
Portadilla: Primer mapa geológico de la región investigada, publicado por Alfred Hettner en 1892. Reproducción de la versión en castellano editada por el Banco de la República en 1966.

Citación: Moreno-Sánchez, Giovanni. 2019. "Mapa geológico del Valle Medio del Magdalena en los alrededores del puente El Tablazo, departamento de Santander". En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

A b s t r a c t

An update of the geological map of the lithostratigraphic units in the Mesozoic and Paleogene - Neogene of the Middle Magdalena Valley (MMV) in the type area (Department of Santander) at a scale of 1:50.000 is presented. In relation to the previous geological map, the following units are identified and individualized for the first time: Cumbre Formation, El Salto Formation, Salada Formation, Pujamana Formation, Galembó Formation and La Renta Formation (new unit). In the Rosa Blanca Formation, five new members are differentiated and represented in the geological map from top to bottom: Lagunetas Member, Carrizal Member, Zo Member, El Sapo Member and Zapatoaca Member, which present typical locations in the Zapatoaca area. In support of future detailed stratigraphic studies, mapping based on morphological criteria (valleys and ridges) reveals that there are 4 stratigraphic intervals in the Girón Group, 4 stratigraphic intervals in the Lisama Formation, 3 stratigraphic intervals in the La Paz Formation, 7 stratigraphic intervals in the Esmeraldas Formation (including the Los Corros Fossiliferous Horizon at the top of the unit) and 3 stratigraphic intervals in the Mugrosa Formation. These intervals were named based on their textural properties and stratigraphic position.

The structural style that develops in the rocks cropping out in this sector of the MMV in the vicinity of the type locality is characterized by NNE-SSW first-order folds that affect the sequence of the Jurassic - Cretaceous (Los Cobardes anticline to E) and from the Paleogene - Neogene (E flank of the Nuevo Mundo syncline to W). The second-order folds in the Umir Formation and the Lisama Formation are the El Naranjo syncline and the Mata de Cacao syncline with a NNE-SSW orientation.

Mapa geológico del Valle Medio del Magdalena en los alrededores del puente El Tablazo, departamento de Santander

6

Giovanni Moreno Sánchez

RESUMEN

Se presenta una actualización de la cartografía geológica de las unidades litoestratigráficas del Mesozoico y Paleógeno-Neógeno del Valle Medio del Magdalena (VMM) en su área tipo (Departamento de Santander) en escala 1:50.000. Con relación a la cartografía geológica previa se identifican e individualizan por primera vez las unidades: Formación Cumbre, Formación El Salto, Formación Salada, Formación Pujamana, Formación Galembo y Formación La Renta (nueva unidad). En la Formación Rosa Blanca se diferencian y representan en la cartografía geológica cinco nuevos Miembros denominados de base a tope: Miembro Lagunetas, Miembro Carrizal, Miembro Zo, Miembro El Sapo y Miembro Zapatoca, los cuales presentan localidades tipo en alrededores de Zapatoca. Como sustento a futuros estudios estratigráficos de detalle se diferenciaron cartográficamente y con criterio morfológico (valles y crestas) cuatro intervalos estratigráficos en el Grupo Girón, cuatro intervalos estratigráficos en la Formación Lisama, tres intervalos estratigráficos en la Formación La Paz, siete intervalos estratigráficos en la Formación Esmeraldas (incluyendo el Horizonte Fosilífero Los Corros al tope de la unidad) y tres intervalos estratigráficos en la Formación Mugrosa. Dichos intervalos fueron nombrados con base a sus propiedades texturales y posición estratigráfica.

El estilo estructural que se desarrolla en las rocas aflorantes en este sector del VMM en alrededores de la localidad tipo, se caracteriza por pliegues de primer orden de orientación NNE-SSW que afecta la secuencia del Jurásico-Cretácico (Anticlinal de Los Cobardes al E) y del Paleógeno-Neógeno (flanco E del Sinclinal de Nuevo Mundo al W). Como pliegues de segundo orden en la Formación Umir y la Formación Lisama se tienen el Sinclinal El Naranjo y el Anticlinal de Mata de Cacao con orientación NNE-SSW.

INTRODUCCIÓN

If you are a geologist studying rocks, you have to go and find the rocks. They will not come to you, and if you go to them they cannot run away. The initiative lies all on your side.

Clive Staples Lewis

A partir del trabajo de Morales y The Colombian Petroleum Industry (1958), el sector comprendido desde el puente El Tablazo (donde el río Sogamoso cambia de dirección ENE-WSW, a

N-S) hasta el caserío Esmeraldas ha sido considerado la localidad tipo de la mayoría de las unidades litoestratigráficas del Cretácico y Paleógeno-Neógeno del Valle Medio del Magdalena.

El marco estratigráfico para las unidades del Jurásico fue establecido por Navas (1963) y Cediél (1968), mientras que para el Cretácico y Paleógeno-Neógeno lo establecieron Wheeler (1929, 1935), Morales y The Colombian Petroleum Industry 1958, Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia (2019). La secuencia estratigráfica sedimentaria mide alrededor de 6.500 m, y en tiempo abarca desde el Jurásico tardío hasta el Oligoceno tardío. Registra la historia de múltiples ambientes de depósito, así como la superposición de varios episodios de deformación (Gómez et al. 2003; 2005a; 2005b; Caballero, Parra y Mora 2010). Los trabajos cartográficos en la región se inician con Hettner (1892; portadilla); a partir de este autor sobresalen los aportes de Hubach (1953, 1957), Julivert (1958a, 1958b, 1961, 1968, 1970), Navas (1963) y Cediél (1968), y a modo de síntesis, los de Ward et al. (1969, 1973, 1977), con el *Mapa geológico del cuadrángulo H-12, Bucaramanga*.

La región de estudio se localiza al N del departamento de Santander y comprende parte de los municipios de Lebrija, Girón, Betulia, Zapatoca y San Vicente de Chucurí. El drenaje principal es el río Sogamoso, que desemboca en el río Magdalena (**fig. 1**). El presente trabajo constituye una memoria explicativa breve del nuevo mapa geológico, que abarca la región del Valle Medio del Magdalena, comprendida en alrededores de El Tablazo (departamento de Santander), a escala 1:50.000, y cubre un área de 450 km².

En los levantamientos de campo se emplearon tres mapas topográficos a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (109-III-D, 120-I-B y 120-I-D), que comprenden un área de 450 km². Para la descripción de arenitas en campo se siguió a Folk (1954) y Pettijohn, Potter y Sieve (1973), mientras que para las rocas sedimentarias calcáreas se consideró a Dunham (1962) y Folk (1962). Para el espesor y la forma de las capas se utilizaron los criterios de Campbell (1967) e Ingram (1954). Los precisos levantamientos estratigráficos y bioestratigráficos de la Formación La Paja (Montoya 2019a), la Formación Tablazo (Montoya 2019b), la Formación Salada (Terraza, 2019), la Formación Pujamana (Terraza 2019), la Formación Galembo (Terraza 2019), la Formación La Renta (Terraza 2019), La Formación Esmeral-

das (Pérez-Ávila y Arenas-Mosquera, Informe interno) y la Formación Mugrosa (Pérez-Ávila 2014), fueron fundamentales para establecer sin ambigüedad los límites entre unidades geológicas. La construcción de los perfiles estructurales se basó en métodos geométricos (Suppe 1983), en los cuales la premisa de espesor constante fue considerada razonable para la región de estudio. La localización de las panorámicas y detalles de afloramientos se referencian en metros. En la parte superior izquierda de las fotografías se presenta una rosa de los vientos que indica la dirección de observación y las coordenadas allí mencionadas, la localización del lugar desde el cual fue tomada.

