

EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA. DESDE LA APERTURA DEL OCÉANO IAPETO HASTA LA CONFORMACIÓN DE LA PANGEA: UNA VISIÓN PRELIMINAR.

PRIMERA PARTE: ASPECTOS GEOLÓGICOS

TECTONIC EVOLUTION OF THE EASTERN CORDILLERA OF COLOMBIA. FROM IAPETUS OCEAN OPENING TO THE PANGAEA UNIFICATION: A PRELIMINARY PERSPECTIVE

FIRST PART: GEOLOGIC ASPECTS

Germán Chicangana^{1,2}, Andreas Kammer²

¹ Centro de Investigaciones, Escuela de Arquitectura, Ciencias Básicas e Ingenierías, Corporación Universitaria del Meta, Villavicencio, Colombia.
gechicanganam@bt.unal.edu.co

² Grupo de Geofísica, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. Colombia.
akammer@unal.edu.co

Chicangana, G.; Kammer, A. (2013). *Evolución tectónica de la cordillera oriental de Colombia. Desde la apertura del océano Iapeto hasta la conformación de la pangea: una visión preliminar. Primera parte: Aspectos geológicos.* GEOLOGIA COLOMBIANA, Vol. 38. Bogotá, Colombia. pp. 65-74.

Manuscrito recibido: 13 de octubre 2012; aceptado: 1 de junio de 2013

Resumen

Sobre el basamento Proterozoico colombiano se desarrollaron varias cuencas durante el Paleozoico. En éste artículo se muestran las unidades geológicas del centro de Colombia que representan el lapso Mesoproterozoico – Triásico. El fin de esta recopilación es realizar una reconstrucción geodinámica de este sector de los Andes del Norte que abarque éste lapso geológico, con el fin de entender el origen de las principales estructuras geológicas que definen los límites tectónicos de las Cordilleras Central y Oriental.

Palabras Clave: Cordillera Oriental, Precámbrico, Paleozoico, Centro de Colombia, Geología Regional.

Abstract

Over Colombian Proterozoic basement several basins were developed during the Paleozoic era. In this paper is showing the geological units of central Colombia that represented the Mesoproterozoic - Triassic lapse. The justification of this geological compilation is generating a geodynamic restitution of Northern Andes area that correspond to this geological time lapse for understanding the origin of main geologic structures that are the tectonic limits of Central and Eastern cordilleras of Colombia.

Key Words: Eastern Cordillera, Precambrian, Paleozoic, Colombia central region, Regional Geology.

INTRODUCCIÓN

Estudios concretos correspondientes a Colombia, Ecuador y Venezuela sobre la evolución geotectónica de los Andes del Norte para el Paleozoico y el Proterozoico son pocos en un sentido estricto. Si bien en los últimos 20 años, se ha empezado a constatar el origen del basamento del bloque andino, apoyándose en resultados de investigaciones en geología isotópica junto con correlaciones geoquímicas para las rocas del basamento Proterozoico del norte de Suramérica con rocas del basamento del extremo sur de Norteamérica, como por ejemplo lo realizado por Noble et al. (1997) en Ecuador, y para Colombia con los trabajos de Restrepo – Pace (1992), Restrepo et al. (1997) y Ordoñez – Carmona et al. (2006), por citar algunos de los más relevantes. Sin embargo, un trabajo que abarque esta correlación con modelos de evolución geodinámica que sea coherente con el escenario geodinámico que le corresponde a este sector de Suramérica (margen noroccidental de Gondwana), para estas épocas geológicas, tal como se han ejecutado ya para otros lugares del mundo como en Norteamérica o Europa occidental, no se ha realizado aún. Por carecer de este tipo de estudios, entonces se dificulta explicar una evolución geotectónica coherente y acorde con la evolución geodinámica de los otros escenarios ya mencionados tanto para el Proterozoico tardío como para el Paleozoico en Colombia. El siguiente trabajo muestra el actual estado del conocimiento de las unidades de roca que corresponden al lapso Mesoproterozoico – Pérmico del centro de Colombia, para en un siguiente artículo realizar en una aproximación preliminar, la evolución geodinámica de esta región desde la apertura del Océano Iapeto durante la fragmentación de Rodinia, hasta la conformación de la Pangea. La realización de este ejercicio servirá de base para poder aproximarse a la comprensión del origen de la complejidad tectonoestratigráfica que se presenta en la Cordillera Oriental y la región central de Colombia.

ANTECEDENTES

Con la revisión de la literatura, en trabajos que tratan la geología estructural y la evolución tectónica de la Cordillera Oriental, el Valle Alto del Magdalena (VAM) y la cuenca de los Llanos, se ha constatado que aun no se ha abordado un análisis para el basamento denominado genéricamente en esta región Pre - Cretáceo. Desde estudios concretos que abarcan la evolución geotectónica de la Cordillera Oriental, el VAM y la cuenca de los Llanos en las dos últimas décadas, autores como Colletta et al. (1990), Branquet et al. (2002), Gómez et al. (2003, 2005

a, 2005 b) y Bayona et al. (2008), por citar varios casos, no toman en cuenta una diferenciación entre el basamento cristalino Proterozoico, y el no cristalino correspondiente al lapso Neoproterozoico – Paleozoico Superior, para poder dar una explicación a sus modelos de evolución tectónica relacionados a la fase final del desarrollo orogénico estructural tanto de la Cordillera Oriental y el VAM como de la cuenca de los Llanos, que como se hace obvio, corresponde a un lapso de tiempo que no supera en edad el Plioceno Inferior (Chicangana y Vargas, 2006). Hasta el presente solo autores como Butler y Schamel (1988), Roeder y Chamberlain (1995) y Mora et al. (2006), han tenido en cuenta a los basamentos Proterozoico y Paleozoico en este sentido, sin embargo igualmente estos tampoco han considerado los diversos espesores y la evolución geológico - estructural de las unidades no cristalinas que abarcan el lapso Neoproterozoico Tardío -Paleozoico Superior.

MARCO GEOLÓGICO

Para fines prácticos del entendimiento de este trabajo, se pasan a describir de una manera muy generalizada las unidades litológicas representativas para nuestro sector de análisis (Figura 1), siguiendo para ello los diferentes lapsos de tiempo geológico indicados aquí (Figuras 2 y 3).

