

Morfotectónica y dataciones del fallamiento activo del piedemonte llanero, Colombia, Sudamérica

Kim Gregory Robertson*

Universidad Nacional de Colombia

Resumen: Sobre el piedemonte llanero en la región central de Colombia, se aprecian numerosas evidencias de fallamiento activo asociado al Sistema de Falla del Borde Llanero. Este trabajo presenta los resultados de estudios geomorfológicos entre Villavicencio y Yopal, con énfasis en los procesos morfotectónicos. Las técnicas empleadas incluyen interpretación de imágenes de satélite, fotointerpretación regional y detallada complementada con análisis morfodinámico, estratigrafía y datación relativa y absoluta de los depósitos cuaternarios con C14. La expresión morfotectónica de este sistema de fallas activas incluye escarpes de fallas, terrazas colgantes y basculadas, plegamiento reciente en depósitos y control de drenaje. Escarpes de falla que varían entre 90 y 350 metros desde Restrepo, Meta, hasta Monterrey, Casanare, respectivamente, mientras pliegues cuaternarios alcanzan un mínimo de 150 metros en la región de Villanueva, Casanare. Evidencias morfotectónicas en los depósitos cuaternarios indican una deformación progresiva del piedemonte llanero en la región central de Colombia, siguiendo el estilo estructural del Terciario con predominio de plegamiento y fallamiento inverso que migra llano adentro. Aunque la correlación de los depósitos y los escarpes de fallas está todavía en investigación, datos preliminares indican tasas locales de levantamiento de hasta 9 mm/a en algunas fallas activas.

Palabras clave: Colombia, piedemonte llanero, neotectónica, geomorfología, dataciones C14.

Morfotectônica e datações do falhamento ativo do piedmont dos llanos, Colômbia, América do sul

Resumo: Sobre a planície do piemonte, na região central da Colômbia, observam-se numerosas evidências de falhamento ativo associado ao Sistema de Falhas da Borda da Planície. Este trabalho apresenta os resultados de estudos geomorfológicos entre Villavicencio e Yopal, com ênfase nos processos morfotectônicos. As técnicas empregadas incluem interpretação de imagens de satélites, fotointerpretação regional e detalhamento complementado com análise morfodinâmica, estratigrafia e datação relativa e absoluta dos depósitos quaternários com C14 (Carbono 14). A caracterização morfotectônica deste sistema de falhas inclui escarpas de falhas, terraços suspensos e inclinados, dobramento recente em depósitos e controle de drenagem. Escarpas de falha que variam entre 90 e 350 metros, desde Restrepo, Meta, até Monterrey, Casanare, respectivamente, enquanto que dobras quaternárias alcançam um mínimo de 150 metros na região de Villanueva, Casanare. Evidências morfotectônicas nos depósitos quaternários indicam uma deformação progressiva da planície do piemonte na região central da Colômbia, seguindo o estilo estrutural do Terciário com predominio de dobramento e falhamento inverso que avança planície adentro. Ainda que a correlação dos depósitos e das escarpas de falha esteja ainda em investigação, os dados preliminares já indicam taxas locais de levantamento de até 9mm/ano em algumas falhas ativas.

Palavras-chave: Colômbia, planície do piemonte, neotectônica, geomorfologia, datação C14.

Recibido: 16 de noviembre de 2007. **Aprobado:** 21 de enero de 2008.

* grobertsonk@unal.edu.co

Morphotectonics and dating of active faulting of the llanos piedmont, Colombia, South America

Abstract: Along the llanos piedmont, multiple evidence of active faulting related to the Borde Llanero Fault Zone in central Colombia exists. The paper presents recent geomorphic and stratigraphic studies carried out between Villavicencio and Yopal with emphasis in morphotectonics. General techniques employed include the interpretation of satellite imagery, conventional photointerpretation, morphodynamics, Quaternary stratigraphy with relative and absolute dating. The morphotectonic expression includes fault scarps, folded Quaternary sediments, tilted terrace levels and drainage pattern control. Uplift along certain active faults varies between 90 and 350 meters from Restrepo, Meta to Monterrey, Casanare, while folding can be as much as 150 meters near Villanueva, Casanare. Morphotectonic evidence in quaternary deposits indicates progressive deformation of the piedmont of plains, region in central Colombia, following the Tertiary structural style with dominant folding and reverse faulting that has migrated towards the Llanos region. Although the correlation of fault scarps and deposits is still under investigation, preliminary dating of Quaternary sediments indicate local uplift rates as high as 9 mm/yr on some active faults.

Keywords: Colombia, llanos piedmont, neotectonics, geomorphology, C14 dating.

Morfotectónica y dataciones del fallamiento activo del piedemonte llanero, Colombia, Sudamérica

Introducción

Durante los últimos 25 años se han llevado a cabo varios estudios que ponen en evidencia numerosos rasgos morfotectónicos del Sistema de Falla del Borde Llanero (Goosen 1971; Page 1986; Robertson 1989 y 1995). Estudios más recientes han señalado la estrecha relación entre la dinámica fluvial, procesos sedimentológicos y la actividad neotectónica en el piedemonte llanero (Robertson 1991 y 1992). Este trabajo presenta los últimos resultados de las investigaciones adelantadas en el piedemonte llanero entre Villavicencio y Yopal sobre el desarrollo morfotectónico del Cuaternario, apoyado en correlaciones estratigráficas y dataciones con C14.