ESTRATIGRAFÍA

A continuación se describen brevemente en orden estratigráfico (**fig. 2**) las características morfológicas y litológicas de las unidades litoestratigráficas diferenciadas y representadas en el mapa geológico (**fig. 3 y anexo 5**).

Grupo Girón

Desde el punto de vista morfológico a lo largo del cañón del río Sogamoso, en el tramo desde El Tablazo al W, hasta el Puente Gómez Ortiz, al E, se identificaron cuatro intervalos litoestratigráficos en el Grupo Girón (**figs. 4 y 5**), que pueden seguirse al E hasta el sitio Las Juntas, en la confluencia del río Chicamocha con el río Suárez para formar el río Sogamoso. Esta propuesta de diferenciación sigue aproximadamente el esquema empleado por Navas (1963).

Intervalo arenítico inferior (JGai)

Arenitas líticas de textura mediana a gruesa, de colores gris claro, verde claro y violeta, en capas gruesas. Conglomerados matriz soportados de cantos finos a medianos, subangulares, de arenita de cuarzo con textura que varía de fina a mediana, en capas gruesas y muy gruesas. Lodolitas de color violeta en capas gruesas y muy gruesas con láminas onduladas medianas y gruesas de arenita de cuarzo de textura mediana. Espesor: 600 m. Jurásico superior.

Intervalo lodolítico inferior (JGli)

Alternancia de lodolitas y limolitas de colores naranja y verde claro, en capas gruesas con arenitas de cuarzo y líticas de color violeta, de textura entre mediana y gruesa. Espesor: 150 m. Jurásico superior.

Intervalo arenítico superior (JGas)

Arenitas líticas de textura entre mediana y gruesa, de colores gris claro, verde claro y violeta, en capas gruesas. Conglomerado matriz soportado con cantos de textura fina a mediana, subangulares, de arenita de cuarzo de textura fina a mediana, en capas gruesas y muy gruesas. Lodolitas de co-

lor violeta en capas gruesas y muy gruesas con láminas onduladas medianas y gruesas de arenita de cuarzo de textura mediana. Hacia la parte alta de este intervalo se presenta un cuerpo de arenitas de cuarzo de textura entre mediana y muy gruesa, de color gris claro, con intraclastos de lodolitas e intercalaciones de capas medianas de lodolita de color negro con fragmentos de material vegetal. Espesor: 450 m. Edad: Jurásico superior.

Intervalo lodolítico arenítico (JGla)

Alternancia de lodolitas y limolitas de color naranja y verde claro en capas gruesas con arenitas de cuarzo y líticas, de textura mediana a gruesa de color violeta. Espesor: 150 m. Jurásico superior.

Formación Los Santos (b1s)

Unidad litoestratigráfica propuesta de manera formal por Cediel (1968). Se reconoce en la quebrada Piedra Azul, afluente del río Lebrija (Clavijo Torres 1985) y en la quebrada Pujamanes (Renzoni, 1985). Este cuerpo litológico se distingue en el terreno por su carácter tabular y las tonalidades gris claro que contrastan con las tonalidades naranja del infrayacente Grupo Girón (**figs. 5 y 14A**), desde el sector de estudio hasta el municipio de Los Santos (Laverde Montaña, 1985). Consta de arenitas de cuarzo de textura mediana a gruesa de colores gris claro y violeta, e intercalaciones de espesor variable de lodolitas de color violeta, laminadas. Hacia el techo de la unidad se observa la icnofacies *Scoyenia*. Espesor: 150 m. Berriasiano (Etayo-Serna y Rodríguez 1985).

Formación Cumbre (b1c)

Esta unidad representa el primer registro del ingreso marino neto del mar cretácico documentado con fósiles en volumen (bivalvos, gasterópodos, etc.), en la región de estudio (Mendoza 1985). Ya Renzoni (1985) había identificado la unidad en la quebrada Pujamanes. En el presente trabajo se reconoce y diferencia por primera vez en la cartografía geológica en los alrededores de la localidad Puente El Tablazo. Genera en el terreno un valle tenue entre dos unidades de morfología saliente, a saber, la infrayacente Formación Los Santos y la suprayacente Formación Rosa Blanca. Consta de lodolitas fosilíferas de color negro en capas medianas con laminación plana-paralela mediana, intercaladas con arenitas de cuarzo entre fino y mediano de color gris claro (**figs. 6 y 14B**). Espesor: 25 m. Berriasiano.

Formación Rosa Blanca

A partir del esquema estratigráfico propuesto por Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia (2019) para el sector de Zapatocha, se identificaron y diferenciaron cartográficamente en la Formación Rosa Blanca cinco miembros (**figs. 6, 7, 8, 9 y 14C**).

Miembro Lagunetas (b1-rl)

Morfológicamente corresponde a un filo. Consta de biomicritas *mudstone* y *wackestone*, dolomíticas de color gris oscuro y negro en capas medianas y gruesas con niveles de yeso hacia la parte inferior (Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia 2019; Zamarreño de Julivert 1963; Cruz y Vargas 1972; Alfonso Pava 1985). Espesor: 75 m. Berriasiano.

Miembro Carrizal (b2-rc)

Morfológicamente corresponde a un valle. Consta de biomicritas *wackestone* de color gris oscuro en capas gruesas, algunas de las cuales constituyen biostromas de bivalvos, en alternancia con biomicritas *mudstone* en capas medianas y lodolitas terrígenas de color negro con laminación plana-paralela mediana (Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia 2019). El contacto con el infrayacente con el Miembro Lagunetas representa una cicatriz de erosión. Espesor: 125 m. Valanginiano inferior.

Miembro Zo (b3-rz)

Morfológicamente corresponde a un filo. Consta de biomicritas *packstone* y *wackestone* de color gris oscuro en capas gruesas y medianas en alternancia con lodolitas terrígenas de color negro en capas medianas. Característica de este intervalo es la presencia de bancos calcáreos-cuarzosos con laminación plana-paralela e inclinada tangencial a la base, las capas son medianas y gruesas de bioclastos fragmentados. El contacto con el infrayacente Miembro Carrizal representa una paraconformidad (Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia 2019). Espesor: 25 m. Hauteriviano inferior (*pars*).

Miembro El Sapo (b3-rs)

Morfológicamente corresponde a un valle. Consta de biomicritas *wackestone* de color gris oscuro en capas medianas y gruesas, en alternancia con lodolitas terrígeno-calcáreas de color negro, en capas gruesas con laminación plana-paralela mediana (Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia 2019). Espesor: 100 m. Hauteriviano inferior (*pars*).

Miembro Zapato (b3-rza)

Morfológicamente corresponde a un filo que destaca en el paisaje por sus tonalidades naranja y ocre. Consta principalmente de biomicritas *wackestone* y *packstone* de bivalvos, de color negro, en capas medianas y, en menor proporción, de arenitas de cuarzo lodosas ferruginosas en capas tabulares gruesas (Etayo-Serna y Guzmán-Ospitia 2019). Espesor: 25 m. Hauteriviano inferior (*pars*).

Formación La Paja

La unidad presenta una morfología suave que genera valles. Hacia la parte alta del tercio inferior se destaca un paquete

morfológicamente fuerte y diferenciable en la cartografía geológica, denominado Intervalo Calcáreo El Ramo (Montoya 2019a; **figs. 7, 8, 9 y 15**).

Intervalo inferior (b4-pi)

Mudstone con materia orgánica (*bindstone*-microbialita) en capas medianas que se alternan con *mudstone* arcillosos con materia orgánica (*bindstone*-microbialita) en capas medianas y gruesas, con formas plano-paralelas y con adelgazamientos y engrosamientos que definen capas con formas de nódulos unidos (camándula). Espesor: 75 m. Barremiano.