1. Basamento Cristalino

La región en la cual se enfoca este estudio (Figura 1), presenta dos basamentos cristalinos que están separados por fallas fundamentales que son los límites de la acreción inicial entre Laurentia y Gondwana, cuando se conformó el supercontinente Rodinia hace aproximadamente 1100 Ma (Dalziel, 1997; Dalziel et al., 2000; Ramos, 2010). Los dos basamentos cristalinos son el Cratón Amazónico al este y el basamento del Bloque Andino al oeste. El límite tectónico que separa estas dos provincias geotectónicas en Colombia es el Sistema de Fallas de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental – SFFFCO o Eastern Frontal Fault System de París et al. (2000). Estas estructuras son grandes fallas cabalgantes de bajo ángulo que se extienden desde la superficie al SE hasta el límite corteza – manto hacia el NW, constituyendo el límite de la deformación cortical derivada de la colisión entre el Bloque Andino y el Cratón Amazónico tal como lo han propuesto entre otros Dalziel (1997), Dalziel et al. (2000), Chicangana et al., (2007) y Ramos (2010). Este esquema estructural ha dado como resultado para el Presente, un estilo muy particular de los promontorios del cabalgamiento de la Cordillera Oriental en su límite con el antepaís definido

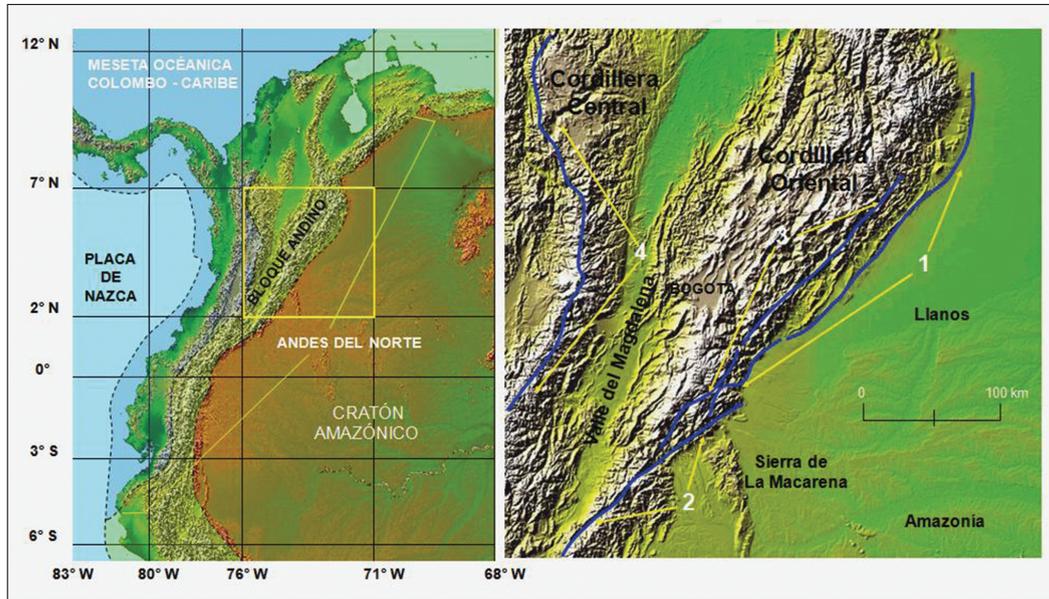


Figura 1. Región de estudio en una ubicación regional para los Andes del Norte, a la izquierda. A la derecha detalle de la zona de estudio, indicando las principales fallas relacionadas al Sistema de Fallas de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental – SFFFCO. 1. Fallas Guaicaramo – Guayuriba. 2. Falla Algeciras. 3. Falla Servitá – Santa María. 4. Sistema de Fallas de Romeral. Mapa topográfico base tomado de NASA/JPL/NIMA (2004).

por la cuenca de los Llanos, que de acuerdo con Macedo y Marshak, (1999) se origina en la indentación controlada entre el basamento del Bloque Andino y el Cratón Amazónico dando lugar a una geometría afectada por la convergencia oblicua de estos.

Para Colombia, el basamento del Bloque Andino (Figura 2) está compuesto por anfibolitas, neises y granulitas cuya edad no es mayor a 1,6 Ga (Priem et al., 1989; Restrepo – Pace, 1992; Restrepo - Pace et al., 1997; Maya, 2001; Ibañez - Mejía, 2010). En el sector de nuestro análisis este basamento está representado por las rocas Proterozoicas aflorantes en el flanco oriental de la Cordillera Central, y el Complejo Garzón (Grupo Garzón) junto con el Complejo de Bucaramanga – Pescadero (Neises de Bucaramanga y Pescadero) (Maya, 2001), que afloran en la Cordillera Oriental. Al este de los Andes del Norte se presenta el Cratón Amazónico, con un basamento relacionado al Ciclo orogénico Sunsas (Celada et al., 2006), (Figura 2), que está definido en la literatura, por el basamento Precámbrico aflorante en la Serranía de Sunsas del Departamento de Santa Cruz en el oriente de Bolivia (Litherland et al., 1986). La edad del Evento Sunsas que es contemporáneo con el Evento Grenviliano abarca el lapso Mesoproterozoico Superior – Neoproterozoico Inferior (Esteniano – Toniano). Este evento se relaciona con el evento Orinoquiense de Venezuela y con la oro-

génesis colisional reflejada en Brasil con el Grupo Nova Brasilândia (Restrepo – Pace et al., 1997; Santos, 2003). Rocas relacionadas al evento Sunsas – Grenville (Keppie et al., 2001), se han reconocido igualmente en Ecuador (Noble et al., 1997), Venezuela (González de Juana et al., 1980), y en otros sectores del Cratón Amazónico al oeste y noroeste de Brasil (Santos, 2003). Para el sector de este análisis, las rocas que representan este ciclo orogénico pertenecen a las unidades litológicas denominadas en Colombia Complejo Ariari y la Formación estratovolcánica Piraparana (Galvis et al., 1979; Celada et al., 2006).

