

GENETIC CORRELATION OF TRIASSIC-JURASSIC MAGMATIC EVENTS AND THE NOREAN FORMATION

CORRELACIÓN GENÉTICA DE LOS EVENTOS MAGMÁTICOS TRIÁSICO – JURÁSICO Y LA FORMACIÓN NOREAN

**Lascarro-Navarro, F. D.¹; Rojas-Martínez, E. E.²; Manco-Jaraba,
D. C.³.**

¹*Msc. Frank David Lascarro Navarro, Universidad Nacional Mayor de
San Marcos, Perú.*

email: frankdavidlascarro@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9433-2863>

²*Msc. Elías Ernesto Rojas Martínez, Fundación Universitaria del Área
Andina, Colombia.*

email: eliaser@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0402-1565>

³*Msc. Dino Carmelo Manco Jaraba, Universidad de La Guajira,
Colombia.*

email: dinomancojaraba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>

**Universidad de La Guajira
Km 5 vía Maicao, Riohacha, La Guajira, Facultad de Ingeniería, Colombia.
PBX: + (605) 728 27 29**

**Fundación Universitaria del Área Andina
Calle 5 No. 21B-40 Callejas, Valledupar, Facultad de Ingeniería y Ciencias
básicas, Colombia.
PBX: + (605) 5897879**

Recibido: 28/07/2022 / Aceptado: 19/12/2022

Resumen

La Formación Noreán, reconocida también como “Unidad Volcanoclástica de Noreán”, ampliamente distinguida por presentar rocas que datan del 158±12 y 144±4 Ma (pre-Cretácica) con el mayor registro volcánico en Colombia, su origen se encuentra asociado a condiciones ambientales de acumulaciones detríticas continentales de hasta 4500 metros de espesor, que demuestran un fuerte magmatismo por la presencia de diques y silos (en ocasiones con presencia de minerales estratégicos, como malaquita). Constituida por una secuencia de rocas detríticas continentales de coloración rojiza, con intercalaciones de tobas, brechas y rocas volcanosedimentarias cristalinas de composición andesítica, dacítica y riolítica, con pequeñas intrusiones hipohabísales; es subdividida en seis conjuntos por sus características litológicas, composiciones y formas de emplazamiento, de base a techo en: Piroclásticos Epiclástico (Jnpe), Efusivo Esferulítico (Jnee), Piroclástico y Efusivo Dacítico (Jnpe), Efusivo Dacítico (Jned), Efusivo Riolítico (Jner), e Hipoabisal Andesítico (Jnha); cuya sección tipo se localiza en el caserío Noreán, situado a 1 km al nororiente de Aguachica, Cesar; sobre la carretera Buturama – Bombeadero, Colombia. Su carácter estratigráfico y sedimentológico conlleva a que

la Formación Noreán tenga un gran registro genético de los eventos magmáticos Triásico - Jurásicos. Esta investigación se basa en un análisis geológico de la Formación Noreán o "Unidad Volcanoclástica de Noreán", enfocada hacia su relación genética con los eventos magmáticos Triásico - Jurásico, mediante la obtención de material documental y material cartográfico digital disponible en la web y bases de datos. Concluyendo que la Formación Noreán tiene una genética con eventos magmáticos, debido a que sus rocas datan edades desde el Jurásico inferior al superior, evidenciándose cuerpos hipoabisales e intrusiones casi singenéticas, acompañadas de acumulaciones detríticas, fácilmente observables en sus seis conjuntos.

Palabras clave: Formación Noreán, Magmatismo Triásico - Jurásico, Unidad Volcanoclástica.

Abstract

The Noreán Formation, also known as "Noreán Volcanoclastic Unit", widely distinguished by rocks dating from 158 ± 12 and 144 ± 4 Ma (pre-Cretaceous) with the largest volcanic record in Colombia, its origin is associated with environmental conditions of continental detrital accumulations up to 4500 meters thick, which show a strong magmatism by the presence of dykes and silos (sometimes with the presence of strategic minerals, such as malachite). Constituted by a sequence of continental detritic rocks of reddish color, with intercalations of tuffs, breccias and crystalline volcanosedimentary rocks of andesitic, dacitic and rhyolitic composition, with presence of small hypohabital intrusions; it is subdivided into six groups by their lithological characteristics, compositions and forms of emplacement, from base to top in: Pyroclastic Epiclastic (Jnpe), Spherulitic Effusive (Jnee), Pyroclastic and Dacitic Effusive (Jnpe), Dacitic Effusive (Jned), Rhyolitic Effusive (Jner), and Andesitic Hypoabyssal (Jnha); whose type section is located in the village of Noreán, located 1 km northeast of Aguachica, Cesar; on the Buturama - Bombeadero road, Colombia. Its stratigraphic and sedimentological character means that the Noreán Formation has a great genetic record of the Triassic-Jurassic magmatic events. This research is based on a geological analysis of the Noreán Formation or "Noreán Volcanoclastic Unit", focused on its genetic relationship with the Triassic - Jurassic magmatic events, by obtaining documentary material and digital cartographic material available on the web and databases. Concluding that the Noreán Formation has a genetic relationship with the magmatic events, because its rocks date ages from the Lower to Upper Jurassic, in which hypoabyssal bodies and almost syngenetic intrusions are evidenced, accompanied by detritic accumulations, easily observable in its six assemblages.

Keywords: Norean Formation, Triassic-Jurassic magmatism, Vulcanoclastic unit.

