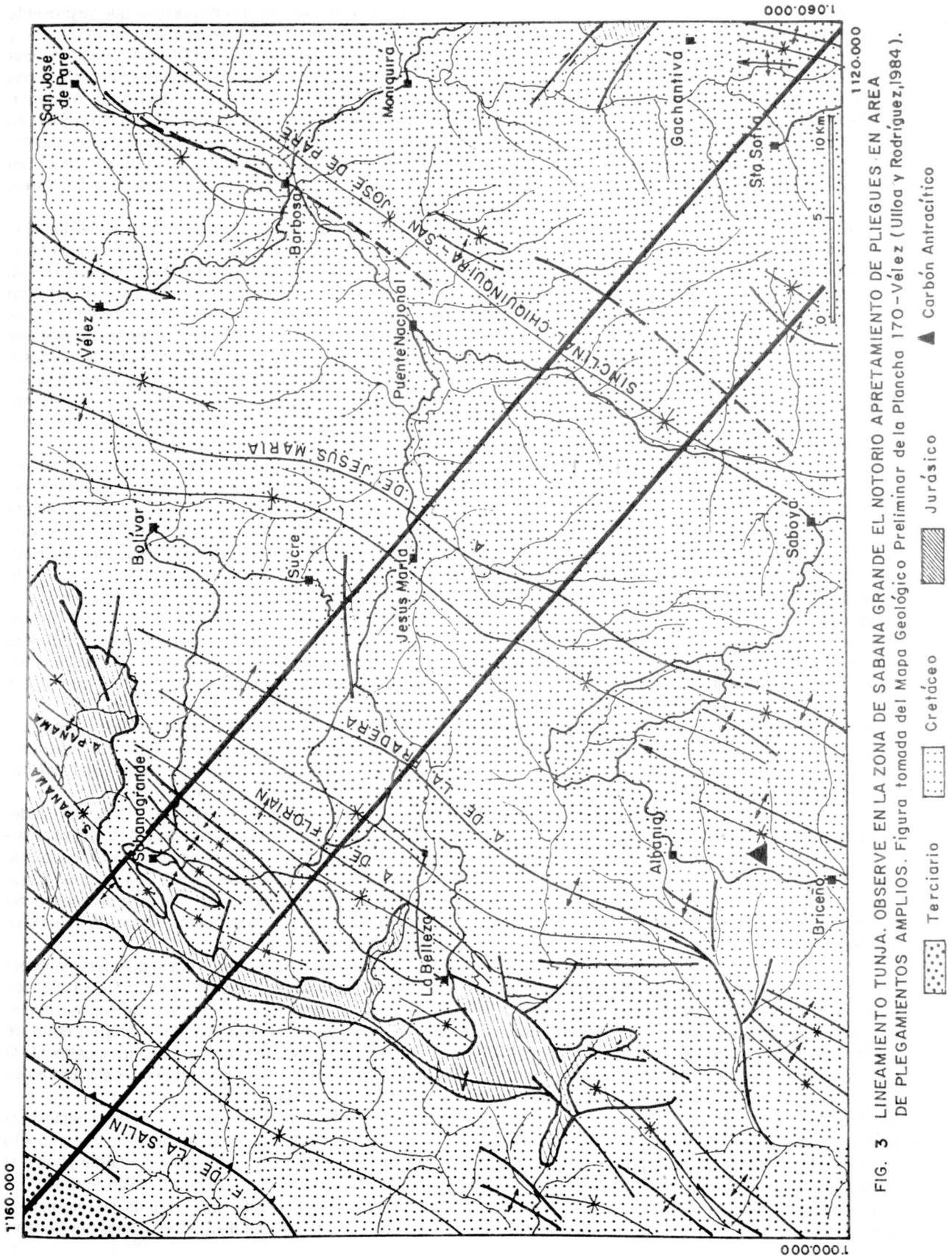


FIG. 3 LINEAMIENTO TUNJA. OBSERVE EN LA ZONA DE SABANA GRANDE EL NOTORIO APRETAMIENTO DE PLEGUES EN AREA DE PLEGAMIENTOS AMPLIOS. Figura tomada del Mapa Geológico Preliminar de la Plancha 170-Vélez (Ulloa y Rodríguez, 1984).

aquí propuestos.

