

Estructuras anulares en la Cordillera Oriental de Colombia y su relación a fenómenos diapíricos

JAIME GALVIS, RICARDO CORTES Y RICARDO DE LA ESPRIELLA

Carrera 16 # 86A-31, 3er. Piso, Santafé de Bogotá

GALVIS, J., CORTES, R. & DE LA ESPRIELLA, R. (1995): Estructuras anulares en la Cordillera Oriental de Colombia y su Relación a Fenómenos diapíricos.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 19, pgs. 59-72, 20 Figs., Santafé de Bogotá.

Palabras claves: Colombia-Cordillera Oriental, Diapirismo.

RESUMEN

En la Cordillera Oriental de Colombia, hay un amplio sector que presenta características geográficas y geológicas muy especiales. En ese mismo sector hay algunos tipos de mineralización muy bien definidos y ausentes en el resto del territorio nacional.

La tectónica de dicha zona presenta particularidades que no han sido completamente explicadas.

Este sector se extiende por el sur aproximadamente hasta Villarrica (Tolima), al norte hasta la Mesa de los Santos y piedemonte de la Sierra del Cocuy. Por el este hasta la falla del Borde Llanero, al oeste hasta la fallas de Bituima y La Salina.

ABSTRACT

There is a wide area, in the Cordillera Oriental of Colombia, which presents very special geographic and geologic characteristics. In the same zone there are some very well defined types of mineralization, which do not appear in the rest of the country.

The tectonics of the zone presents not well explained particularities.

The zone extends from Villarrica (Tolima) (southern part) to Mesa de Los Santos and Sierra del Cocuy piedmont (north); and from the Borde Llanero fault to the east, to Bituima and Salina faults to the west.

GEOMORFOLOGIA

Esta amplia zona (Fig. 1) presenta algunas características morfológicas muy peculiares. En primer lugar, son frecuentes las geofomas circulares de tamaños diversos con un centro deprimido. Estas se pueden observar al sur de Villa de Leiva, en Sáchica y Ráquira, en Muzo (precisamente esta población se halla en el centro de una depresión circular muy clara), en la región de Pacho, Tocaima, Supatá-Vergara-Villeta, en la zona del bajo río Suárez, región de La Fuente y Guane, en la región comprendida entre San Gil y Charalá, en el oriente de Cundinamarca en la cuenca hidrográfica del Río Blanco (al sur de Ubaque hay una

depresión de éstas, muy notable), en la región de Socotá-Socha-Paz de Río, etc.

En segundo lugar, se observaron cerros de forma cómica, de los cuales hay uno muy característico en vecindades de Sesquilé y otro denominado Cerro La Jabonera al norte de Charalá.

En tercer lugar, es característica la presencia de amplias zonas de material suelto de aspecto coluvial, en áreas de pendientes muy bajas y compuesto de bloques angulares de tamaños muy variables, algunos realmente gigantes. Tres buenos ejemplos se hallan en las siguientes localidades: entre las poblaciones de Cabrera y Barichara y el río Suárez, en la vertiente oriental del río Blanco al norte de Fómeque y en un amplio sector del ferrocarril Sogamoso-Belencito.

CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS

La composición litológica del substrato precretáceo es muy variada. Cabe mencionar neises, granitos y migmatitas precámbricos, sedimentos del paleozoico, rocas volcánicas del jura-triásico, sedimentos rojos del jura-triásico, etc.

La secuencia cretácea más completa se encuentra en la parte oriental de Cundinamarca, donde se conoce registro bioestratigráfico desde el comienzo del Período Cretáceo (HUBACH 1957).

Hacia el norte la base de la secuencia de sedimentos marinos del Cretáceo es más reciente (en las zonas andinas de Santander y Boyacá); según varios autores (MORALES 1958; JULIVERT 1963; WARD *et al.* 1973) puede situarse en el Hauteriviano.

La estratigrafía generalizada del Cretáceo se puede observar en las columnas que se presentan (Fig. 2). Al comparar las secuencias estratigráficas, la primera observación es la ausencia de sedimentos marinos cretáceos pre-aptianos fuera del área objeto del presente trabajo. No se conocen en el Alto Magdalena, en las vertientes del Lago de Maracaibo ni en la región del Cesar-Ranchería.

Otra observación adicional es la variación de la litología del Cretáceo inferior, predominantemente pelítica en el sector de Cundinamarca y Boyacá oriental, a una secuencia con potentes niveles calcáreos en Santander y occidente



Fig. 1. Mapa de localización

	VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA	VALLE MEDIO DEL MAGDAL.	SABANA DE BOGOTA	CATATUMBO
SERIE		FORMACIONES		
PLEISTOCENO	Abanico Ibagué	Magdalena	Sabana	
PLIOCENO	Mesa	Capote	Tilatá	
MIOCENO	Honda	Real		Guayabo
OLIGOCENO	Barzalosa	Chusp.	Colorado	Usme
	Doima	Chusp.	Mugrosa	La Regadera
EOCENO	Potreriillo	Chort.	Esmeraldas	Carbonera
	Chicoral	Chort.	La Paz - Toro	Mirador
PALEOCENO			Bogotá - Cacho	Los Cuervos
MESTRICHIANO	Guaduala	Lisama	Guaduas	Barco
CAMPANIANO	Monserate	Umir	Monserate	Catatumbo
SANTONIANO				Mito Juán
CONIACIANO	La Luna	La Luna	Galemo	Colón
TURONIANO			Pujamana	
CENOMANIANO			Salada	La Luna
ALBIANO	Caballos	Salto		Capacho
APTIANO		Simití		Uribante
BARREMIANO		Tablazo		
HAUTERIVIANO		Paja		
VALANGINIANO		Rosa Blanca		
BERRIASIANO		Tambor		
JURASICO		GIRON		
TRIASICO	GRUPO PAYANDE			

Fig. 2. Correlación estratigráfica de la Cordillera Oriental

de Boyacá.

En la zona de Cundinamarca y oriente de Boyacá se conoce la presencia de evaporitas, en forma de depósitos de halita, algunos objeto de explotación, y algunas ocurrencias de yeso no estratificado. En Santander y Boyacá occidental se ha identificado la presencia de yeso estratificado, dolomita y manifestaciones de yeso no estratificado. Se desconoce la presencia de evaporitas en los sedimentos cretáceos del Alto Magdalena, vertientes del Lago de Maracaibo y la región de Cesar-Ranchería, áreas donde no hay registro de Cretáceo pre-aptiano.

Todo esto lleva a considerar que las ocurrencias evaporíticas conocidas son indicios de una depositación salina de gran extensión que ha sido subestimada y cuyos efectos tectónicos y minerogénicos se manifiestan en un área

muy amplia.

CARACTERISTICAS TECTONICAS Y ESTRUCTURALES

Las estructuras que se presentan en el área de la Cordillera Oriental, donde hay sedimentos marinos del Cretáceo inferior, son muy características y difieren ampliamente del resto del oriente andino. Se observan amplios sinclinales en forma de cubeta, anticlinales estrechos en los que se presentan frecuentemente inversiones (atribuidas por algunos autores a efectos gravitatorios), como la del cerro de Monserate. Generalmente en los núcleos anticlinales se observa una intensa fracturación de las rocas, pero no se presentan espejos de falla, ni indicios de compresión. Se aprecian fracturas zigzagueantes y abiertas que parecen

originadas en esfuerzos distensivos.