2. Lapso Neoproterozoico – Cámbrico

En contacto discordante sobre los basamentos cristalinos y en paquetes muy plegados, afloran metasedimentitas con una edad que abarca desde el período Ediacárico hasta el Cámbrico Inferior (Figura 2). Para el Bloque Andino, las unidades litológicas que representan este lapso de tiempo geológico son el Complejo Cajamarca – Valdivia (Maya, 2001, Silva et al., 2005), el cual se presenta en la Cordillera Central cerca de Cajamarca, en el departamento de Tolima (Figura 5, localidad 3), y para la Cordillera Oriental, la Formación Silgará (Arenas, 2004; Silva et al., 2005), que se observa en el cañón del río Chicamocha, en el municipio de Pescadero en el Departamento de Santander, (Figura 5, localidad 4), y el Grupo Quetame,

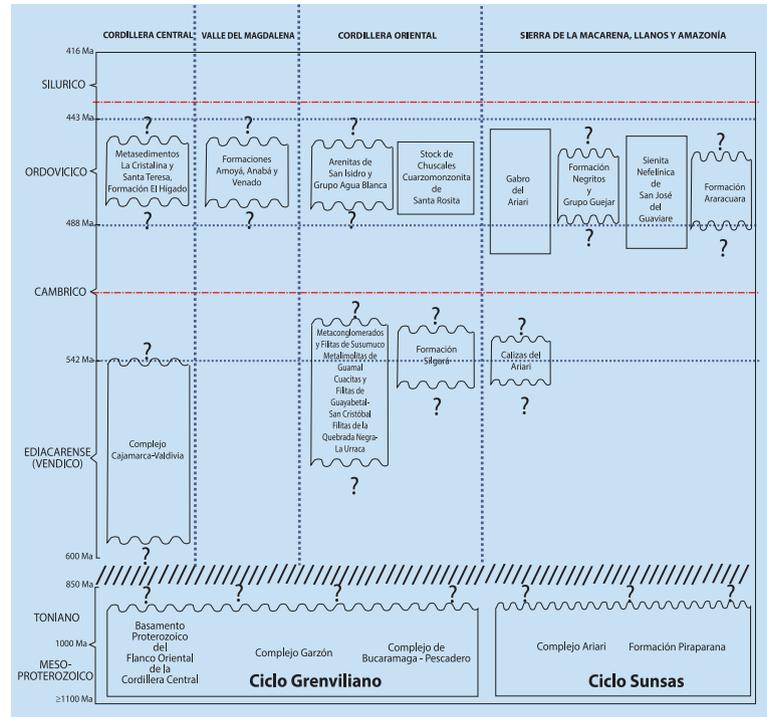


Figura 2. Columnas estratigráficas generalizadas mostrando las unidades litológicas más representativas presentes en la región de estudio para el lapso Mesoproterozoico – Silúrico. La nomenclatura estratigráfica sigue los trabajos de Priem et al. (1989) y Restrepo – Pace et al. (1997), para el ciclo Grenviliano, y de Celada et al. (2006), para el ciclo Sunsas. Para el Paleozoico Inferior, se siguen los trabajos de Galvis et al. (1979), Ulloa y Rodríguez (1979), Vélez y Villarroel (1993), Rodríguez (2000), Maya (2001), Núñez (2001), Pulido y Gómez (2001), Royero y Clavijo (2001), Fuquen y Osorno (2002), e INGEOMINAS (2007) entre otros.

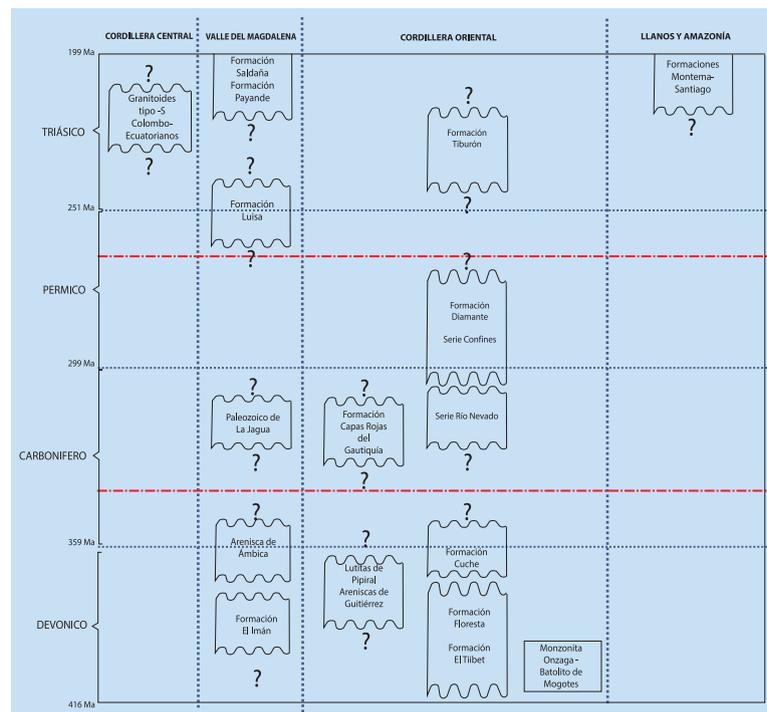


Figura 3. Columnas estratigráficas generalizadas mostrando las unidades litológicas más representativas presentes en la región de estudio para el lapso Devónico – Triásico. Para éste lapso se siguen los trabajos de Ulloa y Rodríguez (1979), Cediel et al. (1981), Rodríguez (2000), Núñez (2001), Pulido y Gómez (2001), Royero y Clavijo (2001), Fuquen y Osorno (2002), e INGEOMINAS (2007) entre otros.