- 4- El importante Anticlinal de Arcabuco, de dirección noreste-suroeste, hunde cerca de Villa de Leiva contra el lineamiento propuesto.
- d) Sobre la carretera Tunja-Villa de Leiva a 1,5 km de Sáchica se encuentra la fuente termal (34°C) denominada Sáchica. Un km al oeste de Villa de Leiva se encuentra un importante yacimiento de travertino, formado por una fuente carbonatada.
- e) Al sur de Tunja el lineamiento controla el Río Teatinos (Fig. 4) y al NO de Sáchica, parte del Río Grande.
- f) Entre Villa de Leiva y Santa Sofía el lineamiento constituye el límite suroeste del pequeño altiplano de Leiva-Gachantivá-Arcabuco, cuyo límite NE tiene lugar a lo largo del Río Pómecca (Fig. 4) de marcada orientación NO-SE.
- g) En el Mapa Geológico de Colombia (Ingeominas, 1988) y en la Fig. 3, es notoria, al noroccidente de Sucre-Bolívar, la amplia ocurrencia de afloramientos de rocas jurásicas al NE del lineamiento y el adelgazamiento y virtual ausencia de estas rocas al SO del lineamiento.
- h) En el área de Zetaquirá, Tunja, Villa de Leiva, Jesús María y Sucre hay mineralizaciones de Cu, Pb, Zn y barita (Fig. 1, Mariño, 1976).
- i) En el sector de Sabanagrande, al NO de Jesús María y Sucre, en relevo hacia el sur con el Sinclinal y el Anticlinal de Panamá aparecen, en área de plegamientos amplios, seis anticlinales y sinclinales notoriamente apretados (Fig. 3).
- j) Una serie de plegamientos situados entre los ríos Carare y Magdalena, sufren doblamientos que insinúan movimiento lateral izquierdo (Fig. 1).
- k) Como característica digna de mención, está la de que a partir de este lineamiento, la Cordillera Oriental se ensancha una vez más, pasa de 135 km al suroeste a 200 km al noreste.
- l) El lineamiento se ha seguido hasta el sur de Puerto Berrío en donde el Río Magdalena cambia abruptamente de dirección NE-SO a dirección N-S (Fig. 1).

3.- LINEAMIENTO PAIPA

Este lineamiento queda definido por las siguientes características :

- a) El lineamiento se inicia en los Llanos Orientales, desde donde el Río Meta forma un codo, por cambio de dirección de su curso, cerca de la desembocadura del Caño Guarimena. Luego, el lineamiento controla parte del Río Charate y sigue hasta las cabeceras del Caño Iguanema, que también controla, cerca a la localidad de Aguazul (Fig. 1).
- b) Entre Aguazul y Pajarito (Fig. 1) se lleva a cabo un notorio apretamiento entre las fallas y entre los ejes de plegamientos, pero luego al NE, los plegamientos vuelven a ser amplios.
- c) Quinientos m al norte de la población de Pajarito, se

localiza la intrusión del mismo nombre, que se presenta como una franja alargada en dirección norte-sur y ocupa un área de 2,5 km². La intrusión consta de una serie de apófisis y diques de composición gábrica con hornblenda que interesan rocas del Cretáceo Inferior. La intrusión está relacionada a la Falla de Pajarito (Fabre & Delaloye, 1983: 223; Tabla 1) y se encuentra sobre el lineamiento propuesto. Hardman (1965: 66) encuentra, asociados con la intrusión básica, varios diques de aplita.

