

---

---

# ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO EN EL ORIENTE CERCANO A MEDELLÍN, COMO APOYO A LA BÚSQUEDA DE ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE

## GEOLOGIC AND GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS IN THE EAST OF MEDELLIN, TO SUPPORT NEOTECTONIC STUDIES

---

---

*Albeiro de Jesús Rendón Rivera<sup>1</sup>, José Humberto Caballero Acosta<sup>2</sup>, Alberto Arias López<sup>3</sup>, Adrián González Patiño<sup>4</sup>, José Alejandro Arenas Rivillas<sup>5</sup> & John Jairo Gallego<sup>6</sup>.*

*1. PhD Ingeniero Geólogo, 2. MSc Ingeniero Geólogo, 3. MSc Ingeniero Geólogo, 4. Ingeniero Geólogo, 5. Ingeniero Geólogo, 6. Estudiante Ingeniería Geológica.  
Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia-Medellín.  
arendonr@unal.edu.co, jhcaball@unal.edu.co*

Recibido para evaluación: 5 de Mayo de 2011 / Aceptación: 1 de Julio de 2011 / Recibida versión final: 19 de Julio de 2011

### RESUMEN

La investigación se realizó en el oriente cercano a la ciudad de Medellín (Colombia), en las superficies de erosión de Rionegro, San Ignacio y Santa Elena. El objetivo general fue el estudio de los lineamientos, geomorfología y formaciones superficiales, como apoyo a la búsqueda de actividad tectónica reciente.

Como resultados se presentan los mapas de lineamientos, formaciones superficiales y unidades geomorfológicas. Las direcciones principales de lineamientos son en sentido N-S, coincidiendo con las trazas de las Fallas Rodas, La Honda y La Acuarela; además, se identifica una nueva superficie de erosión denominada San Ignacio y se muestra una nueva configuración de los escarpes regionales que separan los altiplanos. Finalmente, se realizó un mapa integrado donde se muestran sitios de interés para la búsqueda de actividad tectónica reciente en la región.

Se concluye que existen alrededor de 14 puntos de interés para la búsqueda de actividad neotectónica, siendo la cuenca de la quebrada La Honda la de mayor potencialidad, ya que se asemeja a una cuenca de tracción, con espesos sedimentos aluviales.

**Palabras clave:** Lineamientos geográficos, superficies de erosión, estratigrafía, neotectónica, Oriente Antioqueño, Colombia.

### ABSTRACT

This investigation was carried out in the near east of Medellin city in Colombia. Specifically the erosion surfaces of Santa Elena, San Ignacio and Rionegro. The main aim of the present study was to analyse lineations, geomorphologic features and superficial recent formations to support the search of recent active tectonic.

The most remarkable outcomes from this investigation are the cartography of lineations, superficial recent formations and geomorphological landforms. Additionally the main lineations are in NS direction that coincides with fault traces related with Rodas, La Honda and La Acuarela faults. Furthermore in this investigation has identified a new erosion surface so-called San Ignacio and a better understanding of the configuration of the regional scarps that separate each one of all the erosion surfaces.

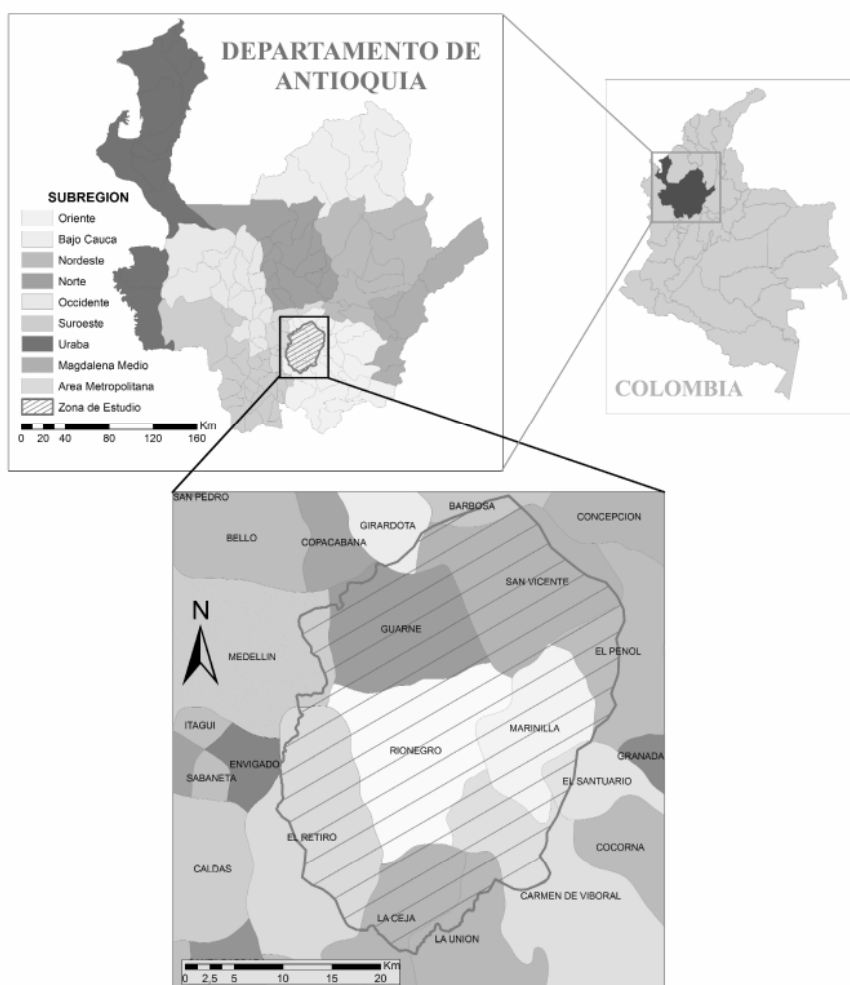
In conclusion fourteen interesting points for the search of neotectonic activity were found, being La Honda stream basin the most interesting, due to it's similar to a pull-apart basin with a considerable accumulation of alluvial deposits.

**Key words:** Geographic lineations, erosion surfaces, stratigraphy, neotectonic, Antioquia Eastern, Colombia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación fue financiada por la dirección de investigación de la Universidad Nacional Sede Medellín-DIME; además contó con la colaboración del Capítulo Antioquia de la Sociedad Colombiana de Geología y hace parte de un macroproyecto desarrollado en varias etapas, siendo su objetivo identificar y evaluar indicios de actividad tectónica reciente en los alrededores de Medellín, como apoyo a la evaluación de la amenaza sísmica de la región.

El presente estudio cubre un área de aproximadamente 1100 km<sup>2</sup>, ubicada en el oriente cercano a la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de El Retiro, La Ceja, El Carmen de Viboral, Rionegro, Marinilla, El Santuario, Guarne, San Vicente, El Peñol, Envigado y Medellín (Figura 1), allí se realizó la cartografía y análisis de los lineamientos, geomorfología y estratigrafía de los depósitos recientes, como marco geológico-geomorfológico de referencia para la búsqueda de sitios de interés para el estudio de actividad neotectónica.



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio.