Las técnicas básicas empleadas incluyen la fotointerpretación convencional con mapeo regional y detallado para la descripción y el análisis morfotectónico. Esta información se complementa con trabajo de campo con énfasis en la descripción y análisis de los depósitos cuaternarios. La correlación morfotectónica se basa en datación relativa de suelos y paleosuelos, di-

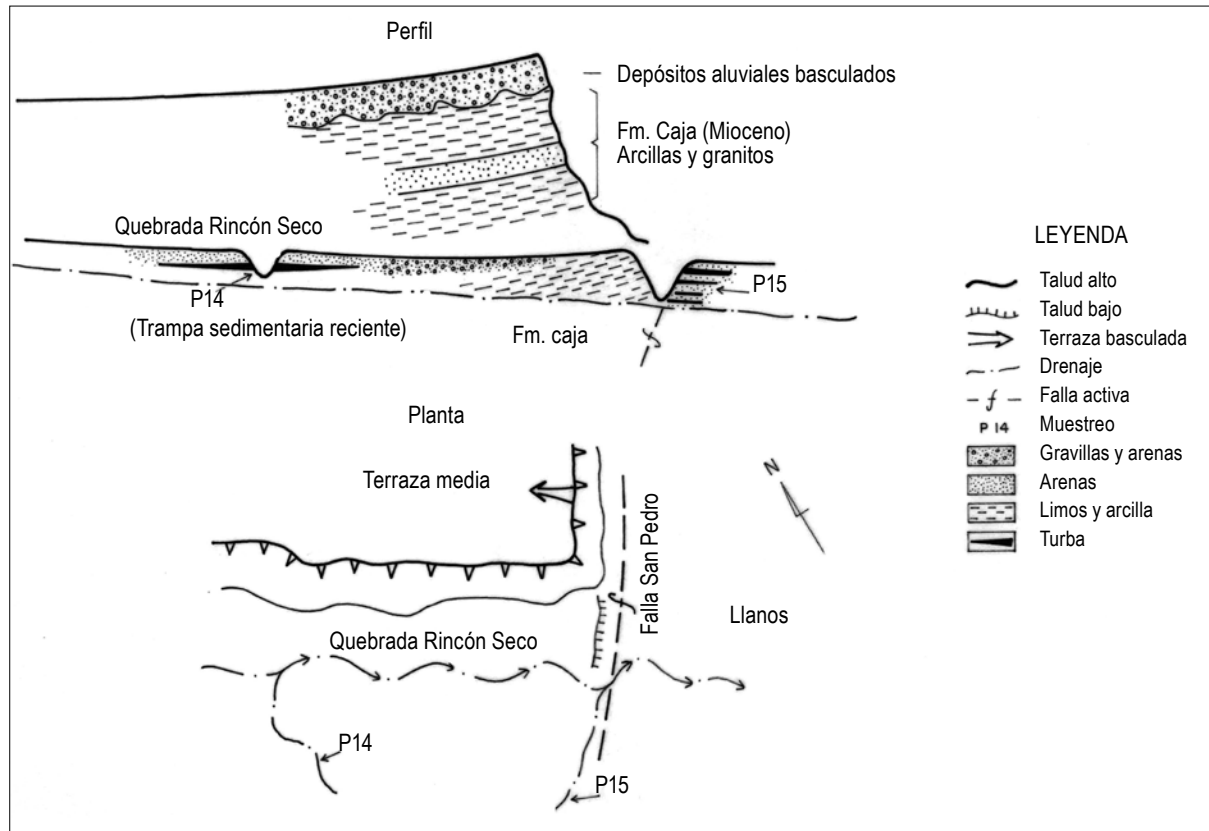
sección morfológica y perfiles de meteorización. Como complemento fundamental, dataciones absolutas con C14 elaborados en la Universidad de Groningen, Holanda, permiten precisar la evolución morfotectónica reciente en algunos sectores clave del piedemonte llanero.

Marco conceptual morfotectónico

Entre las evidencias morfotectónicas clásicas, se destacan escarpes de falla, basculamiento y plegamiento en depósitos cuaternarios (Keller 1986). El piedemonte llanero presenta una expresión morfotectónica compleja, con numerosas geoformas típicas de la actividad neotectónica a lo largo de un frente de montaña, en especial terrazas aluviales levantadas y basculadas (figura 1).

Existen indicios que complementan estas evidencias y permiten reconstruir la evolución neotectónica de la región. La inversión de la red de drenaje, generalmente asociada al basculamiento de los depósitos cuaternarios, es uno de los más comunes. La ubicación de los abanicos aluviales y sus ápices puede aportar información sobre la respuesta de los sistemas fluviales a las deformaciones neotectónicas (Lecce 1990).

FIGURA 1. Terrazas basculadas y falladas. Sector Rincón Seco, Monterrey, Casanare.