- d) En la parte alta de la cordillera, entre Aquitania, sobre la Laguna de Tota y el noroeste de Paipa, es notoria la diferencia topográfica de aproximadamente 1.000 m entre el NE del lineamiento que es más alto (Pico Negro y Páramo Chontales) y el SO del lineamiento que es más bajo (Fig. 5). A la parte baja anterior corresponde la terminación noreste del altiplano Tunja-Sogamoso. Aquí es importante anotar, primero, la presencia simultánea de la Laguna de Tota y el altiplano Tunja-Sogamoso y segundo, que a partir de este lineamiento hacia el NE, los altiplanos desaparecen del todo.
- e) En las poblaciones de Paipa e Iza, localizadas ambas sobre el lineamiento propuesto, se encuentran las fuentes termales más importantes de la Cordillera Oriental. Sus temperaturas son elevadas, entre 49 y 80°C. En Paipa se encuentra según Olade-Icel la fuente termal Paipa I, con temperatura de 56°C y la fuente termal Paipa II, con temperatura de 80°C. En la población de Iza se presentan dos fuentes termales, una con temperatura de 49°C y la otra, con temperatura de 55°C. La emergencia de estas dos últimas fuentes termales está relacionada a una fractura que afecta vulcanitas allí presentes (Olade-Icel, 1981: 29). Hay además, numerosas fuentes termales que están concentradas en el área comprendida entre Tota, Iza y Paipa. En este caso, las fuentes termales están directamente relacionadas con las rocas volcánicas.
- f) En las mismas localidades de Paipa e Iza, según Olade-Icel (*op. cit.*:29), afloran varias masas de lavas viscosas que forman domos, hay depósitos piroclásticos, salida de gases y depósitos fumarólicos. Las lavas de Paipa son de composición riolítica y carácter muy alcalino. Su edad según análisis radiométrico, es de 2,5 m.a. (Plioceno Superior).
- g) Es interesante anotar que contra lo que debería esperarse, no se tiene certeza de la relación directa entre los depósitos volcánicos y el rango de los carbones presentes en la Vereda Piamonte al suroriente de Paipa. Pulido (1983: 112) cree que quizá localmente la extrusión haya afectado los carbones, pero aún no se ha hecho investigación alguna.
- h) El lineamiento continúa, y ya sobre el flanco oeste de la cordillera controla por considerable distancia (45 km) los ríos Piecuestano y Chontales (o Huertas) hasta la desembocadura de este último en el Río Suárez.
- i) Entre Paipa y Gámbita son notorias las siguientes características estructurales cartografiadas por Renzoni

