

MORFOTECTONICA DE LA FALLA SAN JERÓNIMO AL OCCIDENTE DE MEDELLÍN

Eliana Cañola y Humberto Caballero
Escuela de Geociencias y Medio Ambiente - Facultad de Minas
Universidad Nacional de Colombia
ecanola@unalmed.edu.co; jhcaball@unalmed.edu.co

Recibido para evaluación: 31 de Agosto de 2005 / Aceptación: 26 de Octubre de 2005 / Recibida versión final: 08 de Noviembre de 2005

RESUMEN

El presente estudio morfotectónico realizado al Occidente de Medellín en la zona de influencia de la falla San Jerónimo, caracteriza, analiza y describe los rasgos morfotectónicos, considerados indicios de actividad tectónica reciente, después de un análisis detallado de fotografías aéreas a diferentes escalas y salidas de campo para descartar otros posible origen para la geofomas descrita. Se encontraron drenajes desplazados, controlados, lomos de presión, deflectados, etc, sin embargo, para nuestras condiciones de deformación sobreimpuesta y clima tropical con grandes variables, donde la morfología del paisaje se modifica constantemente, se precisa de un análisis detallados para concluir cuales de estos rasgos se considerarán evidencias de actividad tectónica reciente. Es necesario resaltar la importancia de trabajar con indicadores morfométricos aplicados a sistemas fluviales para cuantificar la actividad tectónica reciente.

PALABRAS CLAVES: Neotectónica, Rasgos Morfotectónicos, Deformación Sobreimpuesta, Falla San Jerónimo.

ABSTRACT

This study was carried out western of Medellín on the San Jerónimo fault zone and it's traces. Within this study, we characterized, analyzed and described the morphotectonic features, indicators of recent active tectonic, after a detailing analyses on aerial photographs in different scales and outing to discard other origin to the trait. We found some features such as offset drainage channels, deflected ridges and fault ridges. Although to our conditions of overprinted deformation and tropical climate, the landscape morphology is altering, we need detail analyses to conclude which one of these trait are evidence of recent active tectonic. Is necessary show so important is geomorphic markers in fluvial sistem to quantify the recent active tectonic.

KEY WORDS: Neotectonic, Feature Morphotectonics, Overprinted Deformation, San Jerónimo Fault.

1. INTRODUCCIÓN

La descripción, análisis y posible interpretación de rasgos geomorfológicos que fueron clasificados como indicios de actividad tectónica reciente en el área ubicada al Occidente de Medellín, limitada por las coordenadas 1°177.000 E – 1°186.000 E y 1°152.000 N – 1°156.000 N, permiten orientar estudios posteriores de neotectónica y paleosismología, necesarios para realizar una posible estimación de la amenaza sísmica que representan estas estructuras a la ciudad y localidades cercanas.

La zona de estudio comprende un área aproximada de 30 km², y limita al sur con el corregimiento de San Antonio de Prado, al norte con el Cerro del Padre Amaya, al occidente con los altos de El Chuscal y La Humareda; el límite oriental lo representa la quebrada Doña María. Es una franja alargada en dirección NS, que incluye algunas trazas principales del Sistema de fallas de Romeral (SFR) (González, 1977); entre ellas la falla San Jerónimo, quien representa la parte oriental de este sistema, debido a que marca el límite entre rocas de afinidad cortical al oriente y rocas de ambiente oceánico al occidente (Maya y González, 1995). El régimen actual de las fallas relacionadas con la falla San Jerónimo se considera transpresivo a escala regional, pues se sabe que a través de su evolución geológica ésta falla ha variado su estilo deformacional (Ordóñez et al., 2005).

Las estructuras se trabajaron en dos grandes grupos, estructuras de primer y de segundo orden, teniendo en cuenta la longitud y expresión geomorfológica; ésto debido a la variación que presentan las estructuras en su longitud y expresión en la morfología del paisaje, en toda la zona de estudio.

Los rasgos geomorfológicos que sugieren actividad tectónica reciente, o rasgos morfotectónicos, que fueron descritos en el área se refieren principalmente a drenajes desplazados, drenajes decapitados, lomos de presión, lomos de deflexión, valle lineal de falla, entre otros.