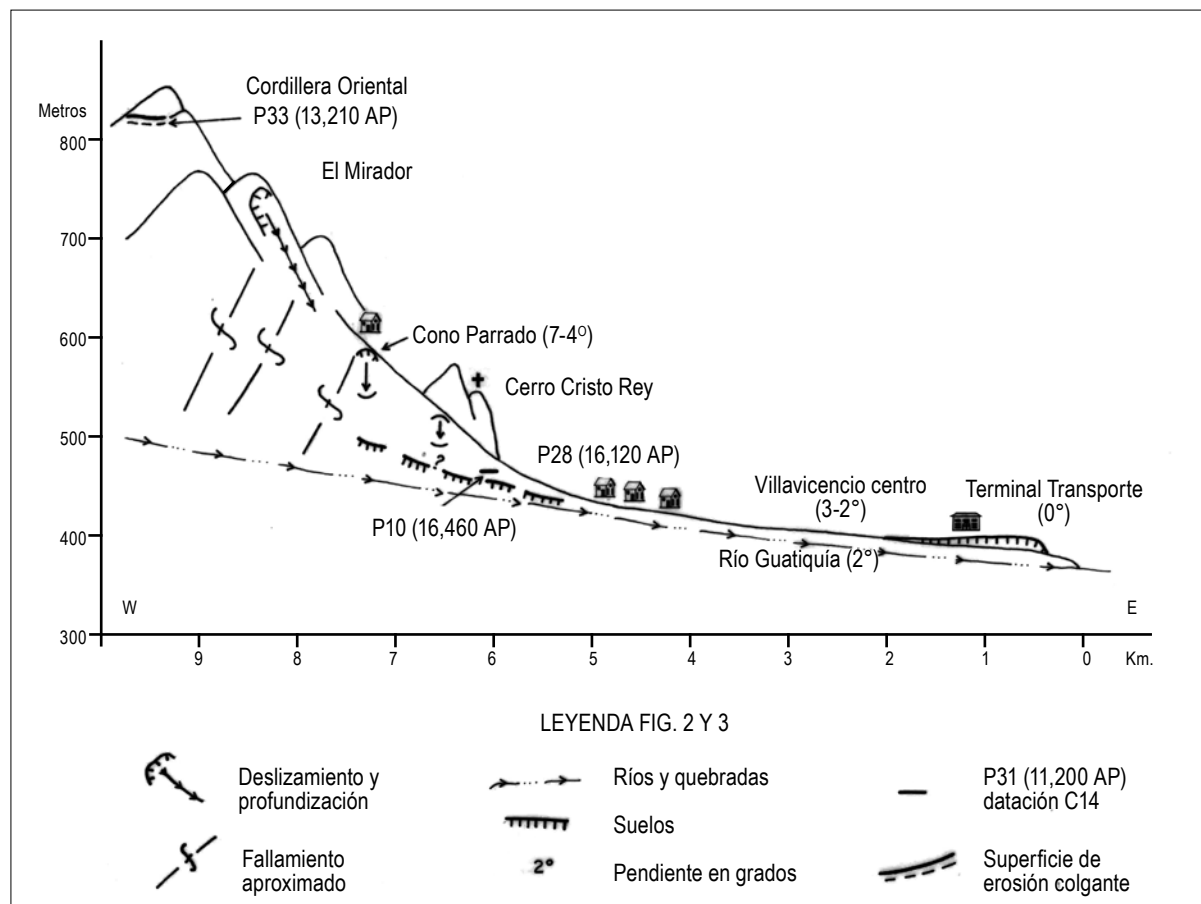
El análisis detallado de los depósitos cuaternarios, desde el punto de vista estratigráfico, puede facilitar la reconstrucción histórica del levantamiento y plegamiento mediante la identificación de periodos de truncamiento terciario, entalle de los sistemas fluviales o la presencia de terrazas erosionales, todos indicativos de levantamiento. En cambio, la existencia de depósitos torrenciales espesos, a veces interpretados como coluviones, terrazas aluviales o conos, puede servir para identificar flujos de escombros de posible origen sismotorrencial (Beaty 1974). A continuación se resumen las principales evidencias morfotectónicas del piedemonte llanero entre Villavicencio y Yopal.

Expresión morfotectónica del piedemonte llanero

Sector Villavicencio-Cumaral

Este sector presenta un frente de montaña muy abrupto con desniveles de hasta 1000 metros, asociado a escarpes de falla sobre los ápices de varios abanicos. En Restrepo, Meta, una falla con rumbo N45°E levanta el ápice del cono del río Caney en más de 90 m. (tabla 1). Deformaciones similares, a veces en forma múltiple, atraviesan el ápice del río Guacavía y Guajaray, más al norte (figura 3) siguiendo el rumbo del sistema Servitá-Restrepo (Robertson 1989). Terrazas y superficies de erosión al sur de Villavicencio evidencian un levantamiento importante de la

FIGURA 2. Conos de Villavicencio, Meta. Sector Mirador – Cono Parrado.



cordillera durante el Cuaternario a lo largo de este frente de montaña (figura 2).

Al nororiente, la falla de Cumaral, con rumbo N42°E, desplaza en forma lineal una secuencia de terrazas recientes de los ríos Guacavía, Piri y Guajaray. Los depósitos aluviales no pasan de 2 a 3 m de espesor con suelos recientes a muy recientes (inceptisoles y entisoles), lo cual indica un levantamiento reciente del bloque oriental, correspondiente a la serranía de Las Palomas.

Sector Villanueva-Tauramena

Entre Villanueva y Tauramena se desarrolla el anticlinal de La Florida (Ulloa y Rodríguez,

1981), una estructura cuaternaria con rumbo N45°E y cabeceo hacia el suroeste (tabla 1). Sobre el flanco oriental del anticlinal de La Florida, en la Mesa de San Pedro, se conserva todavía un escarpe de falla muy disectado de 175 metros de altura: la falla de San Pedro, de rumbo N45°E (Robertson 1989).

Próximo a la población de Monterrey, los depósitos cuaternarios se encuentran plegados 8° hacia el noroeste, al igual que la Formación. Caja subyacente, evidencia del plegamiento postdeposición cuaternaria. Esta falla presenta numerosas evidencias de reactivación en la forma de escarpes recientes en terrazas de los ríos Upía, Tua, Chitamena y Cusiana. Comúnmente,

las terrazas intermedias presentan superficies basculadas de 2° a 4° hacia el noroeste, mientras los niveles aluviales recientes presentan microescarpes de 3 a 5 metros (figura 1).

Mientras los antiguos abanicos y sus niveles aluviales parten de la falla de Guaicaramo, los ápices de los abanicos recientes de los ríos Upía y Tua coinciden con el nuevo frente de deformación de la falla de San Pedro. El nuevo frente de deformación coincide con un cambio local del régimen trenzado a confinado del río Upía frente a Barranca de Upía, tendencia señalada por Schumm (1986) como criterio de levantamiento activo. Esta reubicación de los sistemas fluviales evidencia el desplazamiento de la zona de deformación hacia el oriente (Robertson 1995).

Sector Aguazul-Yopal

Desde el río Cusiana hasta Yopal se observa un frente de montaña casi único con pocas evidencias morfotectónicas directas de deformación reciente. Sin embargo, la misma morfología lineal con rocas terciarias fuertemente levantadas y plegadas en contacto abrupto con el Piedemonte aluvial constituye el criterio inicial para identificar en este el frente de deformación (figura 2). El frente de montaña también controla la localización de los abanicos aluviales de la región, incluidos los ríos Unete, Charre, Cravo Sur y Tocaría (Robertson 1991).