El conjunto da un aspecto craquelado, como se puede observar en proximidades de la mina La Esperanza, de Cementos Samper y en amplias zonas al norte de Sogamoso. A pesar de la intensa fracturación, los fragmentos de la roca son cohesivos y no se desmoronan al golpearlos como ocurre en áreas de intenso fallamiento. Además, las presuntas fallas no se prolongan a las cubetas sinclinales. Es interesante anotar que en zonas estructuralmente tabulares, tales como la región comprendida por las cuencas de los ríos Fonce y Suárez en Santander, al aproximarse a los cañones de los ríos mencionados, los estratos se presentan contorsionados, verticales y en varios sitios invertidos, todo lo cual indica que los esfuerzos se presentaron solamente a lo largo del lineamiento de dichos ríos.

Otro aspecto importante es la presencia de estructuras circulares con hundimiento al centro, indicio de colapso, u otras con aspecto cóncavo; este tipo de geoformas se observa en la depresión de Ráquira-Villa de Leiva-Santa Sofía-Moniquirá (Fig. 3), en la región del bajo Suárez (Fig. 4), en la cuenca del Fonce (Fig. 5), en la hoya hidrográfica del río Blanco (Fig. 6), al oriente de Cundinamarca, en la región comprendida entre Villeta, Quipile, Pacho (Figs. 7, 8 y 9), en La Peña al occidente de Cundinamarca, en la región de Muzo-Coscuez (Figs. 10 y 11), en la zona de Landázuri (Fig. 12) y al norte de Sogamoso en la región de Paz de Río, Corrales y Socotá (Figs. 13 y 14), en las vertientes de la Cordillera Oriental, que desaguan a la Orinoquia (Figs. 15, 16 y 17), en la región de García Rovira al este de Bucaramanga (Fig. 18), en numerosas localidades en el Altiplano Cundinamarqués (Fig. 19) y en la zona limítrofe de los departamentos de Cundinamarca y Tolima (Fig. 20). En dichas estructuras anulares, los sedimentos se observan muy fracturados, sin patrones lineales que indiquen fallas; el rompimiento parece tener distribución radial. Es interesante agregar que la mayor parte de las formas circulares mencionadas se observan en sedimentos predominantemente arcillosos, y por tanto no se trata de dolinas u otros fenómenos kársticos. Frecuentemente la depresión se encuentra rellena por sedimentos lacustres. Es importante mencionar en estas estructuras anulares, la presencia de bloques litológicamente heterogéneos, formando una mezcla caótica, donde se hallan además fósiles de diferentes ambientes y edades mezcladas tal como lo mencionan algunos autores (BÜRGL 1954; ETAYO 1968 en Villa de Leiva; MARTÍNEZ comunicación verbal, en la región de Quipile). Algo similar describe McLAUGHLIN (1971) en las salinas de Zipaquirá.

Otras estructuras interesantes son algunos domos circulares u ovalados que resaltan en el conjunto de estructuras adyacentes y en los cuales el techo se compone de una roca dura, generalmente arenisca, como en el caso de Sesquilé.

Es frecuente también la presencia de anticlinales cuyo eje se ve interrumpido por una depresión oval o circular donde se encuentran expuestos sedimentos más antiguos que aquellos que forman el techo de la estructura, notablemente tectonizados. Un buen ejemplo de esto se observa en la

localidad de La Siberia, donde se halla la fábrica antigua de Cementos Samper. Por último cabe mencionar la existencia de amplias zonas estructuralmente caóticas, intensamente distorsionadas y fracturadas, pero en las cuales no se identifican fallamientos regionales, de las cuales hay excelentes ejemplos en la mayor parte de las áreas indicadas en las fotografías aéreas de las Figs. 3 a 20. En dichas localidades existen enormes depósitos de bloques angulares de tamaño en extremo variable, generalmente muy inestables a la erosión.

OCURRENCIAS MINERALES CARACTERISTICAS

En primer lugar se puede anotar que las principales salinas terrestres de Colombia se encuentran en el sector de la Cordillera Oriental donde hay sedimentos cretáceos anteriores al Aptiano. Pero además de esas grandes acumulaciones de halita, se presentan estratos de yeso roca en localidades tales como Los Santos, Barichara y Zapatoca en Santander, y Macanal en Boyacá, yeso terroso en numerosas localidades, que comúnmente se presenta en las estructuras circulares mencionadas en lo referente a tectónica, mezclado con arcillas con aspecto brechoso; esto permite creer que se trata del "cap rock" de domos salinos colapsados; ejemplo de ello son las ocurrencias de la Loma La Yesera y Loma Catalina en Villa de Leiva, y las de Batán en Zapatoca. En estas localidades es notable además la mezcla de fósiles de diferentes edades y ambientes.

Es interesante mencionar la presencia de cuarzo autígeno en prismas hialinos de notable desarrollo, en calizas y shales del Cretáceo inferior en localidades tales como Bolívar y Sucre en Santander; Ubalá en Cundinamarca; Pajarito y La Salina en Casanare y Muzo y Chiquinquirá en Boyacá.

En el Cretáceo inferior de la Cordillera Oriental son frecuentes además las manifestaciones de sulfuros de plomo, zinc, cobre, hierro y barita. Entre estas es interesante anotar la localidad del Río Murca en Gachalá, donde en un mismo afloramiento se observa yeso, azufre nativo y sulfuros de plomo y zinc. Por último, cabe decir que los hallazgos de esmeraldas en Colombia se limitan al sector donde se hallan sedimentos del Cretáceo inferior en la Cordillera Oriental.

CONCLUSIONES

Todo lo anteriormente expuesto lleva a la conclusión que los depósitos salinos en la Cordillera Oriental son mucho más extensos de lo que se ha supuesto tradicionalmente y muchos fenómenos en cuanto a morfología, génesis mineral y problemas geotécnicos están directamente relacionados a ellos.

Estructuras tales como los sinclinales amplios en forma de cuchara, son típicos de la tectónica salina. Las frecuentes estructuras circulares con aspecto de colapso sugieren numerosos domos salinos que en algunas zonas se

presentan alineados, como se puede ver a lo largo de los ríos Fonce, Suarez y Monquirá, indicando la intrusión a lo largo de fallas en formas similares a los ejemplos de los depósitos salinos del norte de Alemania (BORCHERT 1964).

En estas estructuras circulares y sus alrededores es frecuente la presencia de manantiales salinos. Los depósitos de bloques angulares en forma caótica, sin relación a acción glaciaria, también son claro argumento en favor de las intrusiones salinas, más aún donde se presentan zonas de relieve topográfico poco acentuado como, es el caso de la cuenca media del Río Suárez y sectores de la región de Socotá-Socha.

Es notable la frecuente observación respecto a la rapidísima meteorización de los shales de la Formación Villeta. Cabe anotar que esto se observa en lo que se conoce como Miembro Fómeque y Lutitas de Macanal hacia el este de la Cordillera Oriental y al oeste de Albán, San Francisco, Pacho y en la región de Muzo. Este fenómeno es muy especial ya que da la impresión de que el shale, al ser expuesto a los agentes atmosféricos, pierde cohesión y literalmente se deshace; parece que la destrucción estructural se debe a disolución de componentes minerales, esto es, de evaporitas. Luego de meteorizados, dichos sedimentos se notan muy poco densos y con aspecto esponjoso. Se puede agregar a lo anterior la abundancia de fuentes saladas en áreas tales como El Guavio, la cuenca del río Blanco, la región de Supatá-Pacho-Vergara, la región de Muzo, etc.

