



La paleomegacizalla transversal de Colombia y su relación con anomalías geomorfológicas y estructurales en Antioquia

Paleomegashear transform fault in Colombia in relationship with geomorphology and structural anomalies in Antioquia

Hernán Gómez Mejía¹



Cómo citar este artículo: Gómez Mejía, H. (2017). La paleomegacizalla transversal de Colombia y su relación con anomalías geomorfológicas y estructurales en Antioquia. *Análisis Geográficos*, 53, 25-34.

Resumen

La paleomegacizalla transversal de Colombia corresponde a una zona reactivada del basamento ígneo-metamórfico representada por fallas sinextrales con rumbo NW-SE, que afectan y desplazan a nuestras cordilleras y valles interandinos orientados NE-SW. El Batolito Antioqueño en la cordillera Central presenta rasgos propios de fallas sinextrales y transformantes, investigadas desde los años sesenta, las cuales desplazaron el curso original de los ríos Cauca y Medellín, dando origen a los valles de Aburrá y Rionegro durante la Orogenia Andina: las anomalías paleohidrogeomorfológicas y estructurales investigadas mediante fotografías aéreas, pancromáticas, Vexcel y sensores remotos indican que este cuerpo ígneo del Cretáceo fue rotado en sentido dextral por efecto de fallas sinextrales investigadas como una aplicación del Proyecto Interinstitucional del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Convenio No. 9199 2012-2014.

Palabras clave: batolito, anomalías paleohidrogeomorfológicas, anomalías estructurales, sinextral, dextral, fallas transformantes del basamento, sistema de fallas, knickpoint, tonalítico.

¹MSc en Fotointerpretación Aplicada a Geología. Profesor Asociado del Centro de Investigación y Desarrollo en información Geográfica (CIAF) del IGAC (retirado). Correo: hergomej64@yahoo.com.





Abstract

The Paleomegashear transform fault of Colombia corresponds to a reactivated zone of the igneous and metamorphic rock basement, represented by sinextral fault system with NE-SW trend that were affecting our ancestral ranges and interandean valleys with NE-SW trend. The Antioquian batholith in the central range shows a display of sinextral and transform faults, which were investigated since the 60s; this faults displaced the Cauca and Medellín rivers, originating the Aburrá and Rionegro valleys during the Andean orogeny: these paleohydrogeomorphological and structural anomalies, investigated using aerial panchromatic and Vexcel photographs, and remote sensing images, which are showing that this cretaceous igneous complex was rotated in dextral way by the sinextral transform fault system, as an application of the Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Project 2012-2014, Collective agreement No. 9199.

Keywords: *batholith, anomalies, paleohydrogeomorphologic, structural, sinextral and dextral faults, basement transform faults, fault system, nickpoints, tonalithic.*



Introducción

La paleomegacizalla transversal de Colombia (Gómez, 1991) está conformada por un sistema de fallas transformantes del basamento con orientación regional NW 10° - 60° SE, las cuales han seccionado y desplazado a nuestras tres cordilleras y valles interandinos orientados N 10° - 30° E, que se han venido investigando con sensores remotos a partir de la década de los años sesenta. En este artículo se expone cómo los rasgos estructurales que controlan la hidrografía del Batolito Antioqueño en la cordillera Central permiten comprobar, mediante interpretación de fotografías aéreas y control de campo a escala 1:25.000 (1966, 1967 y 2011), que el Sistema de Fallas de Romeral, el cual separa las cortezas oceánica y continental, ha sido desplazado sinextralmente 50 km, y su principal testigo es el río Cauca. El valle del río Magdalena y la cordillera Oriental, pasando por la parte sur de la Sabana de Bogotá, están desplazadas sinextralmente por 45 km, pero estos resultados se presentarán en un segundo artículo, el cual permitirá confirmar la real expresión y existencia de esta megaestructura.