Aguas arriba de este frente de montaña, todas las cuencas conservan varios niveles de terraza, la mayoría de origen erosional, como las de los ríos Unete y Tocaría. Algunos de estos niveles alcanzan alturas impresionantes, como la terraza de Nunchía y la del Tigre, 200 y 400 metros por encima del nivel de base local de los ríos Tocaría y Cravo Sur. También son comunes los flujos de escombros, algunos de probable origen sismo-torrencial, sobre los afluentes y vertientes de estas mismas cuencas (tabla 1).

Estratigrafía cuaternaria y dataciones

Los depósitos aluviales del piedemonte llanero presentan una gran diversidad, cuyo estudio permite comprender los cambios tectónicos contemporáneos. A continuación se examina el registro estratigráfico y las distintas evidencias geomorfológicas para datar y correlacionar la deformación reciente del piedemonte llanero.

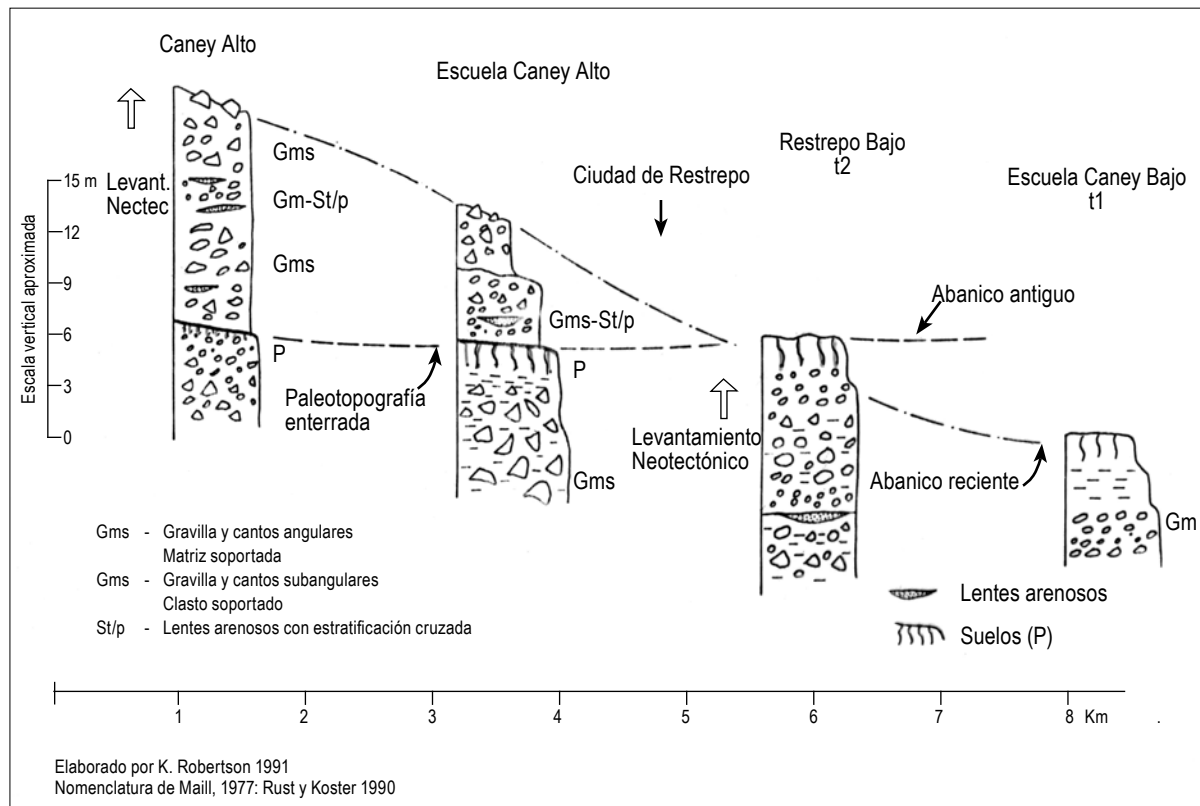
Sector Villavicencio-Restrepo

Los abanicos de piedemonte pueden agruparse en dos unidades bien distintas: abanicos aluviales dominados por el ambiente fluvial de los ríos principales, y los conos de alta pendiente, compuestos por flujos de escombros (Robertson 1991). La estratigrafía de los segundos es más conocida (Rust y Koster 1984) y se presta a una reexaminación más detallada, dada su mayor disección y variación sedimentológica.

Los conos de las quebradas Parrado en Villavicencio y Upín-Caney en Restrepo, Meta, son de este segundo tipo, con pendientes que alcanzan 8° en los ápices. Se caracterizan por acumulaciones heterométricas desde gravillas hasta bloques, embebidos en una matriz de arena y lodo. Comúnmente, los conos presentan una estratificación masiva, con algunos lentes gravillosos menores, clasto soportado que genera una macroestructura cíclica (figura 3) correspondiente a múltiples flujos de escombros (Robertson 1991).

En estas secuencias se conservan localmente paleosuelos y antiguos perfiles de meteorización, evidencias de la paleotopografía sepultada por un evento catastrófico. Este tipo de secuencia se conserva a 28 metros de profundidad en el cono de la quebrada Parrado sobre antiguos sedimentos aluviales, todavía con restos de troncos y raíces de un bosque enterrado por las avalanchas (figura 2). Dataciones con C14 en dos muestras confirmaron una edad de 16.120 AP. Un tercer tronco de madera, encontrado a

FIGURA 3. Estratigrafía del abanico de Restrepo, Colombia.



7 metros de profundidad en un cono torrencial contiguo, dio una fecha de 12.320 AP, lo cual sugiere el surgimiento de todos los conos de esta zona en un lapso de solo 4000 años.

Más al norte, el cono de Restrepo presenta una secuencia similar de 15 metros de flujos de escombros, los cuales sepultan un paleosuelo con sus tres horizontes localmente bien conservados. La datación por Carbono 14 del carbón vegetal extraído del horizonte B dio una fecha de 11.200 AP para este paleosuelo, fecha mínima de la reactivación del cono por eventos torrenciales asociados (figura 4). El análisis geomorfológico indica una deformación neotectónica sincrónica de la falla de Restrepo de 100 m. con la reactivación del cono por los flujos de escombros (Robertson 1991), lo cual sugiere una tasa media de levantamiento de hasta 9 mm/a.