1. INTRODUCCIÓN

La Formación Noreán, es una sucesión volcanoclástica, descrita inicialmente por Clavijo (1996) en afloramientos localizados en cercanía al caserío Noreán (del cual deriva su nombre), situado a 1 km al nororiente de Aguachica, Cesar en Plancha 75, del instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre la carretera Buturama - Bombeadero. Sarmiento, G., and Puentes, J. (2015) reinterpreta esta unidad, debido a que la Formación Girón de manera genérica corresponde a la misma secuencia denominada por la industria de los hidrocarburos, integrándola a la Unidad volcanogenética

de la Formación Noreán. Esta unidad ha sido documentada en superficie con datos suficientemente confiables, para darle la importancia como unidad de basamento pre-Cretácico en la mayor parte del norte de Valle Medio del Magdalena (VMM).

Regionalmente se extiende desde la Serranía de San Lucas hasta el sector occidental de la Cordillera Oriental (Serranía de los Motilones - Perijá), esta constituye el basamento de las rocas del Cretácico, los cuales se profundizan hacia el occidente por debajo de los depósitos del Cuaternario, conformando el relleno

del Valle Medio del Magdalena (Sarmiento, G., and Puentes, J. 2015).

La Unidad Volcanoclástica de Noreán según Mantilla *et al.*, (2006 a y c), constituye el registro de un gran evento volcánico entre el Jurásico Inferior y el Superior; dadas sus características texturales de materiales de carácter explosivos acumulados en un medio entre continental y marino somero con desarrollo cercano a cuerpos hipoabisales e intrusiones casi singenéticas, que tenían como área de influencia la mayor parte de lo que es hoy el Valle Medio del Magdalena y las áreas vecinas al E de la Falla La Palestina y el borde oriental de la Cordillera Oriental al Norte de Bucaramanga. Las lavas traquiandesíticas acompañadas de diques y silos reconocidos en la unidad, preferentemente hacia el sur de San Lucas (Clavijo *et al.* 2008), arrojaron edades entre 158 ± 12 y 144 ± 4 Ma (Jurásico superior) que serían la fase final del episodio volcánico.

Por otro lado, Correa-Martínez, *et al.* (2019) indica que la Formación Noreán revela al menos tres episodios volcánicos durante el Jurásico: el primero ocurrió en el Jurásico Inferior, específicamente en el Sinemuriense, aproximadamente hace 192 Ma, registrada en una andesita basáltica; el segundo episodio, también en el Jurásico Inferior, durante el Pliensbachiense, alrededor de los 185 Ma, se identifica en una andesita; el tercer evento tuvo lugar en el límite entre el Jurásico Inferior y Medio, en el Toarciense, cerca de los 175 Ma obtenida en una riolita.

El objeto de esta investigación es correlacionar los eventos magmáticos

Triásico – Jurásicos con la Formación Noreán.

2. METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se basa en búsquedas y análisis de toda la información congruente con la Formación Noreán o “Unidad Volcanoclástica de Noreán”, enfocada hacia su relación genética con los eventos magmáticos Triásico – Jurásico. Esto conlleva a la obtención de material documental y material cartográfico digital disponible en la web y bases de datos.

2.1 LOCALIZACIÓN

Dentro del territorio nacional La Formación Noreán J1J2-VCct se encuentra aflorando en los departamentos de Bolívar y Cesar, al norte de la cordillera central en Bolívar y cercano a las estribaciones de la serranía de Los Motilones, extremo sur de la Serranía del Perijá en Cesar. La Formación Noreán tiene una extensión alrededor de los 464.000 Hectáreas que se distribuyen en un 80.6% al sur del departamento de Bolívar más específicamente en los municipios de Altos del Rosario, Arenal, Barranco de Loba, Cantagallo, El Peñón, Montecristo, Morales, Regidor, Río Viejo, San Martín de Loba, San Pablo, Santa Rosa del Sur, Simití y Tiquisio; un 16.8% en municipios del departamento del Cesar en Aguachica, Chimichagua, Curumaní, La Gloria, Pailitas, Pelaya, Río de Oro y Tamalameque, en menor porcentaje en Norte de Santander en el municipio de El Carmen con 2.41% y 0.031% en el Banco Magdalena (Figura 1) (SGC, 2015).

Constituye la prolongación occidental del VMM sector norte por cuanto las unidades del Cretácico reposan discordantemente sobre este complejo de rocas ígneas intrusivas y volcánicas Jurásicas. Es decir, se encuentra en una zona de alta actividad tectónica por la interacción de las placas de Nazca, Suramericana y Caribe, las cuales han influenciado la generación de cuatro provincias tectónicas principales: Las Serranías de San Lucas, San Jacinto, Sinú y la cuenca del San Jorge”.

Asimismo, esta se encuentra ubicada sobre dos mega-terrenos geológicos, tales como chibcha y Tahamí, entre ellos se forma la paleo sutura, conocida actualmente como La Falla Palestina. Por otra parte, las cuencas hidrográficas que abarcan esta geoforma son las cuencas del Cauca, Magdalena Bajo y medio (SGC, 2015; Villamizar *et al.*, 2020).

