

# Rasgos morfológicos de la tectónica Cuaternaria en el Suroccidente de Colombia.

LUIS A. MURCIA<sup>1</sup>

## RESUMEN

El desarrollo morfológico del SW de Colombia durante el Cuaternario, ha estado íntimamente relacionado con un tectonismo ligado a un límite activo de placas producido por la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Andina. Esta tectónica cuaternaria, activa hasta nuestros días ha dado lugar a diferentes procesos los cuales inciden en el desarrollo morfológico de la región y entre los cuales se pueden citar los siguientes: 1) Desarrollo de vulcanismo asociado a grandes fallas. 2) Levantamiento rápido de la región sugerido por la presencia de niveles altos de terrazas con respecto a los niveles de base de los ríos. 3) Fallamiento activo como en el caso de la Falla de Romeral y Falla del río Guaitara, las cuales afectan a depósitos pleistocénicos en inclusive a algunas obras de ingeniería civil. 4) Actividad sísmica.

## ABSTRACT

The morphological development of the southwestern Colombia during the Quaternary has been intimately related to active plate margin tectonics produced by subduction of the Nazca Plate beneath the Andean Plate. The quaternary tectonics, active even today, has given rise to various processes influencing the morphological development of the area as follows: 1) Development of volcanism associated with large scale faults. 2) Rapid regional uplift indicated by high level terraces respect to the base-level of the rivers. 3) Active faults as in the case at Romeral and río Guaitara Faults which affect pleistocene deposits and various civil engineers works. 4) Seismic activity.

## INTRODUCCION

Los Andes colombianos han sido formados desde el Paleozoico inferior por repetidas subducciones de placas litosféricas oceánicas y en el Cuaternario la parte occidental de Colombia representa un límite activo de placas donde hay subducción de la Placa de Nazca bajo el Bloque Andino, lo cual se traduce en un tectonismo Cuaternario-reciente que a veces se aprecia mejor por rasgos morfológicos, sobre todo en depósitos semiconsolidados o no consolidados.

Referencias de tectonismo cuaternario se encuentran en el trabajo de HERD (1974) quien menciona desplazamientos en los depósitos volcánicos del Nevado del Ruiz. KROONENBERG, *et al.* (1980), afirman que las ignimbritas de la Formación Guacacallo de edad plio-Pleistoceno han sufrido fallamiento y ARIAS y CLINE (1980) reportan evidencias de actividad cuaternaria en la Falla del Espíritu Santo, en Antioquia. Sobre fallamiento activo, ORREGO y MARIN (1980) postulan actividad reciente en el Sistema de Fallas de Romeral en el Departamento del Cauca y CLINE, PAGE, *et al.* (1980) han medido cerca a Armenia, desplazamientos asociados a las Fallas de Romeral de hasta 64 m en flujos de lodo y desplazamientos de hasta 10 m asociados a las Fallas del Cauca en depósitos cuaternarios, cercanos a Santa Fé de Antioquia. Estos mismos autores indican que el grado de actividad de las Fallas de Romeral es bajo a moderado (0,2 - 0,6 mm/año) y en las Fallas del Cauca es de bajo a muy bajo (0,4 mm/año). MURCIA, *et al.* (1981) afirman que los sedimentos pleistocénicos de la depresión Cauca - Patía, presentan evidencias de tectónica de bloques y fallamiento reciente, pero no se encuentran afectados por plegamiento.

## MARCO TECTONICO

En la Figura 1 se observa que Colombia está localizada en la esquina noroccidental de Suramérica donde están convergiendo las placas de Cocos, Nazca, Caribe, Suramericana y una pequeña denominada Bloque Andino. Durante el Mioceno, la Placa de Farallones se consumió rápidamente y dió origen a la formación de las placas de Cocos y de Nazca, las cuales están separadas en su parte NW por el Sistema de Fracturas de Panamá y en su parte sur por la Dorsal de Galápagos.