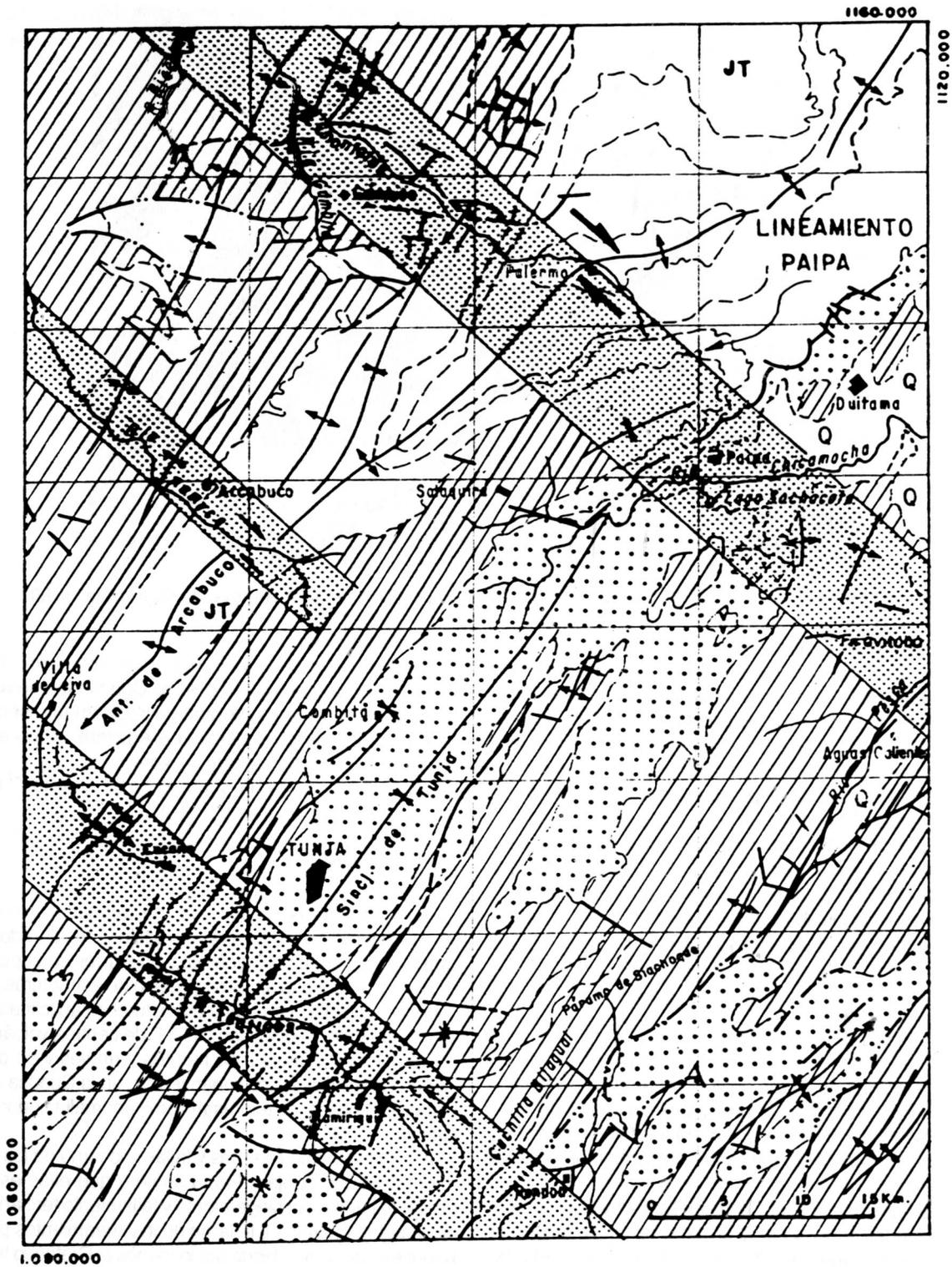


Fig. 4. Lineamientos Tunja y Paipa. En el último lineamiento note el desplazamiento lateral derecho sobre el eje del anticlinal de Arcabuco (Figura tomada del Mapa Geológico del Cuadrángulo J-12, Tunja, Renzoni, 1981).





Fig. 5. Altiplano de Tunja-Sogamoso. Fotografía tomada del Mapa en Relieve de Colombia, 1980.

(1981), Cuadrángulo J-12, Tunja (Fig. 1):

- 1- El Anticlinal de Arcabuco que tiene dirección sur-oeste-noreste, en los alrededores de Palermo, cerca del lineamiento, sufre desplazamiento hacia el SE y cambia a dirección casi oeste-este, para desviar de nuevo a la dirección inicial suroeste-noreste. El desplazamiento señalado indica movimiento de rumbo lateral derecho.
 - 2- Coincidiendo con el alineamiento propuesto y a partir de él, hacia el norte, la exposición superficial de las formaciones Arcabuco, Rusia y Montebel, se amplía abrupta y considerablemente, en contraste con la exposición de las mismas rocas hacia el sur. Ver Mapas Geológicos de Colombia (1988) y Mapa Geológico de la Plancha 171 "Duitama" (Renzoni & Rosas, 1983).
 - 3- Al norte de la línea que une a las poblaciones de Palermo y Gámbita, las estructuras sobresalientes son fallas de direcciones comprendidas entre noroeste y oeste-noroeste y plegamientos de corta extensión, mientras que al sur, las fallas están orientadas casi oeste-este y los plegamientos son más extensos.
- j) En las poblaciones de Gámbita, La Paz y Guacamayo, localizadas sobre y cerca al lineamiento, se presentan mineralizaciones de Pb, Zn, Cu y Ba (Fig.1, Mariño, 1976 e Ingeominas, 1978).
- k) El lineamiento corta la Cordillera de los Cobardes al oeste de la población de Contratación donde abruptamente se pasa de 2.000 m, en el SO, a 3.000 m en el NE.
- l) Al sur de Guacamayo, sobre el lineamiento, se encuentra la amplia terminación periclinal del importante Anticlinal

de Contratación.

- m) Finalmente, entre 10 y 15 km al norte y paralelo al lineamiento (Fig. 1), el curso del Río Opón está controlado por 50 km aproximadamente. Precisamente sobre el Río Opón, Bartok (en Govea & Aguilera, 1985) dibuja una falla de rumbo lateral izquierdo.
- n) El lineamiento se ha seguido hasta Puerto Carare, sobre el Río Magdalena (Fig. 1).

