



# Análisis Neotectónico de un área ubicada al Oriente del Municipio de Pasca, Departamento de Cundinamarca

JORGE ENRIQUE ACOSTA G.

*Área de Geología, INGEOMINAS, Diagonal 53 No. 34-53 Santafé de Bogotá, Colombia*

ORLANDO HERNÁNDEZ PARDO

*Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 14490, Santafé de Bogotá, Colombia.*

*e-mail: ohern@ciencias.ciencias.unal.edu.co*

ACOSTA G., J.E. & HERNÁNDEZ P., O. (1999): Análisis Neotectónico de un área ubicada al Oriente del Municipio de Pasca, Departamento de Cundinamarca.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 25, pgs. 241 - 249, 5 Figs., 5 Laminas, Bogotá.

## RESUMEN

La región central de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, al oriente de la población de Pasca, Departamento de Cundinamarca, presenta una serie de rasgos geomorfológicos característicos de zonas con actividad tectónica reciente; mediante un estudio morfotectónico, a partir de imágenes de satélite, radar y fotografías aéreas convencionales, se demarcaron dos sistemas principales de lineamientos, con direcciones N10°E y N45°W respectivamente, a lo largo de los cuales se ubican una serie de geoformas diagnósticas de eventos neotectónicos, que han dislocado y deformado depósitos cuaternarios. Con base en la información anterior, complementada con observación de campo, se caracterizó cada uno de los lineamientos, comprobándose la existencia de la Falla de Cajitas y su actividad durante el Cuaternario.

*Palabras clave: Morfotectónica, Geoformas, Neotectónica, Falla de Cajitas, Pasca, Colombia.*

## ABSTRACT

The central part of the Andean range, east of the Pasca town, presents a series of geomorphologic features that are typical of active tectonic areas. A morphological analysis has been carried out based on satellite images and areal photos. It was possible to outline two main lineament systems with N10°E and N45°W strikes, respectively, along which a series of geoforms suggesting neotectonic events that had faulted and deformed quaternary deposits. Based on the above information and field control, each lineament was characterized, confirming the presence of the cajitas Fault and its neotectonic activity.

*Key words: Morphotectonics, Geoforms, Neotectonics, Cajitas fault, Pasca, Colombia.*

## INTRODUCCION

El sector ubicado al Suroeste de la Sabana de Bogotá, en jurisdicción del Distrito Capital de Santafé de Bogotá y del municipio de Pasca, Departamento de Cundinamarca (Fig. 1), veredas Sabaneta, Esperanza y La Troja (Fig. 2), se ha caracterizado por presentar numerosos deslizamientos sobre depósitos cuaternarios, lo que ha llevado a realizar estudios de Geomorfología (MENDIVELSO 1987) y Geología ambiental (AMEZQUITA & DELGADO 1987), en los cuales se relacionan estos fenómenos con procesos tectónicos activos. Sin embargo, ninguno de ellos ha desarrollado un análisis neotectónico que permita susten-

tar esta afirmación.

Con el objeto de comprobar la actividad tectónica reciente en este sector de la Cordillera Oriental de Colombia, se elaboró el presente trabajo, partiendo de la interpretación de la imagen monoscópica Landsat, MSS, E 2716-14184 de 1977, a escala 1:500.000 (Lámina 1). En ella se demarcaron dos estructuras regionales de tipo sinclinal con dirección aproximada de N10°E, las cuales se prolongan desde el límite del departamento de Cundinamarca con los departamentos de Tolima y Meta, hasta el sur de la Sabana de Bogotá. Asociados a estos pliegues se presenta un sistema principal de lineamientos

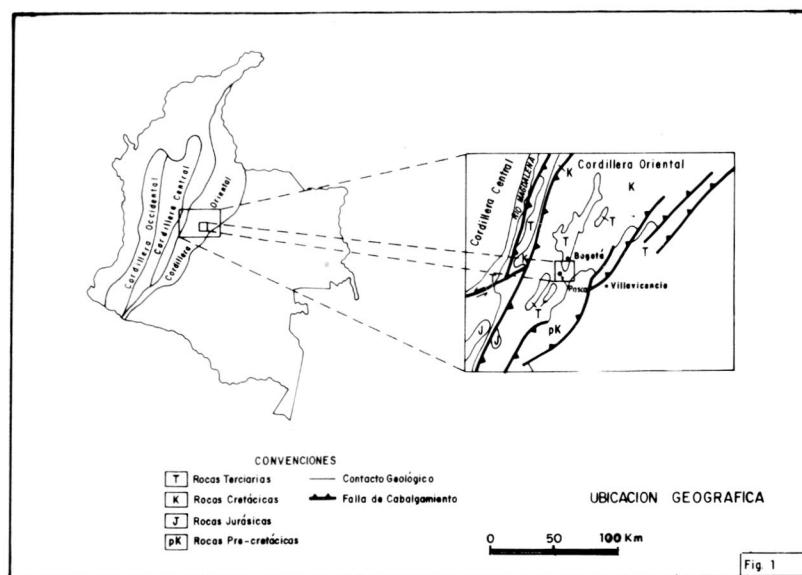


Fig. 1. Ubicación geográfica.