La disposición del Batolito Antioqueño del Cretáceo, en relación con las áreas periféricas, indica que existe un control tectónico e hidrográfico ejercido por fallas con orientaciones NW y NE, las cuales modelaron el paisaje cuando este intruyó rocas más antiguas del Precámbrico y el Paleozoico al reactivarse las fallas transformantes del basamento con orientaciones N 10° - 30° - 45° W presentes entre los dos sistemas de fallas, de Romeral al W y Palestina al E. La fuerte compresión ejercida por las placas Suramericana, Nazca, Cocos y Caribe sobre esta unidad y los desplazamientos sinextrales de los batolitos del Triásico, en relación con el Antioqueño, apoyan esta evidencia.

El Marco Geotectónico de Colombia (Mapa modificado de Kellogg et al., 1983, Lonsdale et al. y Pennington, 1981, en Ingeominas, 1988) indica que en el punto triple de las placas se genera una tectónica compresiva con deformación sobre una zona de 600 km de ancho sobre la cual produjo un acortamiento significativo, desplazamiento y seccionamiento diferencial en la disposición actual de nuestras tres cordilleras. El Sistema de Fallas de Romeral es sinextral y define la unión entre este y la falla de Cauca-Almaguer (adaptado de Freymueller, Kellogg & Vega, 1993) y se encuentra desplazado sinextralmente del de Sonsón, de edad triásica (Aspden, McCourt & Brook, 1987); hacia el occidente comprime el Terreno Puquí (Ingeominas, 1986). Las acreciones sucesivas en Colombia indicadas en el artículo "Terrenos alóctonos de los Andes colombianos: explicación de alguna paradojas geológicas", de Restrepo y Toussaint (1989), relacionadas con las formaciones La Soledad y Quebrada Grande plantean interrogantes sobre su ubicación, así como sobre la continuidad de los límites que separan los terrenos Cuna, Tahamí (cordillera Central) y Chibcha hacia el norte del país: la fragmentación y rotación del Batolito Antioqueño explica estos interrogantes.

Desarrollo teórico y metodológico

En Antioquia predominan rocas metamórficas, ígneas, ultrabásicas, una secuencia vulcano-sedimentaria, cuerpos graníticos intrusivos y depósitos de vertiente y aluviales (Maya & González, 1995), conjuntamente con esquistos, anfibolitas y gneises, fue obducida durante el Cretácico por cuerpos alargados de composición dunítica, basaltos y sedimentos de origen marino, los cuales fueron afectados tectónicamente (Restrepo & Toussaint, 1989) y finalmen-





te intruídos por tonalitas, granodioritas triásicas y cretácicas de composición ácida a intermedia (Aspden & McCourt, 1986; McCourt, Aspden & Brook, 1984). La Geología de Antioquia y Caldas (Ingeominas, 1972) realizada a escala 1:25.000, presentada a escala 1:100.000 (Ingeominas, 1975) y expresada en la Geología del Departamento de Antioquia a escala 1:400.000 (Ingeominas, 1999) y en el Mapa Geológico de Colombia (Servicio Geológico Colombiano, 2015) fue revaluada mediante interpretación estereoscópica de fotografías aéreas a color, ortorectificadas y georreferenciadas a escala 1:25.000, e imágenes de sensores remotos en geología y geomorfología aplicada a deslizamientos e inundaciones (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC] & Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia [Corantioquia], Convenio No. 9199, 2012-2014).

Con los conocimientos derivados, se investigaron las características del relieve del Batolito Antioqueño, las anomalías hidrogeomorfológicas presentes en los ríos Medellín, Cauca y algunos tributarios, así como su relación con los perfiles longitudinales expresados en forma de valles y cañones, la relación con los principales sistemas de fallas que controlaron su levantamiento hacia el sector de Yarumal (2.400 m s.n.m.) y su basculamiento hacia el SE (Amalfi, 1.600 m s.n.m., El Tigre, 1.600 m s.n.m. y 600 m s.n.m. en Maceo). Se evaluó simultáneamente el papel que jugaron los tributarios controlados por la falla de La Pintada, una captura del ancestral río Cauca, el cual fluía en dirección del hoy río Medellín por medio de la quebrada Poblano cuando se levantó el alto de Minas y la falla de San Jerónimo, como satélite, generadas al comienzo de la Orogenia Andina y Entreríos-Calderas, que siguen un control estructural al oriente del Parque Arví, por medio de la quebrada La Mosca y los ríos Marinilla y Cocorná, las cuales

dieron origen y limitaron al desarrollo los valles de Aburrá y Rionegro.