En zonas especialmente inestables, donde los sedimentos cretáceos se encuentran muy fracturados, tales como el oriente de Cundinamarca, al occidente del mismo departamento o el nordeste de Boyacá, éste se debe a la intensa actividad diapírica, que produjo esfuerzos de distensión y luego colapsos al disolverse las evaporitas, no a actividad tectónica de origen orogénico.

En el nordeste de Boyacá (zona de Socha-Socotá-Paz de Río), el diapirismo alcanzó a afectar al Terciario, dando un aspecto caótico a la cuenca carbonífera de esa región. Allí puede observarse que las rocas pre-cretáceas al oeste de la Falla de Soapaga no se encuentran afectadas por la intensa ruptura del bloque oriental de dicha falla. El diapirismo allí, da la impresión de todavía estar en estado de actividad. Por todo esto, puede considerarse que problemas geotécnicos tales como los de Chingaza, Mesitas del Colegio, Paz del Río y otras obras civiles se deben no a la presencia de grandes fallas, sino a extensas zonas de roca destrozada por intrusiones salinas.

Las ocurrencias y asociaciones minerales descritas anteriormente en este texto son características de paragénesis evaporíticas. Tal es el caso del yeso roca y el yeso terroso, que es claro indicio de la presencia de "cap rock" de domos salinos.

El cuarzo autógeno en sedimentos marinos también está genéticamente relacionado a la presencia de depósitos evaporíticos (FLUGEL 1982).

Otro tanto cabe anotar respecto a los sulfuros de plomo, zinc y cobre. Ese tipo de ocurrencia es muy común en cuencas salinas en todo el mundo, y de ellos hay ejemplos

de diferentes edades; más aún, los hay de depositaciones observadas en la actualidad en Salton Sea, California.

El caso de las esmeraldas merece capítulo aparte, ya que allí parecen haber coincidido dos factores independientes que favorecieron su génesis. Por una parte la existencia de salmueras y por otra la presencia de una faja de alto gradiente geotérmico transversal a la Cordillera Oriental. Lo referente a esto y a la génesis de las manifestaciones de sulfuros se halla más ampliamente expuesto en GALVIS (1990).

REFERENCIAS CITADAS

- BÜRGL, H. (1954): El Cretáceo Inferior en los Alrededores de Villa de Leiva (Boyacá).- Bol. Geol, Vol. II, No. 1, pags. 5-22, 4 planchas.
- ____ (1957): Contenido Fósilífero de la Sabana de Bogotá y sus Alrededores, Departamento de Cundinamarca.- Bol. Geol, Vol. V, No. 2, pags. 113-185.
- ETAYO, F. (1968): El Sistema Cretáceo en la Región de Villa de Leiva y Zonas Próximas.- Geol. Col., No. 5, pags. 5-74, 1 mapa, 18 figs.
- FLÜGEL, E. (1982): *Microfacies Analysis of Limestones*.- Springer-Verlag, Berlin, 633 pags., 53 láminas, 78 figs., 58 tablas.
- GALVIS, J. (1990): Análisis de la Génesis Mineral en Colombia.- Rev. Acad. Col. Cienc. Ex. Fis. Nat., Vol. XVII, No. 65, pags. 753-777, 27 figs.
- HUBACH, E., (1957): Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores.- Bol. Geol, Vol. V, No. 2, pags. 93-112, 1 mapa, 2 columnas estratigráficas.
- JULIVERT, I. de (1963): Estudio Petrográfico de las Calizas de la Formación Rosablanca de la Región de la Mesa de Los Santos: Univ. Ind. Sant., Bol. Geología, No. 15, pags. 5-34.
- MORALES, L. G., *et al.* (1958): General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia.- Habitat of Oil, Symposium Am. Ass. Pet. Geol., pags. 641-695, 29 figs.
- McLAUGHLIN D.H. & ARCE, M. (1971): Recursos Minerales de Parte de los Dptos. de Cundinamarca, Boyacá y Meta.- Bol. Geol., Vol. XIX, No. 1, 102 pags, 5 cuadros, 21 figs., 10 planchas.
- NOTESTEIN, F.B., HUBMAN, C.W. & BOWLER, J. (1944): Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America.- Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 55, pags. 1165-1212, 12 figs., 6 pl.
- VAN HOUTEN, F.B. & TRAVIS, R.B. (1968): Cenozoic Deposits, Upper Magdalena Valley, Colombia.- Bull. Am. Ass. Pet. Geol., Vol. LII, No. 4, pags. 675-702.
- WARD, D.E., GOLDSMITH, R., CRUZ, J. & RESTREPO, H. (1973): Geología de los Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander.- Bol. Geol., Vol. XXI, Nos. 1-3, 132 pags., 11 figs., 4 tablas, 3 planchas.