paralelos al eje de las dos estructuras y dos sistemas secundarios de lineamientos con direcciones aproximadas de N30°E y N45°W; una zona de deslizamiento sobre la parte central de la imagen, sector de Pasca, impide la proyección de uno de los rasgos lineales (Fig. 3); empleando la imagen de Radar Interna Star 1, Band a x, a escala 1: 200.000, se puede continuar el trazo del lineamiento, el cual se observa sobre depósitos cuaternarios.

Para determinar rasgos morfotectónicos que pudieran indicar actividad neotectónica (GUZMÁN 1996), el estudio prosiguió con la interpretación de fotografías aéreas convencionales y se realizó una revisión de campo para comprobar las observaciones.

## NEOTECTONICA

### Características Generales

En la región delimitada para este estudio, aflora una sucesión de rocas sedimentarias de edad Cretácico Superior y Terciario, cubiertas discordan-

temente por amplios y espesos depósitos cuaternarios que cubren aproximadamente un 70% de la zona (HUBACH 1957; LAVERDE 1979; PEREZ & SALAZAR 1978; RENZONI 1962, 1968). Esta región presenta pequeñas estructuras anticlinales y sinclinales, con dirección axial N10°E, afectadas por un sistema de fallas cabalgantes, subparalelas a los pliegues (Fig. 2). A partir de fotografías aéreas convencionales, se demarcaron los siguientes depósitos cuaternarios en el área de estudio: depósitos de morrena en el sector oriental, depósitos de pie de monte y fluvitorriales, en los sectores oriental y central, y terrazas aluviales en los sectores central y occidental (Fig. 4). Por otra parte, se observaron una serie de lineamientos que presentan una expresión fisiográfica muy clara sobre los depósitos cuaternarios; en general se observan valles alineados, contrastes en los tonos de las fotografías y cambios abruptos en la pendiente del terreno; estos aspectos están relacionados con la presencia de geoformas diagnósticas de actividad tectónica reciente.

## Rasgos Neotectónicos

Los rasgos característicos de actividad tectónica reciente están asociados con cinco lineamientos principales denominados así: Cajitas, Escuela El Tendido, Quebrada El Bosque, Corrales y Juan Viejo (Fig. 4, Lámina 2). A continuación se describe cada uno de ellos y se mencionan sus geoformas características asociadas:

**Lineamiento Cajitas.** Este rasgo lineal está marcado por un cambio abrupto en la pendiente del terreno, asociado a valles lineales que ocasionan diferencias de tono en las fotografías; se extiende con dirección aproximada Norte - Sur, a lo largo del borde occidental de la cuchilla de Los Andes, su trazo es irregular y discontinuo; sobre este lineamiento se presentan depósitos cuaternarios fallados, tales como las morrenas ubicadas al occidente de las lagunas Cajitas y Cajones, como también aquellas ubicadas en la cabecera de la quebrada Hoya Grande y depósitos de piedemonte dislocados, en la parte alta de la quebrada Cajitas. Adicionalmente se observan pequeñas lagunas y depresiones alineadas, contraescarpes, valles lineales y deslizamientos.

**Lineamiento Escuela El Tendido.** Está indicado por un conjunto de contraescarpes alineados, con una dirección aproximada N25°E, desde el sector de La Troja hasta cercanías de la escuela El Tendido, donde se bifurca en dos ramales, los cuales se prolongan hacia el norte con direcciones N20°E y N45°W. Sobre este rasgo lineal se observan depósitos fluvitorriales inclinados en sentido contrario de la pendiente topográfica y una serie de deslizamientos.