Intervalo calcáreo El Ramo (b4-per)

Calizas *mudstone* con materia orgánica (*bindstone*-microbialita) en capas medias y gruesas alternantes con *mudstone* arcillosos con materia orgánica (*bindstone*-microbialita) en capas medias. Hay horizontes de hasta 1 m con mineral de yeso. Los mejores afloramientos se presentan por el cauce de la quebrada de El Ramo, cerca de la confluencia de la quebrada Las Lajas (S) y Caño Bolas (N). Espesor: 25 m. Barremiano.

Intervalo superior (b56-ps)

Calizas *mudstone* con materia orgánica (*bindstone*-microbialita) en capas medianas y gruesas intercaladas con *mudstone* arcillosos con materia orgánica (*bindstone*-microbialita con arcillas) en capas gruesas y muy gruesas. Hacia la parte inferior se presentan lentes y láminas de calcita fibrosa, domos de gases, yesos nodulares resedimentados y láminas de yeso, todos estos elementos paralelos a la estratificación. Espesor: 200 m. Aptiano superior-Albiano inferior.

Formación Tablazo (b6t)

La unidad es un elemento morfológico fuerte que resalta en el terreno y contrasta entre dos unidades de morfología suave, a saber: la infrayacente Formación La Paja y la suprayacente Formación Simití (Montoya 2019b; **figs. 7, 8, 9, 10 y 16**). Está formada predominantemente por biomicritas *mudstone*, *wackestone* y *packstone*, de colores gris claro, macizas, en capas medianas y gruesas, intercaladas con arenitas de cuarzo de textura entre muy fina y mediana, en ocasiones fosilíferas, y lodolitas negras en capas gruesas y muy gruesas con arenitas de cuarzo y biomicritas *mudstone*. Espesor: 275 m. Albiano inferior.

Formación Simití (b6s)

Es un conjunto litológico que genera morfología suave (**figs. 8, 9, 10 y 17A**). Consta de lodolitas de color negro en capas muy gruesas con laminación plana-paralela, intercaladas con arenitas de cuarzo de textura fina y biomicritas *wackestone* en capas que varían de medianas a gruesas. Espesor: 125 m. Albiano medio (Etayo-Serna, 2018).

Formación El Salto (k1s)

Esta unidad, por primera vez diferenciada en la cartografía geológica de los alrededores de la localidad El Tablazo, genera un filo estrecho que se constituye en elemento esencial para distinguir dos unidades de características morfológicas y litológicas similares, a saber: la infrayacente Formación Simití de la suprayacente Formación Salada (**figs. 8, 9, 10, 17B y 17C**). Está compuesta por biomicritas *packstone* de color negro con bivalvos (*Rhynchostreon squamatum*), en capas medianas y gruesas. Espesor: 25 m. Cenomaniano.

Formación Salada (k2s)

Terraza (2019) propone retomar la definición original de Wheeler (1929) respecto del rango formacional del denominado “Miembro Salada” (Morales y The Colombian Petroleum Industry 1958). La unidad presenta morfología suave (**figs. 8, 9, 10 y 18**) y está constituida por biomicritas *mudstone* y *wackestone* de color negro en capas entre delgadas y medianas con laminación plana-paralela delgada y mediana definida por la abundancia de foraminíferos planctónicos, e intercalada con lodolitas terrígenas de color negro en capas gruesas, con laminación plana-paralela delgada y concreciones elipsoidales de hasta de 1 m de diámetro, de biomicritas *mudstone* y *wackestone* hacia la parte inferior de la unidad. Espesor: 100 m. Turoniano inferior.

Formación Pujamana (k2-3P)

Terraza (2019) propone retomar la definición original de Wheeler (1929) respecto del rango formacional del denominado “Miembro Pujamana” (Morales y The Colombian Petroleum Industry 1958). La unidad está constituida por arcillolitas y lodolitas de color negro, levemente carbonosas y micáceas, en capas tabulares gruesas y laminación plana-paralela mediana (**figs. 8, 9, 10 y 19**). Como rasgo característico, presenta intercalaciones de arenitas de cuarzo de textura fina con *Thalassinoides*, limolitas de cuarzo y biomicritas *mudstone*. Espesor: 75 m. Turoniano superior.

Formación Galembo (k3-4G)

Terraza (2019) propone retomar la definición original de Wheeler (1929) respecto del rango formacional del denominado “Miembro Galembo” (Morales y The Colombian Petroleum Industry 1958). La unidad es un elemento morfológico resistente que resalta en el terreno y constituye la cuchilla Galembo, en la confluencia de la quebrada Aguablanca con el río Sogamoso, elemento hoy en día convertido en islote (**figs. 8, 9, 10, 11, 12 y 20**). Consiste de biomicritas *mudstone* y *wackestone* de color gris oscuro, con abundantes foraminíferos planctónicos; son terrígenas arcillosas o carbonosas, resistentes, compactas, en capas medianas y gruesas, con laminación plana-paralela delgada. Son comunes las concreciones elipsoidales entre centimétricas y decimétricas, con restos de amonitas con aceite en sus cámaras, peces y bivalvos especialmente hacia la base. Espesor: 100 m. Edad: Coniaciano-Santoniano (*pars*).

Formación La Renta (k5lr)

Nueva unidad litoestratigráfica formal propuesta por Terraza (2019) y diferenciada cartográficamente por primera vez en el presente mapa, lo cual permite la localización estratigráfica precisa de los horizontes fosfáticos del Cretácico superior en esta región que suprayace a la Formación Galembo e infrayace a la Formación Umir (**figs. 9, 10, 12 y 21**). La Formación La Renta está compuesta por capas medianas y gruesas de biomicritas *mudstone* y *wackestone* de color gris oscuro con foraminíferos bentónicos predominantes y, en menor proporción, foraminíferos planctónicos, en láminas plano-paralelas medianas, intercaladas con capas entre medianas y gruesas e irregulares de fosforitas y biomicritas *mudstone* y *packstone* de color negro, silicificadas, que se manifiestan como lentes de *chert sensu lato*. Aproximadamente 50 m de espesor. Campaniano.

Formación Umir (k6u)

En el sentido establecido por Morales y The Colombian Petroleum Industry (1958), este conjunto lodolítico presenta morfología suave y aflora extensamente entre la cuchilla Galembo, al E, y la cuchilla de La Chafarota, al W, y hace parte del Sinclinal El Naranjo y el Anticlinal de río Sucio. La unidad está compuesta principalmente por lodolitas de color negro en capas gruesas con laminación plana-paralela mediana, capas medianas de arenita de cuarzo de textura fina a mediana de color gris claro, lodolitas carbonosas de color negro con laminación plana-paralela mediana, y mantos de carbón (**figs. 12 y 22**). Hacia la base de la Formación Umir, e indicando relación discordante con la unidad infrayacente (Formación La Renta), se identificó en la quebrada Aguablanca un banco de arenitas de cuarzo de textura mediana, fosfática y glauconítica, de color gris oscuro, con intraclastos micríticos (10%, con textura de guijo mediano). Hacia el techo de la unidad se vuelven frecuentes las arenitas de cuarzo de textura mediana, de tonos rojizos, en capas medianas. Espesor: 385 m. Maastrichtiano.

Formación Lisama

Corresponde a un conjunto alternante, arenítico-lodolítico, que genera crestas y valles en franjas con dirección NE-SW (**figs. 12, 13 y 23**). En el presente trabajo se diferenciaron en la cartografía geológica cuatro de dichas franjas, nombradas así: Intervalo arenítico inferior, Intervalo lodolítico arenítico, Intervalo arenítico superior e Intervalo lodolítico superior del Paleoceno (Pardo, Jaramillo y Oboh-Ikuenobe 2003). La parte alta de la unidad corresponde al *Toro Shale* de Bueno (1968).