2. MORFOTECTÓNICA

El régimen principal de la zona es considerado de rumbo con componente secundaria en buzamiento (Estrada et al, 2005); la componente en rumbo principal a escala regional a lo largo de la traza de la falla San Jerónimo, se desarrolla cuando el máximo esfuerzo compresivo es horizontal y hay un esfuerzo de cizalla también horizontal, se desarrollan fallas normales perpendiculares a la dirección de máxima elongación y fracturas escalonadas y fallas inversas con trazas perpendiculares a la dirección de máximo esfuerzo compresivo (Silvester y Smith, 1976 en Keller Y Rockwell, 1984). Todo lo anterior se superpone y resultan zonas de cizalla anastomosadas, que está representada por las fallas ubicadas en el flanco occidental de la cordillera central, relacionadas con el sistema de fallas de Romeral. En las zonas de desplazamiento principal, debido a que la traza de la falla no es rectilínea, se desarrollan cuencas de tracción, que han sido observadas al sur del área de estudio, en la falla de Minas (Restrepo y Toussaint, 1987) y fallas normales en curvas relajadas; mientras que para curvas restringidas se generan estructuras de contracción: fallas inversas y levantamientos (Crowell 1974 en Keller Y Rockwell, 1984). La combinación del sentido de movimiento de la falla de rumbo y la geometría de la traza determinan si la zona intervenida será transpresiva o transtensiva (Figura 1); por está razón los escarpes levantados en rupturas recientes no se muestran en la misma dirección, es decir, cambios en las condiciones de esfuerzos locales, dependiendo esto de la signatura de la falla y la orientación de los esfuerzos regionales y así el bloque levantado varía a lo largo de la traza de la falla (Burbank y Anderson 2001).

La evolución de los drenajes refleja la dinámica tectónica de la zona, es decir, un drenaje que fluye a lo largo de una región donde varía la tasa de levantamiento, cambia sus características a través de su ruta. El clima juega un papel importante en el control de la morfología del paisaje y así modifica los rasgos tectónicos impresos en la superficie. Fallamiento de rumbo produce rasgos como drenajes decapitados, deflectados, desplazados, lagos de falla, lomos de presión, lomos de obturación, “horsts”, graben, valles lineales, escarpes de falla. Las anteriores características son usadas como indicadores de actividad tectónica reciente. (Keller y Rockwell, 1984)