**Lineamiento Quebrada El Bosque.** Corresponde a un valle lineal profun-

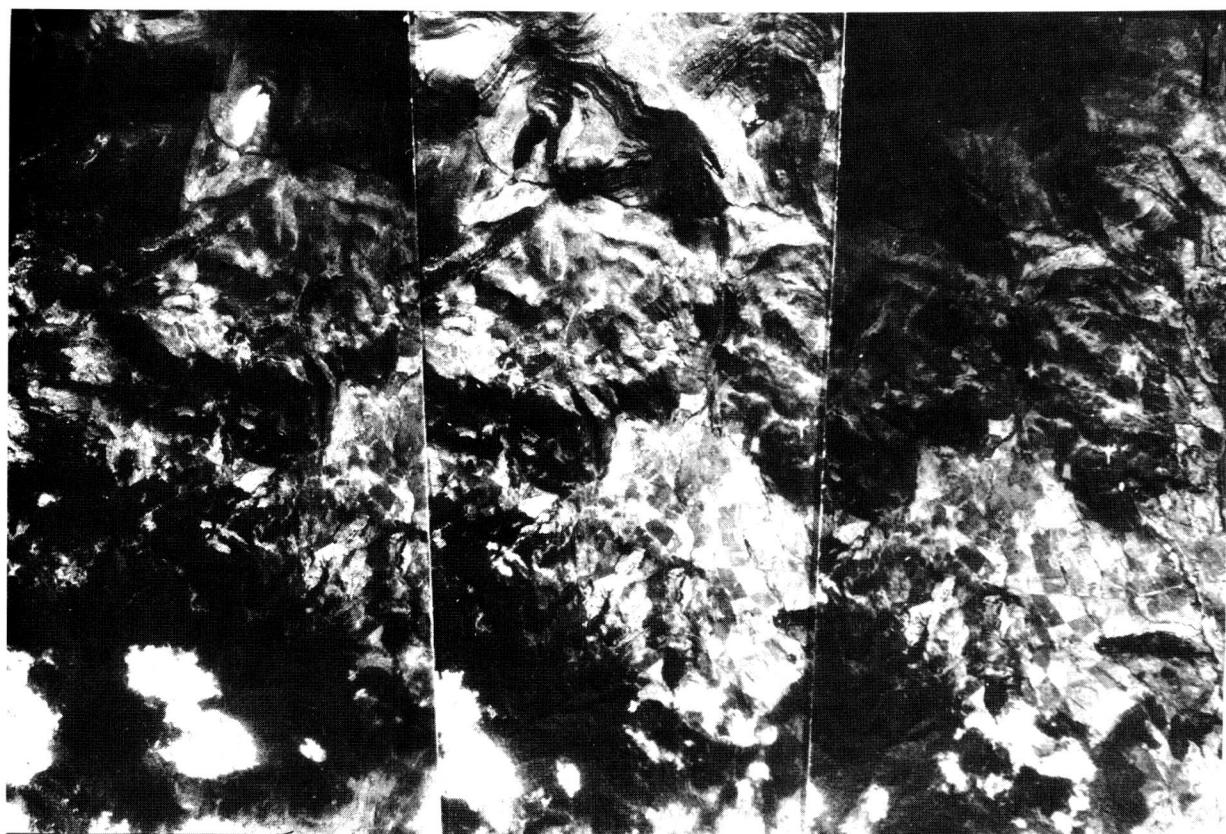


Lámina 1. Estereotró de fotografías aéreas.

do que produce un tono oscuro en las fotografías aéreas, con dirección aproximada N65°E, a lo largo de la quebrada del mismo nombre. En los sectores aledaños a este lineamiento se presentan terrazas aluviales levemente deformadas y drenajes con cauce entallado.

Lineamiento Corrales. Este es un valle lineal, con dirección N45°E a lo largo del cauce del Río Corrales, donde se observan depósitos de terrazas levemente deformados y basculados, en especial hacia la parte baja de este drenaje.

Lineamiento Juan Viejo. Se observa a lo largo del río del cual toma su nombre; consiste en un valle recto, entallado con una dirección aproximada N20°E. Sobre este lineamiento solo se observan algunos deslizamientos hacia la parte baja de la corriente.

#### Análisis Neotectónico

A partir de la información anterior se seleccionaron localidades estratégicas y de fácil acceso para llevar a cabo la comprobación e interpretación de los rasgos identificados previamente; además se observaron e interpretaron

otros rasgos menores y se colectaron algunos datos de microtectónica tendientes a establecer la naturaleza de las estructuras en cuestión. Con esta información se elaboró un esquema de evidencias geomorfológicas de fallamiento activo (Fig. 5).

Falla Cajitas. Mediante la comprobación del deslizamiento de los depósitos cuaternarios y de los rasgos morfotectónicos asociados al lineamiento de Cajitas podemos inferir que este lineamiento corresponde al trazo de una falla que ha sido activa durante el Cuaternario; las evidencias de campo para tal afirmación son:

Escarpe de falla: Se observó a lo largo de la estructura y se manifiesta con un cambio abrupto en la pendiente del terreno (Lámina 2), conformando un escalón lineal desde algunos centímetros hasta dos metros de altura. Este rasgo puede haber sido el producto del movimiento diferencial en la vertical, a lo largo de un plano inclinado 85°NW, correspondiente al plano de la falla.