Geomorfológicamente, el altiplano antioqueño corresponde a una superficie de erosión en donde el levantamiento está asociado con procesos de exhumación y fallamiento durante el Eoceno medio, hasta fases orogénicas Mioceno-Plioceno, según Page y James (1981), producidas durante varias fases de levantamiento (Hermelin, 1982, 2007; Toro, Rendón & Montes, 2008).

El área comprendida por el Valle de Aburrá es de 1.152 km² y morfológicamente fue definido por Arias (2003) como una depresión con orientación sur-norte, localizada en la parte alta de la cordillera Central, limitada por respaldos laterales muy inclinados en roca y cubiertos en la parte baja por flujos de lodos. La altura del fondo del valle varía entre los 1.000 y 3.000 m s.n.m. hacia su nacimiento. De acuerdo con Aristizábal y Yokota (2008), el río Medellín presenta tres grandes sectores: el central, conformado por un valle amplio, limitado al oriente y al occidente por los valles tributarios de las quebradas Santa Elena y La Iguañá, de gran extensión y evolución. Los sectores norte y sur presentan valles estrechos y asimétricos, limitados por vertientes con pendientes fuertes. El análisis de los perfiles longitudinales y la correlación de terrazas permiten relacionar la tectónica con los procesos superficiales y así evidenciar los mecanismos que han modificado el paisaje. Los valles de los ríos proveen un primer acercamiento que relaciona la deformación tectónica con la respuesta del paisaje, por lo cual las quebradas son definidas como elementos de sensibilidad estructural de primer orden y las vertientes en contacto con estas quebradas, como de segundo orden (Brunsden, 2001, cit. en Aristizábal & Yokota, 2008).





Adicionalmente, algunos episodios tectónicos (fallas de San Jerónimo, Iguañá-Boquerón, Belmira Occidental y Don Matías) han bajado el nivel de base del río Medellín mediante “knickpoints”, los cuales migran aguas arriba de este y de la quebrada La Iguañá, erosionando las secciones más altas y más viejas localizadas puntualmente en Ancón Sur, La Aguacatala, Ancón Norte, El Hatillo y La Montera, tal como lo comprobaron Aristizábal y Yokota (2008).

Elementos de la investigación

Evaluación geológica y geomorfológica

La evaluación geológica y geomorfológica del departamento de Antioquia realizada con sensores remotos indica que el Batolito Antioqueño, de forma aparentemente triangular, presenta efectos de rotación dextral generada durante varios episodios tectónicos, los cuales han controlado el drenaje a partir del Cretáceo superior, el Eoceno y el Plioceno, expresados sobre diferentes unidades de roca por un conjunto de fallas sinextrales relacionadas con rasgos paleohidrogeomorfológicos.

Principal anomalía del río Cauca

La principal anomalía se aprecia en el curso del río Cauca, el cual se considera que fluía originalmente con dirección S-N hacia el actual Valle de Aburrá: al levantarse el alto de Minas, localizado entre las fallas de La Pintada (falla de Arma, según Ingeominas, 1999) (figura 1) y el sistema de fallas de San Jerónimo, al norte, este fue capturado posiblemente por el río Poblanc o Arma y obligado a fluir con dirección N-60° W por cerca de 45 km, para luego cambiar nuevamente su dirección hacia el N a través de un cañón conformado por el sistema de fallas de Romeral. Como consecuencia, las sedimentitas cretácicas de la formación Quebrada Grande fueron desplazadas sinextralmente por el sistema de fallas de San Jerónimo y satélites, dando respuesta a la primera paradoja (Restrepo & Toussaint, 1989): las formaciones Combia y Amagá, plegadas, falladas e imbricadas con los stocks y gabros cretácicos asociados, indican reactivación de este sistema durante el Neógeno y posterior al Plioceno, e incluye la falla de Cauca Almaquer (Ingeominas, 1999).