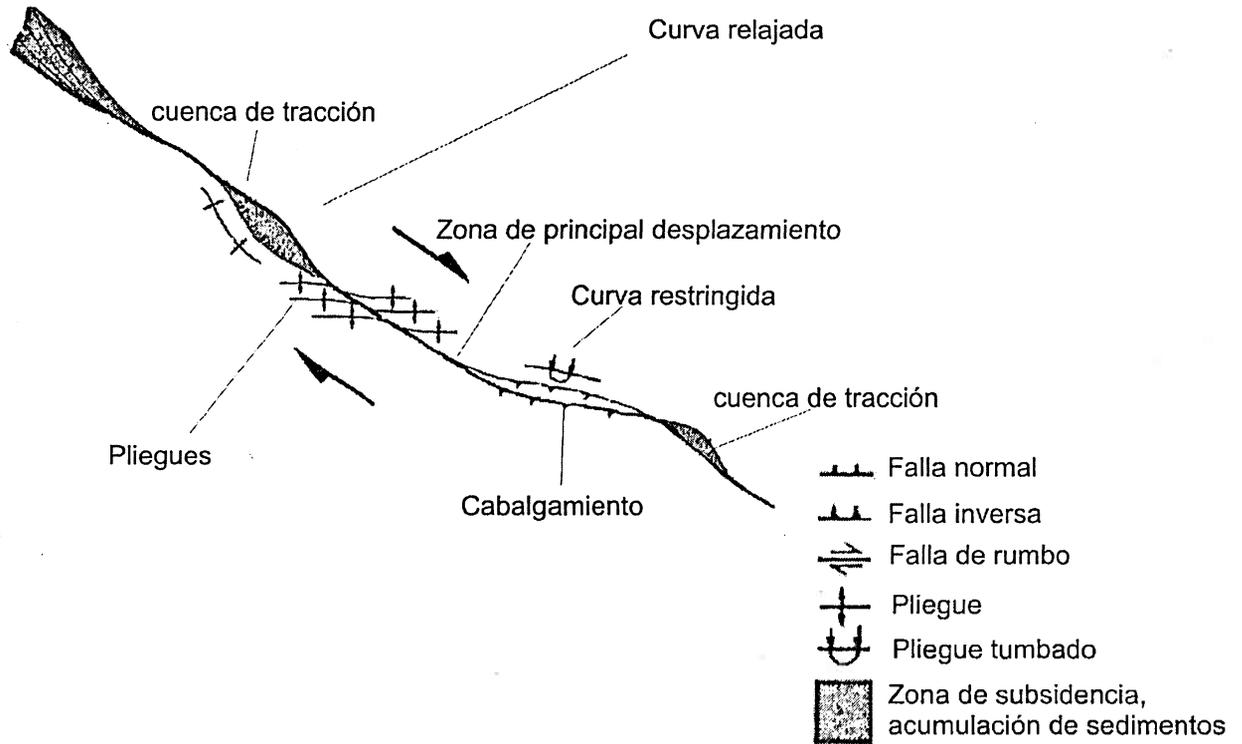


FIGURA 1.

Estructuras a escala regional relacionadas con fallas de rumbo, en curvas restringidas: cabalgamiento y levantamientos; en curvas relajadas se desarrollan cuencas y hay subsidencia. (Tomado de Burbank y Anderson, 2001; modificado después de Christie- Blick y Biddle, 1985)

En la zona de estudio, por la variación en el estilo deformacional a través del tiempo desde la conformación hasta el presente, (Ordoñez et al., 2005); además existen indicios de desplazamientos recurrentes que producen escarpes compuestos de falla, difíciles de cuantificar debido a las modificaciones posteriores por procesos erosivos y depositacionales que priman en nuestras condiciones.

Una buena herramienta es la determinar la evolución de los drenajes para estimar el desplazamiento reciente de las fallas y así conocer la evolución en el pasado reciente. Los datos obtenidos pueden ser cuantificados con indicadores geomórficos que se asocian a procesos erosivos y depositacionales dentro de sistemas fluviales; algunos de ellos son: Mountain front sinuosity (Bull y Mcfadden 1977 en Keller y Rockwell, 1984), y se determina mediante la expresión:

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s$$

L_{mf} = longitud del frente de la montaña

L_s = longitud de la intersección ladera, superficie plana.

Este índice refleja un balance entre la tendencia del levantamiento a mantener un frente recto y el trabajo del drenaje que tiende a erodar y mantener un frente irregular y sinuoso.

Sin embargo, es difícil estimar la edad del desplazamiento y por lo tanto la tasa de movimiento de la falla aunque con una completa información de geología histórica puede ser inferido. Otro indicador geomórfico es la relación ancho / alto del valle (Bull y Mcfadden 1977 en Keller y Rockwell, 1984) definido por la expresión:

$$V_{f=} = 2V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$$

V_{fw} = ancho piso del valle.

E_{ld} y E_{rd} = altura divisoria izquierda y derecha respectivamente.

E_{sc} = altura del piso de la quebrada.

Un valor de V_f pequeño sugiere prolongada incisión y levantamiento, por lo contrario, V_f altos indican procesos degradacionales como el ensanchamiento del valle y erosión de la cresta montañosa.

Existen otros indicadores que permiten cuantificar de manera precisa la dinámica estructural reciente en la zona de influencia de las grandes fallas, sin embargo, todos han sido definidos en condiciones tectónicas y climáticas diferentes a las nuestras, como lo es la Falla San Andrés en California; por esta razón, para aplicar estos indicadores, es necesario realizar una modificación que implemente nuevas variables adaptables a nuestro medio.