En la comunidad geológica local existe la idea no fundamentada en estudios detallados, acerca de una baja actividad sísmica en la parte más septentrional del eje de la Cordillera Central en Antioquia. Sin embargo, varios estudios han reportado indicios de actividad tectónica reciente en los alrededores de la zona estudiada (Woodward Clyde Consultants 1979, Page 1986) quienes señalaron la existencia de niveles diferenciales de la actividad sísmica y de sismos esperados para las diferentes zonas del departamento de Antioquia. También se tienen los trabajos de Álvarez, Trujillo y Hermelín

(1984), Bustamante y Velásquez (1984), Rendón (2003) y Urango (2011). Además, estudios de microzonificación sísmica adelantados en el Valle de Aburrá y sus alrededores desde 1999, han reportado indicios de actividad neotectónica en la región (Grupo de Sismología de Medellín, 2002; Consorcio Microzonificación, 2006; Lalinde 2004).

La zona de estudio es parte del Bloque Andino, actualmente afectado por un campo de esfuerzos compresivos en dirección E-W producido por las placas Nazca y Suramérica. El desplazamiento a lo largo del Sistema Frontal Oriental es una combinación de tipo inverso y de rumbo lateral derecho, indicando que la región de los Andes del Norte está afectada por esfuerzos de tipo transpresivos (Monsalve y Mora 2005; Toro y Osorio 2005). En el departamento de Antioquia, La Cordillera Central se encuentra bajo la influencia de los Sistemas de Fallas Cauca – Romeral al occidente y Palestina al oriente, conservando hacia el centro del departamento un elipsoide encajado en medio de estos sistemas de fallas de dirección predominante NS.

Los elementos geomorfológicos que conforman la estructura básica del relieve en la zona central de Antioquia son las superficies de erosión, escarpes regionales, frentes erosivos y cañones; estos elementos han ido apareciendo a través de diferentes episodios en una historia jalonada por el proceso discontinuo del levantamiento de la Cordillera Central (Arias, 1995). A estas unidades de primer orden se les han superpuesto diferentes generaciones de relieves, dada por una combinación de eventos erosivos y tectónicos.

El oriente cercano a la ciudad de Medellín, se caracteriza por presentar un área importante cubierta de depósitos aluviales recientes asociados a la cuenca del río Negro y sus principales afluentes, al igual que depósitos de vertiente encontrados en los bordes perimetrales de las diferentes superficies de erosión y los escarpes regionales. Los depósitos aluviales presentan hasta ocho niveles de terrazas, algunos de los cuales han sido identificados por Durango (1975) y Page y James (1981).

## **2. METODOLOGÍA**

El esquema metodológico seguido por la investigación se muestra en la figura 2. Inicialmente se realizó un trabajo de recopilación y análisis de información existente: informes geológicos, interpretación de fotografías aéreas y sensores remotos. Simultáneamente se establecieron algunos criterios y elementos conceptuales, lo que permitió la realización de un primer mapa de estructuras, formaciones superficiales y unidades geomorfológicas.

Para la cartografía y análisis de los lineamientos se realizó una clasificación taxonómica en varios grupos, basada en los criterios de: dirección y longitud. Posteriormente, se realizó un trabajo de campo encaminado a corroborar la información recopilada y lo interpretado en la primera fase. Así como la descripción de las características más importantes a nivel de estructuras, geomorfología y formaciones superficiales. Para el análisis estratigráfico se realizó una clasificación de las unidades presentes en la zona, con base a las columnas levantas en campo y la información obtenida del análisis sedimentario en el laboratorio, estableciéndose la relación espacial y cronológica entre las diferentes formaciones.

Se realizó un procesamiento estadístico, un análisis estructural y geomorfológico de los lineamientos. Para las formaciones superficiales se realizó una columna estratigráfica generalizada y la respectiva caracterización geológica de estas. Para la geomorfología, se identificaron las unidades del relieve de primer y segundo orden gracias a análisis morfométricos de modelos de elevación digital y además, se identificaron los rasgos morfotectónicos de mayor relevancia en la zona de estudio.

Finalmente, se realizó una integración y análisis de toda la información utilizando un sistema de información geográfica (SIG). El resultado de esta fase fueron mapas definitivos de lineamientos, formaciones superficiales, unidades geomorfológicas y un mapa síntesis donde se proponen sitios de interés para estudios más detallados de actividad neotectónica.



Figura 2. Esquema metodológico seguido por la investigación.

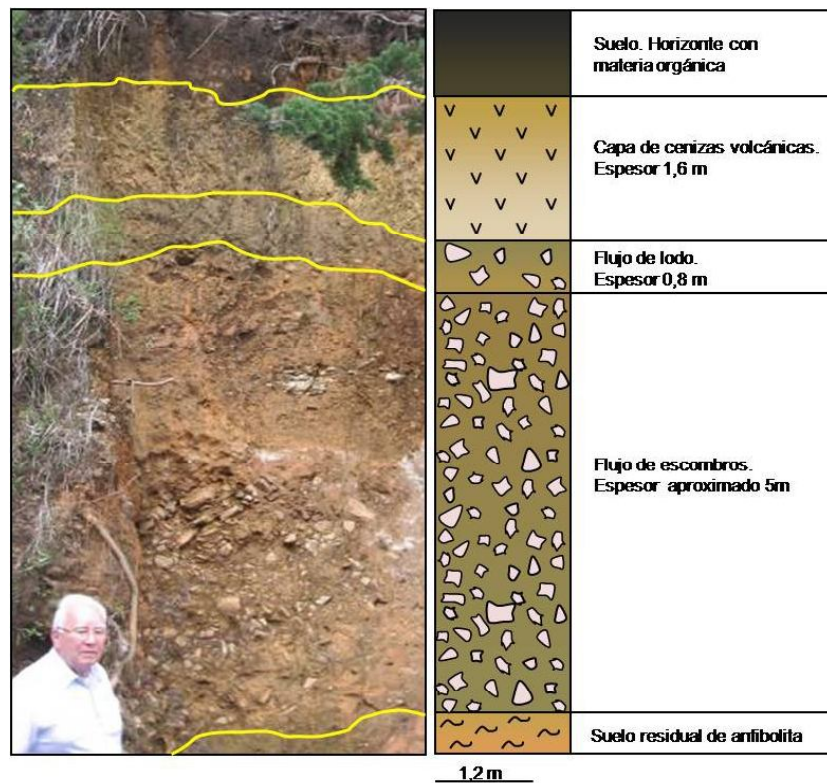
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 FORMACIONES SUPERFICIALES

Las formaciones superficiales en la zona de estudio se componen de dos tipos de materiales: saprolitos producto de la descomposición de rocas ígneas y metamórficas con espesores variables y diferentes clases de depósitos detríticos, dentro de los cuales se tienen depósitos de vertiente asociados a los escarpes regionales y al altiplano de Santa Elena; depósitos lacustres conocidos como Las Sedimentitas de La Fe; depósitos aluviales y varios niveles de terrazas localizados en las diferentes superficies de erosión, principalmente a lo largo del Valle del Río Negro. Igualmente se encuentran horizontes continuos que siguen la paleotopografía como la línea de piedra y los depósitos de ceniza volcánica que recubren las unidades superficiales anteriormente descritas. Desde el punto de vista de la neotectónica estos depósitos son los mejores marcadores de la posible actividad tectónica reciente en el Oriente Cercano a Medellín.