FIGURA 4. Vista del corte sobre el río Caney, Restrepo, Meta. En la foto se aprecian 8 metros de depósitos fluviotorrenciales que recubren una paleotopografía con un suelo enterrado, fechado en 11.200 AP. Este material proviene del frente neotectónico de la Falla de Restrepo.

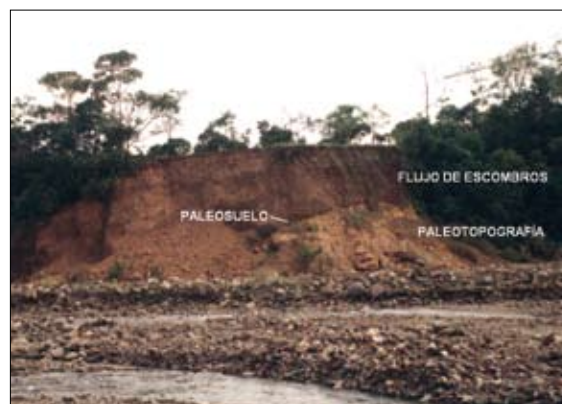


FIGURA 5. Abanico disectado del río Tua, Casanare. Vista panorámica del abanico aluvial, levantado varios centenas de metros por la tectónica reciente de sistema de falla del Borde Llanero.



Sector Villanueva-Monterrey

Próximos a Villanueva, se distinguen cuatro niveles de terraza, asociados al desarrollo del río Upía y el anticlinal de La Florida. Todos los niveles corresponden a conglomerados no consolidados de cantos y gravillas de arenisca, provenientes de la erosión de la cordillera oriental. El entalle progresivo y contemporáneo con el levantamiento-plegamiento de la Mesa de San Pedro está señalado por estos niveles y el grado de meteorización progresiva de los niveles altos (figura 5).

Sobre el nivel más alto se desarrollan lateritas y se produce la alteración avanzada de los clastos de arenisca, mientras que los niveles inferiores desarrollan perfiles de meteorización cada vez menos desarrollados. Esta sucesión de terrazas, que alcanzan 600 m sobre los ríos principales, marcan el entalle del sistema fluvial desde una edad mínima del Cuaternario medio (Goosen 1971), tal vez unos 300.000 años, lo cual indica una tasa media de deformación de aproximadamente 2 mm/a.

Más al norte, terrazas intermedias de origen erosional están basculadas hacia el occidente en Rincón Seco (figura 1). Los sedimentos constan de apenas una secuencia de cinco metros de

FIGURA 6. Cono aluviocoluvial del piedemonte llanero al sur de Aguazul, Casanare. En la foto se aprecia un escarpe de falla, de aspecto nítido, de aproximadamente 3 metros, sobre el escarpe de falla antiguo.

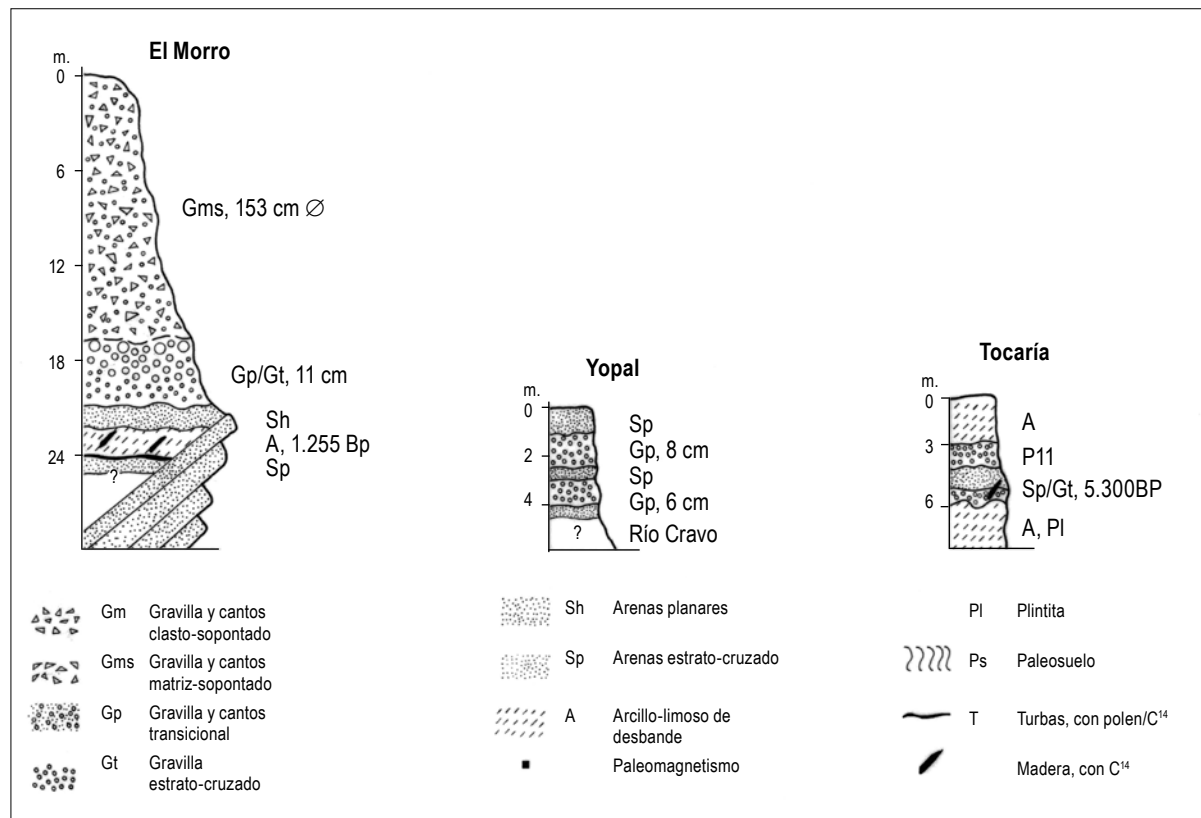


gravillas y arena que descansan en forma discordante sobre arcillas de la formación Caja del Mioceno (figura 7). En esta localidad, el escarpe de falla de 2 metros ha basculado levemente los vallecitos al oeste, generando una leve agradación en el fondo de las quebradas, aguas arriba de la falla, y una depresión, aguas inmediatas abajo. Esta situación ha favorecido la formación de turberas, de las cuales las partes superficiales fueron fechadas en 175 y 160 años AP, estadísticamente equivalentes. Asumiendo una deformación de 2 metros a partir del último movimiento de la falla hace 210 años, esto sugiere una tasa promedio de 9 mm/a.