En el SW de Colombia, la Placa de Nazca está subduciendo bajo el Bloque Andino en la fosa Ecuador-Colombia

y en esta parte la placa oceánica tiene una edad de  $20^1$  de años, su rata de expansión es de 6,5 cm/año y el movimiento de la placa no es perpendicular al bloque Andino sino que lo hace en un ángulo de  $45^\circ$  (MEISSNER, *et al.*, 1980). Los movimientos adicionales del continente al occidente (2 cm/año) y un movimiento de rumbo de dirección N-S que parte de la Dorsal de Galápagos, da una dirección ENE a la placa subducente. Algunas fallas con aproximadamente igual dirección, como el Sistema Romeral con rumbo NNE y con movimientos de rumbo y dextrales pueden ser la prolongación en tierra de fallas de transformación de la Placa de Nazca.

A unos 200 km costa afuera se ha detectado un anticlinal poco profundo en cuya cima se encuentra un graben bien desarrollado, cuya estructura tensional llega al menos hasta el manto superior (FLUH, 1977). Esta estructura tensional parece estar relacionada con un levantamiento de la corteza oceánica antes de su descenso bajo el continente y marca el inicio de la subducción de la Placa de Nazca (MEISSNER, *et al.*, 1977). Algunos autores basados en estudios de flujo térmico y de reflexión continua postulan que esta estructura parece ser una versión marina de una dorsal en expansión reciente tal como las fracturas de África oriental y del Baikal (WADE, *et al.*, 1977).

La dorsal asísmica de Carnegie, producida por la actividad de un punto caliente (hot spot) colisionó con la Placa Suramericana, separó la Fosa de Perú-Chile y la Fosa Ecuador-Colombia que en un tiempo eran una sola e involucró en el desarrollo tectónico una pequeña placa denominada Bloque Andino que según PENNINGTON (1979) se está moviendo en dirección NNE con respecto a la Placa Suramericana de la cual está separada por una zona de falla que sigue la terminación oriental de la Cordillera Oriental.

Los estudios recientes de CLINE, HUTCHINGS, PAGE and JARAMILLO (1980) han permitido definir los límites de esta pequeña placa con las adyacentes: a) Al occidente, contacto con la Placa de Nazca es la Fosa Ecuador - Colombia. b) Hacia el sur, el Bloque Andino llega hasta Ecuador Central (Amatope Cross). c) Hacia el oriente, está separada de la Placa Suramericana por una zona de falla que sigue la terminación oriental de la Cordillera Oriental y por las fallas de San Sebastián y Bocono en Venezuela. d) Hacia el norte, su límite con la placa del Caribe está dado por un gran sistema de fallas (Colombian-Venezuela Overthrust Zone) donde la placa del Caribe subduce.