Intervalo arenítico inferior (E1-I1)

Se reconoce por su morfología de resalte resistente generado por arenitas de cuarzo-líticas, de textura mediana a gruesa, de colores grises, en capas gruesas con intercalaciones de lodolitas de colores grises con laminación ondulosa y plana-paralela mediana. Su contacto con la infrayacente Formación Umir dibuja una cicatriz de erosión. Espesor: 200 m. Paleoceno.

Intervalo lodolítico arenítico (E1-I2)

Se reconoce por su morfología de entrante. Corresponde a una alternancia de lodolitas de color gris oscuro, en capas gruesas con laminación plana-paralela que varía de mediana a gruesa, con arenitas líticas de textura fina a gruesa, en capas tabulares medianas. Espesor: 525 m. Paleoceno.

Intervalo arenítico superior (E1-I3)

Se reconoce por su morfología de resalte resistente generada por arenitas de cuarzo y líticas de textura fina y mediana, de colores grises, en capas gruesas con intercalaciones de lodolitas de colores grises con laminación ondulosa y plana-paralela mediana. Espesor: 250 m. Paleoceno.

Intervalo lodolítico superior (E1-I4)

Se reconoce por su morfología de entrante. Corresponde a un conjunto de lodolitas de color gris oscuro en capas gruesas con laminación plana-paralela mediana y gruesa en alternancia con arenitas líticas de textura fina a gruesa en capas tabulares medianas. Espesor: 125 m. Paleoceno-Eoceno inferior. Este nivel corresponde al *Toro Shale* de Bueno (1968).

Formación La Paz

En la región de estudio constituye la roca de apoyo de la presa de la hidroeléctrica del río Sogamoso (figs. 12, 13 y 24). En la unidad se identificaron tres intervalos con expresiones morfológicas particulares, nombrados así: Intervalo arenítico inferior, Intervalo lodolítico intermedio e Intervalo arenítico superior. El contacto del Intervalo arenítico inferior con la infrayacente Formación Lisama dibuja una cicatriz de erosión.

Intervalo arenítico inferior (E2-p1)

Genera un saliente en el terreno y consiste de arenitas líticas de textura entre mediana y gruesa de color gris claro, en capas gruesas, con lentes de conglomerados de guijos de cuarzo de textura fina a mediana. Espesor: 150 m. Eoceno.

Intervalo lodolítico intermedio (E2-p2)

Genera entrante suave en el perfil topográfico. Consiste de lodolitas de color gris claro en capas gruesas con lentes de conglomerados de guijos de cuarzo entre finos y medianos. Espesor: 75 m. Eoceno.

Intervalo arenítico superior (E2-p3)

También genera un saliente en el terreno y consiste de arenitas líticas de textura mediana a gruesa, de color gris claro, en capas irregulares gruesas. Espesor: 125 m. Eoceno.

Formación Esmeraldas

Corresponde a una sucesión alternante de lodolitas y arenitas que se expresa en la morfología como valles y crestas en fran-

jas de dirección NE-SW (figs. 24, 25 y 26). En esta unidad se identificaron siete intervalos con expresión morfológica propia denominados así: Intervalo lodolítico inferior, Intervalo arenítico inferior, Intervalo lodolítico intermedio, Intervalo arenítico intermedio, Intervalo lodolítico superior, Intervalo arenítico superior y Horizonte Fosilífero Los Corros (Wheeler 1935, 22, tab. 1; Rodríguez-Forero et al. 2012). La descripción de la unidad utilizada en este trabajo es una síntesis de los levantamientos estratigráficos de la Formación Esmeraldas y la Formación Mugrosa, adelantados por los geólogos Adrián Pérez Ávila y Jorge Enrique Arenas Mosquera.

Intervalo lodolítico inferior (E2-e1)

Genera una morfología suave por consistir en lodolitas y limolitas de color violeta a marrón, en capas gruesas, intercaladas con arenitas líticas de textura muy fina y mediana en capas medianas y gruesas. Espesor: 80 a 100 m. Edad: Eoceno inferior.

Intervalo arenítico inferior (E2-e2)

Produce resalte por consistir de arenitas líticas de textura fina y mediana de colores violeta y verde claro, en capas tabulares gruesas con intercalaciones de lodolitas y limolitas de colores entre violeta y marrón. Espesor: 165 a 195 m. Eoceno medio.

Intervalo lodolítico intermedio (E2-e3)

Genera una morfología suave por consistir de lodolitas y limolitas de color violeta a marrón, en capas gruesas, intercaladas con arenitas líticas de textura fina y mediana, en capas medianas y gruesas. Espesor: 255 a 275 m. Eoceno medio.

Intervalo arenítico intermedio (E2-e4)

Produce resalte por consistir de arenitas líticas de textura fina a gruesa de colores gris claro y verde claro, en capas tabulares gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas de colores entre violeta y marrón. Espesor: 80 a 100 m. Eoceno superior.

Intervalo lodolítico superior (E2-e5)

Genera una morfología suave por consistir de lodolitas y limolitas de colores entre violeta y marrón, con restos de material vegetal y carbonoso, además de capas gruesas de lignito. Arenitas líticas de textura fina a mediana en capas medianas y gruesas, con presencia de paleosuelos calcáreos-caliches, niveles de turbas y lignito de color marrón. Espesor: 210 a 250 m. Eoceno superior.

Intervalo arenítico superior (E2-e6)

Produce resalte por consistir de arenitas líticas de textura fina a gruesa, de colores gris claro y verde claro, en capas tabulares gruesas con intercalaciones de lodolitas y limolitas de colores entre violeta y marrón. Espesor: 135 a 170 m. Eoceno superior.

Horizonte fosilífero los corros (E2-e7)

Este “horizonte fosilífero” está situado en el tope de la Formación Esmeraldas y constituye un elemento clave para la separación de la Formación Esmeraldas de la suprayacente Formación Mugrosa. Corresponde a un conjunto de lodolitas y limolitas de cuarzo fosilíferas (bivalvos, gasterópodos y restos de peces) de tonalidades amarillentas, en capas delgadas y medianas (**fig. 26**). Aproximadamente 25 m de espesor. Eoceno superior.

Formación Mugrosa

Consiste en una alternancia de lodolitas y arenitas que se expresa en morfología de graderías: valles y crestas que dibujan franjas angostas de dirección NE-SW (**fig. 27**). En la región estudiada se diferencian tres intervalos: Intervalo lodolítico inferior, Intervalo arenítico intermedio e Intervalo lodolítico superior. Edad: Oligoceno (Pardo, Jaramillo y Oboh-Ikuenobe 2003; Rodríguez-Forero et al. 2012)

Intervalo lodolítico inferior (E3-mli)

Se manifiesta con morfología suave desarrollada en lodolitas de color pardo rojizo con laminación plana-paralela y arenitas líticas de textura mediana a gruesa en capas gruesas. Espesor: 200 m. Oligoceno.

Intervalo arenítico intermedio (E3-mai)

Presenta morfología resaltante producida por arenitas líticas de textura mediana a gruesa en capas tabulares gruesas. Espesor: 200 m. Oligoceno.

Intervalo lodolítico superior (E3-mls)

Presenta morfología suave desarrollada en lodolitas de color pardo rojizo con laminación plana-paralela; tiene intercalaciones de arenitas líticas de textura mediana a gruesa en capas tabulares gruesas. Espesor: 200 m. Oligoceno.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estilo estructural del Valle Medio del Magdalena en la región estudiada se caracteriza por presentar pliegues de primer orden con orientación NNE-SSW que afectan las secuencias del Jurásico y del Cretácico en el Anticlinal de Los Cobardes, al E, y Paleógeno-Neógeno, del flanco E del Sinclinal de Nuevo Mundo, al W. El Anticlinal de Los Cobardes presenta en su flanco W buzamientos que varían de 30° a 45°, mientras que en su flanco E buzamientos subhorizontales (Sánchez et al. 2012; Jiménez et al. 2016), con plegamientos menores, como el Sinclinal de Gramalote (**figs. 3, 28 y 29**). Si bien en función de variaciones en el espesor de las unidades del Jurásico Superior (Grupo Girón) se ha propuesto para el borde E del VMM un estilo estructural de escamación gruesa (*thick-skinned*; Julivert 1970; Shamel 1991; Jiménez et al. 2016), a lo largo del corte del río Sogamoso, entre El Tablazo y Zapatoca, no se ve reflejado en el terreno (**fig. 4**).