que aflora al oriente del Departamento de Cundinamarca (Figura 5, localidad 1). Tanto la Formación Silgará como el Grupo Quetame se han clasificado erróneamente como unidades estratigráficas relacionadas con rocas sedimentarias a lo largo del siglo XX, tendencia que a principios del siglo XXI continuaba por varios grupos de investigación de algunas universidades colombianas y del INGEOMINAS. De acuerdo a esto último, considerando que estas unidades estratigráficas están compuestas por más de un tipo de rocas, en éste caso rocas sedimentarias junto con rocas metamórficas, sugerimos que tanto a la Formación Silgará, aflorante en la región septentrional de la Cordillera Oriental y el Grupo Quetame que se presenta en la parte central de la misma, se consideren unidades litodémicas, por lo que deben denominarse de manera adecuada como Complejo Silgará y Complejo Quetame. El Complejo Quetame está conformado de acuerdo a Maya (2001), Pulido y Gómez (2001), Fuquen y Osorno (2002), y muchos otros autores, por unidades como las Metalimolitas de Guamal, las Cuarцитas y Filitas de Guayabetal – San Cristóbal y las Cuarцитas, las Filitas y los Metaconglomerados de Susumuco, además de las Filitas de Quebrada Negra – La Urraca (Fuquen y Osorno, 2002), aflorantes estas últimas, en el municipio de Colombia en el Departamento del Huila (Figura 5, localidad 2). Estas unidades litológicas están constituidas principalmente por cuarцитas, filitas, metaconglomerados y esporádicamente calizas o mármoles. Normalmente presentan metamorfismo de muy bajo grado, aunque a veces no existe metamorfismo y en cambio se corresponden con areniscas de grano muy fino, y limolitas, las cuales se han evidenciado por parte nuestra, cerca de la cabecera del municipio de Guayabetal en el Departamento de Cundinamarca con la unidad Cuarцитas y Filitas de Guayabetal, en la carretera Bogotá -Villavicencio (Figura 4A y 5, localidad 1). Por el contrario, el Complejo de Cajamarca (Maya, 2001), alcanza la facies de esquisto verde (Figura 5, localidad 3), y el Complejo Silgará (Figura 5, localidad 4), evidencia metamorfismo del tipo barroviano (Castellanos et al., 2008). Para el sector del Cratón Amazónico, se observa como unidad litológica las Calizas del Ariari, para la cual se le reportan trilobites, por lo que esta unidad se asigna al Cámbrico (Celada et al., 2006), aunque para la región de correspondiente a la cuenca alta del río Ariari, en el municipio de El Dorado, Departamento del Meta (Figura 5, localidad 5), hemos constatado que estas calizas son estériles en materia de fósiles relacionados a macrovertebrados, por lo que asumimos para esta unidad como edad, la dada inicialmente por Trümpy (1943), quien siguió en este criterio a Gansser, y que fue reafirmada luego por Julivert, (1968). Aquí de una forma muy general se indica

que estas unidades litológicas representan paleoambientes relacionados a transgresiones marinas desarrolladas en un ambiente sublitoral o nerítico.

3. Ordovícico

Las unidades litológicas que representan el período Ordovícico en nuestro sector de análisis (Figura 2), están constituidos por rocas sedimentarias calcáreas y siliciclásticas, las cuales excepcionalmente presentan un grado muy bajo de metamorfismo y están acompañadas por algunas rocas ígneas intrusivas que reflejan un evento magmático contemporáneo o ligeramente posterior a su sedimentación. Para la región que abarca el Bloque Andino, las unidades litológicas que representan este período geológico son los Metasedimentos de La Cristalina (Figura 5, localidad 6), y los Metasedimentos de Santa Teresa (Figura 5, localidad 7), que afloran en el flanco oriental de la Cordillera Central (Maya, 2001), las Formaciones Amoyá, Anabá, El Hígado y El Venado (Vélez y Villarroel, 1993; Villarroel et al., 1997; Maya, 2001), las Arenitas de San Isidro y el Grupo Agua Blanca que incluyen a la Formación el Venado (Fuquen y Osorno, 2002) que afloran entre el VAM y la Cordillera Oriental, y rocas ígneas como el Stock de Chuscales y la Cuarzomonzonita de Santa Rosita que afloran en la Cordillera Oriental (Restrepo – Pace, 1992; Rodríguez y Solano, 2000). Para el sector correspondiente al Cratón Amazónico se presentan para esta época las Formaciones Aracuara y Negritos, el Grupo Güejar y rocas ígneas como el Gabro del Ariari y la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare (Trümpy, 1943; Pinson et al., 1962; Julivert, 1968; Galvis et al., 1979; Bogotá, 1983; Celada et al., 2006). Las unidades sedimentarias se encuentran en contacto discordante ya sea directamente sobre los basamentos cristalinos del Complejo Garzón en el Bloque Andino (Villarroel et al., 1997; Fuquen y Osorno, 2002), o del Complejo de Mitú en el Cratón Amazónico (Celada et al., 2006). También suprayacen de forma discordante con las unidades pertenecientes al lapso Neoproterozoico - Cámbrico, o se encuentran en contacto fallado con el basamento cristalino o con estas últimas unidades. Sus condiciones geológico - estructurales varían desde muy poca deformación y ausencia de plegamientos tal como ocurre con la Formación Aracuara cerca de San José del Guaviare (Figura 5, localidad 6), hasta muy deformado, cizallado y fuertemente plegado como en el caso de los Metasedimentos de Santa Teresa cerca al Libano en el Tolima (Figura 5, localidad 4). Desde una perspectiva muy general estas unidades litológicas están relacionadas a un ambiente de transgresión marina, destacándose para esta