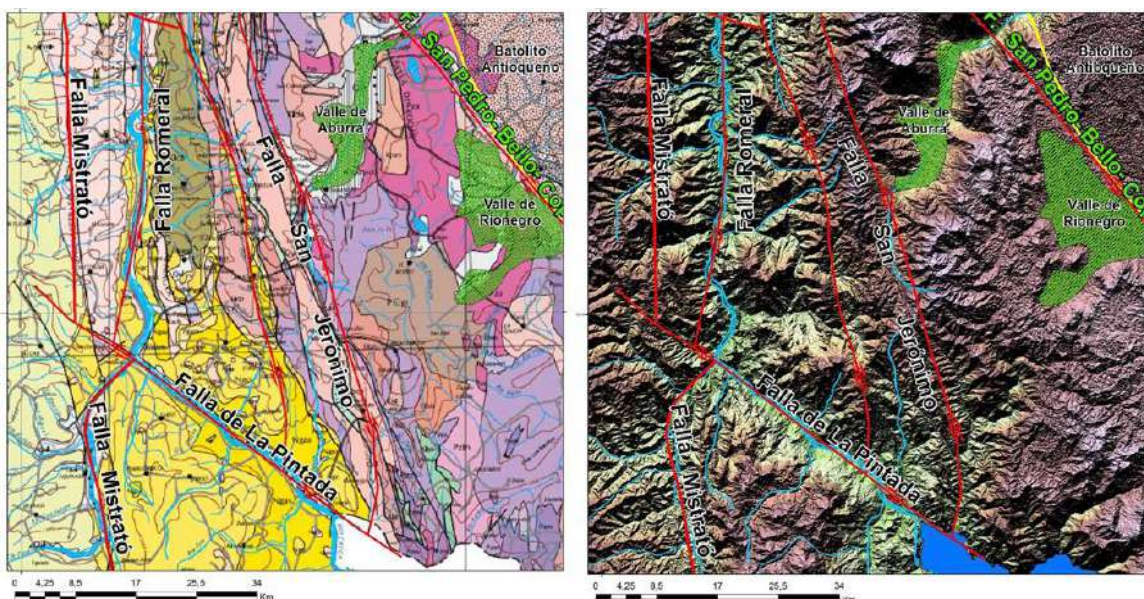


Figura 1. Fallas La Pintada, San Pedro-Bello-Copacabana y Romeral, valles de Aburrá y Rionegro
Fuente: adaptado de Ingeominas (1999) (izq.); elaboración propia (der.).





Sistema de fallas San Jerónimo y satélites

El sistema de fallas de San Jerónimo (Ingeominas, 1999), San Pedro-Bello-Copacabana-Santuario y Entreríos-Don Matías-Calderas, definidas en esta investigación como escalonadas, con rumbos aproximados N 45° - 10° W y las satélites indicadas por Aristizábal y Yokota (2008), son sinextrales: dicho sistema de fallas converge hacia el noroccidente, en forma de “cola de caballo”, y comprime al sistema de fallas de Romeral en dirección a la localidad de San José de la Montaña. Debido a estos desplazamientos sinextrales se produjo regionalmente un seccionamiento del Terreno Puquí (Ingeominas, 1986); el Batolito Antioqueño, en su parte occidental, se basculó y se levantó por encima de los 2.400 m s.n.m., mientras que la porción oriental se inclinó hacia los 800 m s.n.m. en dirección del valle del río Magdalena, formando un glacis de erosión regional sobre toda la cordillera Central (Page & James, 1981).