Manuscrito recibido, Febrero de 1995

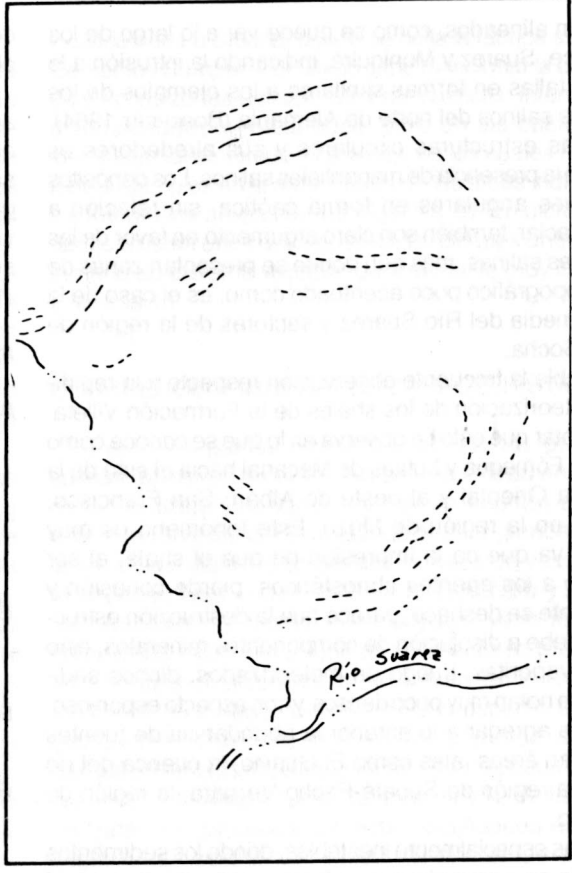


Fig. 4. Zapatoca (El Batán), Santander

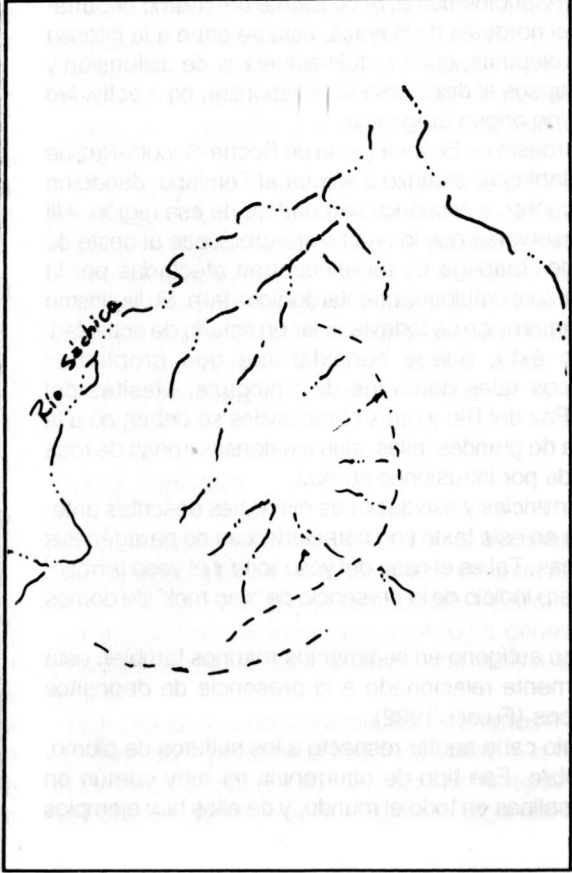
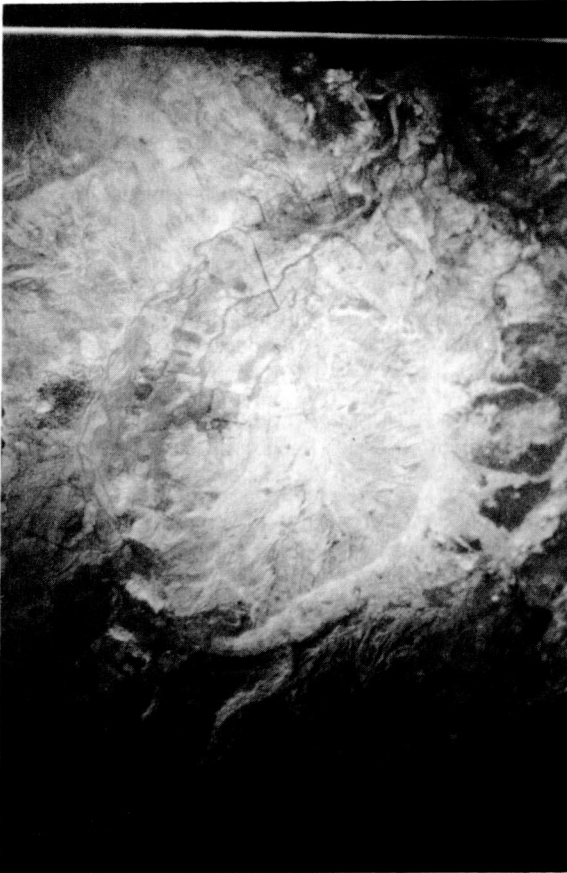