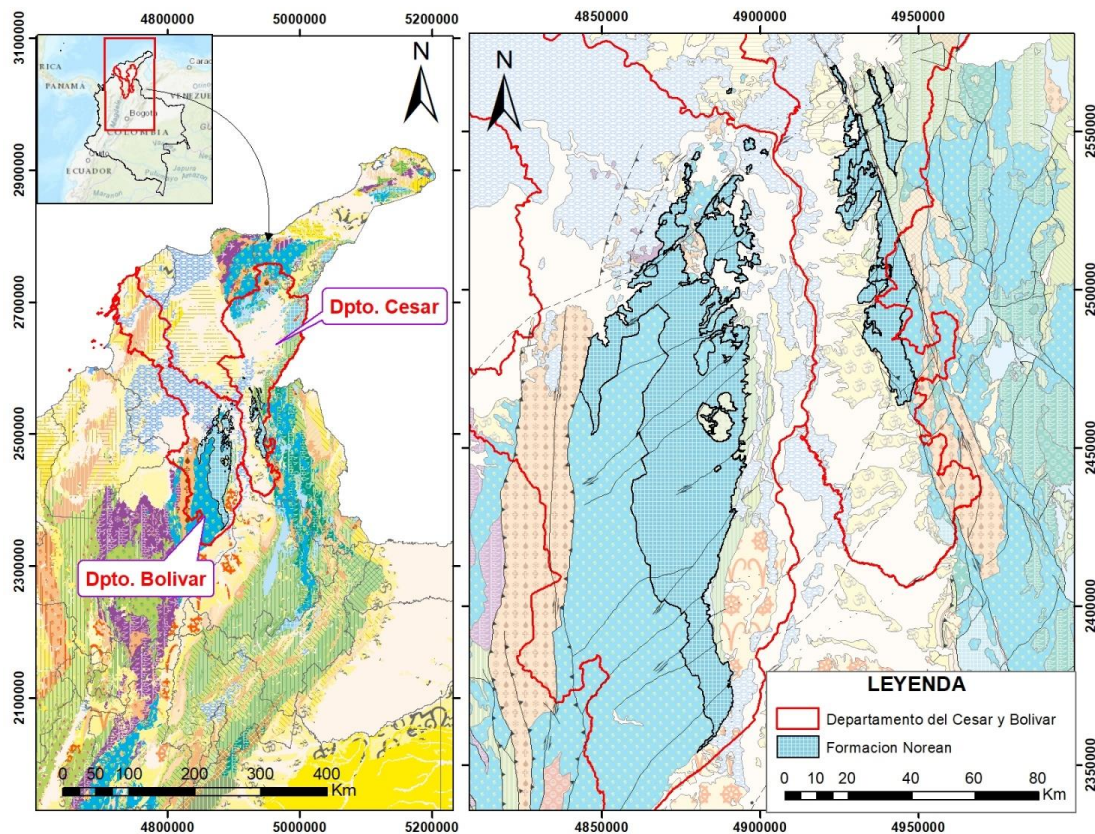


Figura 1. Mapa de localización general de la Formación Noreán.

2.2 GÉNESIS MAGMÁTICA Y SEDIMENTOLOGÍA

Para entender la evolución genética de la Formación Noreán y su relación con los eventos magmáticos tenemos que relacionar una serie de eventos

tafrogenicos que permitieron la evolución geológica de toda la zona en general con eventos que datan del Neoproterozoico hasta el Jurásico.

Desde el punto de vista tectónico, el área se encuentra controlada estructuralmente

por distintas fallas, que a su vez están asociadas al sistema de fallas Palestina-Otú, con distintos componentes como fallas de rumbo, Normales, inversas y de Cabalgamiento.

Lo interesante es que al tener esos tipos de fallas se evidencian distintos cambios en el régimen de esfuerzos teniendo en cuenta el comportamiento dinámico de la corteza terrestre a través del tiempo geológico.

Evento Metamórfico Proterozoico

Durante la subducción del proto continente Rodinia con Laurentia (Como se conocen

actualmente), se genera un geosinclinal mientras se forma el supercontinente Pangea, en donde se da lugar a una sedimentación de margen pasivo entre estos dos en el fondo oceánico. Cuando se colisionan, se genera una orogenia (Por los sedimentos marinos que al estar expuestos a altas presiones y temperaturas se convierten en rocas metamórficas) lo que actualmente se conoce como orogenia Grenvilliana. (Kronenberg, 1982; Restrepo-Pace, 1992, 1995, 1997) (Figura 2).

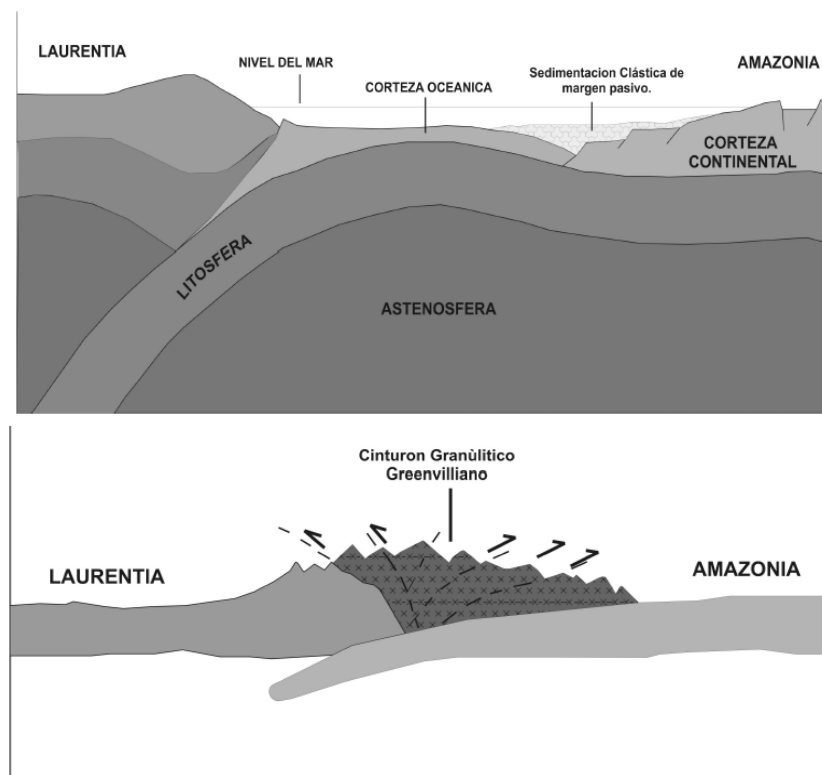


Figura 2. Evento Metamórfico Proterozoico. Tomado de: Restrepo - Pace, (1995).