Anomalías hidrogeomorfológicas en los valles de Aburrá y Rionegro

Durante el Neógeno se reactivó el movimiento dextral en el sector SW del batolito, el cual se seccionó en un segmento alargado en forma de cuña con orientación NW-SE localizado inmediatamente hacia el NE de la falla de San Jerónimo, limitado al sur por el sistema de fallas San Pedro-Bello-Copacabana-Santuario y al norte por el de Entreríos-Don Matías-Calderas (figura 2). Dicho segmento se levantó hacia el SW formando una barrera natural, limitando así el desarrollo geomorfológico de los valles de Aburrá y Rionegro hacia el NE, mientras que aguas abajo del río Medellín la cuña paleozoica emplazada y

asimilada por el Batolito Antioqueño se levantó al sur de Don Matías y Cerro Boquerón (Ingeominas, 1999), formando un “vertedero angosto” que restringió el depósito de sedimentos aluviales. La quebrada Las Moscas, que nace en el Parque Arví, y el río Marinilla discurren en sentido opuesto hasta confluir con el río Negro; ambos cursos están controlados por la falla de Entreríos-Don Matías-Calderas: el río Cocorná discurre en la misma dirección hasta la deflexión de Aquitania, confirmando así un control estructural sobre la hidrografía del sector.

Anomalías hidrogeomorfológicas en el río Medellín

El desarrollo hidrogeomorfológico del río Medellín en su porción central, a partir de la falla Entreríos-Don Matías-Calderas, ha sido hacia el NE sobre tonalitas típicas del Batolito Antioqueño, sector en donde presenta un perfil longitudinal muy suave y ligeramente ondulado con dirección regional N 45° E por cerca de 60 km. Luego fluye con dirección S-N por 1,5 km al ser desviado por la falla sinextral de Monteloro y posteriormente cambia drásticamente hacia N 40° W por la falla de San Bartolomé-Guatapé (sinextral), que desvía su curso longitudinalmente por 2,5 km hacia el NW. A partir de dicho punto de transferencia, el valle aluvial, poco amplio, del río Medellín, cambia geomorfológicamente, hacia el cañón del río Porce, en rocas del Paleozoico: sobre este sector se aprecian los efectos de una “rampa lateral izquierda de ángulo alto”, la cual cambia progresivamente con dirección norte allí en donde desplaza sinextralmente a las sedimentitas cretácicas de la formación La Soledad (Kisl), resolviendo así el segundo paradigma señalado por Restrepo y Toussaint (1989).



Anomalías del río Cauca y el norte de Antioquia

la masa cretácica, además de poner en contacto a rocas del Batolito Antioqueño con el Batolito de Segovia, comprimen la secuencia paleozoica central, dejando como producto fallas con orientación N-S, como las de la Concha, Liberia y Río Mata. El conjunto de fallas orientales conformado por las fallas de Otú-Pericos, Bagre, Palestina y Cimitarra confluyen en forma de “cola de caballo” hacia el este del batolito, con disposición simétricamente opuesta en relación con las del sistema de San Jerónimo, ubicado al oeste del batolito.

Anomalías hidrogeomorfológicas en el sureste antioqueño

Las fallas de Monteloro, Nare, Balseadero y Bizcocho, presentes hacia el SE del Batolito Antioqueño, conservan un paralelismo aproximado N 45° - 60° W con la anterior y son también sinextrales, características de un régimen de extensión; geomorfológicamente presentan, además, escarpes de erosión mayor y menor, con orientación NW (IGAC & Corantioquia, 2014). La falla de Cocorná, sinextral, forma parte del conjunto que comprime y deforma internamente al batolito.

Conclusiones

Las anomalías hidrogeomorfológicas y estructurales investigadas en el Batolito

Antioqueño del cretáceo y las rocas periféricas paleozoicas intruidas comprueban que existe un control estructural preferencial con orientación noroeste-sureste que afecta el curso de los ríos Cauca y Medellín por medio de valles aluviales y cañones: los controles estructurales indican movimientos sinextrales que levantan y comprimen el batolito hacia el oeste, donde se encuentra el sistema de fallas Romeral que separa corteza oceánica de continental, produciendo una rotación dextral del mismo con basculamiento hacia el sureste.