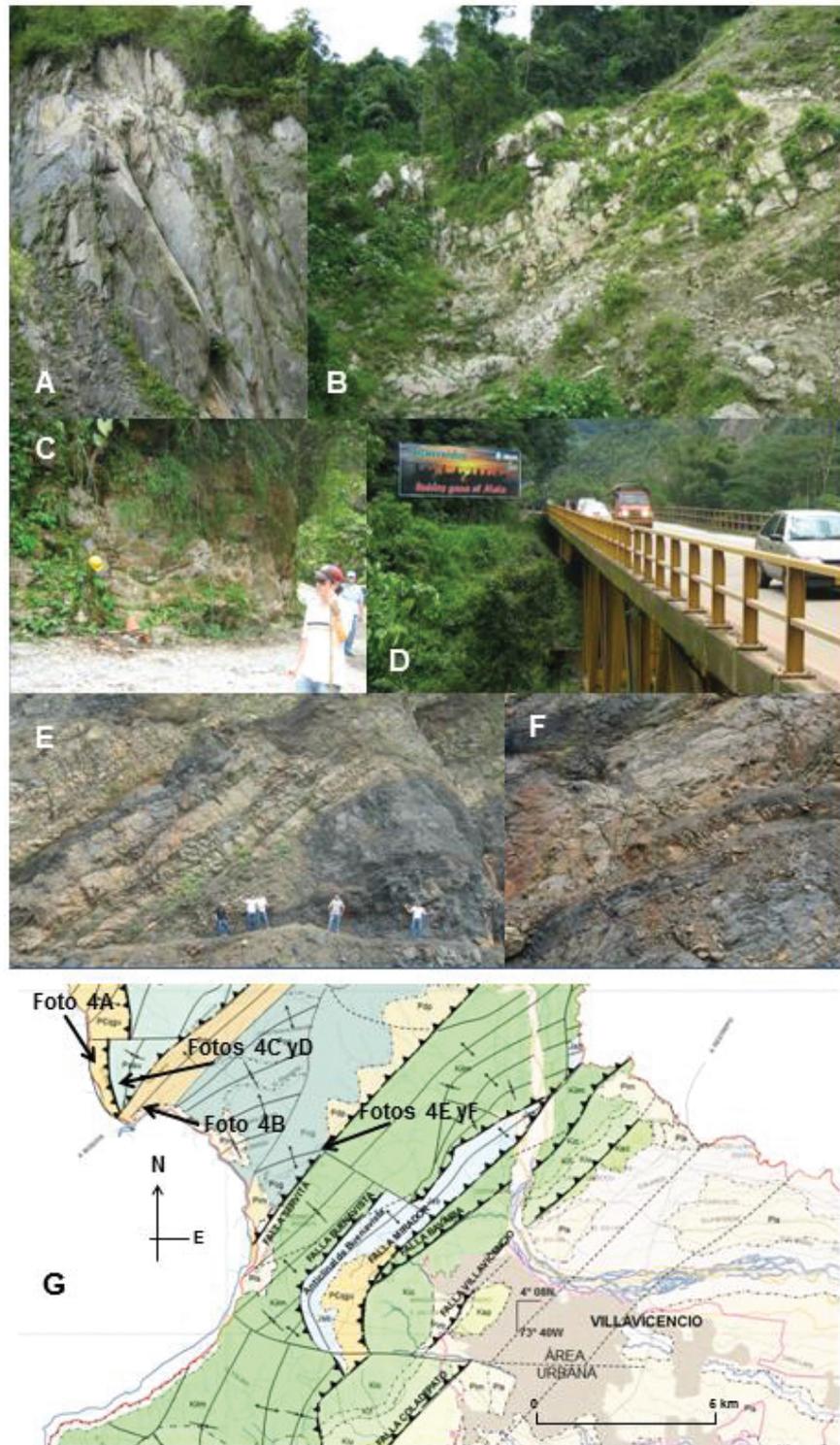


Figura 4. Fotografías de los afloramientos de algunas de las unidades litológicas mencionadas aquí, y que corresponden a un sector de la carretera Bogotá – Villavicencio: A. Filitas relacionadas con la Formación Cuarcitas y Filitas de Guayabetal. B. Conglomerados relacionados a la Formación Areniscas de Gutiérrez. C. Cuarcitas relacionadas a la Formación Metaconglomerados, Cuarcitas y Filitas de Susumuco. D. Sector del Puente sobre la Quebrada Susumuco, en donde afloran las rocas de la fotografía C. E. Afloramiento de la Formación Capas Rojas del Guatiquía en la localidad de Pipiral en cercanías a Villavicencio. F. Detalle del anterior, mostrando un paquete estratificado compuesto por limolitas y algunas cintas con areniscas. G. Detalle del mapa geológico local del municipio de Villavicencio, mostrando los lugares mostrados en las fotografías. Fuente: Germán Chicangana.

época un magmatismo relacionado a rift, argumentándose aquí esta situación por la presencia de la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare, la cual intruye a las rocas de la Formación Aracuarara de edad Ordovícico Inferior (Bogotá, 1983). Se destaca aquí, que las sienitas son un tipo de roca ígnea que se relaciona un ambiente de rift, ya que a nivel mundial recientemente se ha establecido que sirven de clave para la determinación del ciclo de Wilson en el tiempo geológico (Burke et al., 2003; Burke y Khan, 2006).

4. Lapsos Silúrico - Carbonífero Inferior

Para este lapso de tiempo geológico (Figuras 2 y 3) se destacan unidades litológicas sedimentarias tanto siliciclásticas como calcáreas y un cuerpo ígneo que afloran únicamente en el Bloque Andino. Las rocas metamórficas que igualmente representan éste lapso según Prössl y Grösser (1994), que las adjudican al Silúrico de acuerdo a datación palinológica, son las que corresponden a la unidad litológica perteneciente al Complejo Quetame denominada Cuarцитas, Filitas y Metaconglomerados

de Susumuco de Pulido y Gómez (2001). Sin embargo, esta unidad es tema de controversia, ya que en chequeo de campo se observaron cuarcitas en lugar de las filitas muestreadas originalmente (Figura 4C). De acuerdo a lo anterior y por lo anotado por Pulido y Gómez, (2001) al respecto de esta unidad, asumimos aquí que ésta pertenece al lapso Neoproterozoico Superior - Cámbrico. Para el Bloque Andino, se presentan como unidades litológicas representativas para este lapso de tiempo geológico, las Areniscas de Ambica y de Gutiérrez (Figura 4B), las Formaciones Cuche, El Imán, El Tibet y Floresta, y las Lutitas de Pipiral. Las Areniscas de Gutiérrez y las Lutitas de Pipiral pertenecen al Grupo Farallones de Ulloa y Rodríguez (1979) de acuerdo a Pulido y Gómez (2001). El cuerpo intrusivo compuesto principalmente de monzonita que se asigna a éste lapso de tiempo se relaciona con el Batolito de Mogotes (Royero y Clavijo, 2001), aunque éste no tiene un control estratigráfico y geocronológico claro para asignarle tal edad. En general, se interpreta aquí que las unidades sedimentarias representan una serie de transgresiones marinas en una cuenca tras arco.