Evento Metamórfico Paleozoico Temprano

Una vez se generan las rocas del Proterozoico, la paleo falla de Bucaramanga tiene un comportamiento

inverso, donde el bloque levantado corresponde a las rocas más antiguas del supercontinente, en el bloque hundido supra yaciendo a las rocas del proterozoico tiene lugar una gran

sedimentación marina de gruesos espesores, donde restos de materia orgánica quedaron atrapados (Etayo *et al.*, 1983; Restrepo-Pace, 1992) (Figura 3).

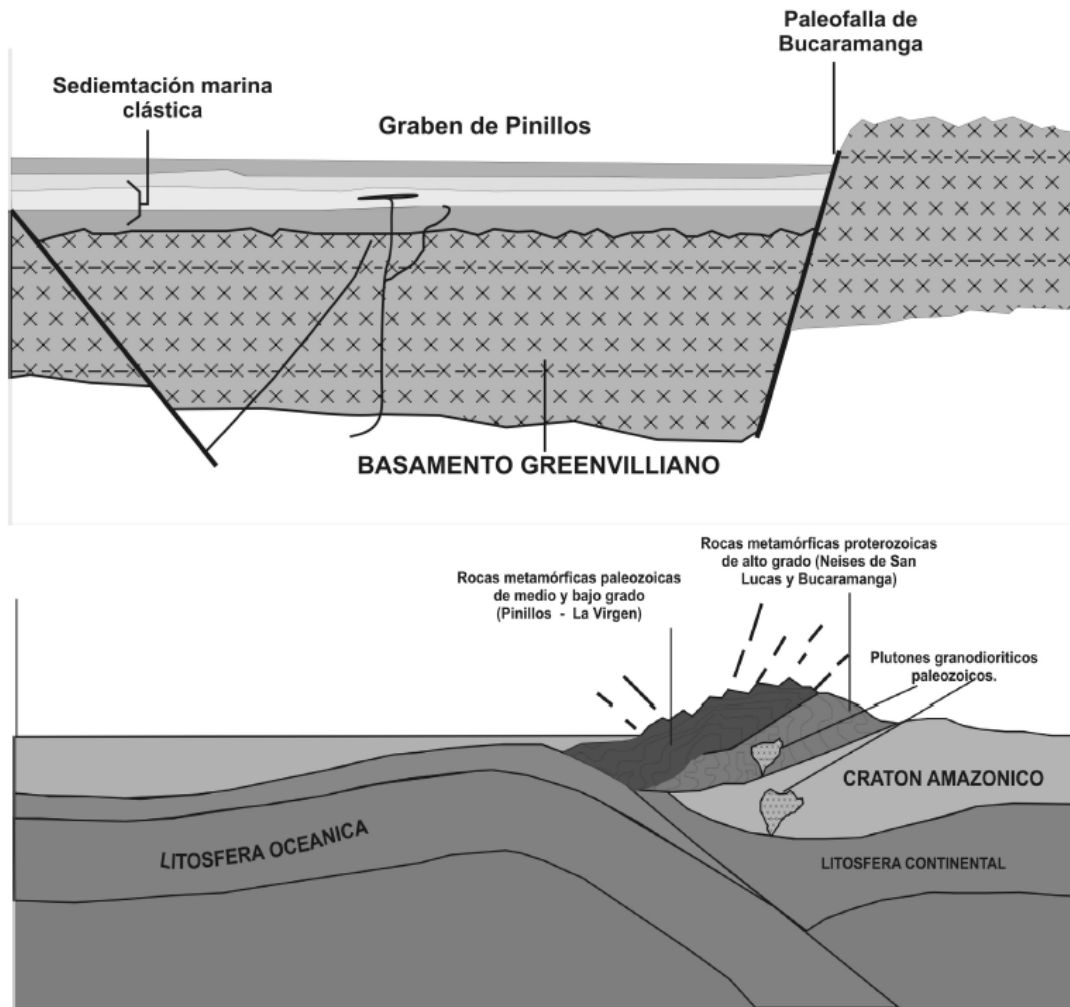


Figura 3. Evento Metamórfico Paleozoico Temprano. Tomado de: Restrepo - Pace, (1995).

Evento Vulcano sedimentario Triásico Tardío – Jurásico

Se comienza a separar Pangea, por procesos de rifting intracontinental cuyas derivaciones afectaron el noroccidente de la placa Suramericana que en ese momento interactuaba a su vez con la Norte americana y la Africana (Duncan, R.A and Hargraves, R.B. 1984; Pindell y Erickson, 1993; Pindell y Kennan, 2001; Oliveros *et al.*, 2019; Pinzón, 2019). A principios del Jurásico sobre una franja

estrecha de rocas metamórficas paleozoicas y que debido a esfuerzos distensivos se empiezan a formar unos bloques escalonados asociados a un fallamiento normal formando un graben primario. En el periodo Jurásico Temprano se produce el relleno de la cuenca, el fallamiento controla la formación de unos depósitos fluviales de ríos con cauces trenzados y meandríformes (Formación Sudan) (Cooper, 1995; Rolón, 2004; Flórez *et al.*, 2019). Luego continúa una

segunda depositación causada por la irrupción de un mar somero que constituye en la actualidad las Formaciones Morrocoyal y Bocas estas últimas fuera del área evaluada. La sedimentación continental y marina fue acompañada simultáneamente del hundimiento y ensanchamiento de la cuenca produciéndose un evento volcánico explosivo subaéreo, andesítico y riolítico que aporta una gran cantidad de material de relleno para la cuenca, también flujos de lodos y fluviolacustres que forman una secuencia de poco más de 4.000 metros de espesor conocida en la actualidad como la Formación Noreán.

Dada las dataciones radiométricas por el método Rb-Sr se logra indicar que la base de este evento da inicio en el Jurásico Temprano y finaliza hacia el Jurásico Medio demarcado por un magmatismo félsico e intermedio con cuerpos de composición granodiorítica, cuarzomonzonita y monzogranítica que intruyen a la Formación Noreán como los Granitoides de San Lucas (White y Chappell, 1983; Barbarin, B. 1999; Alonso *et al.*, 2020) (Figura 4).