Trinchera de Falla: Ubicada en la parte norte de la laguna de Cajones; consiste en una depresión lineal no asociada a proceso erosivo, que se presenta de ma-

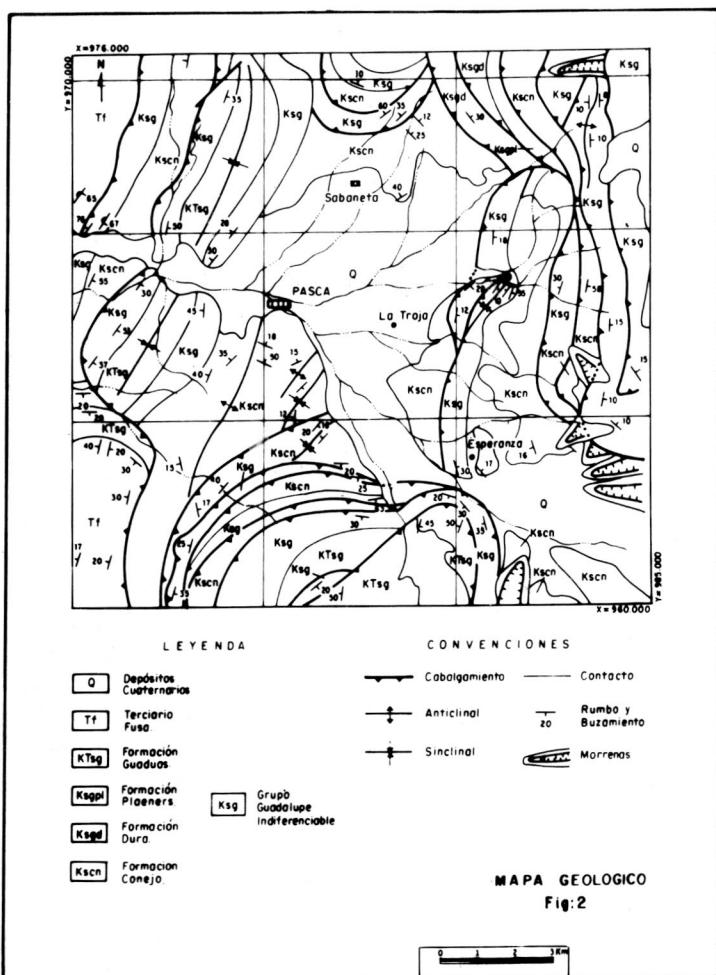


Fig. 2. Mapa geológico.

nera anómala en los depósitos cuaternarios afectados por la estructura (Lámina 3).

**Silla de falla:** Rasgo observado en la parte alta de la divisoria de aguas de las quebradas Cajones y Cajitas; consiste en una minidepresión o punto de quiebre en el perfil topográfico del área (Lámina 5).

**Lagunas de falla:** Pequeñas masa de agua alineadas a lo largo del piedemonte de la cuchilla de Los Andes, las cuales posiblemente se originaron por el represamiento de los drenajes antecedentes, debido a movimientos diferenciales del terreno tanto en la vertical como en la horizontal. En el sector de Cajitas se presentan dos lagunas contiguas separadas por un escarpe, el cual coincide con el trazo de la falla. La laguna mayor es de origen glacial, debido a que se encuentra rellenando una zona deprimida comprendida entre un circo glacial y depósitos de morrenas laterales y frontales, mientras que la laguna satélite ha sido el producto de un evento tectónico posterior (Lámina 4) el cual posiblemente dislocó los depósitos de morrena que confor-

maban la barrera de la laguna mayor, generando una zona levantada al oriente; este evento dividió la laguna en dos masas contiguas.

**Deslizamientos:** Movimientos de masas, en especial de depósitos cuaternarios, con dimensiones variables que se presentan en algunos sectores a lo largo de la falla. Estas zonas de inestabilidad pueden estar asociadas con el fracturamiento del material rocoso y de la dinámica de la estructura (Lámina 1).

Con base en el desplazamiento relativo de los depósitos de las morrenas, ubicadas en el piedemonte de las lagunas y la evidencias morfotectónicas, se sugiere para la falla Cajitas un movimiento lateral derecho cuya magnitud, en la morrena ubicada al norte de la laguna Cajitas, es de tres metros; en esta misma localidad se observó un movimiento en la vertical no mayor a 2 m, con el bloque oriental levantado; sin embargo, a partir de perfiles geoeléctricos de secciones transversales en vecindades de la laguna, se ha calculado un desplazamiento vertical de 18 m (INGEOMINAS 1996).