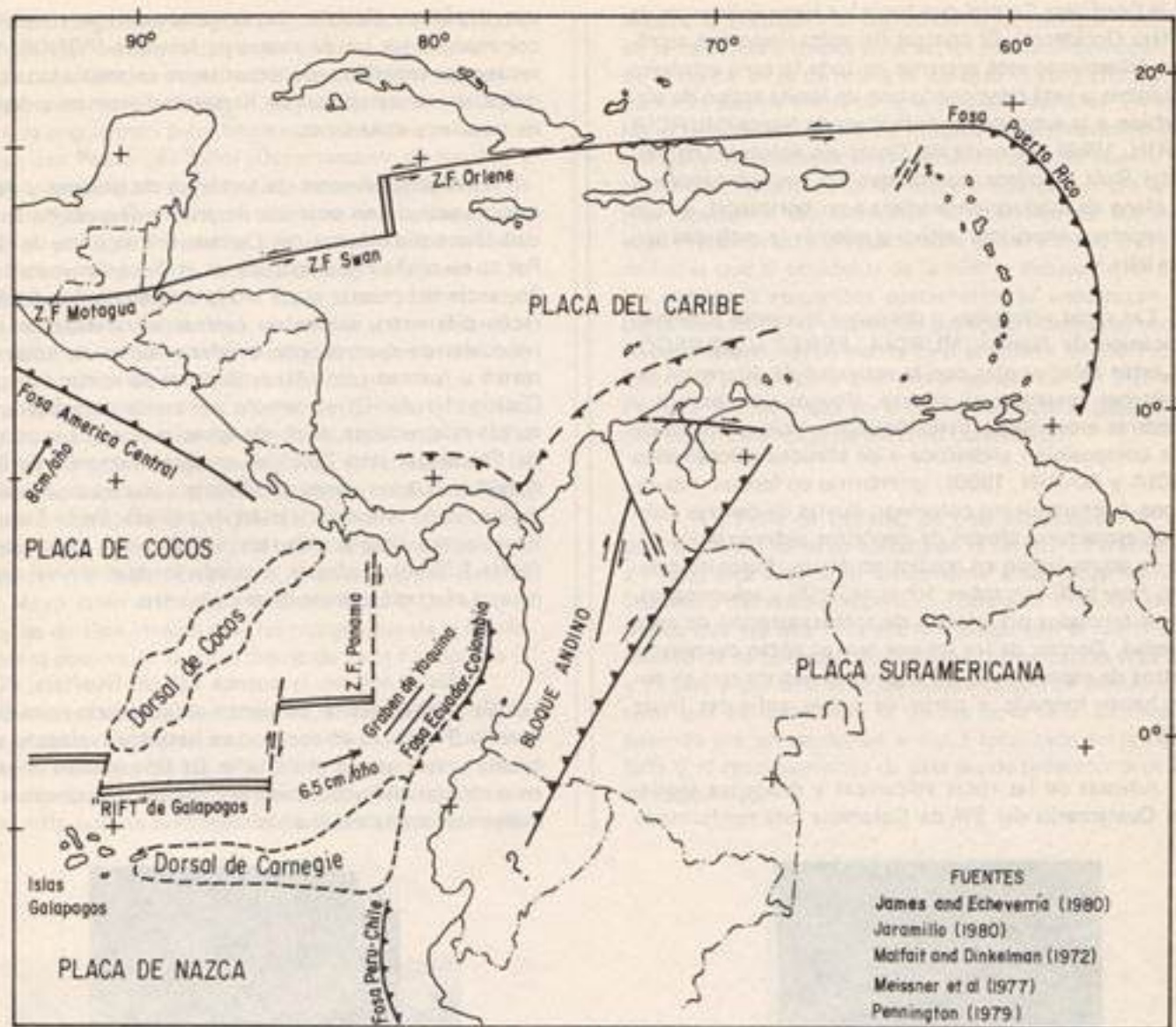


FIGURA 1.— Mapa geotectónico de la parte NW de Suramérica.

## GEOLOGIA Y TECTONICA CUATERNARIA

Posterior al relleno sedimentario de edad Eoceno medio - Plioceno en la Fosa Valle Patía - Altiplano Nariñense, se produjo en el SW de Colombia una actividad volcánica, la cual abarcó extensas áreas de la Cordillera Occidental, de la Cordillera Central y de la misma fosa.

Analizando diversas geoformas en el Departamento de Nariño, se han detectado numerosos focos volcánicos

erosionados los cuales están controlados por tectónica de fallamiento y con un tren estructural NE, paralelo al de la Cadena Andina (Fig. 2). Según la posición geográfica y el grado de erosión de los focos volcánicos, se puede pensar en que los focos orientales son más antiguos y que en un tiempo el vulcanismo se hacía más joven en un sentido E-W hasta que algún fenómeno relacionado seguramente con cambios en la velocidad de la placa subducente hizo que el vulcanismo fuera más joven en dirección contraria (W-E) y actualmente la actividad volcánica se desarrolla más hacia el

eje de la Cordillera Central que hacia los focos volcánicos de Cordillera Occidental. El control del vulcanismo por tectónica de fallamiento está presente en toda la zona volcánica de Colombia y está relacionado con un límite activo de placas, debido a la subducción de la Placa de Nazca (MURCIA y MARIN, 1980). Al norte del Complejo volcánico del Nevado del Ruiz - Tolima, parece que no hay subducción o que el plano de subducción tendiera a ser horizontal, ya que no se registra vulcanismo activo y además la actividad sísmica es baja.