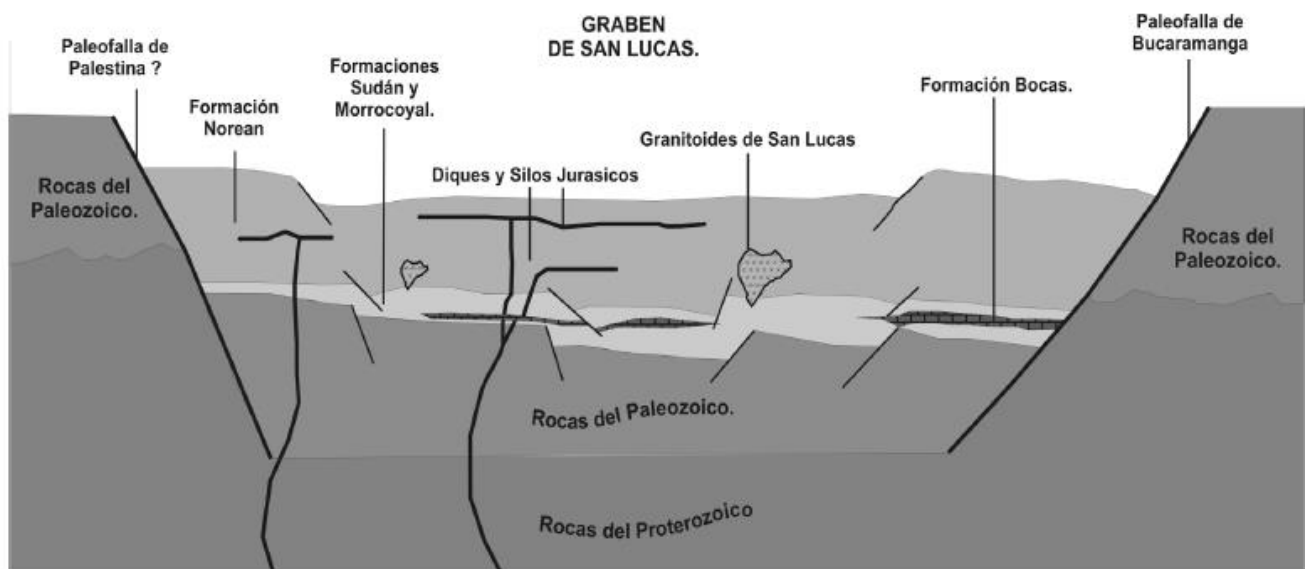


Figura 4. Evento Vulcano sedimentario Triásico Tardío – Jurásico Medio. Tomado y modificado de: ECOPETROL - ICP (1998); Clavijo, J., et al., (2008).

En esta etapa perteneciente al Jurásico Tardío, da comienzo la actividad volcánica, magmática y tafrogenica, amalgamación de los terrenos chibcha y Tahamí, así mismo de manera colindante se forma el VMM y se van formando los diferentes yacimientos de hidrocarburos, se consolidan más Formaciones sedimentarias y volcanosedimentarias intruidas por diques y sills constituidos

predominantemente por composición andesítica y porfídicas dacíticas, coladas de lavas y en menos proporción cuerpos de dioritas porfiríticas de que intruyen durante el ascenso de los distintos plutones por interacción de fluidos hidrotermales que viajaban a través de las fisuras, que se formaron cuando los plutones iban ascendiendo. En la fase terminal del Jurásico el graben se había

ampliado lateralmente colmatándose con sedimentaciones volcanoclásticas de la misma Formación Noreán, estos movimientos levantaron bloques que estaban periféricos al graben y dejaron expuestos a los materiales de la Formación Noreán durante un lapso que precisado, esta erosión produjo una remoción y acumulación de materiales que formaron depósitos de abanicos aluviales y ríos trenzados que están depositados estratigráficamente de manera discontinua y que hoy conforman a la Formación Arenal (Clavijo, 1996).

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Litológicamente las rocas de la Formación Noreán constan en general de tobas y aglomerados cristalino-líticos, de color gris verdoso a rosado en capas planas a ligeramente onduladas, de composición dacítica a riolítica, con fenocristales y cristales de plagioclasa, cuarzo y fragmentos angulares de tobas, con estructuras de flujo; estos se intercalan en capas de lavas y diques de composición dacíticas (Mantilla *et al.*, 2006; Correa-Martínez *et al.*, 2019; Araujo & Rivera, 2020; Niño Rondón *et al.*, 2021).

La Formación Noreán es correlacionable por su litología, cronología y geoquímica con unidades semejantes de La Serranía de San Lucas y Valle Medio del Magdalena con el Conjunto Volcánico de Santa Rosa, denominado por Bogotá y Aluja (1981); en la Cordillera Oriental con las rocas volcanosedimentarias del Complejo Intrusivo-Extrusivo (Daconte y Salinas, 1980); En las estribaciones Orientales de la Sierra Nevada de Santa Marta con las rocas volcanoclásticas de la

Formación Guatapurí (Tschanz *et al.*, 1969); En la Serranía de Perijá en Colombia y Venezuela con la Formación La Quinta (Maze, 1984); y hacia el Sur del Valle Superior del Magdalena correlacionable con la Formación Saldaña y las Vulcanitas de Pitalito (Cediel *et al.*, 1981; Correa-Martínez *et al.*, 2019). Por otra parte, el conjunto Clástico - Epiclástico de la Formación Noreán es comparable con la Formación Jordán (Cediel, 1978), lo cual permite considerar esta última como Miembro de la primera. La Unidad Volcanoclástica de Noreán fue subdividida por Clavijo (1996) y Royero *et al.*, (1996) en su localidad tipo en seis diferentes conjuntos teniendo en cuenta información litológica, composicional y formas de emplazamiento, de base a techo en: Piroclásticos Epiclástico (Jnpe), Efusivo Esferulítico (Jnee), Piroclástico y Efusivo Dacítico (Jnpd), Efusivo Dacítico (Jned), Efusivo Riolítico (Jner), e Hipoabisal Andesítico (Jnha) (Figura 5).