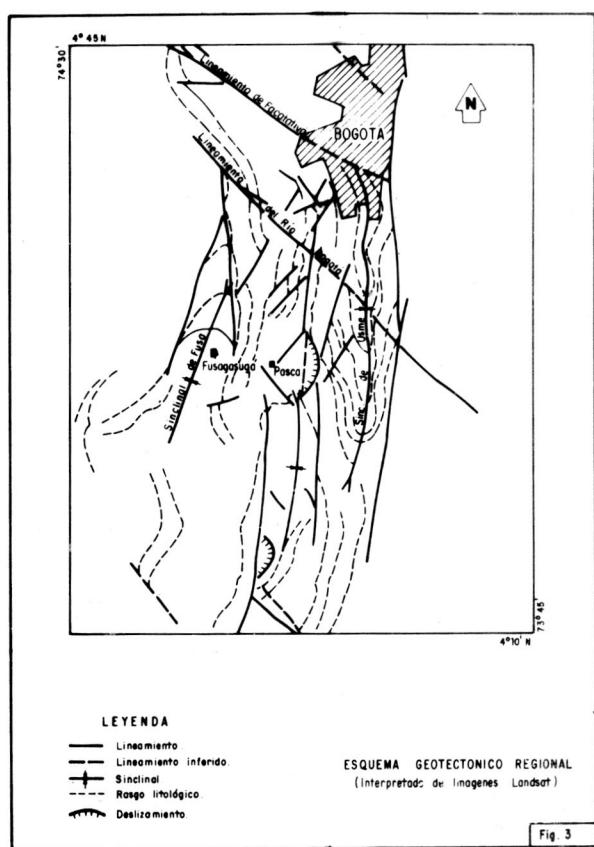
Según VAN DER HAMMEN (1958), el último avance glacial asociado a los depósitos del área, ocurrió en el episodio Würm -Wisconsin entre 77000 y 10000 años, lo que indica que esta falla ha presentado eventos de edad más reciente.

**Análisis de otros rasgos lineales.** El lineamiento de la escuela El Tendido corresponde a otra falla activa durante el Cuaternario; esta estructura converge en su prolongación hacia el norte con la falla de Cajitas lo que sugiere que pueden conformar un mismo sistema.

Los lineamientos de El Bosque, Juan Viejo y Corrales delimitan un área triangular, en cercanías del municipio de Pasca, constituida por los depósitos fluvioglaciares basculados, levemente plegados y con drenajes entallados; estos rasgos pueden haber sido ocasionados por fenómenos neotectónicos o movimientos gravitacionales locales.

## CONCLUSIONES

Los lineamientos observados con dirección



**Fig. 3. Esquema geotectónico regional (Interpretado de imágenes Landsat).**

Norte - Sur, corresponden al trazo de varias fallas que han sido activas durante el Cuaternario; una de estas estructuras, la Falla Cajitas, presenta geoformas características de eventos tectónicos recientes, que sugieren un movimiento combinado en la vertical de aproximadamente 2 m, con el bloque oriental levantado y un leve movimiento horizontal, dextrolateral de 3 m.

Los lineamientos presentes a lo largo de los ríos Juan Viejo, Corrales y la quebrada El Bosque, pueden estar asociados a movimientos gravitacionales locales de masas inestables que han ocasionado el basculamiento y deformación de los depósitos fluvio-torrencales y de terraza aluvial.

La metodología utilizada en este trabajo, nos indica que es posible obtener una considerable cantidad de datos preliminares de procesos tectónicos recientes a partir de técnicas de teledetección.