3. RASGOS MORFOTECTÓNICOS

Se definieron dos grandes grupos de estructuras: uno asociado a la falla San Jerónimo que se consideró como una estructura de primer orden debido a su continuidad a lo largo del área de estudio, porque se comprobó en campo y porque representa el límite oriental del las fallas de Romeral ; en la Figura 2 se observa la geomorfología de la traza principal en el sector Yarumalito. El otro conjunto, agrupa todos los lineamientos y pequeñas fallas (menores a 2 km de longitud), que fueron denominados estructuras de segundo orden y están ubicados tanto al oriente como al occidente de la falla San Jerónimo.

En la Figura 3 se muestran las principales lineamientos y los puntos que se describen como rasgos morfotectónicos que fueron definidos como indicios de actividad tectónica reciente.

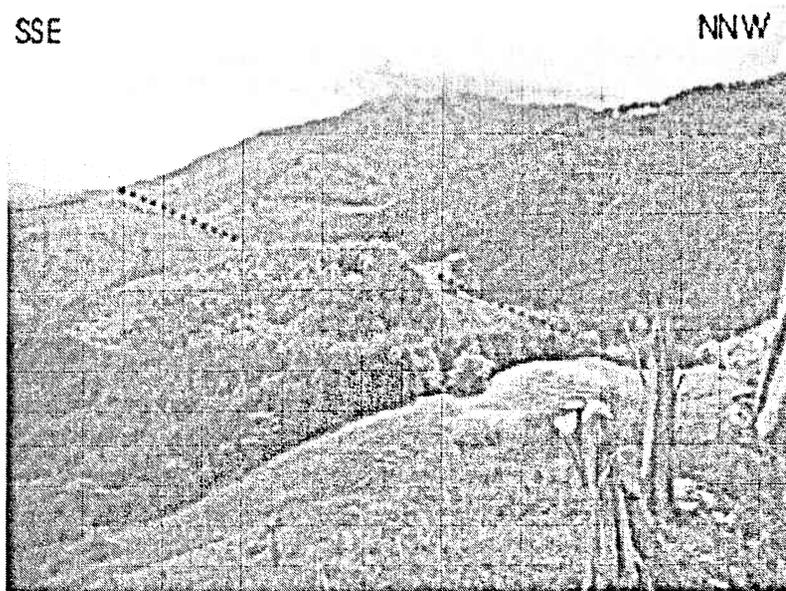


FIGURA 2.

Morfología asociada a la traza principal de la falla San Jerónimo, sector Yarumalito, cerca a porcicarnes. En ésta zona la falla tiene dirección N 25° W.