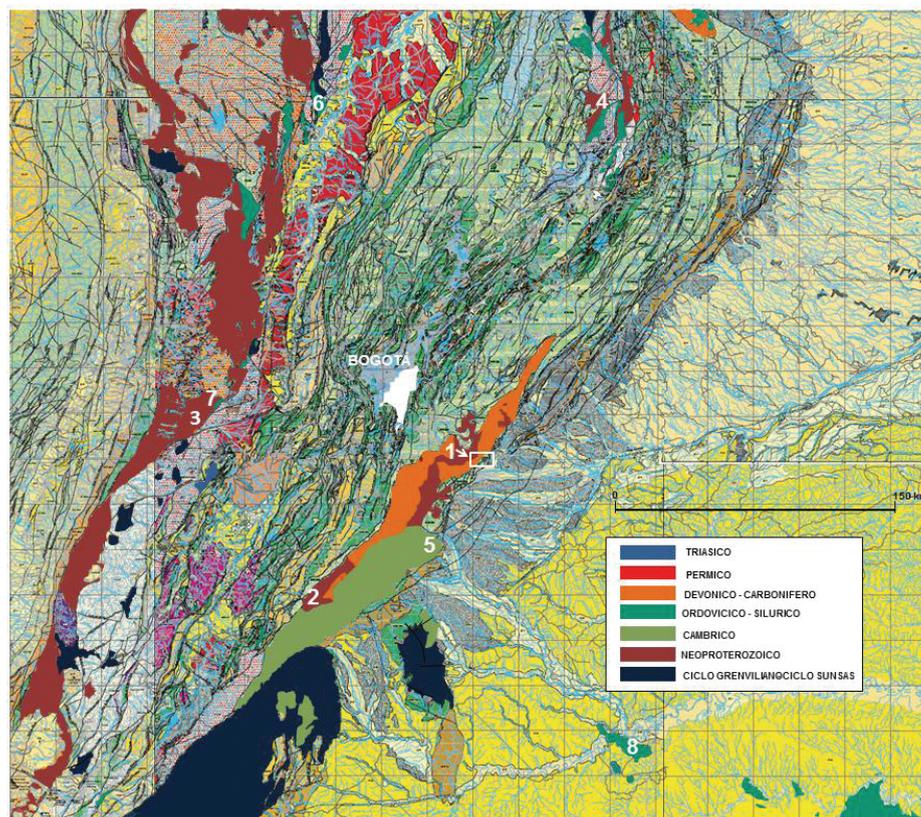


Figura 5. Mapa geológico general de la región de estudio de acuerdo al mosaico elaborado aquí a partir de las planchas Escala 1:500000 del Atlas Geológico de Colombia. (INGEOMINAS, 2007), junto con las localidades descritas en el texto. Para la localidad 1 en recuadro, véase la figura 4G.

5. Lapso Carbonífero Superior – Pérmico

Para este lapso de tiempo geológico (Figura 3), solo se destacan como unidades litológicas para el Bloque Andino, la Formación Capas Rojas del Guatiquía (Figura 4E y F) perteneciente al Grupo Farallones, la Formación Diamante, las Series Confines y Río Nevado, y el denominado “Paleozoico de la Jagua” (Royero y Clavijo, 2001; Pulido y Gómez, 2001; Gómez - Cruz et al., 2007). Se trata de rocas siliciclásticas y calcáreas cuyos afloramientos se restringen al Valle del Magdalena y la Cordillera Oriental, representando ambientes de depósito relacionados a transgresiones marinas. Estas rocas sedimentarias se encuentran plegadas y en general su registro es el de un ambiente nerítico con aporte continental tipo prodelta, el cual está relacionado a una cuenca tras arco. Las discontinuidades de las unidades litológicas que suprayacen a estas rocas ponen en evidencia un retiro definitivo del mar hacia el final de este lapso.

6. Lapso Pérmico Superior – Triásico

En nuestra región de estudio y para este lapso, se presenta como la unidad litológica representativa la Formación Luisa en el Bloque Andino (Cediel et al., 1981). Esta unidad litológica se conforma de limolitas, areniscas y conglomerados (Mojica y Herrera, 1980) y representa un ambiente fluvial (Nuñez, 2001), lo que lleva a concluir preliminarmente que se trata de ambiente exclusivamente continental.

Para el Triásico (Figura 3), se destacan unidades litológicas como las Formaciones Tiburón, Payandé y Saldaña (Cediel et al., 1981; Nuñez, 2001; Royero y Clavijo, 2001), que indican de nuevo episodios de relleno de cuenca con aguas marinas para el Bloque Andino. La Formación Saldaña hacia su parte superior exhibe rocas volcánicas. Estas unidades se correlacionan con las Formaciones Motena y Santiago desarrolladas en el Cratón Amazónico, extendiéndose a Ecuador y Perú (Díaz et al., 2004). Igualmente durante el Triásico se presenta un episodio magmático caracterizado en este sector de Suramérica por la presencia de granitoides tipo – S, el cual se relaciona con el desarrollo del rift que separó a Norteamérica de Suramérica, poniendo en evidencia la fragmentación de Pangea en este sector de Gondwana (Aspden et al., 1992; Chicangana, 2005).

CONCLUSIÓN

Se ha mostrado aquí un panorama estratigráfico del centro de Colombia, delimitado entre la Cordillera Central

al oeste y la cuenca de antepaís de los Llanos al este, que abarca únicamente el lapso Mesoproterozoico - Triásico. Estas unidades geológicas representan ambientes geológicos que van desde la conformación del megacontinente Rodinia a finales del Mesoproterozoico hasta la amalgamación definitiva de Pangea durante el Triásico Inferior. La determinación de estas unidades geológicas fue realizada con el fin de realizar en una forma preliminar la evolución geodinámica del noroeste de Gondwana durante este lapso de tiempo geológico, la cual será mostrada en la segunda parte de este artículo en este mismo volumen.