Pliegues de tercer orden, como el Sinclinal de La Paja, el Anticlinal de El Ramo, el Sinclinal de Las Lajas y el Anticlinal de Miradores, se desarrollan en la secuencia del Cretácico en las Formaciones Rosa Blanca, La Paja y Tablazo (**figs. 3, 28, 30, 31 y 32**). Como pliegues de segundo orden desarrollados en las formaciones Umir y Lisama están el Sinclinal El Naranjo y el Anticlinal de Mata de Cacao, con orientación NNE-SSW (**fig. 33**).

La mayor expresión de deformación por plegamiento en la secuencia del Cretácico superior, formaciones Salada, Pujamana, Galembo, La Renta y Umir, se localiza en el sector de Montebello. Allí el plegamiento de tercer orden se concentra en el bloque colgante de la Falla de San Vicente, de dirección NNE-SSW y vergencia ESE (**figs. 3 y 28**). En el bloque colgante de la Falla de San Vicente, de W a E se presentan el Anticlinal de Montebello, el Sinclinal de Belmonte, el Anticlinal de Chucurí y, al S de la confluencia de la quebrada El Ramo con el río Chucurí, un sinclinal y anticlinal que comparten un flanco invertido. En el bloque yacente de la falla de San Vicente, desde la confluencia de la quebrada La Carolina con el río Chucurí, hacia al S y por cerca de 1 km hasta alrededores de la confluencia de la quebrada El Ramo con el río Chucurí, al N, se presenta la verticalización, inversión y repetición de la Formación Galembo, debido al cabalgamiento. A su vez, los pliegues del bloque colgante terminan contra la falla de San Vicente (**figs. 34 y 35**).

Como rasgo estructural característico, hacia la parte alta de la Formación Tablazo y en alrededores de los drenajes principales (quebrada El Ramo, río Sogamoso, quebrada Pujamane, quebrada La Molinilla) se localizan sectores con diferentes estadios deformativos, correspondientes a un proceso de inversión (**fig. 36**). Dichos procesos de inversión localmente afectan secuencias estratigráficas tan altas como la Formación Pujamana, en algunos sectores de la quebrada Aguablanca. En general, se trata de procesos locales de progresiva verticalización a lo largo del rumbo, inversión (**figs. 36A, 36B y 36C**), y en los casos de sectores adyacentes normales e invertidos, la generación de fallas locales transversales que acomodan la deformación (**fig. 36D**).

CONCLUSIONES

En alrededores del sector El Tablazo se han logrado reconocer y cartografiar, desde la región de Zapatoca, los cuatro intervalos constitutivos del Grupo Girón, los cinco miembros de la Formación Rosa Blanca (véase Moreno-Sánchez 2019); además, han sido identificadas y cartografiadas por vez primera las formaciones Cumbre, El Salto, Salada, Pujamana, Galembo y La Renta, así como el Horizonte Fosilífero de Los Corros.

El estilo estructural del Valle Medio del Magdalena en el sector El Tablazo se caracteriza por la presencia de pliegues de primer orden con dirección NNE-SSW, que afectan la secuencia sedimentaria del Jurásico superior-Cretácico en el Anticlinal de Los Cobardes, al E, y del Paleógeno-Neógeno, en el flanco E del Sinclinal de Nuevo Mundo, al W.

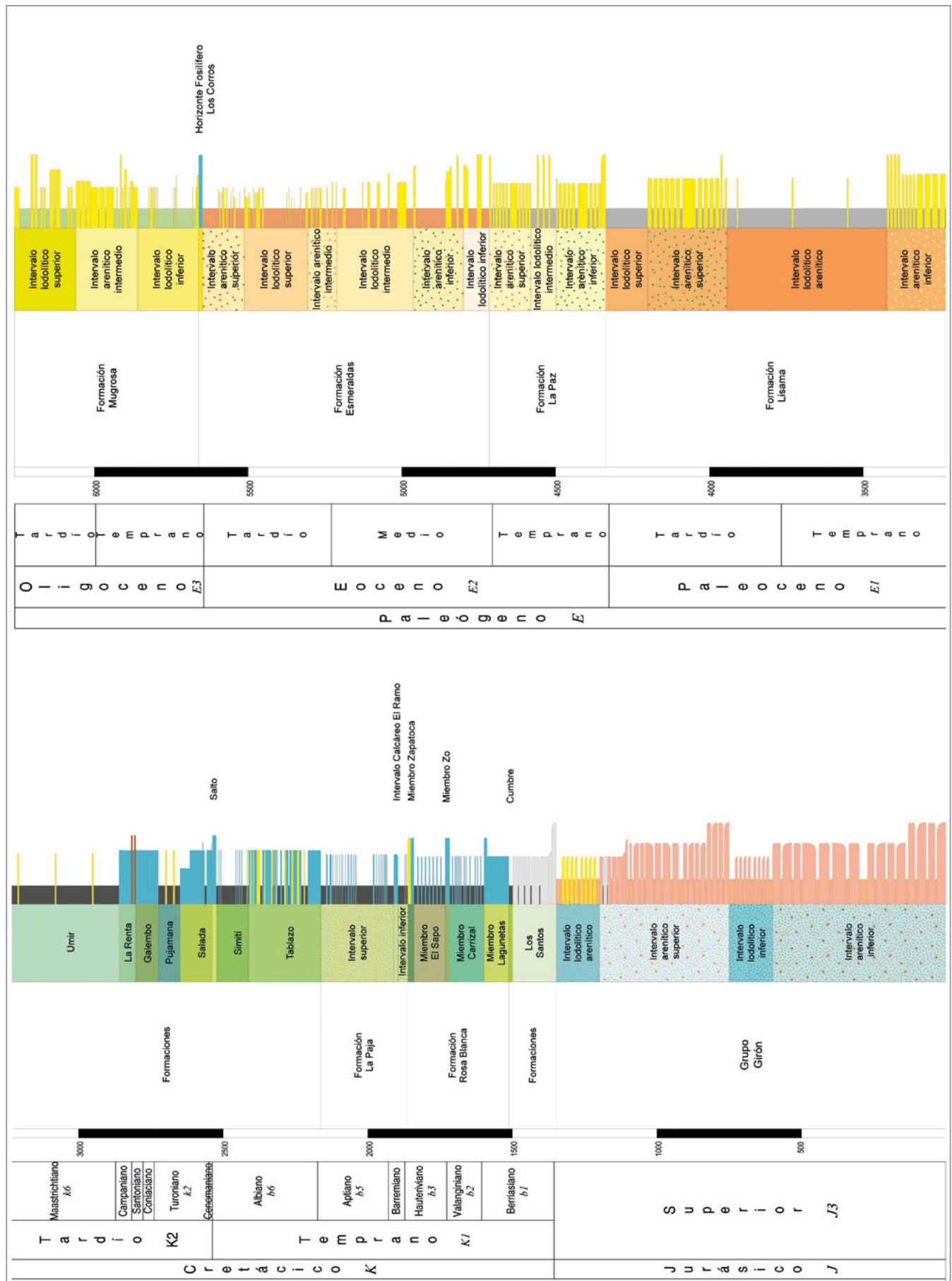


Figura 2. Columna estratigráfica generalizada del Mesozoico-Cenozoico del VM.