Localmente los depósitos de vertiente están compuestos por flujos de lodos y escombros, algunos de ellos recubren

las trazas de fallas identificadas como La Honda y otras propuestas dentro del valle de la quebrada La Mosca. En la figura 3 se muestra un perfil tipo, de los depósitos de vertiente.



**Figura 3.** Depósito de vertiente, Vereda Colorado del municipio de Guarne.

Se han encontrado algunos indicios de actividad en varios niveles de las terrazas aluviales, es por ello que se presenta una columna estratigráfica generalizada en el área de estudio en la figura 4 y se describe a continuación de techo a base:

- A. Horizonte de color café oscuro a negro, con abundante materia orgánica, de 15 a 100 cm de espesor.
- B. Capa de cenizas volcánicas, con estructura columnar, de espesores variables de hasta 150 cm, de coloraciones grises, pardas, verdes y cafés. Reposan discordantemente sobre saprolito, terrazas, línea de piedras y roca fresca. Se han identificado al menos 6 niveles de cenizas volcánicas (Toro *et al*, 2000). Originadas por depositación eólica de actividad volcánica del complejo Ruíz-Tolima de los últimos 330000 años (Toro *et al*, 2006). Toro y Hermelín (1990) (en García, 2007) han reportado edades por  $^{14}\text{C}$  entre 8000 y 37000 años.
- C. Horizonte tipo gley, de coloraciones pardas a grises, predominando los colores grises, de 5 a 60 cm de espesor; no siempre se encuentra presente. Material arcillo-arenoso, originado por alteración en condiciones reductoras de los suelos existentes.
- D. Horizonte correspondiente a la denominada línea de piedra “*Stone line*”, compuesta por clastos sub redondeados a angulosos de composición variable, principalmente cuarzo y nódulos de hierro, con diámetros entre 0.2 y 10 cm. Los espesores para este horizonte también son variables y se encuentran entre 5 y 20 cm. La línea de piedra puede ser encontrada en la base del horizonte gley, cuando está presente en la secuencia; si este horizonte no está presente la línea de piedra puede ser encontrada embebida en una matriz de ceniza volcánica o en una matriz arenosa procedente de depósitos aluviales.
- E. Depósitos aluviales y/o de vertiente; los aluviales están compuestos por bloques de cuarzo, ocasionalmente rocas metamórficas y micas, en secuencias grano decrecientes con tamaños de partícula de gravas a limo arenosas, con



espesores de hasta 20 m; los depósitos de vertiente están compuestos generalmente de bloques sub angulares de tamaño variable de rocas metamórficas embebidos en una matriz areno limosa.

- F. Sapolito de rocas del Batolito Antioqueño y menos común de rocas metamórficas, que dependiendo del grado de meteorización pueden conservar texturas, estructuras de la roca parental; el contacto entre esta unidad y las superiores siempre es neto.

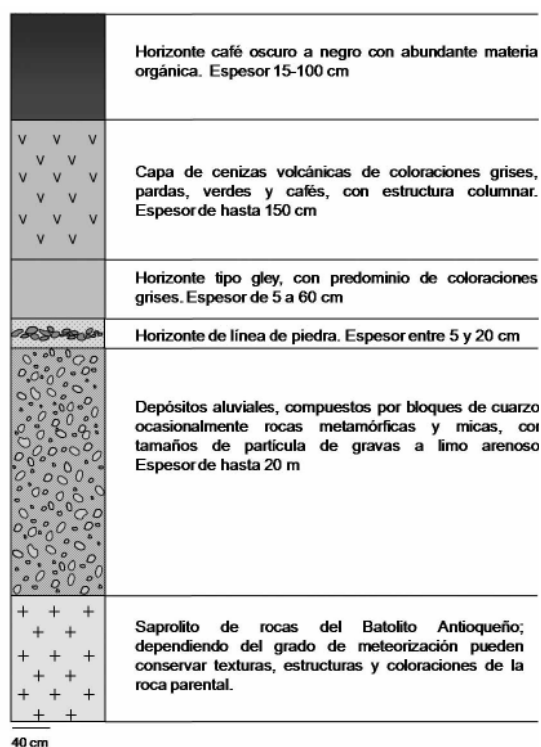


Figura 4. Columna generalizada formaciones superficiales para la zona de estudio.

### 3.2 Geomorfología

Los principales relieves de primer orden que conforman la zona de estudio son las superficies de erosión, los escarpes que las separan y los cañones que las degradan o las segmentan. A su vez estos, cada uno de estos muestran un conjunto de relieves de segundo orden que se pueden agrupar a partir de los relieves de primer orden. En este trabajo se propone una nueva cartografía que muestra la configuración del relieve del oriente cercano a Medellín (Figura 5).

En la zona de estudio las superficies de erosión encontradas se describen a continuación con base al estudio realizado por Gallego (2011):

**Superficie de Erosión Santa Elena–La Unión.** Se caracteriza por encontrarse entre 2400 y 2700 msnm, está modelada en rocas metamórficas y en la Dunita de Medellín. Dentro de las unidades de segundo orden se destacan, las superficies modeladas en roca, cadena de cerros y un sistema colinado de varios niveles. Este altiplano se encuentra dividido en dos por el valle de la quebrada La Mosca, dejando un remanente al oriente del municipio de Guarne, conocido como Alto Mejía; igualmente existe otro remanente denominado Las Frías al oriente de la Superficie de Erosión de San Ignacio. Debido al avanzado estado de erosión que presenta esta superficie es común encontrar relictos erosivos como los cerros El Órgano, El Capiro y El Corcovado.

**Superficie de Erosión San Ignacio.** Se ubica entre las superficies de Santa Elena y Rionegro entre los 2220 y 2350 msnm. Esta superficie de erosión se encuentra modelada en rocas del Batolito Antioqueño y rocas metamórficas y de

ella sólo quedan tres remanentes, El Morro, localizado en el municipio de El Santuario, El Chuscal, al occidente de La Ceja y San Ignacio, al norte de San Vicente, siendo éste el remanente mejor conservado, donde prevalece un sistema colinado de tres niveles y un nivel de terraza aluvial en la cuenca de la quebrada Ovejas.

**Superficie de Erosión Rionegro.** Se encuentra entre 2000 y 2200 msnm, está dividida en dos remanentes principales que muestran tres niveles diferentes de colinas. El remanente Rionegro tiene una forma irregular de características erosivas que es afectado por diferentes entrantes perimetrales. El remanente Piedra Gorda, localizado al este del municipio de San Vicente, este se caracteriza por mostrar mayor incisión de la fuente hídrica y en él se resaltan varios lineamientos estructurales e inselbergs aislados.

**Superficie de Erosión Peñol – Guatapé.** Se encuentra ubicada entre 1890 y 1910 msnm, es la superficie mas reciente y de menor altura en la zona de estudio, se encuentra a la altura del embalse del Peñol, presenta regionalmente una forma ovalada, en la que se evidencian diferentes entrantes erosivas perimetrales.