Fig. 3. Villa de Leiva, Boyacá

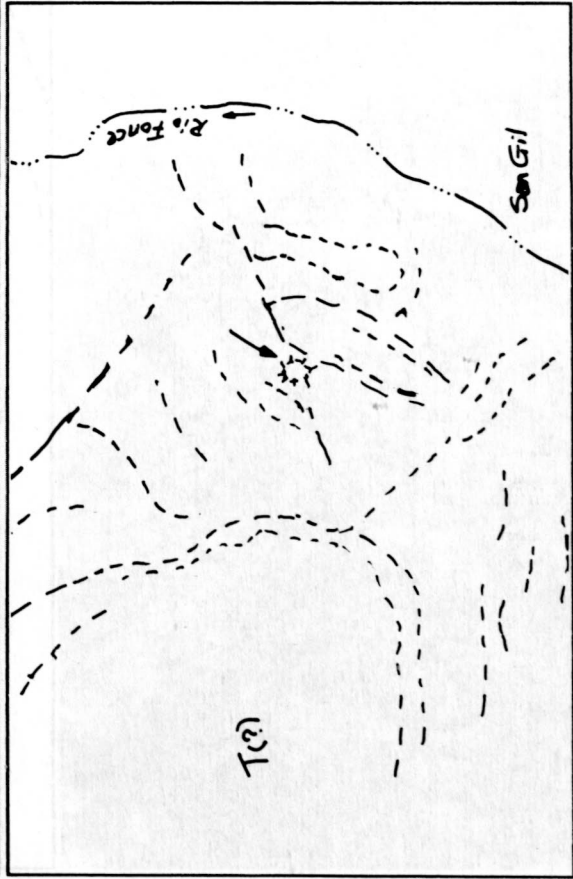


Fig. 5. San Gil, Santander

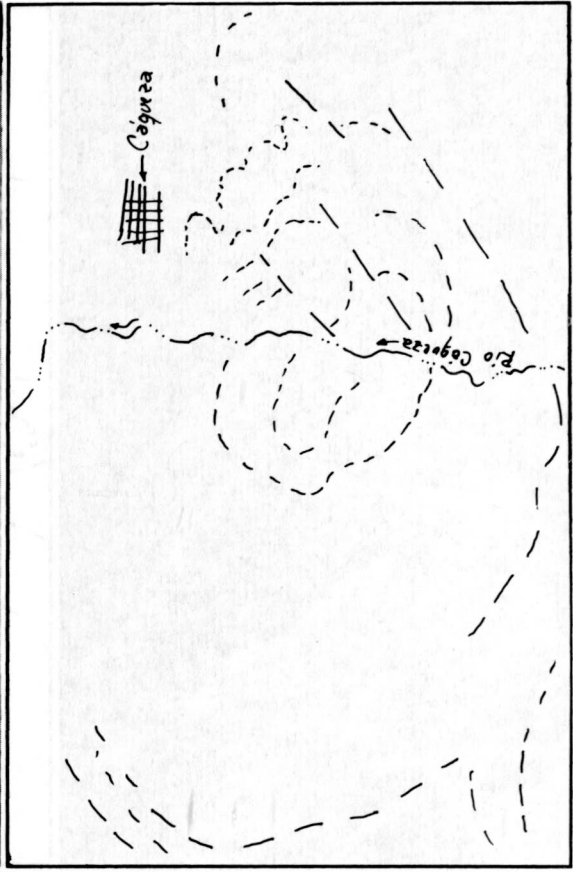


Fig. 6. Cáqueza, Cundinamarca



Fig. 7. La Palma, Cundinamarca

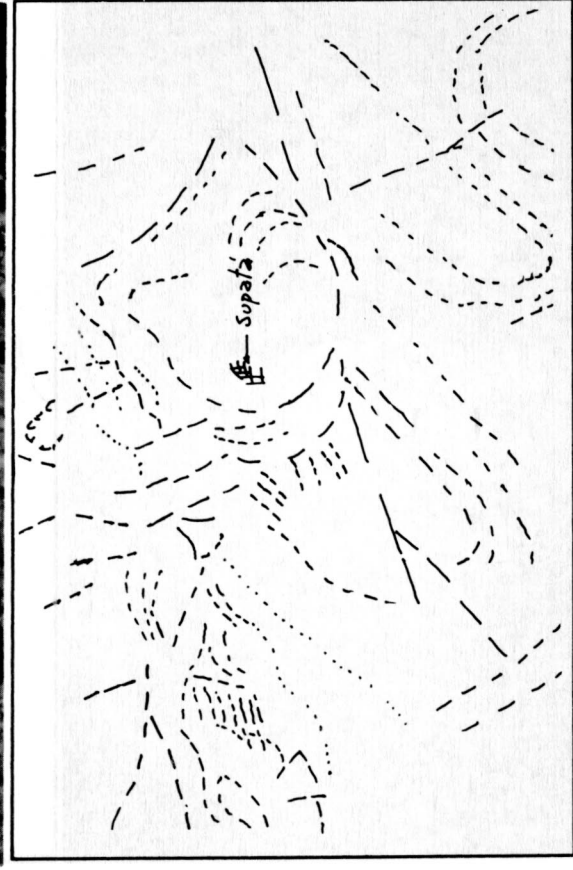


Fig. 8. Supatá, Cundinamarca

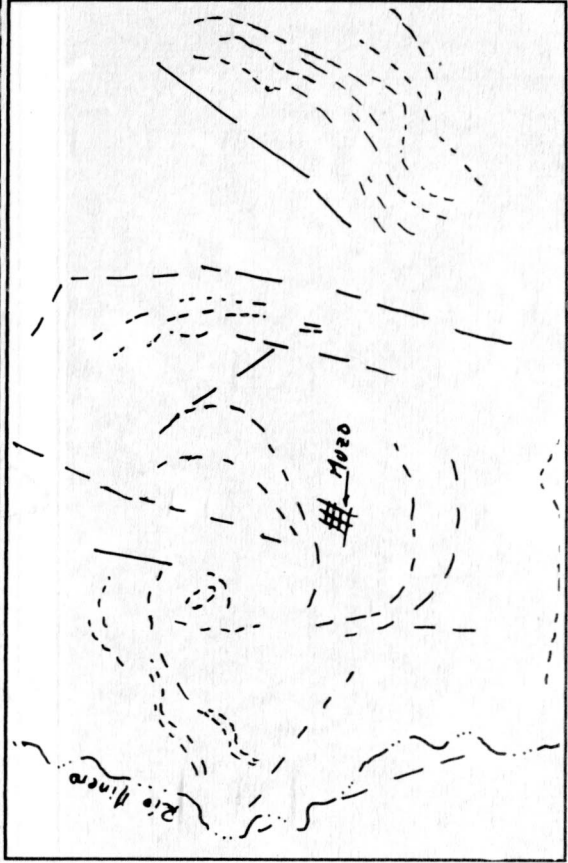


Fig. 10. Muzo, Boyacá

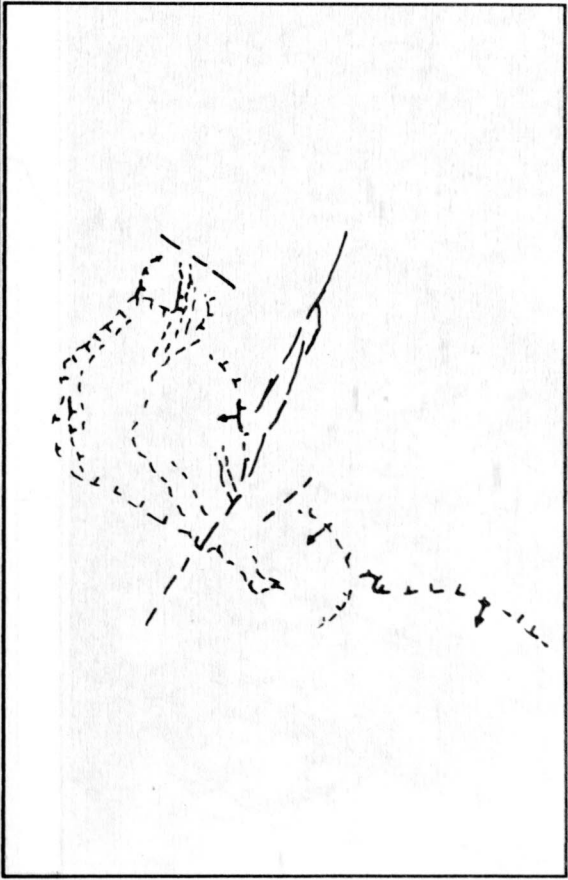