REFERENCIAS

- Arenas, J. E., 2004. Litología y Petrología de las metamorfitas carbonatadas y metasedimentitas asociadas a la Formación Silgará, faja noroeste de Mutiscua (Macizo de Santander), Norte de Santander. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 228 p. (no publicada).
- Aspden, J.A., Fortey, N., Litherland, M., Viteri, F., Harrison, S. M., 1992. Regional S – Type granites in The Ecuadorian Andes: Possible remnants of the breakup of Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 6, 3, 123 - 132.
- Bayona, G., Cortés, M., Jaramillo, C., Ojeda, G., Aristizabal, J. J., Reyes – Harker, A., 2008. An integrated analysis of an orogen – sedimentary basin pair: Latest Cretaceous – Cenozoic evolution of the linked Eastern Cordillera orogen and the Llanos foreland basin of Colombia. *GSA Bulletin*, 120, 9/10, 1171 – 1197. doi: 10.1130/B26187.1
- Bogotá, R. J. 1983. Estratigrafía del Paleozoico inferior en el área Amazónica de Colombia. *Geología Norandina*. 6, 29-38.
- Branquet, Y., Cheilletz, A., Cobbold, P. R., Baby, P., Laumonier, B., Giuliani, G., 2002. Andean deformation and rift inversion, eastern edge of Cordillera Oriental (Guatiquía – Medina area), Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 4, 391 – 407. doi: 10.1016/S0895 – 9811(02)00063-9.
- Burke, K., Khan, S., 2006. Geoinformatic approach to global nepheline syenite and carbonatite distribution: Testing a Wilson cycle model. *Geosphere*, 2, 1, 53 – 60. doi: 10.1130/GES00027.1
- Burke, K., Ashwal, L. D., Webb, S. J., 2003. New way to map old sutures using deformed alkaline rocks and carbonatites. *Geology*, 31, 5, 391 – 394.
- Butler, K., Schamel, S., 1988. Structure along the eastern margin of the Central Cordillera, Upper Magdalena Valley Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 1, 1, 109 – 120.

- Cediel, F., Mojica, J., Macia, C., 1981. Las Formaciones Luisa, Payandé, Saldaña y sus columnas estratigráficas. *Geología Norandina*, 3, 11 – 19.
- Celada, C. M., Garzón, M., Gómez, E., Khurama, S., López, J. A., Mora, M., Navas, O., Pérez, R., Vargas, O., Westerhof, A. B. P., 2006. Potencial de recursos minerales en el oriente colombiano: Compilación y análisis de la Información Geológica disponible (Fase 0), Versión 1.0. INGEOMINAS, Bogotá D.C., 233 p.
- Chicangana, G., 2005. The Romeral Fault System: An shear and deformed extinct subduction zone between oceanic and continental lithospheres in northwestern South America. *Earth Sciences Research Journal*, 9, 1, 54 - 60.
- Chicangana, G., Vargas, C. A., 2006. Evolución del Estilo Oro-genético actual de los Andes del Norte: Resultado de la Acreción del Bloque Costa Rica - Panamá - Choco (BCRPC) durante el Plioceno Superior. *II Latin American Congress of Seismology*, Memorias, CD – Room.
- Chicangana, G., Vargas, C. A., Kammer, A., Hernández Hernández, T. A., Ochoa Gutiérrez, L.H., 2007. Caracterización Sismotectónica Regional Preliminar de un sector del Piedemonte Llanero colombiano: Corredor San Juan de Arama – Cumaral, Meta: *Boletín de Geología – UIS*, 29, 61 – 74.
- Colletta, B., Hebrard, F., Letouzey, J., Werner, P., Rudkiewicz, J. L., 1990. Tectonic style and crustal structure of the Eastern Cordillera (Colombia) from a balanced cross – section. In: *Petroleum and Tectonic in Mobile Belts*. J. Letouzey (editor) and Editions Technip, Paris 1990, 81 – 100.
- Dalziel, I. W. D., 1997. Neoproterozoic – Paleozoic geographic and tectonics: Review, Hypothesis, environmental speculations. *GSA Bulletin*, 109, 1, 16 – 42.
- Dalziel, I. W. D., Dalla Salda, L.H., Gahagan, L.M., 1994. Paleozoic Laurentia – Gondwana interaction and the origin of the Appalachian – Andean mountain system. *GSA Bulletin*, 106, 243 - 252.
- Dalziel, I. W. D., Mosher, S., Gahagan, L.M., 2000. Laurentia – Kalahari collision and the assembly of Rodinia. *Journal of Geology*, 108, 499 – 513.
- Díaz, M., Baby, P., Rivadeneira, M., Christophoul, F., 2004. El Pre – Aptense en la Cuenca Oriente Ecuatoriana. En: *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*. IFEA – IRD – PETROECUADOR, Quito, Ecuador. 23 - 44.
- Fuquen, M., J. A., Osorno, M., J. F., 2002. Geología de la Plancha 303 – Colombia, Departamentos de Huila, Tolima y Meta, Escala 1: 100000. Memoria explicativa. 90 p.
- Galvis, J., Huguett, A., Ruge, P., 1979. Geología de la Amazonía Colombiana. *Boletín Geológico*, 32, 3, 3 – 86. INGEOMINAS, Bogotá.
- Gómez, E., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Hegarty, K., Kelley, S., Heizler, M., 2003. Controls on architecture of the Late Cretaceous to Cenozoic southern Middle Magdalena Valley Basin, Colombia. *GSA Bulletin*, 115, 2, 131 – 147.
- Gómez, E., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Hegarty, K., Kelley, S., 2005 a. Sintectónica Cenozoica sedimentation in the Northern Middle Magdalena Valley Basin of Colombia and implications for exhumation of the Northern Andes. *GSA Bulletin*, 117, 5/6, 547 – 569. doi: 10.1130/B25454.1
- Gómez, E., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Cardozo, N., 2005 b. Development of the Colombian foreland – basin system as a consequence of diachronous exhumation of the northern Andes. *GSA Bulletin*, 117, 9/10, 1272 – 1292. doi: 10.1130/B25456.1
- Gómez – Cruz, A. de J., Moreno – Sánchez, M., Castillo – González, H., 2007. Ciclos de sedimentación durante el Carbonífero superior (Morrowan) en el “Paleozoico de La Jagua”, Huila, Colombia. *XI Congreso Colombiano de Geología*, Volumen de Memorias (CD – room).
- González de Juana, C., Iturralde de Arozena, J. M., Picard, C., X., 1993. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Caracas, Graficas Armitano C.A. Ediciones Foninves, Tomos I y II, 1031 p.
- Ibañez - Mejía, M., 2010. New U-Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America: The Meso - to Neoproterozoic Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions. MSc thesis, Department of Geosciences, The University of Arizona, 69 p. <http://www.geo.arizona.edu/Antevs/Theses/IbanezMejiaMSc2010.pdf>
- INGEOMINAS., 2007. Atlas Geológico de Colombia. Planchas 5 – 05, 5 – 06, 5 – 07, 5 -08, 5 – 09, 5 – 10, 5 – 13, 5 – 14 y 5 – 15, Escala: 1: 500000, INGEOMINAS, Bogotá D.C.
- Julivert, J. M., 1968. Lexique Stratigraphique. Amérique Latine. Vol. 5, Fasc. 4ª. Colombie (première partie) Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque, et intrusions d’âge mésozoïque – tertiaire. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France. 575 p.
- Keppie, J. D., Dostal, J., Ortega – Gutierrez, F., Lopez, R., 2001. A Grenvillian arc on the margin of Amazonia: evidence from the southern Oaxacan Complex, southern Mexico. *Precambrian Research*, 112, 165 – 181.
- Litherland, M., Annels, R. N., Appleton, J. D., Bloomfield, K., Burton, C. C., Darbyshire, D. P. F., Fletcher, C. J. N., Hawkins, M. P., Klinck, B. A., Llanos, A., Mitchell, W. I., O’Connor, E. A., Pitfield, P.E. J., Power, G., Webb, B. C., 1986. The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian shield. *British Geological Survey, Overseas Memoir* 9, 140 p.