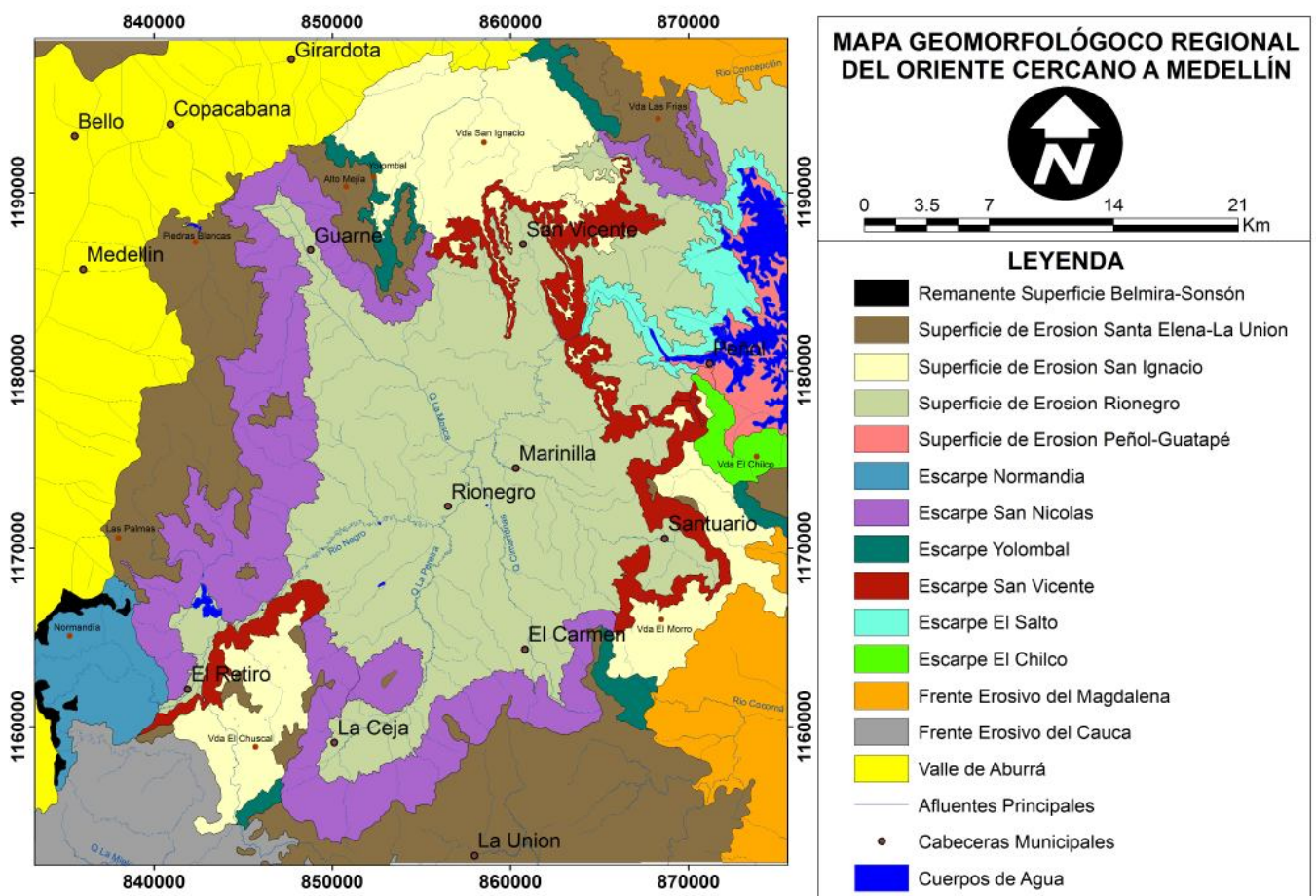


Figura 5. Unidades geomorfológicas en la zona de estudio.

**Escarpe San Nicolás.** Marca la separación entre las superficies de erosión de Santa Elena - La Unión y de Rionegro. Tiene entre 300 y 400 m de altura y se divide en tres estructuras diferentes: la primera se caracteriza por marcar un fuerte lineamiento en sentido N-S y por el valle de la quebrada La Honda, la segunda se localiza en los límites entre los municipios de La Ceja, El Carmen y La Unión donde se presenta en forma de herradura y la tercera se presenta paralela a la quebrada La Mosca, marcando un lineamiento en dirección NW.

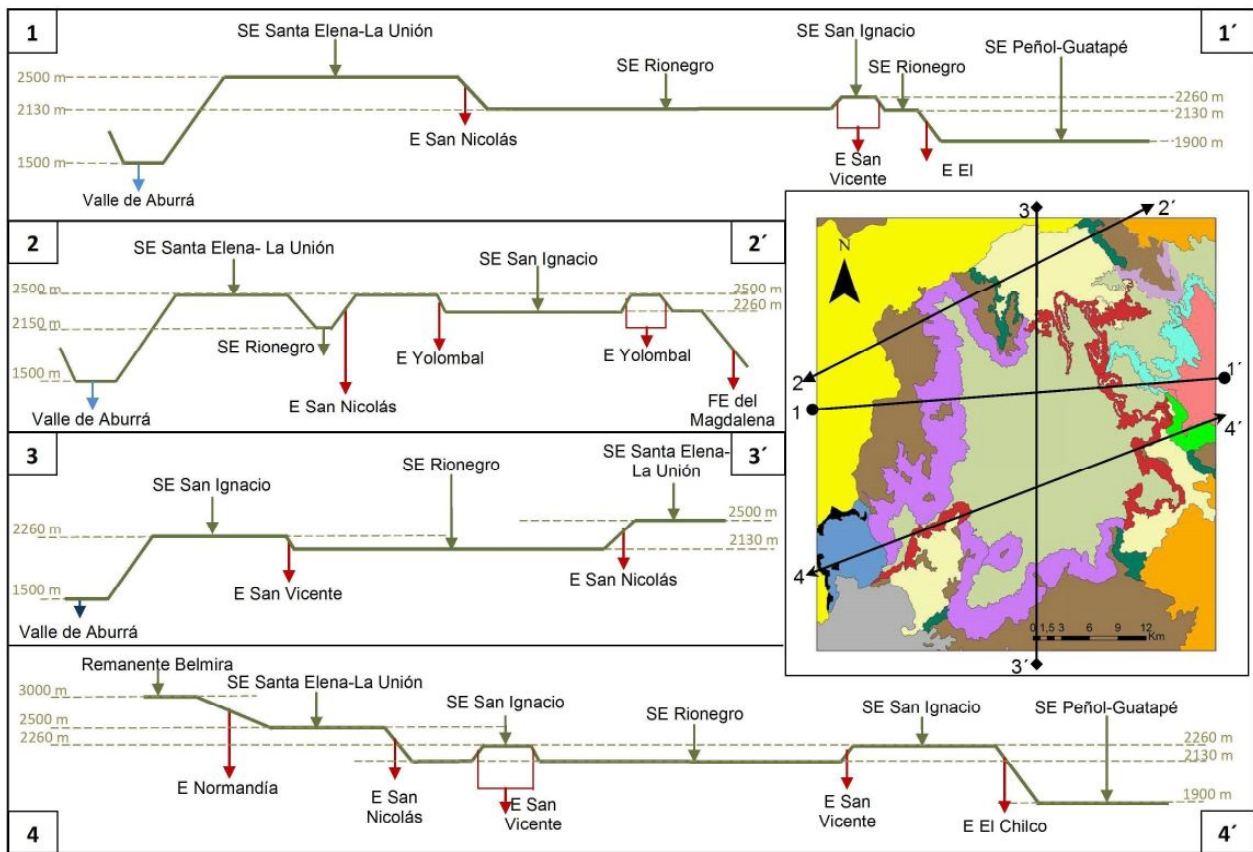
**Escarpe Yolombal.** Este escarpe separa la superficie de erosión Santa Elena de la superficie San Ignacio. La estructura principal es una franja alargada con una dirección predominante N45W y una altura entre 250 y 280 m. Está modelado en rocas metamórficas y en muchos casos el cambio geomorfológico coincide con el contacto entre el Batolito Antioqueño y las rocas metamórficas.