Fig. 9. Albán-La Tribuna, Cundinamarca

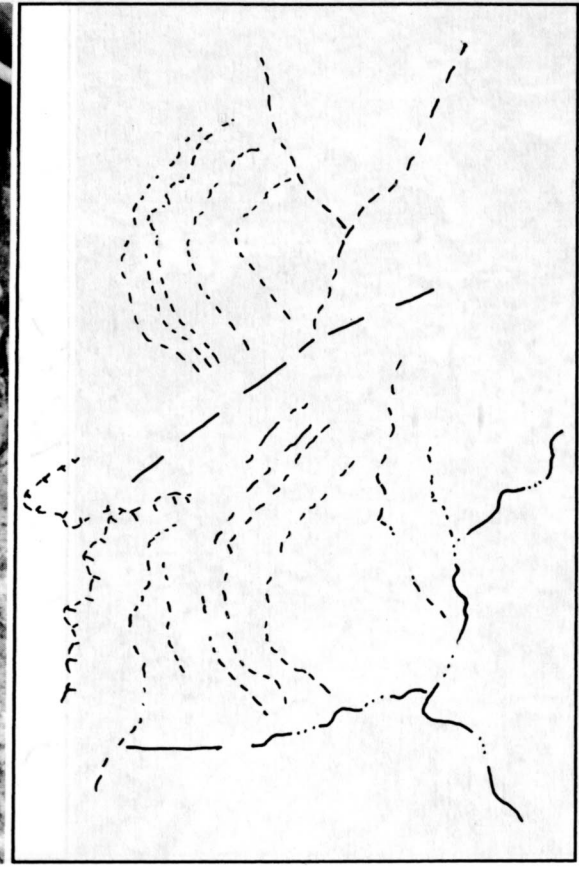
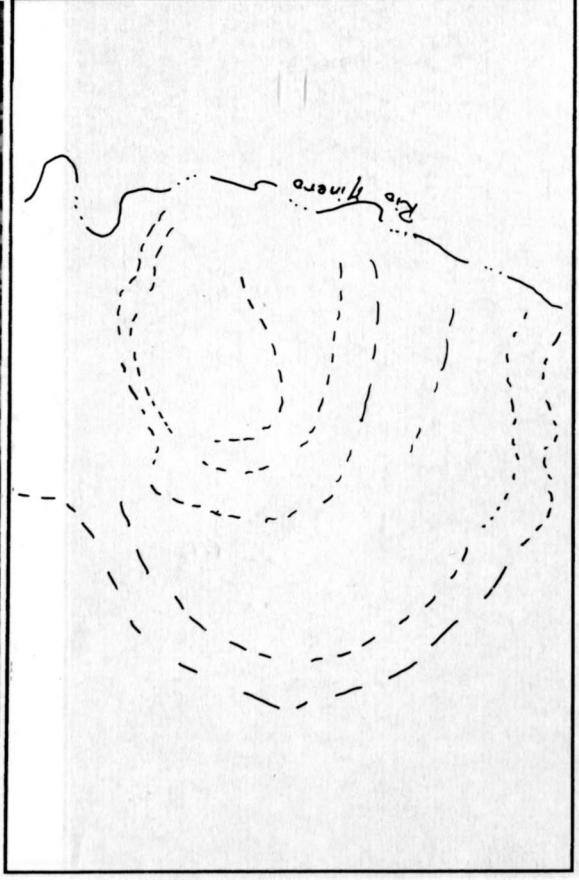
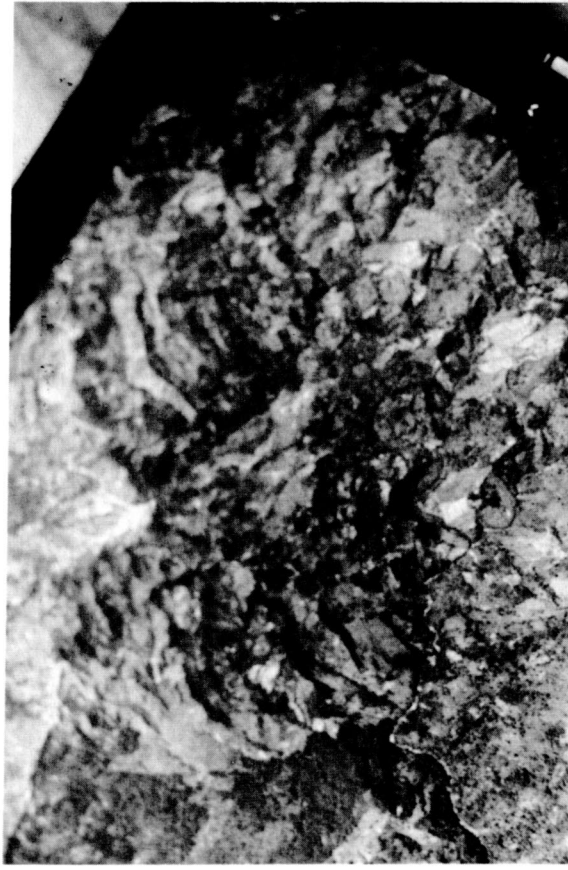
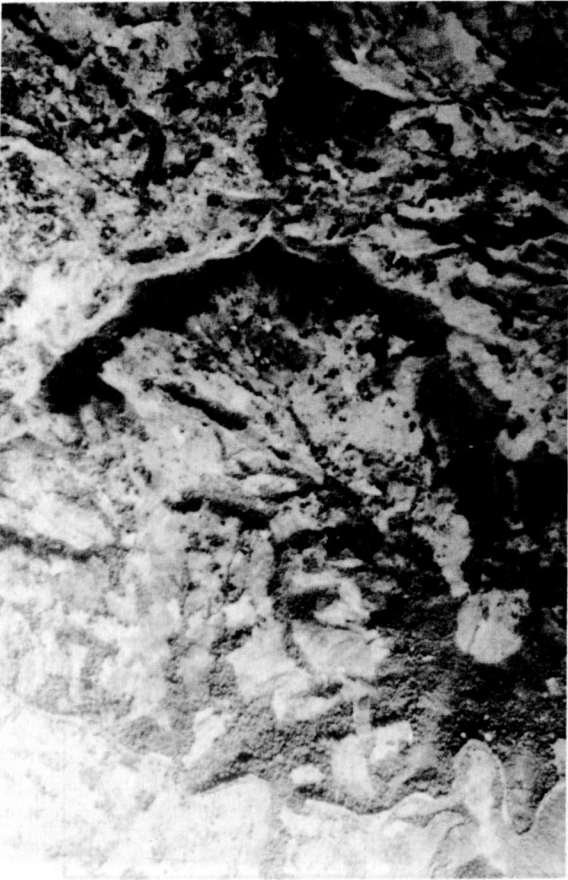


Fig. 11. Muzo, norte de Boyacá

Fig. 12. Landázuri-El Jordán, Santander

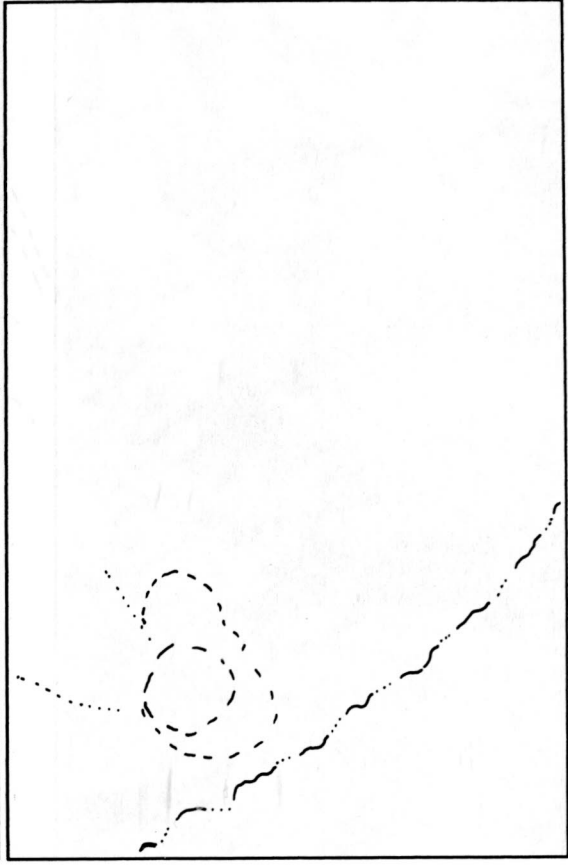
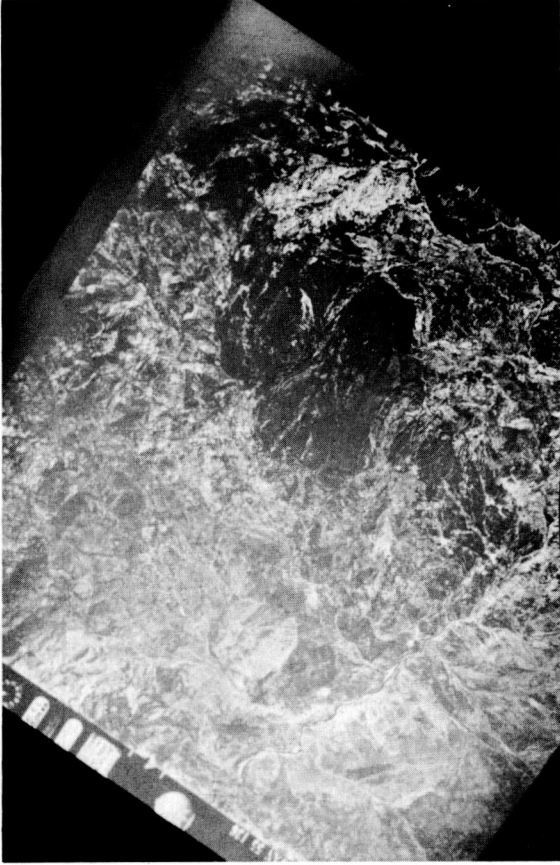