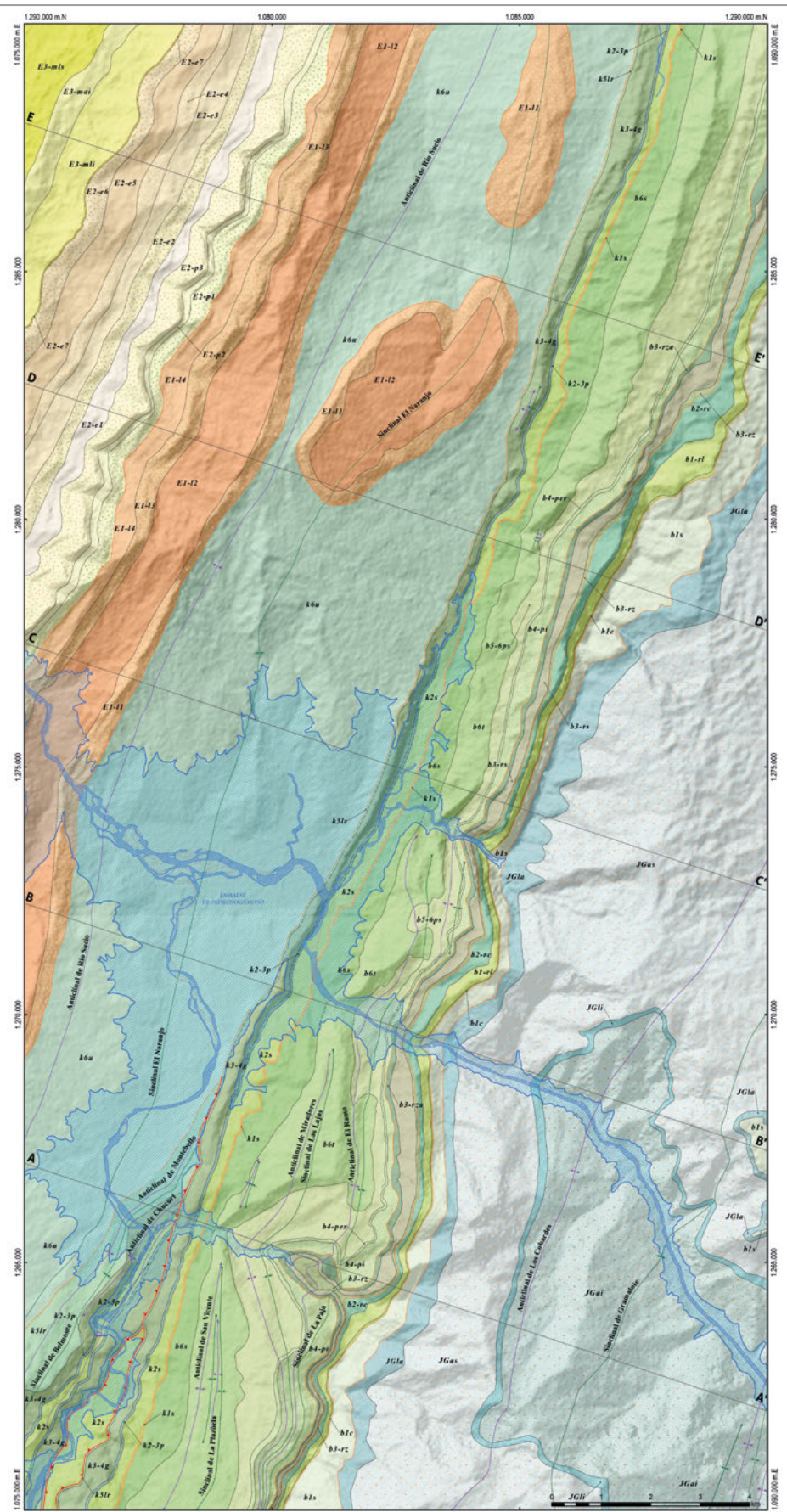
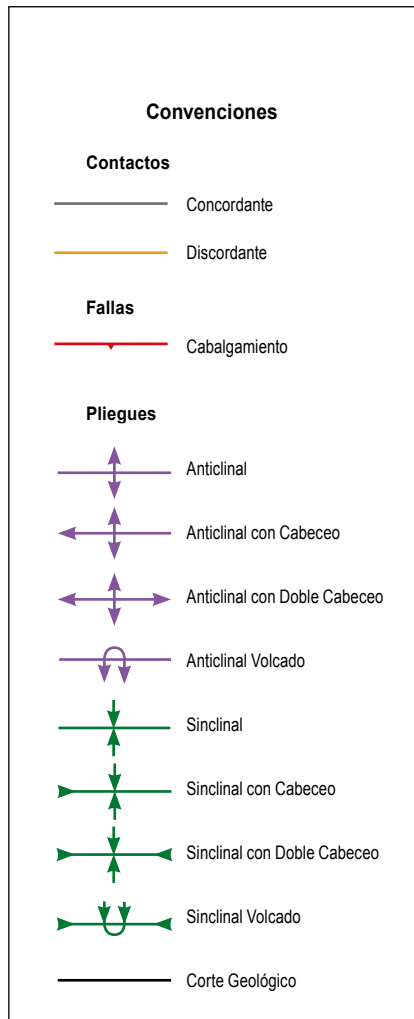


Figura 3. Mapa geológico de las unidades del Mesozoico-Cenozoico del VMM.



Figura 4. Panorámica del Grupo Girón a lo largo del cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía Betulia-Escuela El Placer (N:1.266.777, E:1.086.070, Z:686).

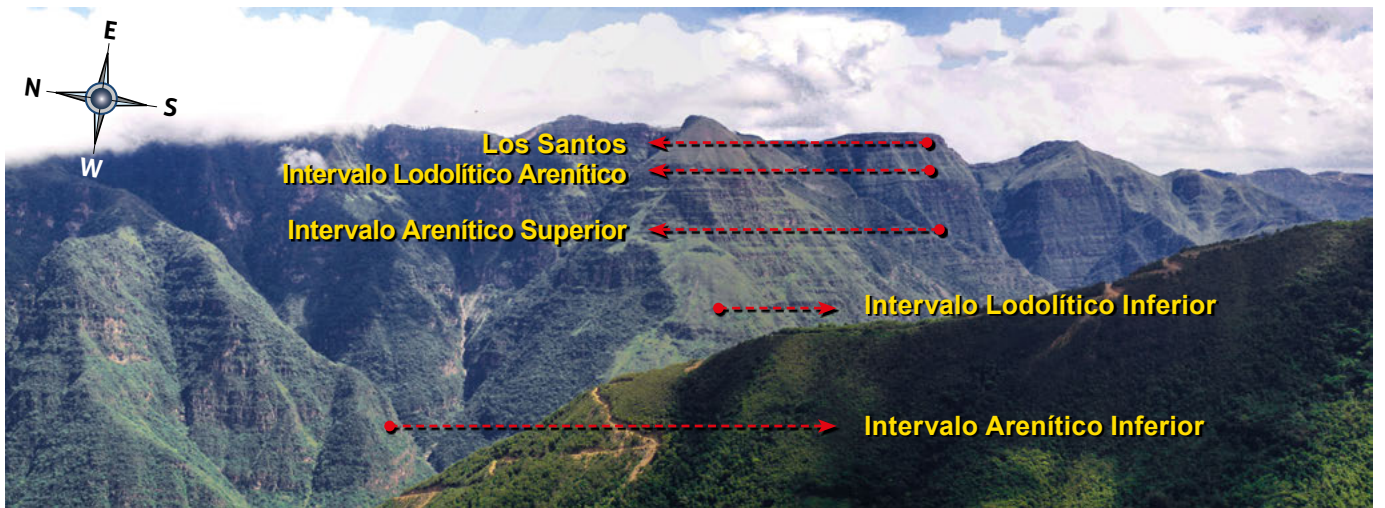


Figura 5. Panorámica de los intervalos del Grupo Girón y la Formación Los Santos a lo largo del cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía Betulia-Cuchilla Gramalote (N:1.264.807, E:1.084.691, Z:1.187).