**Escarpe San Vicente.** Marca la separación entre las superficies San Ignacio, Rionegro, se presenta bastante degradado y sólo conserva algunas estructuras que permiten identificarlo, la principal de ellas muestra una dirección N30°- 40°W entre los municipios de Marinilla y San Vicente, esta estructura es reflejada por el afloramiento de algunos apófisis de rocas metamórficas y la orientación de algunas quebradas como La Compañía y El Salado.

**Escarpe El Salto.** Separa la superficie de Rionegro con la superficie de El Peñol, este límite está dado principalmente por el cambio de condiciones hidráulicas del río Negro, donde pasa de tener un comportamiento meándrico de acumulación de sedimentos a tener un comportamiento encañonado de alta incisión.

En la figura 6 se presentan cuatro esquemas geomorfológicos en los que se da una idea general sobre la relación entre las superficies de erosión, los escarpes y los distintos frentes erosivos. Cabe resaltar que estos perfiles no dan una idea del levantamiento basculante al que fueron sometidas las diferentes superficies de erosión.

En el esquema 1-1', se muestra la correlación entre las cuatro superficies de erosión de la zona de estudio. La relación entre las superficies Santa Elena y Rionegro es bastante clara, debido a la continuidad del escarpe San Nicolás, además, en el borde oriental de la superficie de Rionegro, existe un remanente de la superficie San Ignacio.



**Figura 6.** Perfiles esquemáticos entre superficies de erosión (SE), escarpes (E) y cañones (C)



En el esquema 2-2', se hace un corte de los altiplanos San Ignacio y Santa Elena, se resalta, la continuidad de la superficie Santa Elena al oriente de San Ignacio, en el sector conocido como San José.

En el esquema 3-3', se presenta la relación entre la superficie de erosión de San Ignacio con las superficies de Rionegro y Santa Elena-

Finalmente, en el esquema 4-4', se exhibe la relación entre el conjunto de unidades presentes en la zona de estudio, desde el remanente de la superficie Belmira-Sonsón, el escarpe Normandía, y los altiplanos de Santa Elena y Rionegro, la continuidad del escarpe San Nicolás y la complejidad y segmentación del escarpe San Vicente e igualmente se evidencia lo alto del escarpe El Chilco, que separa con una altura de aproximadamente 450 m la superficie de San Ignacio del Peñol- Guatapé.

### 3.3 Lineamientos

Para la zona de estudio, se tienen tres direcciones de fallamiento predominantes: N-S (Rodas, La Acuarela y La Honda), N45E (Don Diego, Normandía, La Cuenca y La Estufa) y N45W (corresponde a lineamientos, fallas y fajas delgadas de rocas metamórficas), relacionadas a estas se presentan fallas de cabalgamiento, de rumbo y normales.

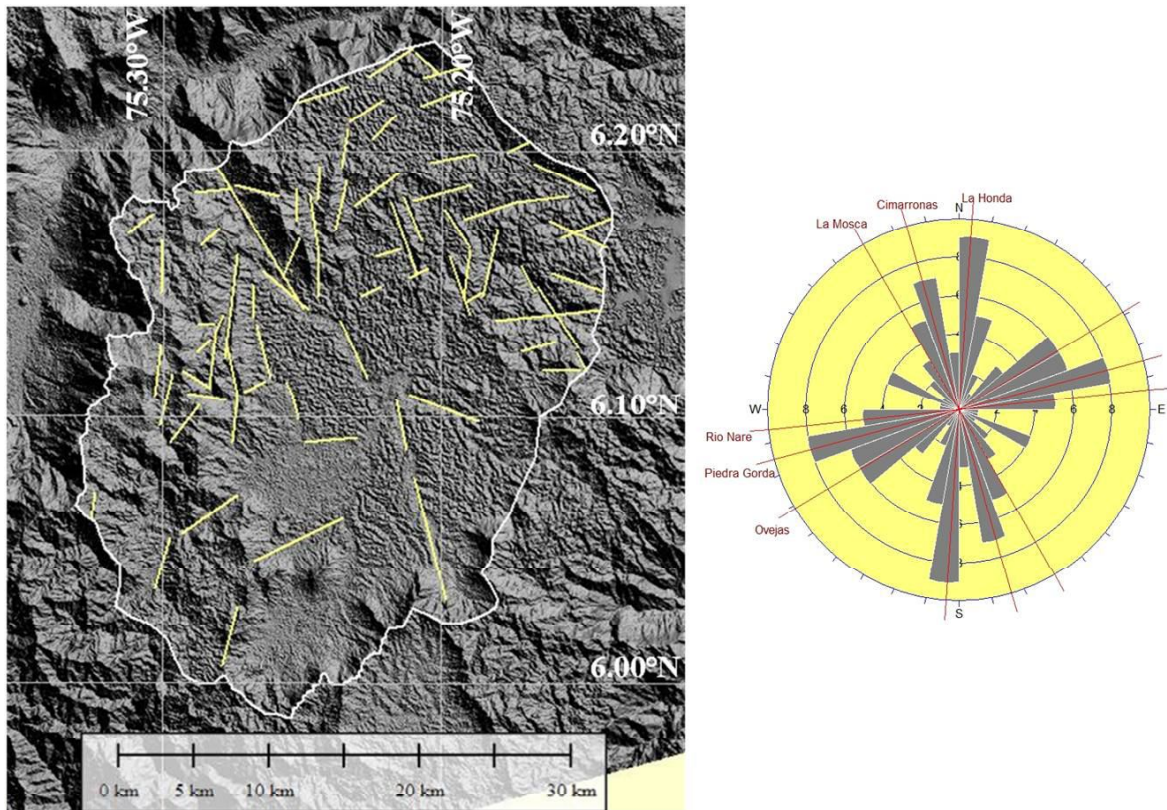


Figura 7. Lineamientos identificados en la zona de estudio (30m DEM).

A escala regional se puede observar una mayor influencia del Sistema de Fallas Cauca-Romeral en la evolución estructural de la región, predominando los lineamientos en direcciones N-NW. También vale la pena resaltar la presencia del Sistema de Fallas de Belmira, en especial la Falla de Rio Chico, con una fuerte expresión y un lineamiento muy marcado en sentido E-W, así como un grupo de fallas y lineamientos con tendencia N50°- 60°W que cortan el Batolito Antioqueño y que no se asocian con los Sistemas de Fallas Cauca – Romeral ni Palestina; las fallas más sobresalientes de este sistema son la Falla Nare y la Falla Cisneros, al NE de la zona de estudio.

El análisis de los lineamientos consistió en la identificación de lineamientos en un DEM de 30 m variando la dirección de la fuente de luz y dejando la altura invariable, además, se tomaron 3 direcciones de iluminación ( $45^\circ$ ,  $135^\circ$  y  $315^\circ$ ) y se graficaron los lineamientos manteniendo el mismo zoom para las tres direcciones, posteriormente se superpusieron las tres capas de lineamientos en un SIG, para dejar sólo aquellos que aparecían como mínimo en dos de las tres capas. González (2010).