Piroclásticos Epiclástico (Jnpe):

El conjunto Piroclástico - Epiclástico, presenta una predominancia de depósitos de grano grueso entre brechas volcánicas, aglomerados y conglomerados lodosos de clastos volcánicos que se intercalan con lapillitas, tobas cristalinas y lodolitas. Por otro lado, en la Serranía de Los Motilones-Perijá, Royero *et al.*, (1996), la describe como un conjunto constituido por tobas cristalinas (ignimbritas) y cristalínolíticas andesíticas y dacíticas, que varían a lapillitas y aglomerados de color rojo a púrpura grisácea, alternadas con limolitas y lodolitas tobáceas, esporádicamente capas de areniscas, conglomerados lodoso y lavas rojo-grisáceas y verdesas.

Efusivo Esferulítico (Jnee):

Constituido por rocas riolíticas a riodacitas, rosadas a carmelitas, con intercalaciones de tobas cristalinas, en las cuales resalta una textura amigdaloides, compuesta por feldespato potásico y cuarzo con sobre crecimiento zonado (tridimita, calcedonia, jaspe) de formas exóticas e irregulares. Su espesor máximo alcanza los 300 metros, pero esta varía lateralmente hasta desaparecer por acuñaamiento. Se caracteriza por presentarse de forma irregular, con textura inequigranular porfirítica con cristales euhedrales y subhedrales de plagioclasa y hornblendas; generalmente se encuentran xenolitos de composición limolítica y (basáltica), al igual que pequeñas zonaciones de hematita (óxido de hierro) epidota cristalina y cuarzo subhedral a euhedral (Royero *et al.*, 1996).

Piroclástico y Efusivo Dacítico (Jnpd):

Consta de tobas cristalínolíticas de cenizas y lapilli de composición dacítica, rocas efusivas verde grisáceas, de composición dacítica a andesítica, aglomerados y brechas volcánicas asociadas a conductos volcánicos. Este conjunto generalmente se encuentra seudoestratificado y presenta contactos concordantes en los conjuntos infra y suprayacentes; su espesor es de aproximadamente 450 metros (Royero *et al.*, 1996).

Efusivo Dacítico (Jned):

El conjunto efusivo Dacítico, en general constituye la parte superior de la unidad, comprende una franja de lavas dacíticas y andesíticas, con textura afanítica y

porfirítica con fenocristales de feldespatos potásicos, plagioclasas, máficos (píroxenos y hornblendas), en matriz afanítica y textura de flujo sin clara estratificación (Royero *et al.*, 1996).

Efusivo Riolítico (Jner):

Este conjunto aflora principalmente en la región oriental de la plancha 65 del IGAC, desde el municipio de Pelaya hasta el Norte del corregimiento El Burro. Constituido por rocas efusivas de composición riolítica y riodacítica de coloración rosada a rosado-grisáceo, seudoestratificadas; con esporádicas intercalaciones de tobas cristalínolíticas, rosado grisáceas, que varían a lapillitas y aglomerados. Presenta contactos normales con los conjuntos infra y suprayacente, generalmente está cubierto por depósitos Cuaternarios. Su espesor se estima entre 100 y 150 m. (Royero *et al.*, 1996).

Hipoabisal Andesítico (Jnha):

El conjunto hipo-abisal andesítico constituye cuerpos irregulares métricos a centenas de metros, que intruyen los conjuntos anteriormente descritos formando silos, sin estructuras de flujo y con textura porfirítica.

Composicionalmente pueden variar de andesitas (predominante) a basaltos (subordinados). También son comunes los diques subverticales andesíticos a riolíticos (Rinaldy, 2002).