Sector Yopal

En la región de Yopal, otros procesos han facilitado la acumulación de sedimentos orgánicos, fechables e indicativos de eventos extremos, probablemente relacionados con el represamiento del drenaje por actividad neotectónica. En El Morro, 15 kilómetros aguas arriba de Yopal por el río Cravo Sur, se aprecia un relleno colgante de 35 metros por encima del río y asociado a un cono lateral (figura 7). Los 28 metros superiores corresponden a flujos de escombros con bloques matriz soportados de hasta 4 me-

FIGURA 7. Dispositivos cuaternarios del piedemonte llanero. Sector de Yopal, Casanare.



tros de diámetro. Lateralmente y debajo de los 28 metros aflora una sucesión de sedimentos aluviales parduscos y lacustres de color azuloso, con fragmentos de madera fechados en 1.255 AP (figura 7).

Dado el contexto y la posición topográfica, estos sedimentos finos corresponden a condiciones tranquilas generadas por represamientos torrenciales provenientes del cañón del Cravo Sur. El examen de los sectores más altos de la cuenca revela represamientos antiguos en Labranzagrande y El Hato, con deslizamientos de varios kilómetros de frente. Así, la fecha de la madera indica un evento torrencial que afectó toda la cuenca media del Cravo sur, incluido el abanico de Yopal. Precisamente, la morfología fresca y la ausencia de suelos desarrollados sobre

este último nivel indican un constante rejuvenecimiento del abanico. Hasta el momento, estos depósitos no han arrojado material susceptible de datación. Próximo a esta zona se aprecia la deformación reciente de las geoformas del piedemonte con el desplazamiento de los conos aluviales del piedemonte por eventos tectónicos recientes (figura 6).

Sobre el Piedemonte cercano, otras dataciones próximas al río Tocaría-Cravo Sur indican una migración de los cauces y una lenta agradación de la llanura de inundación desde hace 5.000 años (figura 7). En este sector se presentan acumulaciones aluviolacustres de hasta 6 metros en la confluencia de los ríos mencionados, depósito actualmente profundizado por el río Tocaría.

Correlaciones regionales y conclusiones

Aunque la correlación de los depósitos y los escarpes de fallas está todavía bajo investigación, datos preliminares indican tasas verticales de levantamiento de hasta 9 mm/a. En la región de Restrepo y Villavicencio, dataciones en suelos enterrados y un bosque sepultado revelan tasas de sedimentación muy altas en los conos de flujos torrenciales e indican la reactivación de la falla de Restrepo desde 11.200 AP (figura 3). Allí, paleosuelos profundos y bien desarrollados son sepultados por sedimentos torrenciales pro-

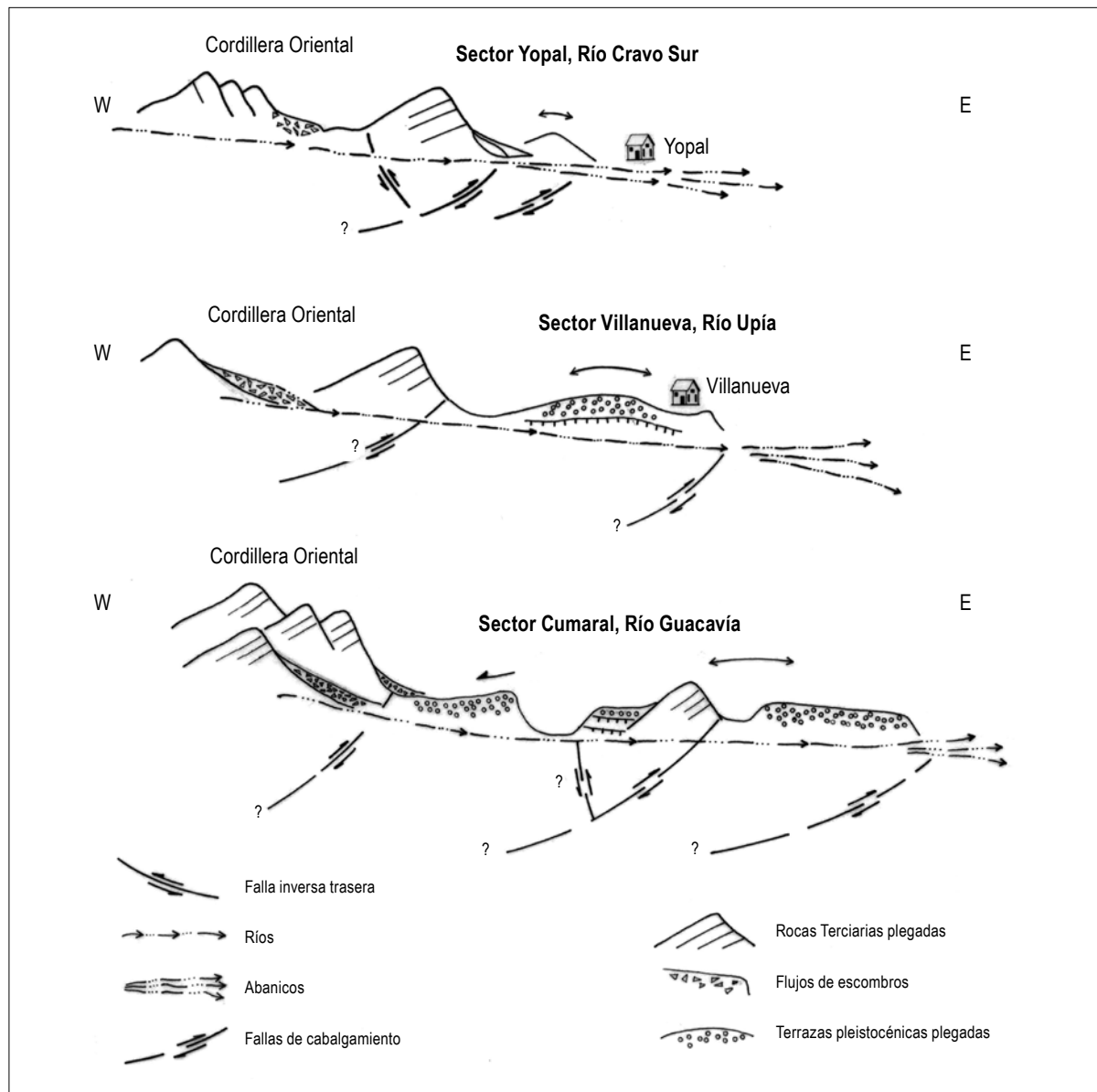
venientes de la cuenca del río Caney en el bloque levantado de la falla de Restrepo. En esta misma zona, suelos de desarrollo incipiente sobre las terrazas de Cumaral también evidencian un levantamiento total de 45 m de la falla de Cumaral durante el Holoceno.