Cómo se muestra en la figura 7, la principal dirección de alineamiento se tiene en el sentido N-S, coincidiendo con las trazas de las Fallas Rodas, La Honda y La Acuarela, las cuales han sido consideradas por algunos autores como parte del Sistema de Fallas de Romeral (Rendón, 2003; INGEOMINAS 2005). Este sistema de lineamientos denominados como La Honda, por ser el principal drenaje alineado, son los que mejor expresión morfológica tienen y se presentan principalmente en los altiplanos de Santa Elena y San Ignacio y en el escarpe Regional de San Nicolás, donde se alinea la Quebrada La Honda partiendo el escarpe por la mitad.

La siguiente dirección de lineamientos que se presenta es  $N70^\circ - 80^\circ E$ , donde se destaca el lineamiento de la quebrada Piedra Gorda, en el municipio de San Vicente, el cual marca el cambio geomorfológico entre el escarpe San Vicente y el altiplano de Rionegro; también se incluyen una serie de drenajes en el altiplano de San Ignacio alineados paralelos a la dirección del Valle Aburrá, los cuales varían en dirección entre  $50^\circ$  y  $60^\circ$  al este, donde se encuentran las quebradas San Ignacio y Ovejas entre otras. González (2010)

En la dirección NW se tiene principalmente los lineamientos de las quebradas La Mosca ( $N30^\circ W$ ) y Cimarronas ( $N15^\circ - 20^\circ W$ ) en el altiplano de Rionegro, el primero se caracteriza por un amplio valle que corta el altiplano de Santa Elena y el último parece continuar hacia el sur, pasando al Valle de La Unión.

También se cuenta con algunos lineamientos generados por cuerpos de rocas metamórficas elongados en dirección NNW, como es el caso del Inselberg Las Frías, en la vereda del mismo nombre al norte de San Vicente. Y por último, se tiene el lineamiento que forman el río Negro y la quebrada El Pozo, entre las veredas Salto Abajo, El Porvenir y El Pozo, en límites de Marinilla con el municipio del Peñol; este lineamiento se caracteriza por formar un valle en V y porque a gran escala forma una X con el lineamiento que forman la quebrada La Honda y el río Nare antes de llegar al embalse del Peñol, similar a un par R-R' en un sistema Riedel (Katz et al, 2004).

#### 4. DISCUSIÓN

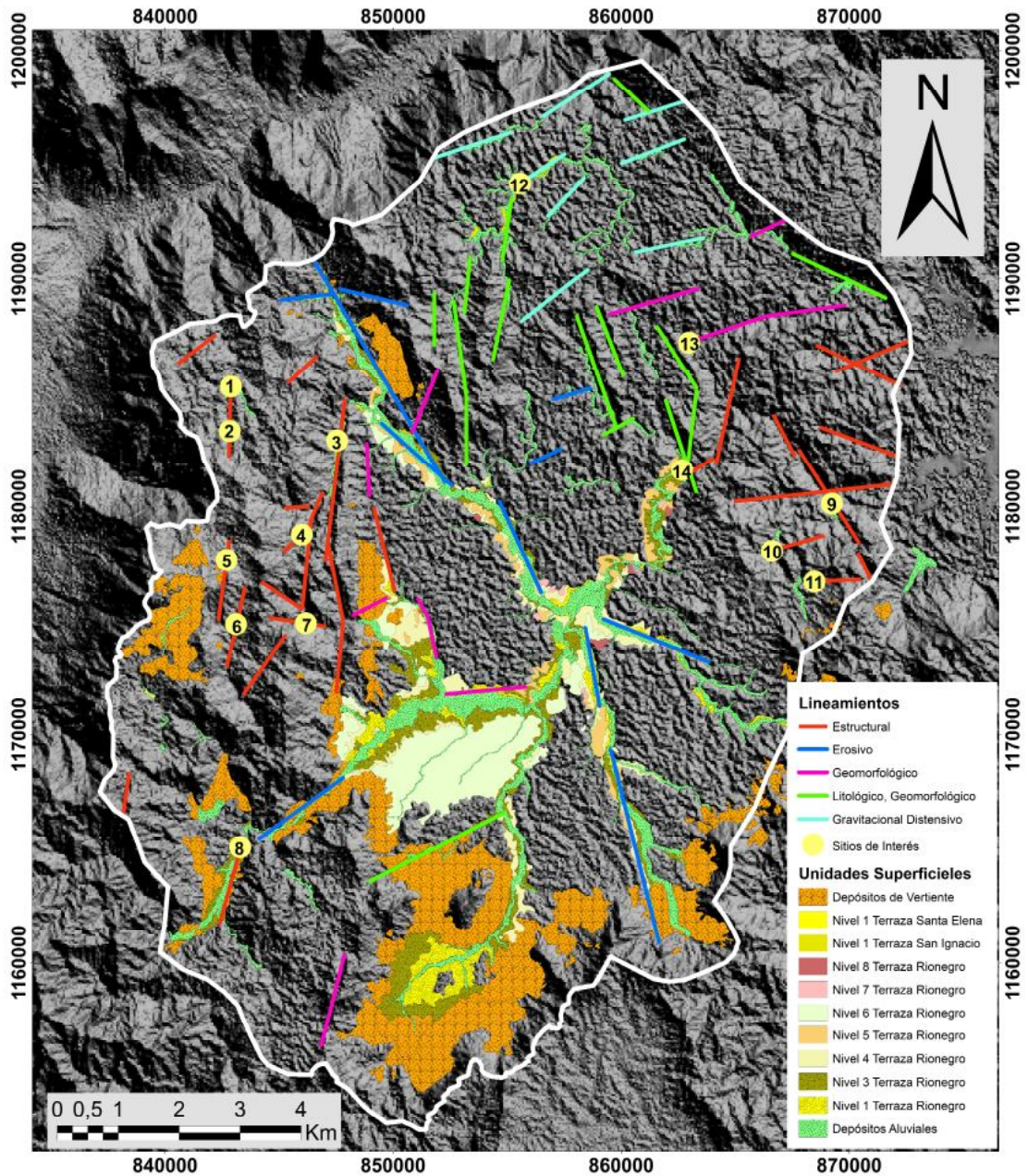
Según el Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes vigente (AIS 2010), la zona de estudio tiene una aceleración pico efectiva (Aa) de 0.20 g y se podrían experimentar sismos con magnitud de 7.8 en escala de Richter e intensidades de VII en la escala de Mercalli que podrían ocasionar daños en la infraestructura y economía de la región. Page (1986) considera la posibilidad de que en el Oriente Antioqueño ocurran eventos de magnitud 8 o mayor, por sismos generados en la zona de Benioff a profundidades entre 40 y 130 km.