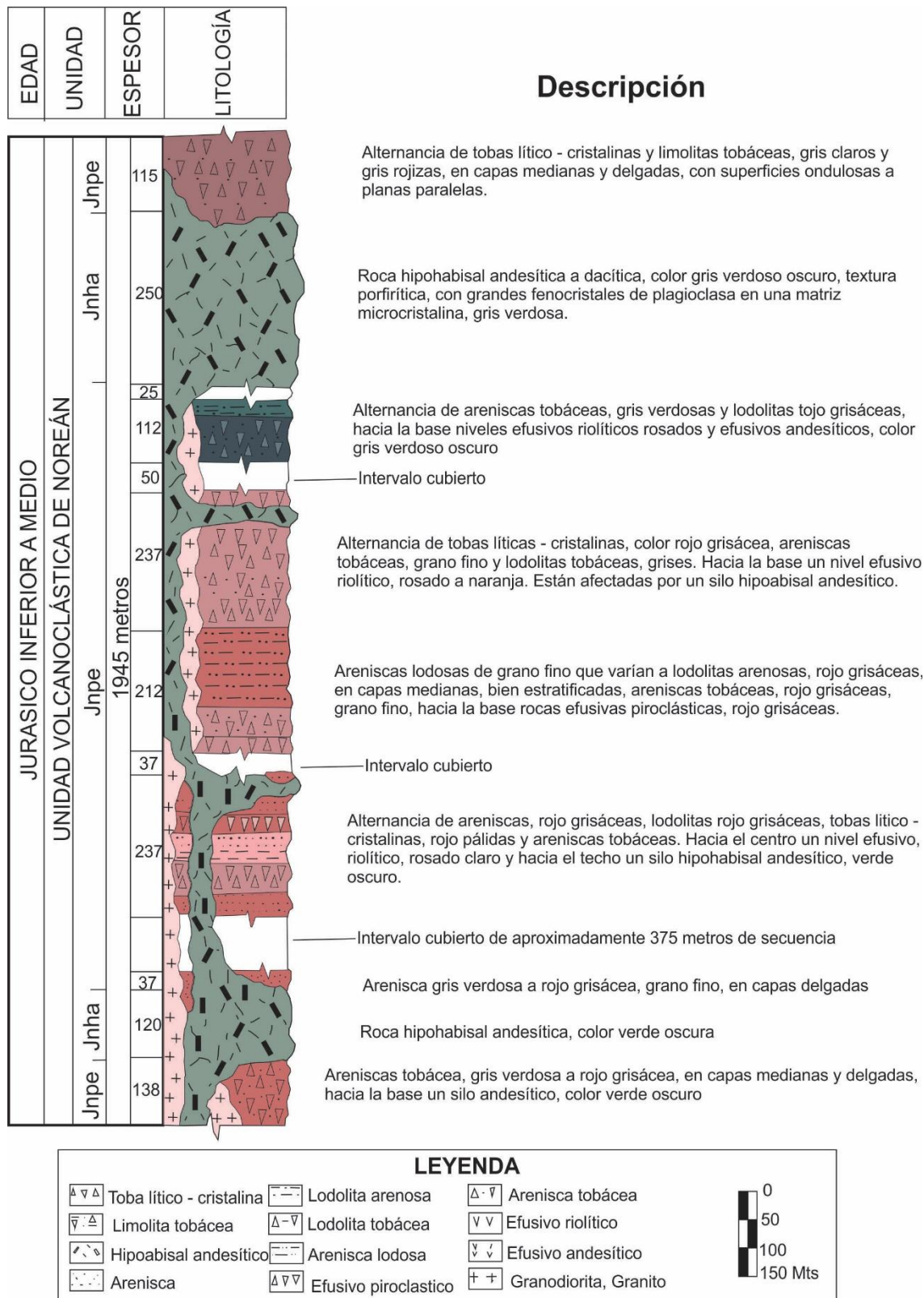


Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la Formación Noreán y de las unidades cretácicas superiores. Recuperado de Sarmiento, G., and Puentes, J. (2015).

Algunos de estos cuerpos hipoabisales se presentan como diques, con espesores que varían de 1 a 12 m y cortan las rocas de los conjuntos anteriormente descritos; en general se encuentran asociados a procesos hidrotermales con mineralización de pirita, calcopirita, covelina y malaquita (Royero *et al.*, 1996).

Las edades U-Pb obtenidas por Correa-Martínez *et al.*, (2019) confirma que el sistema vulcano-sedimentario que originó a la Formación Noreán estuvo activo, al menos en las estribaciones noroeste de la Cordillera Oriental, específicamente en la región noroeste del Macizo de Santander. Esta actividad abarcó desde el Jurásico Inferior hasta el Jurásico Medio, respaldando las hipótesis previas de varios investigadores que se basaron en relaciones estratigráficas.

4. CONCLUSIONES

Durante el Triásico – Jurásico se acumularon diferentes materiales de carácter explosivo, en ambientes geomorfológicos entre continental y marino somero, en los que se desarrollaron cuerpos hipoabisales e intrusiones casi singenéticas muy cercanas a las acumulaciones (cercanas al Valle Medio del Magdalena y las áreas vecinas al E de la Falla La Palestina y el borde oriental de la Cordillera Oriental al Norte de Bucaramanga) (Sarmiento, G., and Puentes, J. 2015; Correa-Martínez, et, al. 2019).

Estratigráficamente la Unidad Volcanoclástica de Noreán tiene una relación genética con los eventos magmáticos, sus rocas datan de edades entre 158 ± 12 y 144 ± 4 Ma (Jurásico

Superior), que evidencian un fuerte magmatismo (diques y silos), acompañada de grandes acumulaciones detríticas continentales de hasta 4500 metros de espesor, fácilmente observables en sus seis conjuntos (Clavijo *et al.*, 2008; Mantilla *et al.*, 2006 a y c; Royero *et al.*, 1996; Correa-Martínez *et al.*, 2019).

Debido al ascenso de fluidos hidrotermales enriquecidos de los conjuntos Hipoabisal Andesítico (Jnha) y Efusivo Riolítico (Jner) de composición ácida (ideal para la movilidad de elementos estratégicos); el oro, plata, cobre y platino al cristalizar queden emplazados en vetas o filones en rocas sedimentarias y volcanosedimentarias, como es el caso de la Formación Noreán y su composición litológica es ideal para albergar distintos yacimientos de interés económico como oro, cobre, que suprayacen a rocas del paleozoico y proterozoico cuyas yacimientos se puede encontrar en el sur de Bolívar y Cesar.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, L., Castellanos, L. y Meseguer, O. (2020). Efectos alelopáticos de residuos de *Sorghum Halepense* (L.) sobre dos arvenses dicotiledóneas en condiciones de laboratorio. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.354>
- Araujo, T. C. y Rivera, M. E. (2020). Índices de sequía para la cuenca del Río Cesar – Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n.2.2020.4671>