Las rocas volcánicas y depósitos asociados (Complejo Volcánico de Nariño. MURCIA, PEREZ y ORREGO, 1981) están relacionadas con la actividad de diferentes estratovolcanes presentes en el área, algunos ya inactivos y con calderas erosionadas. Estos depósitos incluyen flujos de lava de composición andesítica y de afinidad calcoalcalina (MURCIA y MARIN, 1980), ignimbritas en formas tabulares y con fracturamiento columnar, lluvias de cenizas (ash-fall) con estructuras típicas de depósitos sedimentarios debido a su acumulación en medios acuáticos, flujos de cenizas (ash flow tuff) con tobas, tobas de lapilli y aglomerados, y lahares formados por efectos de sobresaturación de agua y gravedad. Dentro de los lahares que alcanzan centenares de metros de espesor, existen algunos depósitos que se pudieron haber formado a partir de nubes ardientes (nués ardents).

Además de las rocas volcánicas y depósitos asociados, el Cuaternario del SW de Colombia está conformado



Fotografía A - Desplazamientos hasta de un metro en suelos residuales de diabasas con intercalaciones de cenizas, km 51,5 de la carretera Panamericana a Pasto.

por depósitos glaciales cuyas características morfológicas corresponden a las de morrenas laterales (PONCE, 1979), secuencias sedimentarias depositadas en medio lacustre con delgadas intercalaciones de tierras de diatomeas y depósitos de terrazas y coluviones.

Algunos eventos de tectónica de bloques y de fallamiento activo han ocurrido durante y después de la actividad lávico-piroclástica del Complejo Volcánico de Nariño. Por la carretera Panamericana en el Departamento de Nariño, antes del puente sobre el río Juanambú (km 51,5) aparecen diferentes niveles de cenizas intercaladas en suelos residuales de diabasa, con desplazamientos de hasta de un metro y forman pequeñas estructuras parecidas a un graben (Fotografía A). Otro ejemplo de tectonismo Cuaternario, quizás más reciente, se puede apreciar cerca de la población de Chachagüí (km 28,5) en el Departamento de Nariño donde se pueden observar diferentes niveles de paleosuelos derivados de la meteorización de cenizas. En la Fotografía B se notan desplazamientos en un nivel de paleosuelos (hasta 1.30 m) y además se puede ver que el nivel superior no está afectado por ese desplazamiento.

Más al sur, en la cuenca del río Guaítara, PONCE (1979) afirma que el conjunto sedimentario-volcánico de Puerres (Plioceno) se encuentran bastante replegado y fracturado y que varias microfallas de tipo inverso orientadas en dirección NW y buzando al E, se pueden observar en la margen oriental de dicho río.



Fotografía B - Desplazamiento de hasta 1,30 m en paleosuelos, cerca a Chachagüí.

Otro rasgo morfológico importante en este estudio es el análisis de las terrazas, ya que en estos depósitos regularmente consolidados deben reflejarse de alguna manera la tectónica cuaternaria-reciente. Cerca de donde el Valle del Patía se va angostando paulatinamente hasta desaparecer en el graben San Pedro - El Peñol (Departamento de Nariño) y en el sitio denominado La Horqueta entre la confluencia de los ríos Curiaco y Guaítara, se observan niveles de terrazas localizadas en sitios muy altos con respecto a los actuales niveles de base de los ríos, lo que puede ser reflejo de un levantamiento rápido de la región. Es interesante anotar que algunas terrazas se encuentran agrietadas y con pequeños desplazamientos en los niveles arenáceos lo que es un indicio de tectonismo. Cerca de la confluencia de los ríos Patía y Mayo aparecen diferentes niveles de terrazas y se nota muy bien que las terrazas del río Patía están más elevadas que las del río Mayo lo que puede estar relacionado con levantamientos asociados al Sistema de Fallas Cauca-Patía, que pone en contacto la Cordillera Occidental con el Valle del Patía y que en este sitio está cubierta por los niveles de terrazas del río Patía. Es posible que las mismas terrazas del río Mayo estén afectadas por tectonismo y que algunas microfallas de tipo inverso sean las responsables de la morfología que se observa en la parte izquierda de la Fotografía C.