Según los estudios de la actividad sísmica histórica, en la región del Oriente Antioqueño hasta 1982 se habían presentado 172 sismos de magnitud  $\geq 3$  de los cuales el 26% tienen magnitud entre 5 y 6, y el 9% entre 6 y 7, solamente el 3% tiene magnitud  $>$  de 7. De estos eventos los ocurridos en los años 1962 (6.9, epicentro Condoto) y 1979 (6.4, epicentro El Cairo) generaron destrozos materiales en Cocorná, Marinilla, San Vicente, El Santuario, Guatapé y El Retiro (Sarria 1985, INGEOMINAS 1994 en INGEOMINAS 2005). Finalmente, los datos sísmicos publicados por Urango (2011) muestran que hasta enero de 2010, para la zona de estudio se tienen dos sismos registrados con magnitud 2-3, en el límite entre los municipios de San Vicente y Guarne, lo que evidencia que en la zona se presenta algún grado de actividad sísmica y no debe considerarse asísmica como históricamente se había pensado.



Además, desde el año 2002 se han venido reportando sitios que presentan algún grado de interés para estudios de neotectónica y paleosismología (Grupo de Sismología de Medellín, 2002; Lalinde, 2004; Consorcio Microzonificación 2006) y adicionalmente se han encontrado otros sitios por el grupo de Investigación de geomorfología y neotectónica impulsado por el Capítulo Antioquia de la Sociedad Colombiana de Geología y la Universidad Nacional los cuales no han sido estudiados en detalle.

Con base en la relación establecida entre lineamientos propuestos según la clasificación dada por González (2010) y las unidades de depósitos superficiales recientes que fueron clasificadas y caracterizadas por Arenas (2010) y cartografiadas a mayor detalle por Gallego (2011), se lograron identificar nuevos puntos de gran importancia para la neotectónica en la región (figura 8 y tabla 1).



**Figura 8.** Mapa síntesis y sitios de interés para la búsqueda de actividad tectónica reciente en el oriente cercano a la ciudad de Medellín.

**Tabla 1.** Sitios propuestos para la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño

Punto	Sitio de Interés	X	Y
1	Piedras Blancas	842890	1185280
2	Piedras Blancas	842835	1183338
3	Cuenca La Honda	847547	1182929
4	Vereda San Ignacio	845995	1178776
5	Santa Elena	842697	1177662
6	Santa Elena	843112	1174849
7	Yarumal	846173	1774890
8	Cuenca Alta del Río Negro	843298	1165064
9	Q. El Pozo	869240	1180136
10	El Chocho	866611	1178057
11	El Chocho	868475	1176718
12	Q. Ovejas	855569	1194193
13	Piedra Gorda	862978	1187215
14	Salto Abajo	862667	1181622

Los puntos identificados como Piedras Blancas se asocian a un lineamiento en dirección NS que puede tener influencia de las fallas La Acuarela y Rodas, las cuales tienen esta misma dirección y presentan cercanía al lineamiento, además, en esta zona se identificaron algunas silletas concordantes con esta dirección y están relacionados con los depósitos aluviales de las quebradas Piedras Blancas y El Rosario.

La cuenca de la quebrada La Honda es tal vez el punto que presenta mayor interés para realizar estudios de tectónica activa, debido a las características morfológicas que ésta presenta, pues a lo largo de la cuenca se pueden observar facetas triangulares coincidentes con el lineamiento NS de La Honda, y en la quebrada se confirmó su carácter tectónico. Esta cuenca además presenta un valle que en parte es muy amplio y en algunas zonas se encañona, semejante a una cuenca de tracción, donde se encuentran grandes extensiones y espesores de sedimentos; el punto que se propone se ubicó sobre la cuenca media de la quebrada, pero cabe resaltar que a lo largo de toda la cuenca es importante detallar los estudios. Los puntos de la vereda San Ignacio y Yarumal, también hacen parte del conjunto de lineamientos NS que se presentan como parte del sistema de fallas La Honda.

Los puntos de Santa Elena se ubicaron sobre depósitos de vertiente que se encuentran en las veredas Paysandú y Pericos y se interceptan con lineamientos en dirección NS que pueden tener gran influencia de las fallas Rodas y La Acuarela; INGEOMINAS (2005) cartografía estos depósitos sobre una traza de la falla La Acuarela.

A lo largo del río Negro se presenta un lineamiento que aparenta ser de tipo erosivo, sin embargo, en la cuenca alta en el municipio de El Retiro, hay un lineamiento aparentemente estructural que marca el contacto entre dos unidades litológicas pertenecientes al Complejo El Retiro, sin ser del todo claro, si este lineamiento corresponda a una estructura de falla o solamente a un contacto litológico. Este lineamiento se extiende hasta el casco urbano del municipio de El Retiro donde se intercepta con los depósitos del río Negro.

Los lineamientos que forman la quebrada El Pozo y el río Negro en cercanías al municipio de El Peñol se asimilan a un par R-R' en un sistema Riedel, adicionalmente el valle en forma de V que tiene la quebrada, hace pensar que estos lineamientos sean de tipo estructural, los cuales están cubiertos por los depósitos aluviales de la quebrada El Pozo, por lo que este punto es de gran interés para estudios de posible actividad neotectónica.

Los puntos identificados como El Chocho están asociados a lineamientos en dirección NEE concordando con las direcciones de las fallas Nare, Calderas y Balseadero al noreste de la zona de estudio. Estos lineamientos se interceptan con los depósitos aluviales de las quebradas El Chocho y Montañita.

El lineamiento que controla la quebrada Ovejas es de tipo gravitacional distensivo, sin embargo, se plantea esta zona como de interés para estudios posteriores debido a las características geomorfológicas y litológicas que presenta, donde



es posible observar remanentes de terrazas aluviales entre los valles intercolinarios, además, ésta es una zona poco estudiada y en el marco de esta investigación Gallego (2011), propone allí la existencia de un remanente de superficie de erosión, la cual denomina San Ignacio.

El lineamiento de Piedra Gorda se clasifica como geomorfológico por ser el límite entre el escarpe de San Vicente y el altiplano de Rionegro; sin embargo, éste muestra un valle en V en la quebrada Piedra Gorda y presenta saltos cercanos a los 10 m de altura en algunas partes de la quebrada; cabe resaltar que esta quebrada muestra depósitos de extensión importante y una cuenca amplia cerca al corregimiento de Corrientes, en el municipio de San Vicente.

El punto determinado como Salto Abajo se propone como sitio de interés debido al cambio del comportamiento del río Negro, pues pasa de ser meándrico en un valle amplio con acumulación importante de sedimentos a una zona donde el río es encañonado e incisivo formando un valle en V con un fuerte caudal y con algunos saltos, además, en este punto corta un inselberg lineal modelado en rocas metamórficas, el cual funciona como trampa depositacional para el río permitiendo la acumulación de espesores importantes de sedimentos.