En cercanías de Villanueva, la falla de San Pedro y el anticlinal de La Florida dan todos los indicios de una gran deformación neotectónica durante el Cuaternario medio y superior, pero con tasas de plegamiento aparentemente bajas. En cambio, dos niveles de turba, próximos al

TABLA 1. Principales evidencias morfológicas del piedemonte llanero.

SITIO		LOCALIZACIÓN	DEFORMACIÓN NEOTECTÓNICA	MAGNITUD Y RUMBO	DATACIÓN C14
1	Villavicencio, Meta	Terrazas, río Ocoa 4° 05' N 73° 41' W	Terrazas levantadas y basculadas	15 m, N45° E	¿Holoceno?
2	Villavicencio, Meta	Abanico, caño Parrado 4° 10' N 73° 38' W	Conos sismo-torrenciales	28 m, N55° E	16.120 a. AP.
3	Restrepo, Meta	Abanicos, río Caney 4° 16' N 73° 35' W	Escarpe de falla	90 m, N45° E	11.200 a. AP
4	Cumaral, Meta	Terrazas, Río Piri 4° 18' N 73° 28' W	Escarpe de falla	40 m, N 42° E	¿Holoceno?
5	Mesa de los Alpes, C/marca	Terraza basculada 4° 22' N 73° 25' W	Inversión del drenaje al NW	50 m, N40° E	¿Holoceno?
6	Villanueva, Casanare.	Terraza media y alta 4° 40' N 72° 55' W	Cuaternario plegado / escarpe de falla	175 m, N45° E	Cuaternario medio
7	Río Tua, Casanare	Terraza baja 4° 45' N 72° 48' W	Escarpe de falla	2-5 m, N42° E	210 a. AP
8	L. Buenavista, Monterrey, Casanare.	Anticlinal basculado 4° 53' N 72° 50' W	Inversión del drenaje	400 m, N45° E	¿Cuaternario medio?
9	Río Chitamena Casanare.	Terraza baja 4° 55' N 72° 41' W	Escarpe de falla	2-4 m, N 42° E	¿Holoceno?
10	Río Cusiana, Casanare.	Terrazas múltiples 4° 58' N 72° 40' W	Levantamiento con 9 niveles	75-600 m	Cuaternario?
11	Aguazul, Casanare.	Frente de montaña 5° 05' N 72° 38' W	Lineamiento fallado	N45° E	Cuaternario?
12	Río Cravo Sur, Yopal, Casanare.	Frente de montaña 5° 23' N 72° 24' W	Deslizamiento y terrazas colgantes	250 m, N45° E	1.255 a. AP.
13	Río Tocaría, Casanare.	Llanura de inundación 5° 31' N 72° 05' W	Sin deformación	NA	5.300 a. AP.