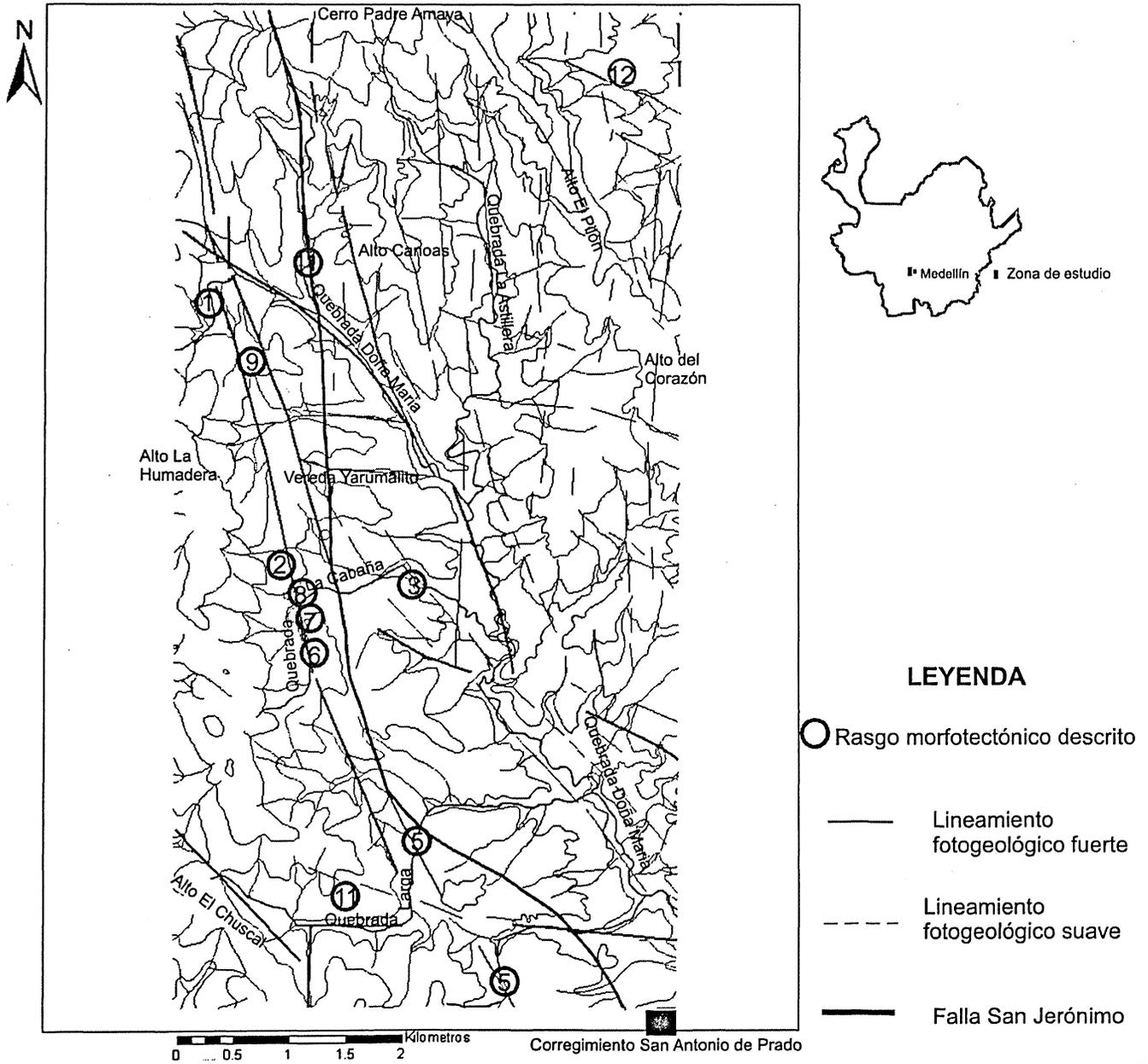


FIGURA 3.

Lineamientos fotogeológicos de la zona, en círculos los puntos registrados como indicios de actividad tectónica, recientemente descritos en Tabla 1.

TABLA 1.
Rasgos morfotectónicos.

PUNTO	RASGO, CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y DE DESPLAZAMIENTO	CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR
1	Drenaje desplazado, 400 - 700m	Desplazamiento de varios drenajes sobre la traza de la falla San Jerónimo, éste es principalmente horizontal lateral izquierdo.
2	Depósitos a media ladera	Corresponde a depósitos colgados ubicados a media ladera, además asociados a la traza de un lineamiento relacionado con la falla San Jerónimo.
3	Drenaje anómalo Quebrada La Cabaña	Abrupto cambio en la dirección del drenaje de NE- SW a SE- NW, hay un posible control estructural en el drenaje.
4	Facetas triangulares NW - SE.	Se observan facetas que continúan apareciendo a lo largo de la traza del lineamiento, asociadas a colinas deflectadas.
5	Drenajes desplazados, control alrededor de 700 m.	Drenaje controlado por una estructura en dirección NW- SE, además, éste rasgo es conservado a lo largo de la traza de la falla San Jerónimo, indicando movimiento lateral izquierdo.
6	Drenaje desplazado, 600 m, lomo de falla alargado con la falla.	El lomo de falla representa material expulsado debido a una curvatura en la traza de la falla, movimientos de rumbo principalmente.
7	Valle lineal y escarpe de falla, control aprox. 1 km.	Quebrada La Cabaña sigue la tendencia de una estructura con dirección NNW-SSE, posible escarpe de falla, movimientos de rumbo lateral izquierdo.
8	Lomo deflectado, facetas triangulares y abanico aluvial.	Movimiento lateral izquierdo, ésta estructura corresponde a la descrita en los dos puntos anteriores, además hay colinas deflectadas a lo largo de la traza; las facetas triangulares presentan poca disección; además la presencia de un abanico aluvial asociado a topografía irregular.
9	Lomo desplazado, topografía irregular.	Movimiento principalmente en la horizontal, componente de rumbo, zona de transferencia de fallas. (figura 4).
10	Desplazamiento Quebrada Doña María, 75 m	Movimiento lateral izquierdo, posiblemente debido a la continuación de los lineamientos ubicados al oriente, fuera de la zona de estudio cerca al Sector el Corazón, donde se observan escarpes de falla.
11	Facetas triangulares, bermas, silletas, valles lineales.	Falla con dirección EW que intercepta y desplaza las fallas y lineamientos con dirección NNW- SSE, además ésta estructura en dirección EW continua al Oriente controlando La quebrada La Guayabala.
12	Valle lineal de falla, control acerca de 700 m.	Drenaje controlado, posible valle lineal de falla, además la ausencia de drenajes en la vertiente izquierda indicando posiblemente la presencia de bloque levantado?, éste drenaje es un tributario de la Q. La Arenera