Figura 6. Panorámica de las formaciones Los Santos, Cumbre y Rosa Blanca (Miembros Lagunetas, Carrizal, Zo, El Sapo y Zapatoaca) a lo largo del cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-Cuchilla La Carolina (N:1.269.030, E:1.082.747, Z:515).



Figura 7. Panorámica de las Formaciones Rosa Blanca, La Paja y Tablazo a lo largo del cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-cuchilla La Carolina (N:1.269.030, E:1.082.747, Z:515).



Figura 8. Panorámica de las formaciones del Cretácico a lo largo del cañón de la quebrada El Ramo. Fotografía tomada en la vía San Vicente de Chucurí-Escuela El Ramo (N:1.265.650, E:1.078.250, Z:362).

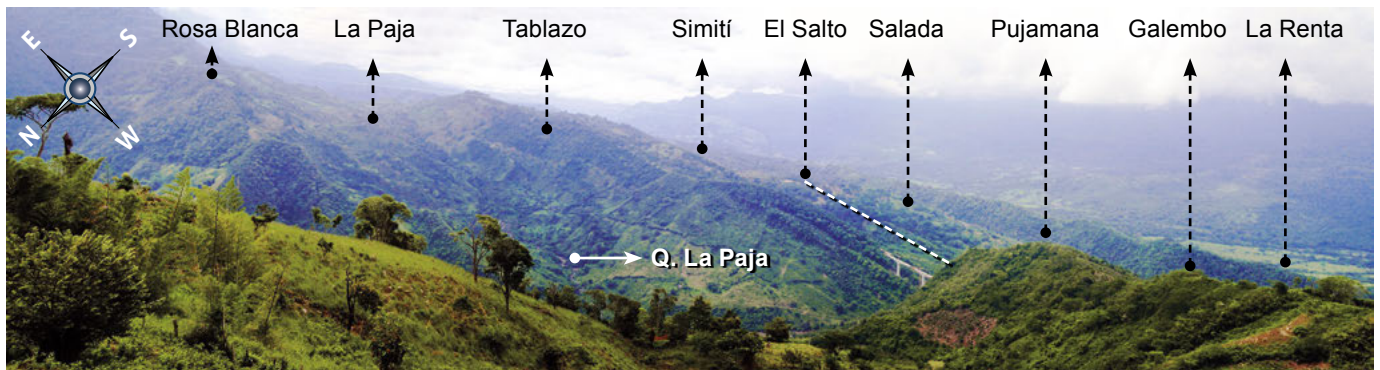


Figura 9. Panorámica de las formaciones del Cretácico a lo largo del cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-La Reforma (N:1.271.422, E:1.083.530, Z:852).

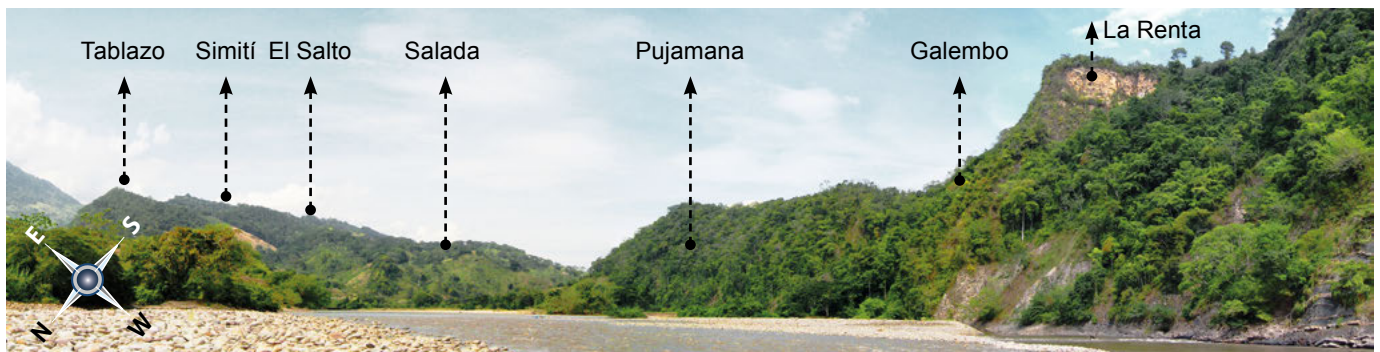


Figura 10. Panorámica de las formaciones del Cretácico superior en alrededores de El Tablazo (desembocadura de la quebrada Azufrada en el río Sogamoso, antes de la inundación (N:1.271.622, E:1.080.890, Z:198).



Figura 11. Formación Galembó aflorante en el Cerro Galembó, alrededores al sitio El Tablazo, desembocadura de la quebrada Aguablanca en el río Sogamoso, actualmente inundado (N:1.272.436, E:1.081.089, Z:199).

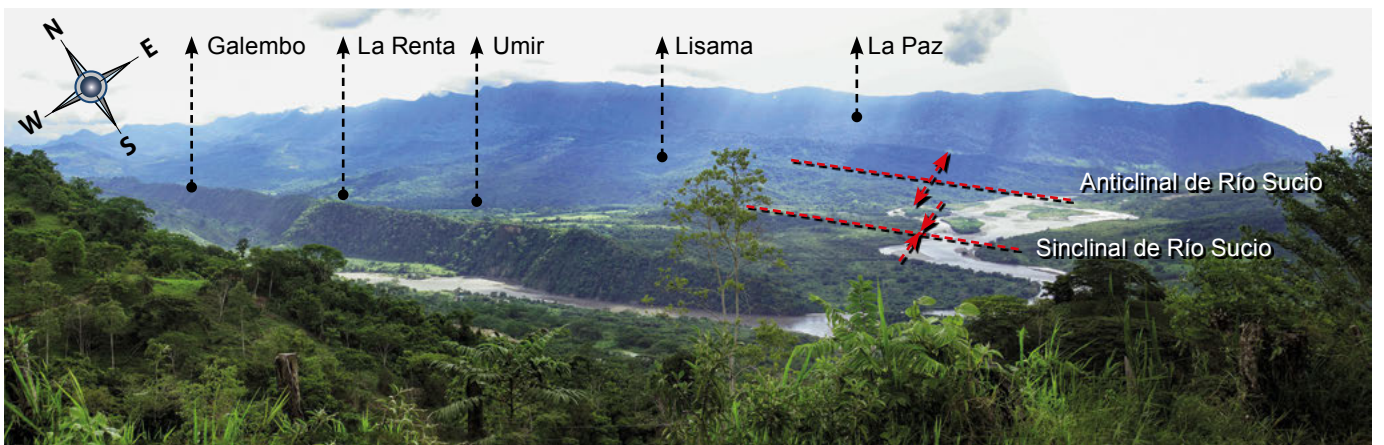


Figura 12. Panorámica de las formaciones del Cretácico Superior y Paleógeno – Neógeno en el cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-cerro La India (N:1.271.614, E:1.082.083, Z:650).



Figura 13. Panorámica de las unidades del Paleógeno-Neógeno a lo largo del cañón del río Sogamoso, contiguas a la presa Hidrosogamoso (N:1.276.735, E:1.073.992, Z:395).