CONCLUSIONES

Los lineamientos estudiados, de dirección noroeste-sureste, se proyectan a través del sector considerado de la Cordillera Oriental de Colombia y su expresión superficial se nota en el desplazamiento y relevo de estructuras; en el cabeceo o pérdida de relieve estructural de anticlinales; en el alineamiento en dirección NO-SE de centros volcánicos, de intrusiones menores, de fuentes termales y de depresiones topográficas. Los lineamientos, en la Cuenca de los Llanos Orientales, se expresan como anomalías geomorfológicas.

La terminación de pliegues y fallas a lo largo de los lineamientos Muzo, Tunja y Paipa sugiere que ellos estaban presentes antes del plegamiento y fallamiento terciario, y la actividad magmática a lo largo de los lineamientos parece haber estado activa desde por lo menos el Cretáceo Inferior hasta el Plioceno.

El control que los lineamientos ejercen sobre la estructura, sobre la sedimentación y sobre la actividad ígnea permite relacionarlos a modelos tectónicos regionales.

Así como los lineamientos han controlado la localización de depósitos minerales, en este sector de la cordillera,

probablemente pueden ejercer también control sobre depósitos de hidrocarburos en la Cuenca de los Llanos Orientales.

REFERENCIAS CITADAS

- BEUS, A.A. & MINEEV, D.A. (1972): Some Geological and Geochemical features of the Muzo-Coscuez emerald zone, Cordillera Oriental de Colombia.- Informe 1689, 50 p., Ingeominas, Bogotá.
- DEHANSCHUTTER, J. (1980): Lineaments in the Northern Andes.- Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren (Belg.), Dépt. Géol. Min. Rapp. ann. 1979: 129-142.
- FABRE, A. & DELALOYE, M. (1983): Intrusiones básicas cretácicas en las sedimentitas de la parte central de la Cordillera Oriental.- Geología Norandina, n.6: 19-28, Bogotá.
- GIL, E. (1976): Ocurrencias Minerales en el Departamento de Cundinamarca.- Compilación, Informe 1708, Ingeominas, Bogotá.
- GOVEA, C. & AGUILERA, H. (1985): Cuencas Sedimentarias de Colombia.- II Simposio Bolivariano, Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, Bogotá.
- HARDMAN, R.F.P.A. (1965): A section through the Eastern Cordillera of Colombia.- Sinclair and B.P. Colombia Inc., Inédito.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO MINERAS (1978): Recursos Minerales de Colombia.- Publicación Especial No. 1, 544 p., Bogotá.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO MINERAS (1988): Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1.500.000, Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (1980): Mapa en Relieve de la República de Colombia. Escala 1:1.500.000, Bogotá.
- JAIN, V.E. (1980): Geotectónica General.- Editorial Mir, Parte I, 358 p., Parte II, 304 p., Moscú.
- MARIÑO, J.A. (1976): Ocurrencias Minerales en el Departamento de Boyacá.- Informe 1710, p. 55, 1 mapa, Ingeominas, Bogotá.
- NACIONES UNIDAS (1976): Prospección de Esmeraldas en los Departamentos de Boyacá y Cundinamarca.- Proyecto DP/UN/COLOMBIA 72-00416, Bogotá.
- OLADE-ICEL (1981): Estudio de Reconocimiento de los Recursos Geotérmicos de la República de Colombia, Fuentes Termales.- Anexo 22, 37 p., Bogotá.
- PULIDO, O. (1979): Geología de las Planchas 135 "San Gil" 151 "Charalá"; Departamento de Santander.- Boletín Geológico, v. 23, 2: 40-78, Bogotá.
- _____ (1983): Recursos y evaluación del carbón del Salitre, San Nicolás y Piamonte, Paipa-Tuta, Boyacá.- Informe 1901, Ingeominas, Bogotá.
- RENZONI, G. (1981): Geología del Cuadrángulo J-12 "Tunja".- Boletín de Geología, v. 24, 2: 31-48, Bogotá.
- RENZONI, G. & ROSAS, H. (1983): Mapa Geológico, Plancha 171 "Duitama". Escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá.
- UJUETA, G. (1982): Geomorfología aplicada a la exploración de petróleo en tierras planas.- Simposio, Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Bogotá.
- _____ (1991): Tectónica y Actividad Ignea en la Cordillera Oriental de Colombia (Sector Girardot-Cúcuta). Simposio sobre Magmatismo Andino y su Marco Tectónico, T.I: 151-192, Manizales.

Manuscrito recibido, Noviembre de 1991