## 5. CONCLUSIONES

- Con base en la integración de toda la información, se proponen 14 puntos de interés para la búsqueda de actividad neotectónica y estudios de paleosismicidad en el Oriente Antioqueño, los cuales requieren estudios específicos: Piedras Blancas (2 sitios), cuenca quebrada La Honda, vereda San Ignacio, Santa Elena (2 puntos), Yarumal, cuenca alta del río Negro, quebrada El Pozo, El Chocho (2 sitios), quebradas Ovejas, Piedra Gorda y Salto Abajo.
- La cuenca de la quebrada La Honda es el área de mayor interés para realizar estudios de tectónica activa en la zona, ya que es un valle amplio, semejante a una cuenca de tracción, donde se encuentran grandes extensiones y espesores de sedimentos, por lo cual sería muy apta para realizar estudios de morfotectónica.
- Los lineamientos que forman la quebrada El Pozo y el río Negro en cercanías al municipio de El Peñol se asimilan a un par R-R' de un sistema Riedel. Adicionalmente el valle en forma de V que tienen la quebrada y el río en ese punto hacen pensar que estos lineamientos sean de tipo estructural, por lo que se recomienda hacer un estudio detallado en esta área, para verificar el comportamiento estructural de estos lineamientos.
- Los sitios reportados con indicios de actividad tectónica reciente por otros autores, se localizan en cercanías a lineamientos estructurales. Sin embargo, los sitios encontrados durante la realización de la presente investigación, se encuentran en cercanías de lineamientos erosivos, sin ser muy clara su relación con fallas o estructuras tectónicas cercanas.
- Las principales direcciones de lineamientos se presentan en sentido N-S, coincidiendo con las trazas de las fallas Rodas, La Honda y La Acuarela en el altiplano de Santa Elena; seguidos por lineamientos NE-E de origen distensivo paralelos a la dirección del Valle de Aburrá y lineamientos de dirección N-NW generados por cuerpos de rocas metamórficas alargados en esta dirección.
- Los depósitos superficiales recientes constituidos principalmente por depósitos aluviales, terrazas aluviales y depósitos de vertiente, cubiertos en una amplia extensión por cenizas volcánicas, representan las principales unidades para búsqueda de actividad tectónica reciente en el Oriente Antioqueño, pues en estas han sido identificados los principales rasgos con indicios de actividad tectónica en la zona de estudio.
- Las cenizas volcánicas observadas en la zona de estudio muestran características diferentes, según los sitios estudiados. Por lo tanto, no es adecuado interpolar información regional de edad de las cenizas volcánicas para interpretar la neotectónica del área estudiada. Por lo anterior se deben realizar dataciones de las cenizas y de los paleosuelos encontrados en los sitios reportados y propuestos para estudios detallados.
- El horizonte identificado como horizonte tipo gley al presentar variaciones en la posición estratigráfica y al mostrar condiciones de formación más locales que regionales, no es un horizonte marcador en la estratigrafía de la región.

- La línea de piedra puede ser considerada como un buen marcador estratigráfico al ser encontrado en una amplia extensión de la zona de estudio. Cristales de circones volcánicos jóvenes ubicados en la parte superior e inferior de la línea de piedra y mezclados con materiales del horizonte gley en el Llano de Ovejas, fueron datados con trazas de fisión (Toro, 1999; en García, 2007) arrojando edades de 350.000 años y 440.00 años, respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CORNARE, a la Sociedad Colombiana de Geología-Capítulo Antioquia y a la ingeniera geóloga Claudia Patricia Lalinde por su valiosa colaboración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, C. H.; Trujillo, R y Hermelín, M., 1984. Aspectos geomorfológicos y estructurales del norte del Valle de Aburra. I Conferencia de Riesgos en el Valle de Aburra.
- Arenas, J. A., 2010. Caracterización estratigráfica de los depósitos superficiales recientes como apoyo a la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia -Medellín.
- Arias, L. A., 1995. El Relieve de la zona central de Antioquia: Un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia Vol. 10, pp. 19-24.
- Bustamante, M. y Velásquez, A., 1984. Actividad tectónica cuaternaria y recomendaciones para la amenaza sísmica en el Valle de Aburra. I Conferencia de Riesgos en el Valle de Aburra.
- Consorcio Microzonificación (Solingral S.A., Integral S.A., Inteinsa, Universidad EAFIT, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín), 2006. Microzonificación sísmica detallada de los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado. Informe Final para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. 745 P.
- Durango, J., 1975. Terrazas del valle del río Negro y sus afluentes. Proyecto de Grado I. Universidad Nacional. Facultad de Minas. Medellín, 56 P.
- Gallego, J. J., 2011. Análisis geomorfológico como apoyo a la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño (oriente cercano a la ciudad de Medellín) Tesis de grado (en edición), Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 195 P.
- García, L.C., 2007. Datación por fotoluminiscencia de algunas formaciones del Llano de Ovejas Cordillera Central Antioquia, Maestría en ciencias de la tierra, departamento de Geología Universidad EAFIT. pp. 25-31.
- González, A., 2010. Estudio de lineamientos como apoyo a la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño (Oriente cercano a la ciudad de Medellín). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Trabajo de Grado
- Grupo de Sismología de Medellín, GSM, 2002. Microzonificación sísmica de los municipios del Valle de Aburrá y definición de zonas de riesgo por movimientos en masa e inundaciones en el Valle de Aburrá. Informe Final para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- INGEOMINAS, 2005. Geología de la Plancha 147 Medellín Oriental. Explicación del mapa geológico (escala 1:50.000). Medellín.
- Katz, Y.; Weinberger, R; Aydin, A., 2004. Geometry and kinematic evolution of Riedel shear structure, Capitol Reef National Park, Utah. Journal of Structural Geology 26. pp. 491-501.
- Lalinde, C., 2004. Geología de campo en el área de la presa La Fe. Informe inédito presentado a HVM Ingenieros, para la evaluación de la amenaza sísmica para la Presa La Fe. Trabajo realizado para EEPP. 13 P.

- Monsalve, H. y Mora, H., 2005. Esquema geodinámico regional para el noroccidente de Suramérica (modelo de subducción y desplazamientos relativos). Boletín de Geología Vol 27, No 44. pp. 25-53.
- Page, W. D., 1986. Seismic geology and seismicity of northwestern Colombia: Reporte para Integral Ltda, ISA y Woodward Clyde Consultants, 156 p. más anexos.
- Page, W. y James, M., 1981. The antiquity of the erosion surfaces and late Cenozoic deposits near Medellin, Colombia: Implications to tectonics and erosion rates". Revista CIAF, Vol. 6. No. 1-3. pp. 421-454.
- Rendón, D. A., 2003. Tectonic and sedimentary evolution or the upper Aburrá Valley, northern Colombian Andes. Master Thesis, Shimane University. Japón, pp. 1-60.
- Toro, G., Hermelín, M., Echeverri, G., Posada, B. y Vera, C., 2000. Mapificación, cuantificación y caracterización de las cenizas volcánicas en la cuenca del río Negro; definición de la importancia dentro del ciclo hidrológico y para la recarga de los acuíferos subterráneos y propuesta de una reglamentación para su uso. Proyecto de investigación preparado para CORNARE, Grupo de Geología Ambiental Universidad Eafit.
- Toro, R.A. y Osorio, J. A., 2005. Determinación de los tensores de esfuerzos actuales para el segmento norte de Los Andes calculados a partir de mecanismos focales de sismos mayores. Boletín de Geología Vol 27, No 44. pp. 13-24.
- Toro, G. E., Hermelín, M., Schwabe, E., Posada, B. y Silva, D., 2006. Fission-track dating and geomorphic evidences for long-term stability in the Central Cordillera highlands, Colombia. ISSN: 0044-2798 En: Z. Geomorphology. N.F., Volumen 145, pp. 1-16.
- Urango, G. L., 2011. Estimación global de la macrosismicidad en los municipios del departamento de Antioquia. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Woodward Clyde Consltans, 1979. Preliminary seismic hazard study, Cañafisto dam sites, Cauca river hydroelectric Project, Colombia. Reporte para Integral Ltda e ISA, 173 P. Más anexos y figuras.