- Barbarin, B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos* 46: 605 – 626.
- Bogotá, J. Aluja, J., (1981). Geología de la Serranía de San Lucas. Geología Norandina, v. 4. Bogotá.
- Cediél, *et al.*, 2003. Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R.T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*, 815 – 848 pág.
- Cediél, F. *et al.*, (1981). Las formaciones Luisa, Payandé y Saldaña, sus columnas estratigráficas características. Geología Norandina, 3, mayo, 1981. Bogotá.
- Clavijo, J. (1996). Memoria Explicativa de la Plancha 75 – Aguachica. Mapa Geológico de Colombia. Ingeominas.
- Clavijo, J. 1995. La Formación Noreán: Nueva evidencia de volcanismo explosivo en la paleocuenca del Magdalena (Colombia) y su relación con otras unidades del Jurásico norandino. Memorias IX Congreso Latinoamericano de Geología Caracas, Venezuela.
- Clavijo, J., Mantilla, L., Pinto, J., Bernal, L., Pérez, A. 2008. Evolución geológica de la serranía de San Lucas, Norte del Valle Medio del Magdalena y noroeste de la Cordillera Oriental. *Boletín de Geología*. Vol. 30, N° 1.
- Correa-Martínez, A.M., Rodríguez, G., Arango, M.I., y Zapata-García, G. (2019). Petrografía, geoquímica y geocronología U-Pb de las rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Noreán al NW del Macizo de Santander, Colombia. *Boletín de Geología*, 41(1), 29-54. DOI: 10.18273/revbol.v41n1-2019002.
- Cooper, *et al.* 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia, A.A.P.G. Bull., 79:10.
- Daconte, R Y Salinas, R. (1980). Geología de las Planchas 66 Miraflores y 76 Ocaña. Ingeominas. Informe 1844. 105 p. Bogotá.
- Duncan, R.A and Hargraves, R.B. 1984. Plate tectonic evolution of Caribbean Region in the mantle reference frame, in R.W. Bonini *et al.* Eds., *The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics: Geological Society of America Memoir*, 81-93.
- Ecopetrol-ICP. 1998. Evaluación regional del cretáceo de plataforma en el Valle Medio del Magdalena.
- Etayo, F. *et al.* 1983. (Publicado en 1986). Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Pub. Geol. Especial INGEOMINAS. Bogotá. 14-1:1-235.
- Flórez, M. A., Mosquera, J., Ramón, J. D. y Caballero, J. E. (2019). Análisis de la contaminación de ruido generada por el flujo vehicular en el casco urbano del municipio de Chinácota, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n.2.2019.3964>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. 2010. Metodología de la investigación, Quinta edición, The McGraw-Hill Companies, Inc. Mexico.
- Kronenberg, S. 1982. A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relations to the Guiana Shield. *Geologie En Mijnbouw*, 61 (4): 325-33.

- Mantilla, L., Bernal, L., Clavijo, J., Pinto, J., Quintero, I., Paez, L., Correa, K., Garcia, C., Serrano, J., Casas, R., Niz, L., Castellanos, O., Osorio, J., Castro, E., Ibañex, D., López, E. (2006). Memoria explicativa de la cartografía geológica de la plancha 64 Barranco de Loba, sur del departamento de Bolívar. Ingeominas, Bogotá.
- Mantilla, L.C., Clavijo, J. Pinto, J.E *et al.* 2006 c. Memoria explicativa de la Plancha 96, Bocas del Rosario. Sur de los Departamentos de Bolívar y Cesar y NE de del Departamento de Santander. Ingeominas.
- Maze, W. (1984). Jurassic La Quinta Formation in the Sierra Perijá, northwestern Venezuela: Geology and tectonic environment of red beds and volcanic rocks, in: Bonini *et al.* (ed.). Geological society America Memoir 162.
- Niño Rondón, C. V., Castro Casadiego, S. A. y Ortíz Fonseca, D. M. (2021). Análisis de herramientas para desarrollar un sistema de apoyo ambiental para identificar residuos sólidos. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS), 12(2). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2572/3136>
- Pindell y Erickson. 1993. The Mesozoic margin in northern South America In: I. Salfity (ed). Cretaceous tectonics of the Andes, Vieweg Germany.
- Pindell y Kennan. 2001. Kinematic Evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean. Transactions, Petroleum Systems of deep-water basins: Global and Gulf of México experience. GCSSEPM, 21st, Research Annual Conference, Houston, Texas.
- Pinzón, L. F. (2019). Metales pesados en los lodos de la cuenca alta del río Bogotá, entre Villapinzón y Chocontá. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS), 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i2.387>
- Restrepo-Pace, *et al.* 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic - Early Paleozoic paleocontinental constructions International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. 2^a ed. IUGS & Geological Society of America. 214
- Restrepo-Pace, P.A. 1992. Petrotectonic characterization of the Central Andean Terrane, Colombia. Journal of South American Earth Sciences, 5.
- Restrepo-Pace, P.A. 1995. Late Precambrian to early Mesozoic tectonic evolution of the colombian Andes, based on new geochronological, geochemical and isotopic data. Unpub. Ph.D. thesis, University of Arizona, 1-195.
- Rinaldy, W. 2002. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Pelaya, Cesar. Documento Técnico.
- Rolon L. 2004. Structural Geometry of the Jura-Cretaceous Rift of the Middle Magdalena Valley Basin-Colombia. Ms. Tesis. West Virginia University.
- Royero G, J., Clavijo T, J., Bernal V, L., Barbosa C, Gonzalo. (1996). Mapa Geológico de Colombia, Plancha 6 Tamalameque (Departamento de Cesar y Bolívar), escala 1:100.000. Memoria explicativa. Bucaramanga, julio de 1996.
- Sarmiento, G., and Puentes, J. (2015). Evolución Geológica y Estratigrafía del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena. ResearchGate, August

2015.

<https://www.researchgate.net/publication/288668619>

SGC. 2015. Atlas Geológico de Colombia, Escala 1:500.000.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica, (4ta ed). México: Limusa. Pp. 111-141.

Tschanz, Ch. *et al.*, (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta área, Colombia. Ingeominas, informe interno No. 1829. Bogotá

Villamizar, J., Rivera, M. E. y Delgado, J. R. (2019). Mapa de amenaza por crecientes súbitas en la microcuenca La Viuda, Chitagá, Colombia. Revista

Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS), 10(2). DOI:

<https://doi.org/10.24054/aaas.v10i2.388>

White, A. J. R. y Chappel, B. W. (1983). Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. En Cobbing, P., (2000). The Geology and Mapping of Granite Batholiths. Springer.141.