- Maya, M., 2001. Distribución, facies y edad de las rocas metamórficas de Colombia. INGEOMINAS, Bogotá D. C. Informe 2426, 57 p. Mapa.
- Mojica, J., Herrera, A., 1980. Grietas sinsedimentarias en la Formación Luisa (Triásico Inferior? – Medio) y su posible significado tectónico. Municipio de Rovira, Tolima, Colombia. *Geología Norandina*, 1, 1 – 26.
- Mora, A., Parra, M., Strecker, M. R., Kammer, A. Dimaté, C., Rodríguez, F., 2006. Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. *Tectonics*, 25, 2, TC2010 doi: 10.1029/2005TC001854
- NASA/JPL/NIMA, 2004. PIA03388: South America Shaded Relief and Colored Height, SRTM. http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpegmod/PIA03388_modest.jpg.
- Noble, S. R., Aspden, J. A. Jemielita, R., 1997. Northern Andean crustal evolution: New U/Pb geochronological constraints from Ecuador. *GSA Bulletin*, 109, 789 – 798.
- Núñez, T. A., 2001. Mapa Geológico del Departamento de Tolima, Geología, Recursos Minerales y Amenazas Geológicas. Memoria explicativa, INGEOMINAS, Bogotá D. C. 100 p.
- Ordoñez - Carmona, O., Restrepo, A. J. J., Pimentel, M. M., 2006. Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21, 4, 372 – 382.
- París, G., Machette, R., Dart, R. L., Haller, K. M. 2000. Database and Map of Quaternary faults and folds of Colombia and its offshore regions, Open – File Report 00 – 0284: <http://pubs.usgs.gov/of/2003/ofp-00-0284>.
- Pinson, Jr. W. H., Hurley, P. M., Mencher, E., Fairbairn, H. W., 1962. K – Ar and Rb – Sr ages of biotites from Colombia, South America. *GSA Bulletin*, 73, 907 – 910.
- Priem, H. N. A., Kroonenberg, S. B., Boelrijk, N. A. I. M., Hebeda, E. H., 1989. Rb - Sr and K – Ar evidence for the presence of a 1.6 Ga basement underlying the 1.2 Ga Garzón – Santa Marta Granulite Belt in the Colombian Andes. *Precambrian Research*, 42, 315 – 324.
- Prössl, K. F., Grösser, 1994. Some new palynomorphs from the Silurian of the Quetame Massif, Cordillera Oriental, Colombia, South America. *Boletín Geológico*, 34, 2 - 3, 27 – 38. INGEOMINAS, Bogotá.
- Pulido, G. O., Gómez, V. L. S., 2001. Geología de la Plancha 266 – Villavicencio, Escala 1: 100000. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 53 p.
- Ramos, V. A., 2010. The Grenville – age basement of the Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 29, 77 – 91.
- Restrepo - Pace, P. A., 1992. Petrotectonic characterization of the Central Andean Terrane, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 5, 1, 97 – 116.
- Restrepo - Pace, P. A., Ruiz, J., Gehrels, G., Cosca, M., 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville – age rocks in the Colombian Andes: new constraints for the Late Proterozoic – Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 150, 497 – 441.
- Roeder, D., Chamberlain, R. L., 1995. Eastern cordillera of Colombia: Jurassic – Neogene crustal evolution. In: Tankard, A. J., Suárez, R., Welsink, H. J., Petroleum basins of South America, *AAPG Memoir*, 62, 633 – 645.
- Royero, G. J. M., Clavijo, J., 2001. Mapa geológico generalizado del Departamento de Santander, escala 1: 400000. Memoria y mapa, INGEOMINAS, Bogotá D.C. 91 p.
- Santos, J. O. S., 2003. Geotectónica dos Escudos os Guianas e Brasil – Central. In: *Geologia, Tectonica e Recursos Minerais do Brasil, Texto, Mapas & SIG*. Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R. M., Goncalves, J. H., (eds.), CPRM, Brasilia, 2003. 169 – 227.
- Silva, J. C., Arenas, J. E., Sial, A. N., Ferreira, V. P., Jiménez, D. M., 2005. Finding the Neoproterozoic – Cambrian transition in Carbonate successions from the Silgara Formation, Northeastern Colombia: An assessment from C – Isotope stratigraphy. *X Congreso colombiano de Geología*, Volumen de Memorias, (CD – room).
- Trümpy, D., 1943. Pre-Cretaceous of Colombia. *GSA Bulletin*, 54, 9, 1281-1304
- Ulloa, M. C., Rodríguez, M., E., 1979. Geología del Cuadrángulo K – 12, Guateque. *Boletín Geológico*, 22, 1, 3 – 56. INGEOMINAS, Bogotá.
- Vélez, C. M. I., Villarroel, C., 1993. La fauna de Trilobites de la Formación El Hgado (Ordovícico Medio), aflorante en la Serranía de Las minas (Huila – Colombia). *VI Cong. Col. Geol. Memorias*, 1, 169 – 180.
- Villarroel, A. C., Macia, S. C., Brieva, B. J., 1997. Formación Venado, nueva unidad litoestratigráfica del Ordovícico colombiano, *Geología Colombiana*, 22, 41 – 49.