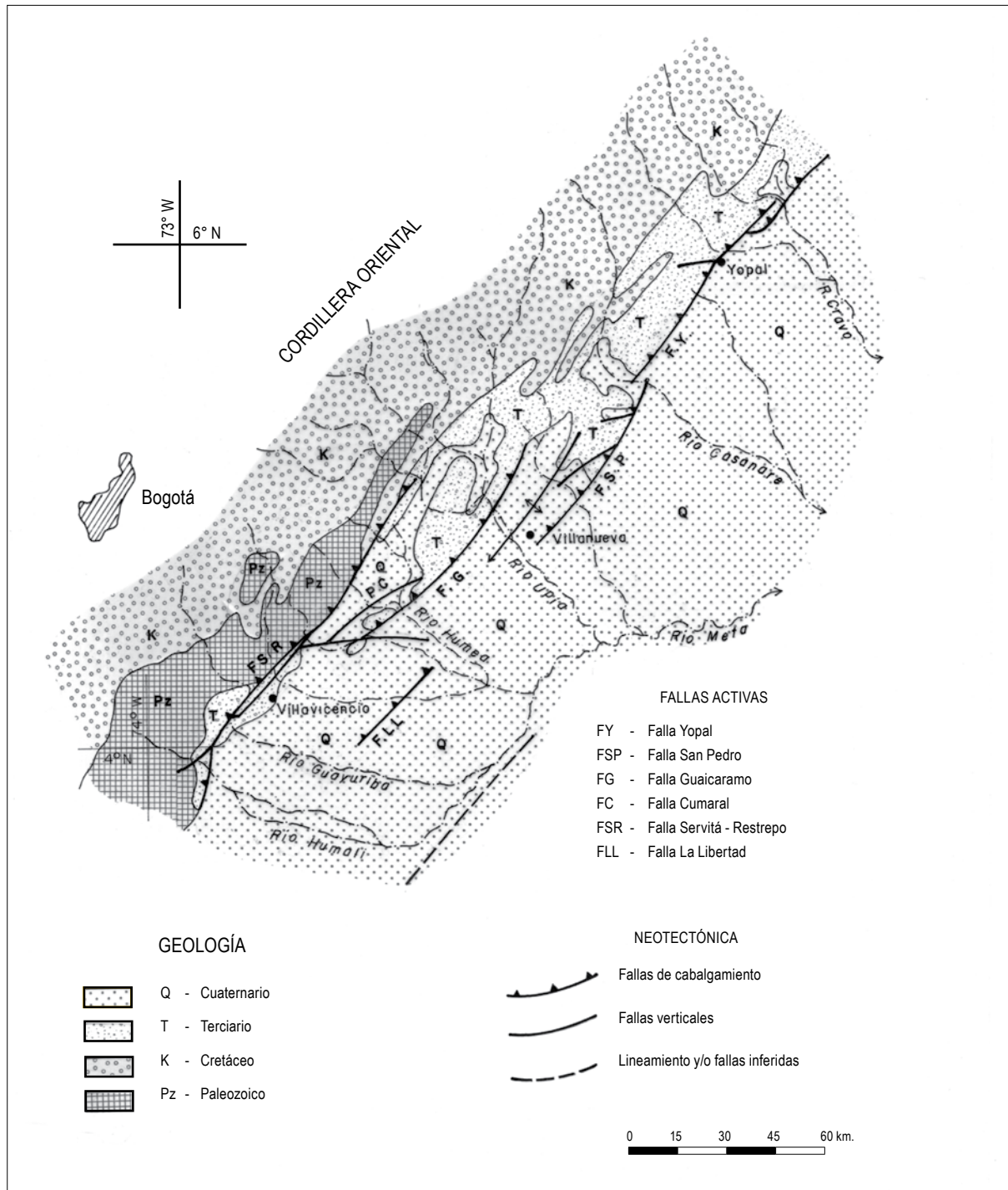
FIGURA 8. Variaciones morfotectónicas del piedemonte llanero.



río Tua en Rincón Seco, datados en 170 AP, revelan el movimiento de la falla de San Pedro hace aproximadamente 210 años, fecha que corresponde aproximadamente al gran sismo de Bogotá de 1785. Este aparente conflicto podría interpretarse como una evidencia de un anti-

guo inicio tectónico de la falla de San Pedro y un incremento reciente en su actividad. Dataciones de terrazas en el río Cravo Sur también indican aportes torrenciales de gran magnitud alrededor de 1.255 AP y la posible reactivación del abanico de Yopal hace poco, ambos de pro-

FIGURA 9. Sistemas de fallas activas del piedemonte llanero, Colombia.



bable origen sismotorrencial, dado el ambiente sedimentológico.

En conjunto, estas evidencias morfotectónicas indican el fallamiento, plegamiento y levantamiento activo de la región del piedemonte llanero, actividad neotectónica asociada al Sistema de Falla del Borde Llanero (figura 8). Análisis y dataciones de sedimentos indican tasas de levantamiento tectónico local de hasta 9 mm/a, aunque la deformación regional puede ser mucho menos. Esta tendencia es común en las márgenes tectónicas activas en el mundo (Bloom 1998).

Las evidencias morfotectónicas también sugieren que el sistema de deformación evoluciona hacia el oriente con la formación o reactivación de fallas llano adentro a través de un sistema “en echelon” (figura 9). Así, mientras el sistema de fallas Servitá-Restrepo pierde nitidez al nordeste, la falla Guaicaramo adquiere relevancia hasta ser finalmente desplazada por un nuevo frente de deformación más al este: el sistema de fallas de San Pedro-Yopal. La actividad neotectónica también ha incidido en la dinámica de los ríos, en especial la reactivación de los conos de los abanicos aluviales del piedemonte llanero por flujos de escombros sismogenéticos. Varios sectores indican que la deformación no es constante a través del tiempo y puede afectar cuencas cercanas de manera distinta.

Referencias

- Beaty, C. 1974. Debris flows, alluvial fans, and revitalized catastrophism. *Zeitschrift fur Geomorphology Supplementband* 21: 39.
- Bloom, A. 1998. *Geomorphology, a systematic analysis of Late Cenozoic landforms*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Goosen, D. 1971. *Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia*. Holanda: ITC.
- Keller, E. 1986. Investigation of active tectonics; use of surficial earth processes. En *Active tectonics*. Washington: National Academic Press.
- Lecce, S. 1990. The alluvial fan problem. In *Alluvial Fans, a field approach*. A. Rachocki and M. Church, (ed.) Chichester, J. Wiley.
- Page, W. D. 1986. *Seismic geology and seismicity of Northwestern Colombia*. Report to Integral & ISA by Woodward-Clyde Consultants, USA.
- Robertson, K. 1989. Actividad neotectónica en el Piedemonte de la cordillera oriental de Colombia. En *Memorias Congreso Colombiano de Geología*, Bucaramanga.
- Robertson, K. 1991. *Evolución geomorfológica y riesgos naturales de los abanicos del piedemonte llanero, Colombia*. I Congreso de Ingeniería Geográfica, Bogotá.
- Robertson, K. 1995. *Procesos morfotectónicos del piedemonte llanero*, Simposio Sismotectónico, Ingeominas.
- Rust, B. y E. Koster. 1984. Coarse alluvial deposits. In R. Walker (ed.). *Facies Models*. Geology Association of Canada, Toronto.
- Schumm, S. 1986. Alluvial river response to active tectonics. In *Active tectonics*. Washington: National Academic Press.
- Ulloa, C., y Rodríguez, E. 1981. Geología del cuadrángulo K-13, Tauramena. Ingeominas, *Boletín Geológico* 24 2.