En cuanto a fallamiento activo, en la sección Tangua-Ipiales se observan una serie de alineamiento del río Guaítara con orientación NS-NE (Fig. 2), lo que sumado a escarpes y a derrumbes activos, confirman la presencia de una zona de falla que ha sido reactivada. Asociado a este falla-

miento se encuentra el derrumbe de La Josefina, localizado en la carretera a Ipiales en el sector Pilcuán - San Juan, donde la banca en la carretera se colapsó (Fotografía D) y hubo necesidad de construir una pequeña variante. En este sitio el fallamiento activo ha influido en la socavación lateral del río y actualmente se observan coronas de nuevos deslizamientos. Al oriente de la Falla del Guaítara aflora la parte más occidental del Complejo Migmatítico de Nariño, de edad Precámbrico (correlacionable con el Escudo Guayanés) mientras que al occidente de la misma, debajo de los potentes depósitos volcánicos cuaternarios se encuentran rocas pertenecientes a las secuencias básicas cretáceas del occidente colombiano, razón por la cual se infiere que la Falla del Guaítara pertenece a una prolongación sur del Sistema de Falla de Romeral que en profundidad separa rocas de afinidad oceánica y rocas de afinidad continental.

La Falla de Lallana, de tren estructural NE y que pasa cerca del túnel de Lallana en la carretera Panamericana a Pasto, está afectando únicamente a las rocas del Grupo Diabásico (Cretáceo superior - Terciario inferior) pero se piensa que sea una falla activa a juzgar por el fuerte alineamiento de la quebrada Lallana con otros cauces más al NE y al SW, y por una serie de boquerones y de derrumbes activos que coinciden con la terraza de la falla. El túnel está pasando por un derrumbe antiguo localizado en la zona de falla y el reactivamiento de ésta puede presentar problemas de estabilidad.



Fotografía C — Vista al sur de las terrazas del río Mayo y contraste morfológico en su flanco oriental debido al tectonismo Cuaternario.



Fotografía D — Aspecto del colapso de la banca de la carretera en el sitio La Josefina, vía Pilcuán - Ipiales.