La disposición de fallas con orientación noroeste-sureste corresponde a reactivación de fallas transformantes del basamento, las cuales concuerdan localmente con la paleomegacizalla transversal de Colombia (Gómez, 1991).

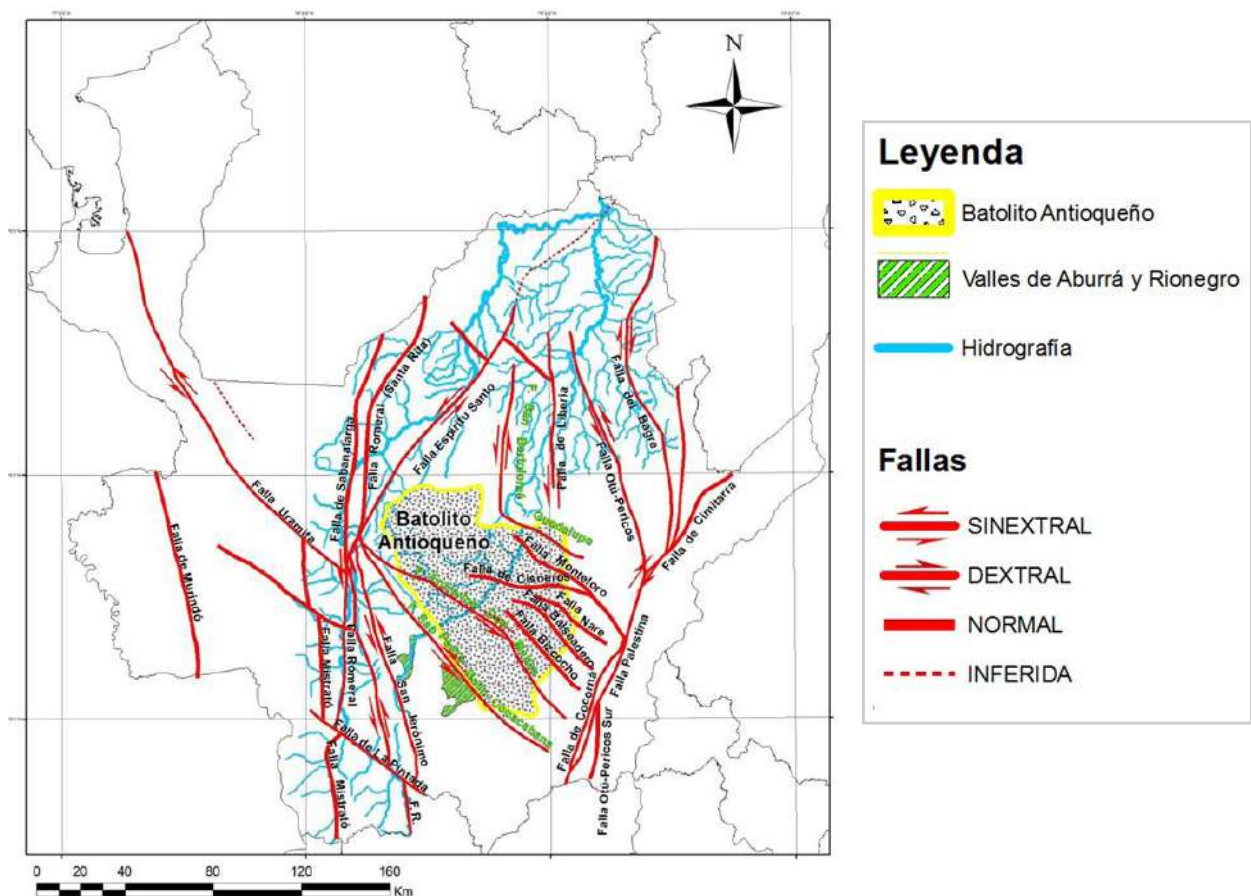


Figura 3. Mapa hidrogeomorfológico y estructural de Antioquia

Fuente: elaboración propia.