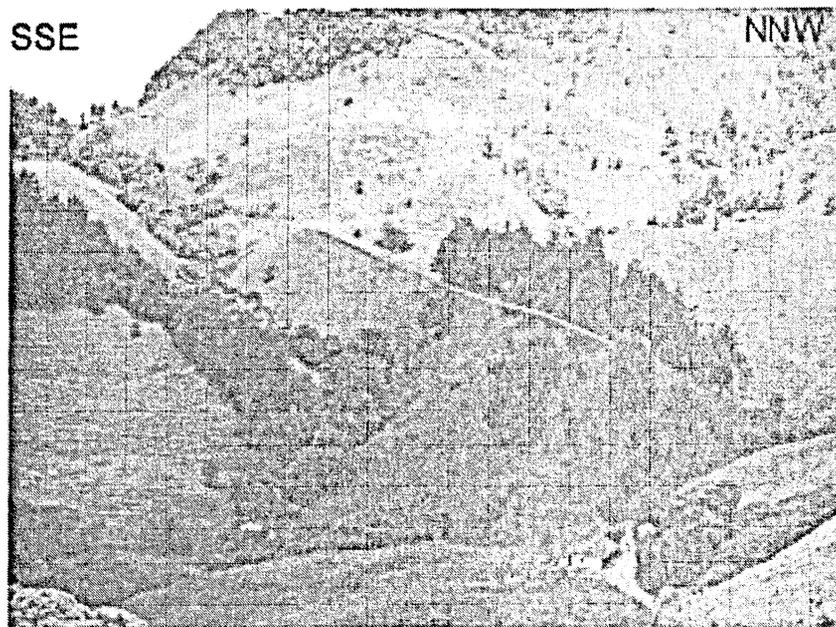


FIGURA 4.
Colina desplazada (líneas punteadas representan el filo), la morfología de éste sector es altamente influenciada por la falla San Jerónimo, sector los Vallados.

4. DISCUSIÓN

Inicialmente se debe tener el máximo entendimiento de la evolución tectónica de la zona, definir las diferentes fases, es decir, cuales de las fallas presentes en la región son las que están relacionadas con el campo de esfuerzos regional actuante, y cuales son las que están mostrando los indicios de actividad tectónica reciente, que tan reciente?, esto debido a la presencia de estructuras que transmiten el desplazamiento de una falla a otra, por ejemplo, las zonas de retransmisión (relay ramps) que son interconexiones entre fallas (Gawthorpe y Hurst, 1993 en Burbank y Anderson, 2001).