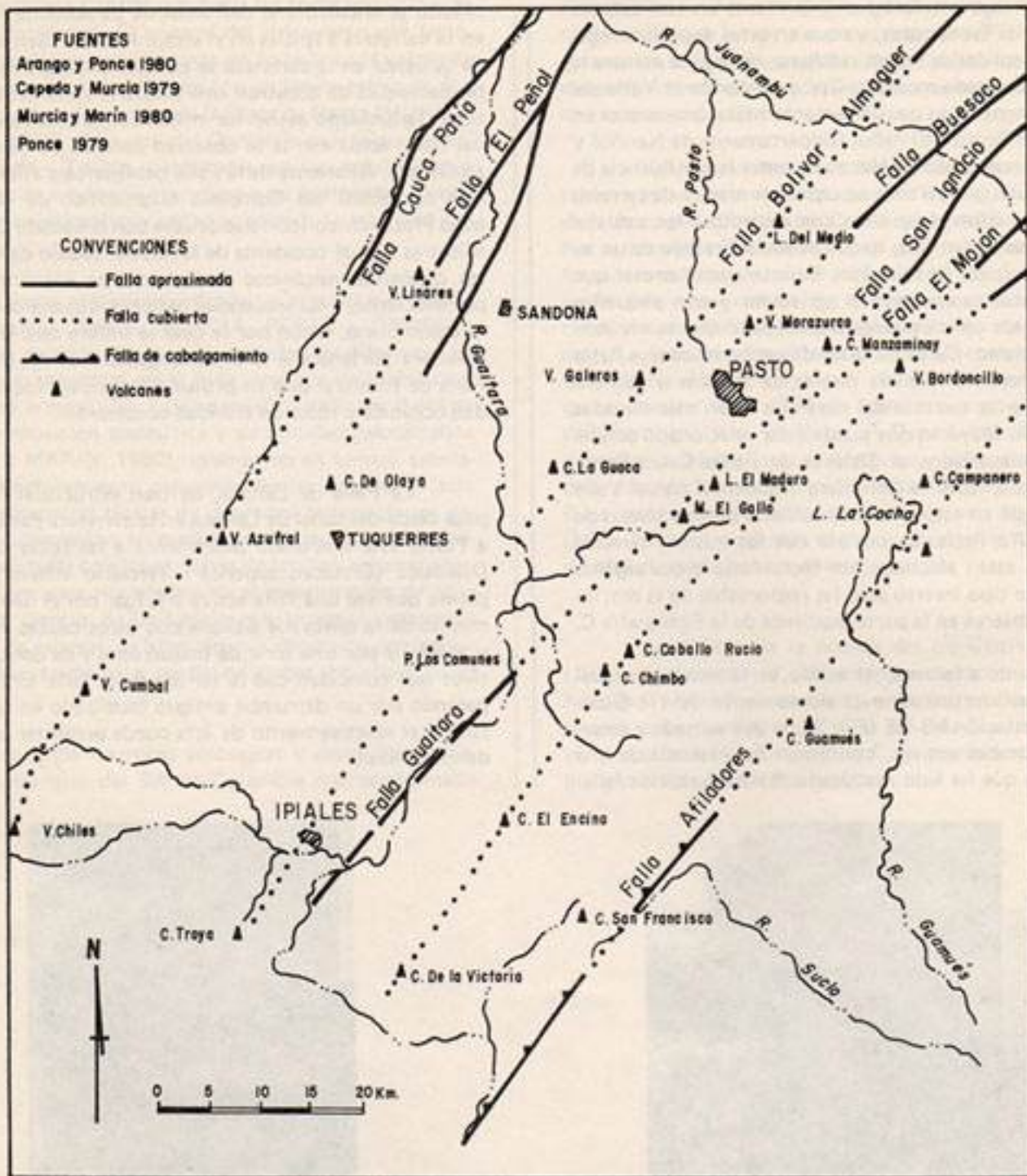


FIGURA 2.— Relación entre vulcanismo y tectónica de fallamiento en el Departamento de Nariño.

Un poco al occidente de la confluencia de los ríos Pasto y Juanambú, además de deslizamientos de ladera y alineamientos en los drenajes, se observa que en el sitio donde la quebrada Saraconcho desemboca en el río Juanambú se han formado terrazas escalonadas donde se pueden contar hasta 8 niveles y el espesor total de esas terrazas no sobrepasan los 50 m lo cual da una idea del levantamiento rápido de esa región.

Es muy posible que algunos deslizamientos y derrumbes estén relacionados con actividad sísmica, la cual está relacionada con los fenómenos de subducción. Los estudios de MEISSNER, *et al.* (1977) han encontrado que la sismicidad superficial comienza al este del graben de Yaquina y que la zona de Benioff está inclinada con un ángulo de 45°. Los sismos más fuertes del SW de Colombia han sido los de Tumaco en 1906 con una magnitud de 8,8, el de 1958 con una magnitud de 7,8 y el del 12 de diciembre de 1979 con una magnitud de 7,9, el cual estuvo acompañado por tsunamis y hubo subsidencia en la región costera de hasta 1,6 m. Para explicar el por qué estos sismos se generan cerca de Tumaco, PENNINGTON (1979) ha sugerido que al NW del Ecuador hay una zona de Benioff adicional que buza NNE.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

En base a datos geomorfológicos y geológicos, se puede afirmar que en el suroeste de Colombia ha existido durante el Cuaternario una tectónica de bloques y de fallamiento, que continúa hasta nuestros días. Por lo general el fallamiento activo está asociado con el trazo de grandes fallas que ya existían, las cuales fueron reactivadas y afectan a los depósitos del Pleistoceno-Reciente.

Este reactivamiento de fallas, sumado a sismicidad con terremotos de magnitud hasta 8,8 en el área de Tumaco y el desarrollo de un volcanismo activo a unos 150 km adentro de la actual línea de costa, está relacionado con la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo el Bloque Andino, lo que le da al SW de Colombia la imagen de un límite activo de placas litosféricas en el Cuaternario - Reciente.

## REFERENCIAS CITADAS

ARANGO, J.L. y PONCE A. Reseña explicativa del mapa geológico del Departamento de Nariño: Informe 1818. Bogotá. INGEOMINAS. 88 p. 1 mapa. 1980.