Fig. 14. Socha-Socotá, Boyacá

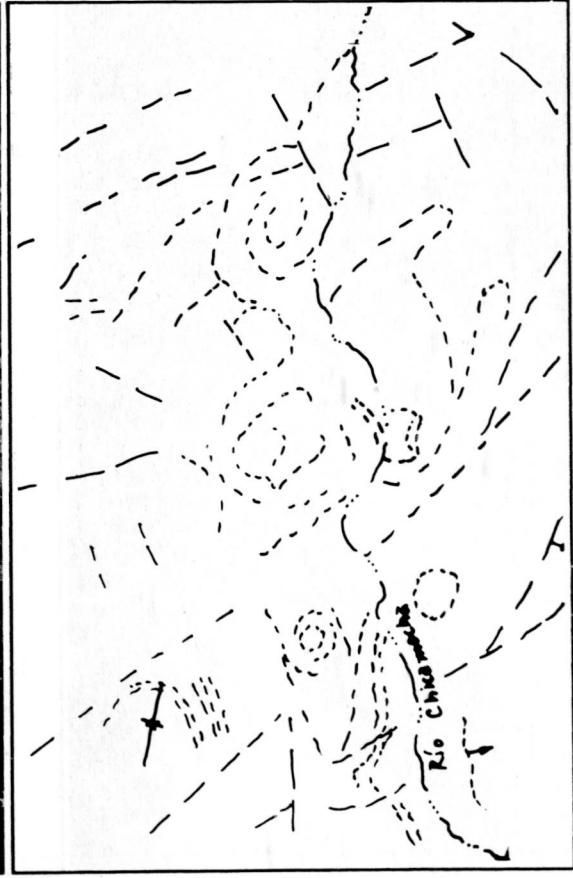
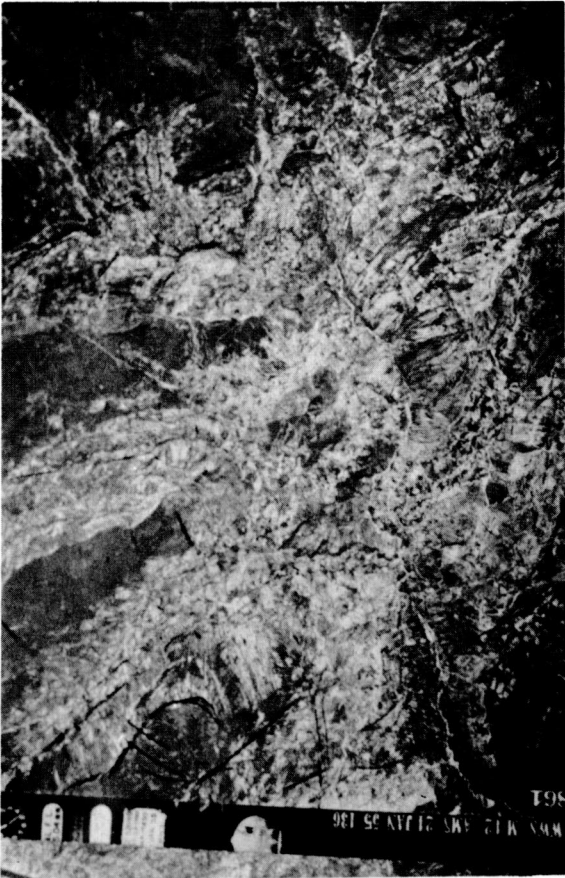