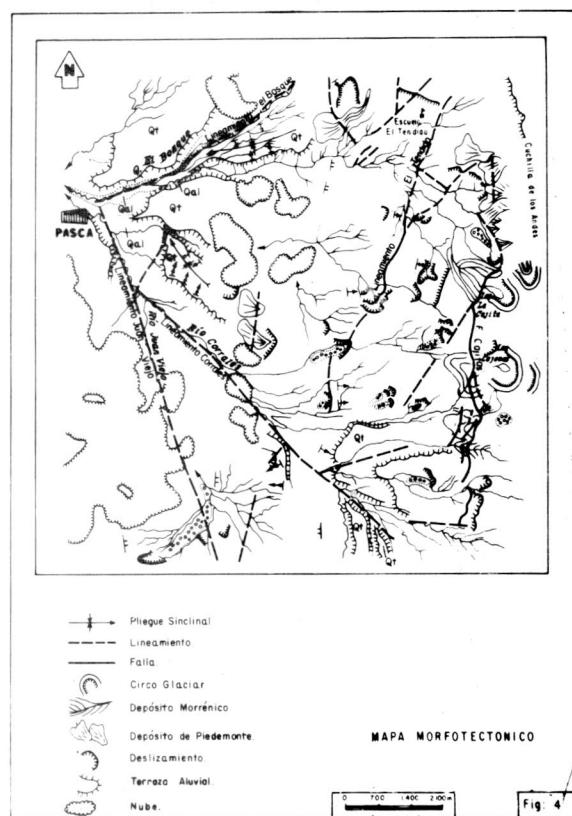
## RECOMENDACIONES

Es conveniente procesar digitalmente otro tipo de imá-

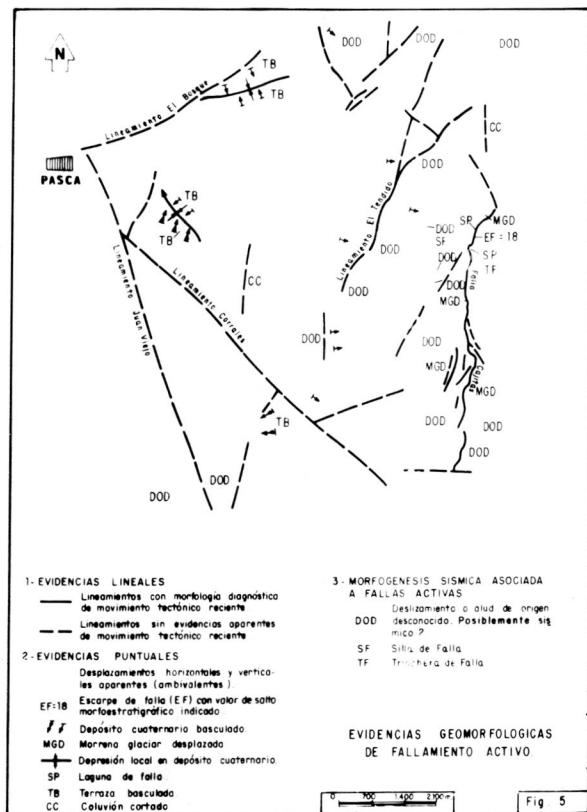
genes, tal como la Landsat TM, de mayor resolución, para complementar la información obtenida a partir de las imágenes Lansat MSS y Radar Interá; con ello podemos delimitar otros lineamientos que nos permitan aclarar las relaciones tectónicas de las estructuras regionales y locales.

Se sugiere realizar un estudio de microtectónica, a partir de la medición de estrías, estilolitos y diaclasas, en los afloramientos a lo largo del trazo de las estructuras o en sus áreas de influencia, con el objeto de procesar esta información para establecer el tensor de esfuerzos e interpretar con exactitud el tipo de falla.

Es aconsejable realizar trabajos de sismotectónica a lo largo de las fallas activas de la región, para establecer el comportamiento sísmico o asísmico de las estructuras (SALCEDO *et al.* 1996). En caso de encontrarnos ante un sistema de fallas sísmicas, es fundamental realizar un análisis de Sismicidad Histórica, a partir del registro de los terremotos ocurridos en el pasado inmediato, para tratar de establecer la recurrencia de los eventos y con ello tomar las medidas necesarias para prever o atenuar el impacto de los fenómenos naturales sobre los asentamientos humanos y obras de infraestructura del área.



**Fig. 4. Mapa morfotectónico.**



**Fig. 5. Evidencias geomorfológicas de fallamiento activo.**

No obstante que este trabajo ha enfocado su análisis en la parte oriental del Municipio de Pasca, los lineamientos detectados se pueden prolongar hasta la parte sur de la Sabana de Bogotá (CARO & GARCÍA 1987; RIVERA *et. al.* 1996), lo que sugiere que los rasgos neotectónicos tienen una escala regional; por lo tanto, se considera necesario continuar el estudio de estas estructuras hacia la ciudad de Bogotá, con el fin de establecer el riesgo que por efecto del posible comportamiento sísmico de las fallas, pueda afectar obras civiles tales como los embalses de La Regadera, Muña y Chisacá, los oleoductos y las poblaciones del área, incluyendo la parte sur de la capital del país.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INGEOMINAS por el suministro de las imágenes de satélite, fotografías aéreas y apoyo logístico para el trabajo de campo; al Doctor Hans Diederix del International Institute for Aerospace Surveys and Earth Sciences, ITC, por sus comen-

tarios, sugerencias y la capacitación recibida en el curso de especialización de Teledetección aplicada a Neotectónica, dentro del Convenio IGAC - ITC, y a la Dra. Sandra Rocío Castillo, AG&G Ltda, por la edición de este trabajo.