ARIAS, L. A. y CLINE, K.M. Fallamiento Cuaternario en la Falla Espíritu Santo al norte de Puerto Valdivia, Antioquia, Colombia: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia. Resúmenes, 48 p. Bogotá. 1980.

CLINE, K.M., HUTCHINGS, L., PAGE, W.D. and JARAMILLO, J. M. Quaternary tectonics of Northwest Colombia: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia. Resúmenes, 48 p. Bogotá. 1980.

CLINE, K. M., PAGE W. D., ARIAS, L.A., BENALCAZAR, L.G., GILLIAM, M.L., CLUFF, L.S. and LOPEZ, J.H. Quaternary activity on the Romeral and Cauca faults, Northwest Colombia: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia. Resúmenes, 48 p. Bogotá. 1980.

FLUH, E. R. Additional gravity interpretation along the active plate boundary in south west Colombia: IN "The Ocean-Continent transition in SW Colombia (Ramírez, J. E. and Aldrich, L.T., eds)", Instituto Geofísico, Universidad Javeriana, p. 199-203. Bogotá. 1977.

HERD, D.G. Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic Complex, Cordillera Central, Colombia: Thesis University of Washington, 79 p. 1974.

JAMES, D. and ECHEVERRIA, L.M. Geochemical studies of komatiites and late Cenozoic calc-alkaline volcanic rocks in the Southwest Colombia: Research Proposal submitted to the National Science Foundation, 34 p. Washington. 1980.

JARAMILLO, J.M. Petrology and geochemistry of the Nevado del Ruiz volcano, Northern Andes, Colombia: Thesis University of Houston, 171 p. 1980.

KROONENBERG, S., LEON, L. A., PASTANA, J. M. de N. y PESSOA, M.R. Ignimbritas Plio-Pleistocenas en el Suroeste de Huila, Colombia y su influencia en el desarrollo morfológico: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia. Resúmenes, 48 p. Bogotá. 1980.

MALFAIT, B.T. and DINKELMAN, M. Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate: Geol. Soc. Am. Bull., 83, p. 251-272. 1972.

MEISSNER, R. O., FLUH, E. R. STIBANE, F. and BERG, E. Dynamics of the active plate boundary in south west Colombia according to recent geophysical measurements: IN "The Ocean-Continent transition in SW Colombia (Ramírez, J. E. and Aldrich, L.T., eds)", Instituto Geofísico, Universidad Javeriana, p. 157-198, Bogotá, 1977.

MEISSNER R., FLUH, E.R. y MUCKELMANN, R. Sobre la estructura de los Andes Septentrionales - Resultados de Investigaciones geofísicas: EN "Nuevos resultados de la investigación geocientífica alemana en Latinoamérica", p.79-90, Berlín, 1980.

MURCIA, L. A. y MARIN P. Petrología y petroquímica en lavas recientes de algunos volcanes en Colombia: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia, 30 p. Bogotá. 1980.

MURCIA, L. A., PEREZ, G. y ORREGO, A. Reconocimiento geológico. Extremo Sur de la Depresión Cauca-Patía: Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, 81 p. Bogotá. 1981.

ORREGO, A. y MARIN P. Problemas geológicos de la carretera Panamericana en el tramo Timbío - Rosas y alrededores de La Sierra, Departamento del Cauca: I Seminario sobre el Cuaternario de Colombia, 30 p. Bogotá. 1980.

PONCE, A. Anotaciones sobre la geología del sur-oriente del Departamento de Nariño: Informe 1769. Bogotá. INGEOMINAS. 53 p. 1 mapa. 1979.

PENNINGTON, W.D. The subduction of the Eastern Panamá Basin and the seismotectonics of Northwestern South America: Thesis University of Wisconsin-Madison, 126 p. 1979.

WADE, U.S., LISTER, R. B. and LEWIS, T.R. Seismic refraction over Malpelo ridge: IN "The Ocean-Continent transition in SW Colombia (Ramírez, J. E. and Aldrich, L.T., eds)", Instituto Geofísico, Universidad Javeriana, p. 209-220. 1977.

• • •