Fig. 13. Socotá, Boyacá

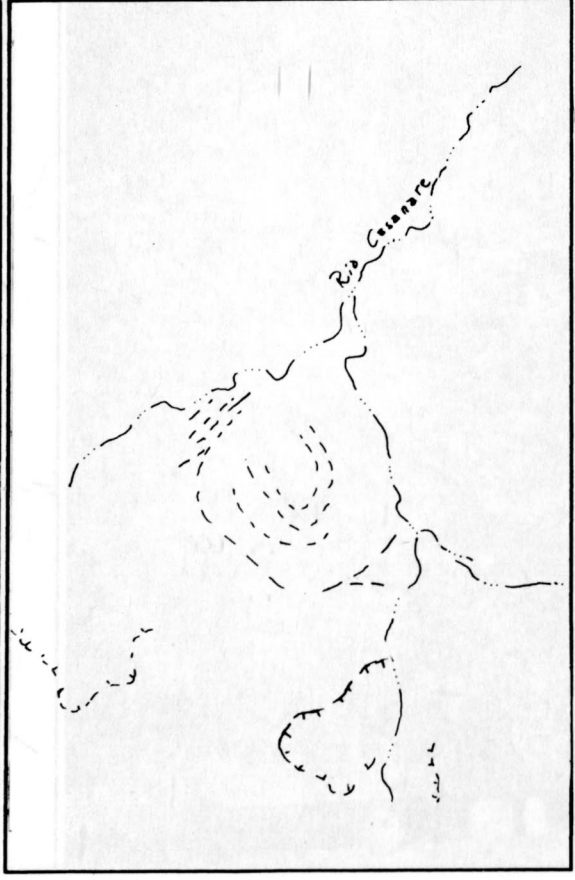


Fig. 15. La Salina, Casanare

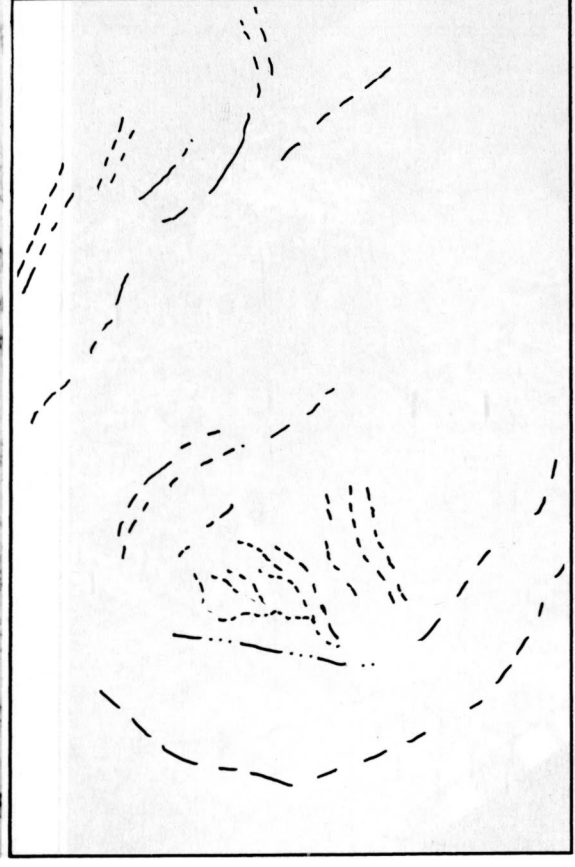


Fig. 16. Pachavita-Chinavita, Boyacá

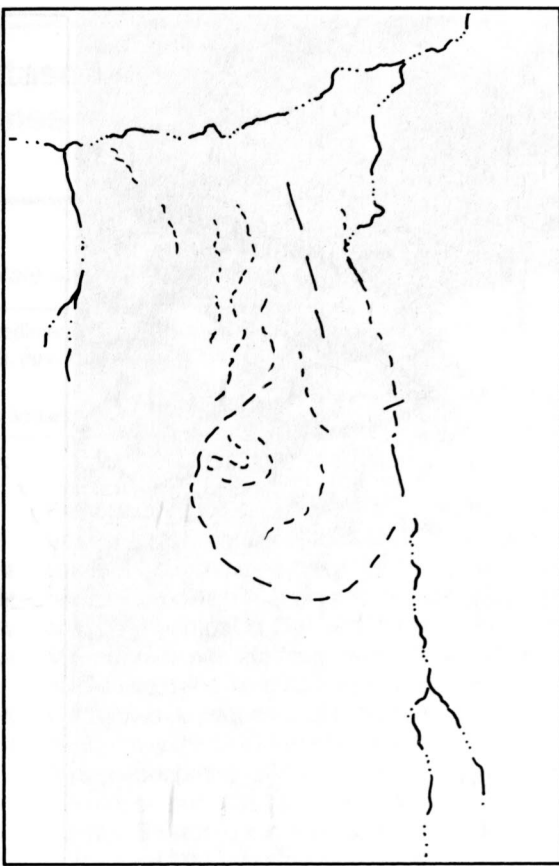
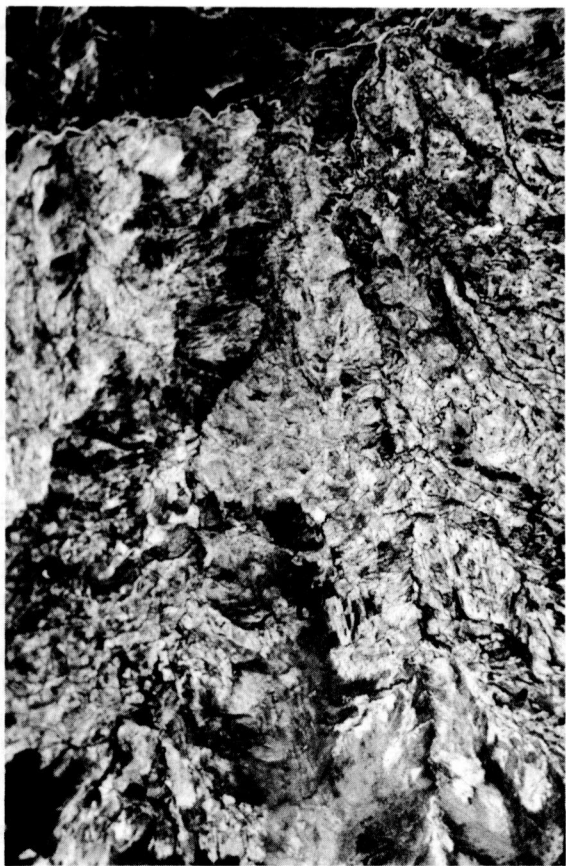


Fig. 18. Carcasi, Santander



Fig. 17. Recetor, Casanare

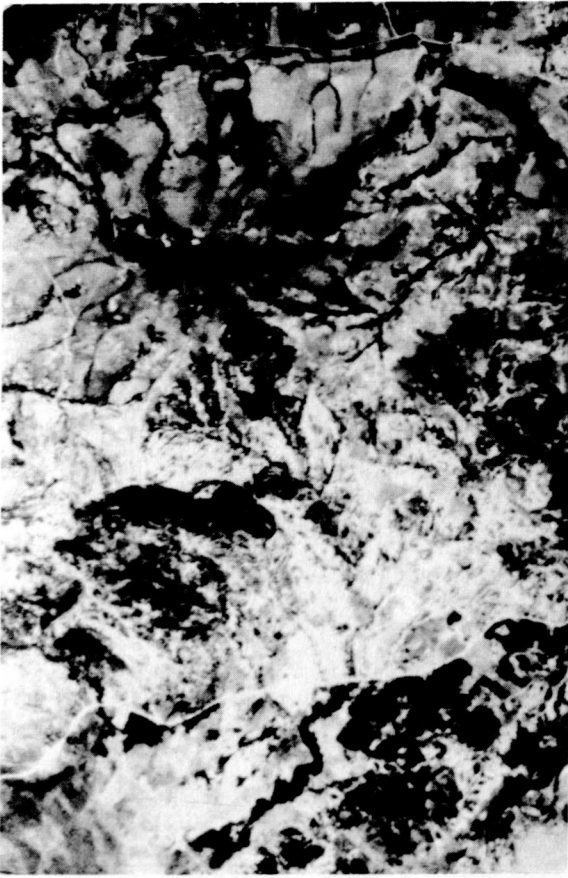


Fig. 19. Guasca, Cundinamarca

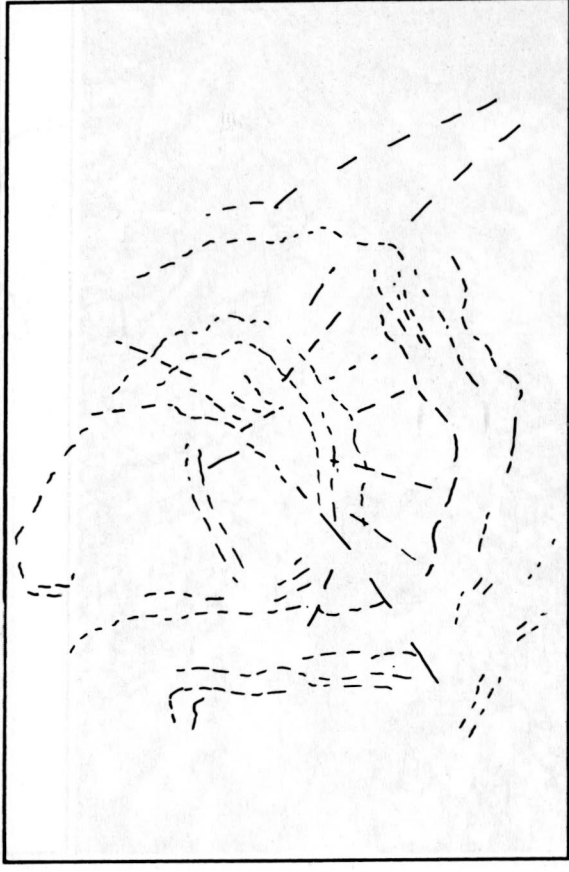
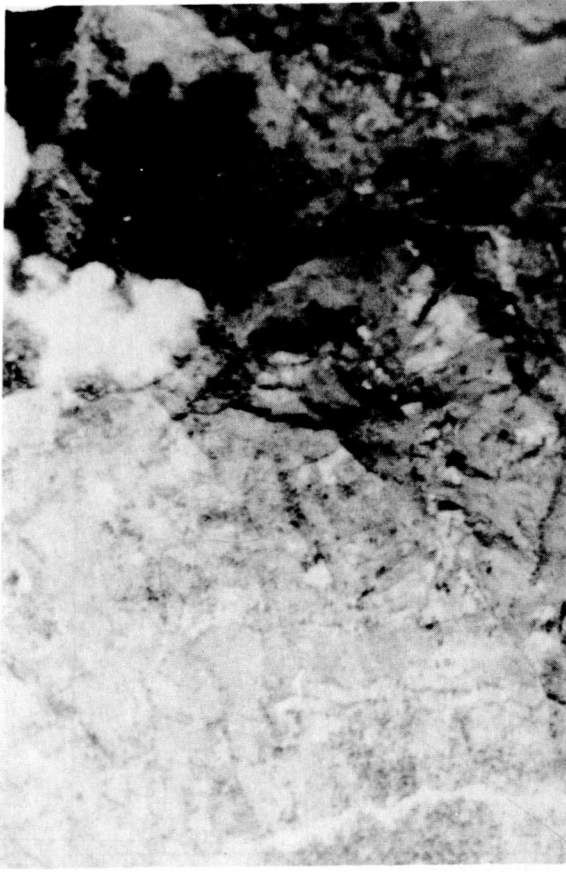


Fig. 20. San Bernardo, Cundinamarca