#### REFERENCIAS

- AMEZQUITA, C. & DELGADO, G. (1987): Interpretación geológica y ambiental de los alrededores del municipio de Pasca, Cundinamarca.- Trabajo de grado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional, Bogotá.
- CARO, P. & GARCIA, J. (1987): Zonificación geotécnica del Distrito Especial de Bogotá.- Informe 2081, Ingeominas. Santafé de Bogotá.
- GUZMAN, G.J. (1996): Evaluación neotectónica - Conceptos y discusión metodológica.- VII Congreso Colombiano de Geología, Santafé de Bogotá, Colombia.
- HUBACH, E. (1957): Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia.- Inf. 1212. Serv. Geol. Nal, Bogotá.
- IGAC - ITC, (1989): Segundo Curso Latinoamericano de Neotectónica.- Guías de curso, Santafé de Bogotá.
- LAVERDE, F. (1979): Estratigrafía, facies y espesor de la Formación Guaduas.- Inf. 1982. Ingeominas, Bogotá.
- MENDIVELSO, D. (1987): Geomorfología aplicada a la identificación y zonificación de riesgos naturales.- I.T.C. Enschede. Holanda.
- PEREZ, G. & SALAZAR, A. (1978): Estratigrafía del Grupo Guadalupe.- Geol. Col. No. 10. Univ. Nal. Col., Bogotá.
- RENZONI, G. (1962): Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá.- Boletín Geológico, Serv. Geol. Nal., Vol. X, No. 1-3, Bogotá.
- (1968): Geología del Macizo de Quetame.- Geol. Col. No. 5. Univ. Nal. Col., Bogotá.
- RIVERA O., A.; PÉREZ C., R. & VASQUEZ A., L. (1996): Modelo Geofísico - Estructural de la Cuenca de Santafé de Bogotá y alrededores.- VII Congreso Colombiano de Geología, Santafé de Bogotá, Colombia.
- SALCEDO H., E.; GOMEZ C., A. & RIVERA P., C. (1996): Deformación y desplazamiento de bloques corticales en la zona de falla del borde llanero colombiano.- Seminario de Sismotectónica del Borde Llanero Colombiano, Ingeominas, Santafé de Bogotá, pgs. 67-81.
- VAN DER HAMMEN, T. (1958): Estratigrafía del terciario y Maestrichtiano continental y tecnogénesis de los Andes Colombianos.- Bol. Geol. Vol. VI. Geol. Nal. Bogotá.

Manuscrito recibido, Julio de 1999.

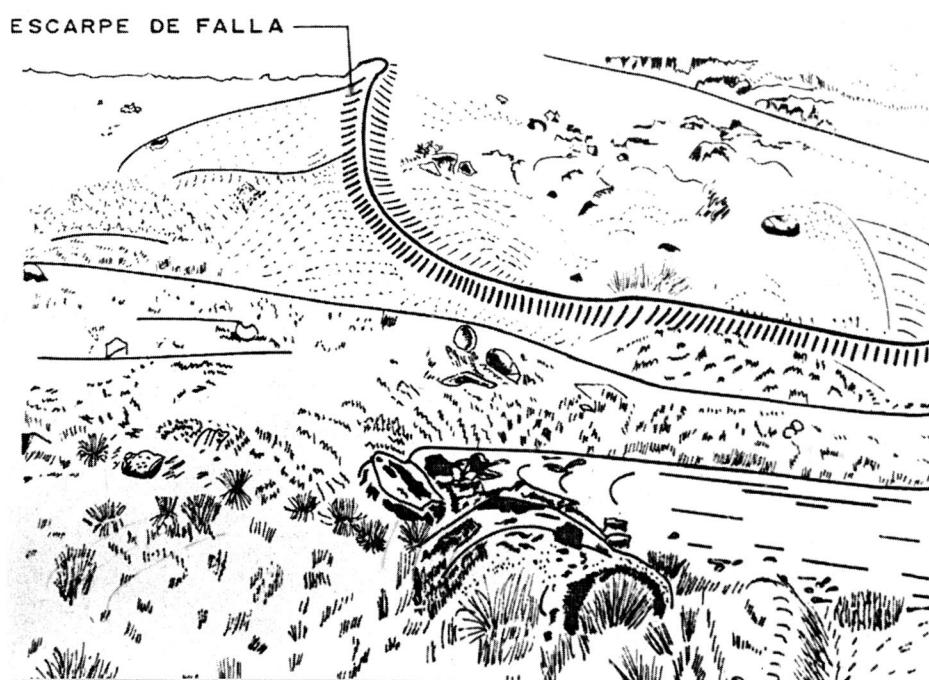


Lámina 2. Escarpe de falla, morrena Cajitas.