Bibliografía



- Arias, A. (2003). La diversidad del relieve y de los suelos de altiplano de Santa Rosa de Osos (Antioquia) y sus significados ambientales. *Boletín Ciencias de la Tierra*, 15, 51-77.
- Aspden, J. A. & McCourt, J. W. (1986). Mesozoic oceanic terrane in the Central Andes of Colombia. *Geology*, 14, 415-418.
- Feininger, T. (1970). The Palestina Fault, Colombia. *GSA Bulletin*, 81(4), 1201-1216.
- Freymueller, F. T., Kellogg, J. N. & Vega, V. (1993). Plate Motions in the north Andean region. *Journal of Geophysical Research*, 98(B12), 21853-21863.
- Gómez, H. (1991). La paleomegacizalla transversal de Colombia: base de un nuevo esquema geotectónico. *Revista CIAF*, 12(1), 49-61.
- Hermelin M. (1982). El origen del valle de Aburrá: evolución de ideas. *Boletín Ciencias de la Tierra*, 7-8, 47-65.
- Hermelin M. (2007). Sistemas morfogénicos contrastados en el norte de la cordillera Central colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 31(119), 199-216.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi & Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (2012). *Estimación de amenazas por inundación y movimientos en masa de la cuenca baja de los ríos Cauca, Nechi, y Magdalena mediante tecnologías espaciales*. Convenio No. 9199.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi & Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (2014). *Estimación y elaboración cartográfica de amenazas por inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa con el uso de tecnologías geoespaciales*. Fase II. Convenio No. 9199.
- Ingeominas (1972). Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-B). *Boletín Geológico* 20, N° 2.
- Ingeominas (1975). Mapa geológico del oriente del departamento de Antioquia, Colombia. Cuadrángulo I-9 y partes de cuadrángulos H-9, H-10, I-10, J-9 y J-10. Escala 1:100.000.
- Ingeominas (1986). *Mapa de terrenos geológicos de Colombia*. Bogotá: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Serie Publicaciones geológicas especiales del ingeominas, 0120-078X, N° 14-1.
- Ingeominas (1988). Memoria explicativa del mapa geológico de Colombia. Escala 1:1.500.000. Fig. 2. Marco geotectónico de Colombia. P. 11. Bogotá: Ingeominas.





Bibliografía

- 
- Ingeominas (1999). Mapa de la geología del departamento de Antioquia, Colombia. Escala 1:400.000.
- Ingeominas, Servicio Geológico Colombiano (1976, 1998, 2015). Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1.500.000. Bogotá: Ingeominas, Servicio Geológico Colombiano.
- Maya, M. & González H. (1995). Unidades litodémicas en la cordillera central de Colombia. *Bol. Geol. Ingeominas*, 35(23), 44-57.
- McCourt, W.J., Aspden, J.A. & Brook, M. (1984). New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. *Journal of the Geological Society*, 141(5), 831-845.
- Page, W. D. & James, M. E. (1981). The antiquity of the erosion surfaces and the late cenozoic deposits near Medellín, Colombia: implication to tectonics and erosion rates. *Revista CIAF*, 6(1-3), 421-454.
- Pennington W. D. (1981). Subduction of the Eastern Panama basin and the seismotectonics of the northwestern South America. *Journal of Geophysical Research*, 86(B11), 10753-10770.
- Restrepo J. J. & Toussaint, J. F. (1989). Terrenos alóctonos en los Andes colombianos: explicación de algunas paradojas geológicas. *V Congreso colombiano de geología. Memorias*. Tomo I. Bucaramanga: Sociedad Colombiana de Geología.
- Toro, G., Rendón, D. & Montes, L. (2008). Levantamiento de los Andes en el norte de la cordillera Central de Colombia: una aproximación geomorfológica, estructural y cronológica (trazas de fisión). *Boletín Ciencias de la Tierra*, 22, 125-126. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/1812/11267>.
- Aristizábal, R. & Yokota, S. (2008). Evolución geomorfológica del Valle de Aburrá y sus implicaciones en la ocurrencia de movimientos en masa. *Boletín Ciencias Tierra*, 24, 5-18. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/9268/9931>.