La erosión continuamente está modificando la geometría de éstos; la tectónica y el clima actual le imprimen al paisaje nuevas características. En general, la respuesta en el tiempo de un sistema geomórfico al cambio en las condiciones climáticas se incrementa dramáticamente con la escala del sistema e inversamente con la eficiencia del proceso involucrado (Burbank y Anderson, 2001). Sistemas geomórficos con variables sensibles, alcanzan un nuevo equilibrio rápidamente, en cambio en grandes sistemas, toman cientos de años para equilibrarse por los nuevos cambios.

De ésta manera, para la cuantificación de los procesos endógenos que están modificando la del paisaje: la actividad tectónica, es necesario tener en cuenta la aplicación de indicadores geomórficos, después de modificaciones que incluyan los factores mencionados anteriormente. Sin embargo, encontrar rasgos morfológicos que sugieren actividad tectónica reciente, en nuestras condiciones, donde continuamente los factores dinámicos externos están modificando el paisaje; deben ser considerados como importantes a la hora de determinar la actividad neotectónica de estas estructuras.

5. CONCLUSIONES

- El estudio de morfotectónica realizado al occidente de Medellín, ayuda a direccionar posteriores investigaciones de neotectónica y paleosismología que son importantes para definir sismos anteriores, tasas de movimientos de la falla, tiempos de recurrencia; todo ésto fundamental para calcular la amenaza que ofrecen las fallas de la zona occidental a la ciudad de Medellín.
- Se han conservado rasgos en drenajes de la zona de estudio, algunos como drenajes desplazados, decapitados, deflectados; los más evidentes están en: quebrada Larga, La Macana, La Candela, La Cabaña, entre otras.
- Aunque muchos de los rasgos morfológicos mencionados se encuentran sobre rocas del basamento, y para estudios de neotectónica se consideran zonas donde existan unidades geológicas recientes (depósitos cuaternarios); la presencia de estos indicios en zonas de modificaciones externas continuas, sugieren lo recientes que pueden ser considerados estos rasgos.
- Los rasgos morfológicos han sido modificados por diferentes procesos posteriores a su formación, sin embargo, se puede concluir a escala regional que la tasa de levantamiento es mayor que la tasa de denudación tanto tectónica como erosiva, siendo un criterio para iniciar trabajos con índices morfométricos en nuestro medio, teniendo en cuenta redefiniciones en sus variables.

6. AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación de la DIME titulado “Estudio de la amenaza sísmica del sistema de fallas Romeral en las cercanías a la ciudad de Medellín”, debido a que este trabajo se desarrollo gracias a su apoyo, junto con el CPIS, y a los profesores que trabajaron en dicho proyecto; también a los compañeros que participaron en el desarrollo de las actividades de campo y tantas otras; finalmente a Humberto Caballero A. por su don de excelente profesor.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Burbank, D. y Anderson R., 2001. Tectonic Geomorphology Blackwell Science, 274 p.
- Estrada, B.E.; Lalinde, C.P., 2005. Morfología tectónica y segmentación de fallas al Occidente de Medellín. Memorias digitales X Congreso colombiano de geología. 10 p.
- González, H., 1977. Conceptos de metamorfismo dinámico. Su aplicación a la zona de fallas de Romeral. Boletín Ciencias de la tierra volumen 2. pp. 81- 106.
- Keller, E. A. Y Rockwell, T. K., 1984. Developments and Applications of Geomorphology J.E. Costa and P.J. Fleisher. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. pp. 203 237.
- Maya, M., González, H., 1995. Unidades litodémicas en la cordillera Central de Colombia. Boletín geológico. Volumen 35, p. 43 - 53 Ingeominas, Bogotá.
- Ordóñez, O., Valencia, M., González, H., 2005. Generalidades del sistema de fallas de Romeral en las cercanías a Medellín. Memorias digitales X Congreso colombiano de geología. 10 p.
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., 1987. Cuencas de tracción en la falla de Minas del Sistema Cauca- Romeral, en las cercanías a Medellín, Colombia. Revista geológica de Chile, Santiago. N° 31 pp. 57- 61.
- Toro, G, y Velásquez, A., 1984. Estudio Geomorfológico y Estructural del Valle de Aburrá. Comprendido entre el Municipio de Caldas y las Quebradas La Iguana y Santa Elena Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 208 p.