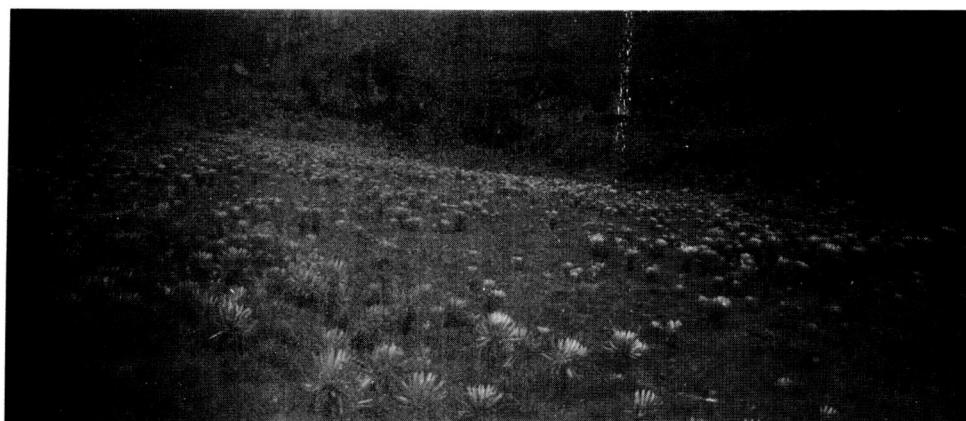


Lámina 3. Escarpe y trinchera de falla, morrena Cajones.

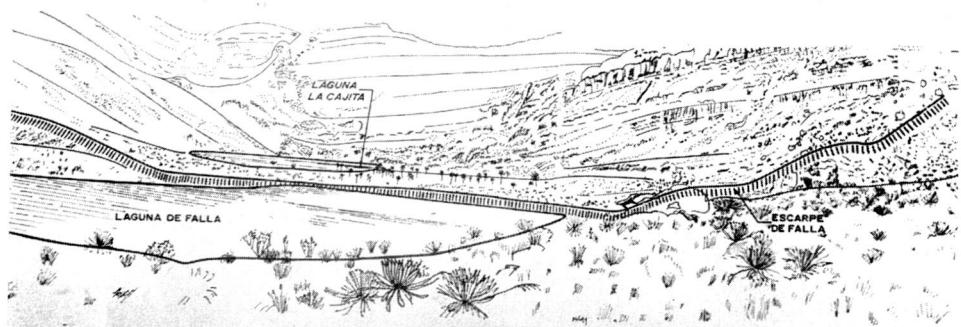


Lámina 4. Laguna y escarpe de falla.

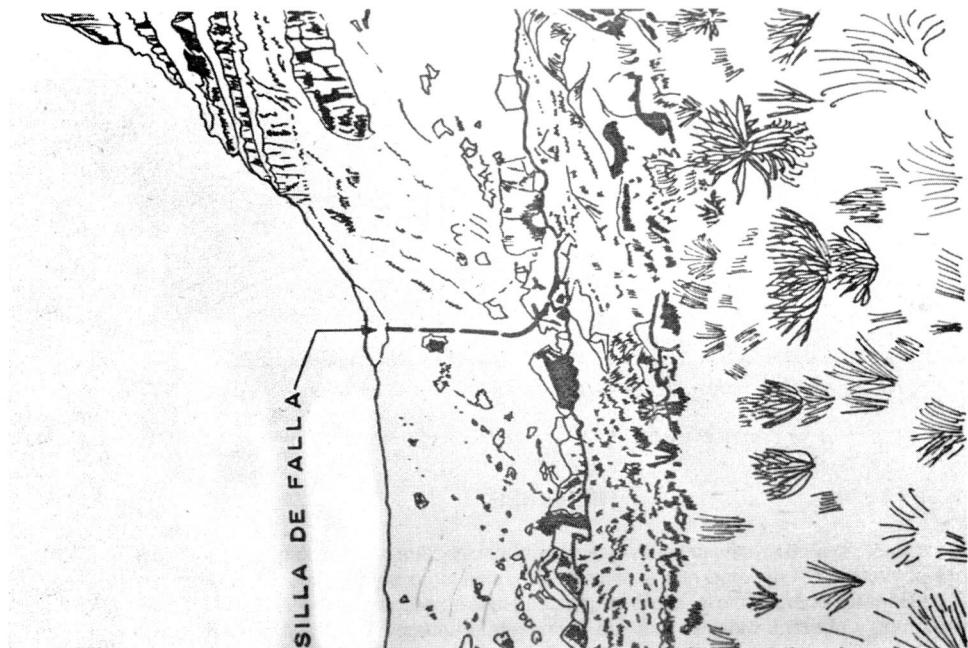


Lámina 5. Silla de falla en la morrena Cajones.