Figura 14. (A) Arenitas de la Formación Los Santos en la quebrada Pujamanes (N:1.273.168, E:1.084.393, Z:309). (B) Arenitas y lodolitas de la Formación Cumbre en la vía El Tablazo-vereda El Placer (N:1.268.725, E:1.083.152, Z:504). (C) Biomicritas *wackestone* de la Formación Rosa Blanca-Miembro Lagunetas en la quebrada Pujamanes (N:1.273.398, E:1.084.229, Z: 297).



Figura 15. Intercalación de lodolitas terrígenas y biomicritas *wackestone* de la Formación La Paja en la quebrada El Ramo (N:1.265.183, E:1.079.724, Z:321).



Figura 16. Intercalación biomicritas *packstone* - *wackestone* y arenitas de cuarzo fosilíferas de la Formación Tablazo en la quebrada El Ramo (N:1.273.814, E:1.083.238, 284).



Figura 17. (A) Lodolitas laminadas y biomicritas *wackestone* de la Formación Simití (N:1.280.526, E:1.085.228, Z:632). (B y C) Biomicritas *packstone* con *Rhynchostreon squamatum* (ORBIGNI) de la Formación El Salto (N:1.279.872, E:1.084.545, Z:403).



Figura 18. Formación Salada aflorante en la quebrada Aguablanca. (A) Biomicritas *mudstone* con niveles de concreciones elipsoidales (N:1.279.893, E:1.084.511, Z:385). (B) Laminación plana-paralela conspicua (N:1.270.999, E:1.080.879, Z:202).



Figura 19. Formación Pujamana en la quebrada Aguablanca. (A) Arenitas de cuarzo en capas gruesas. (B) Aspecto de la bioturbación reflejada en los *Thalassinoides* (N:1.279.001, E:1.084.042, Z:344).



Figura 20. Formación Galembó en el río Chucurí. (A) Aspecto morfológico de escarpe. (B) Biomicritas *mudstone* y *wackestone* laminadas con concreciones esféricas (N:1.263.919, E:1.076.517, Z:266).



Figura 21. Afloramientos de la Formación La Renta en la quebrada Aguablanca (N:1.279.638, E:1.084.237, Z:370). **(A)** Morfología escarpada con taludes verticales. **(B)** Intercalación de biomicritas *wackestone* laminadas con niveles de fosforitas. **(C)** Detalle de las fosforitas con bases canaliformes.

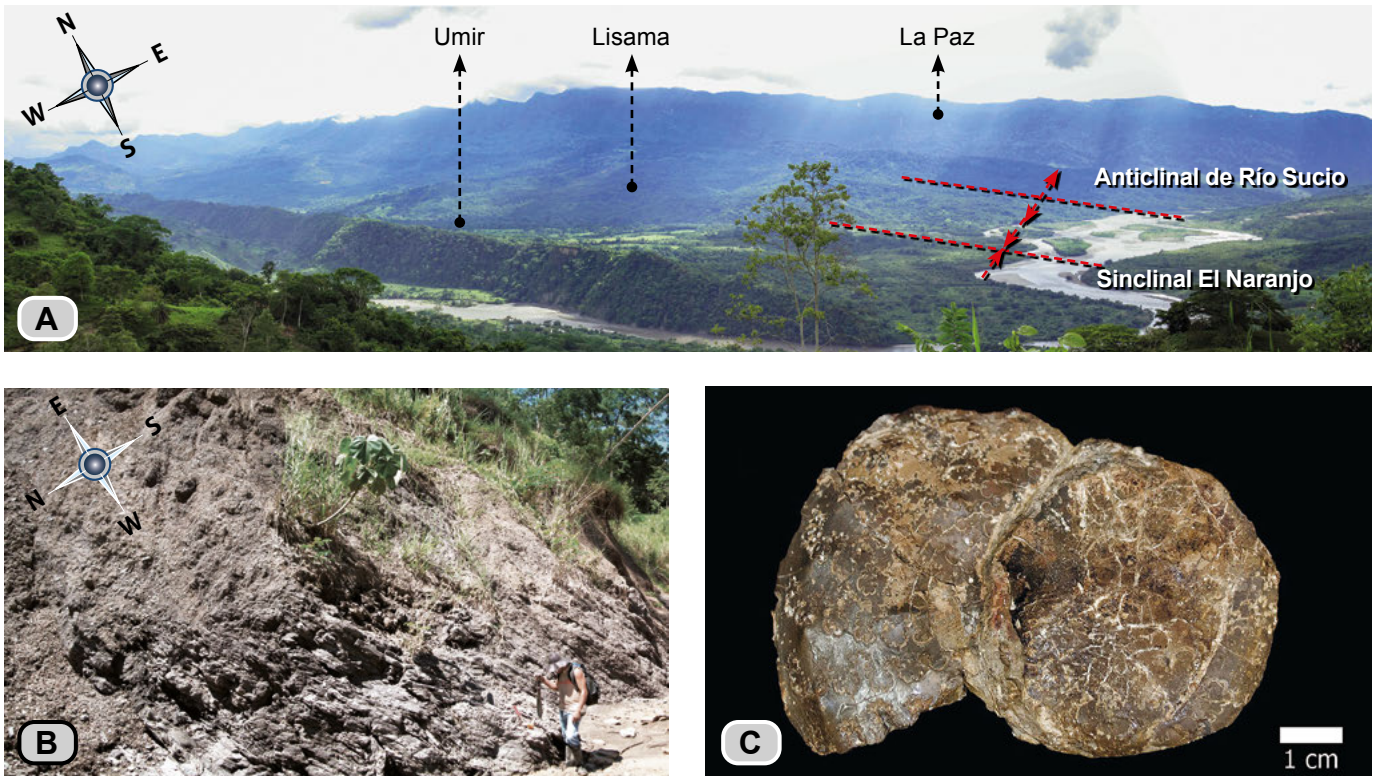


Figura 22. **(A)** Morfología suave de la Formación Lisama en la región del cañón de los ríos Chucurí y Sogamoso (N:1.271.614, E:1.082.083, Z:650). **(B)** Lodolita negra con laminación plana-paralela de la Formación Lisama (N:1.278.437, E:1.083.188, Z:391). **(C)** Amonita del Maastrichtiano *Sphenodiscus pleurisepta* (CONRAD, 1857), vía La Renta-Barrancabermeja.



Figura 23. (A) Morfología alternante de crestas y valles de la Formación Lisama. (B) Arenitas de cuarzo de textura gruesa. (C) Lodolita negra en capas gruesas, laminación plana-paralela, y costras de yeso blanquesinas y anaranjadas (N:1.275.614, E:1.078.291, Z:410).



Figura 24. (A y B) Panorámica de la Formación La Paz en el estribo de la presa del embalse Hidrosogamoso (N:1.276.735, E:1.073.992, Z:395). (C) Arenitas en capas gruesas, canaliformes: nótese la discordancia intraformacional en el cuarto inferior derecho de la figura (N:1.277.175, E:1.074.241, Z:410).



Figura 25. Formación Esmeraldas. (A) Morfología de valles y crestas. (B) Lodolitas negras intercaladas con arenitas. (C) Arenitas de cuarzo en capas irregulares muy gruesas (N:1.277.502, E:1.073.819, Z:280).



Figura 26. Horizonte fosilífero Los Corros en el tope de la Formación Esmeraldas (N:1.277.502, E:1.073.819, Z:280). **(A)** Lodolita fosilífera en capas medias. **(B)** Moldes de bivalvos. **(C)** Lodolita con gasterópodos.



Figura 27. Formación Mugrosa. **(A)** Morfología suave con desarrollo de crestas (intervalos arenosos). **(B)** Capas gruesas de arenitas de cuarzo (N:1.071.229, E:1.278.053, Z:213). **(C)** Lodolita de tonalidades roja y violeta en capas gruesas (N:1.277.502, E:1.073.819, Z:280).

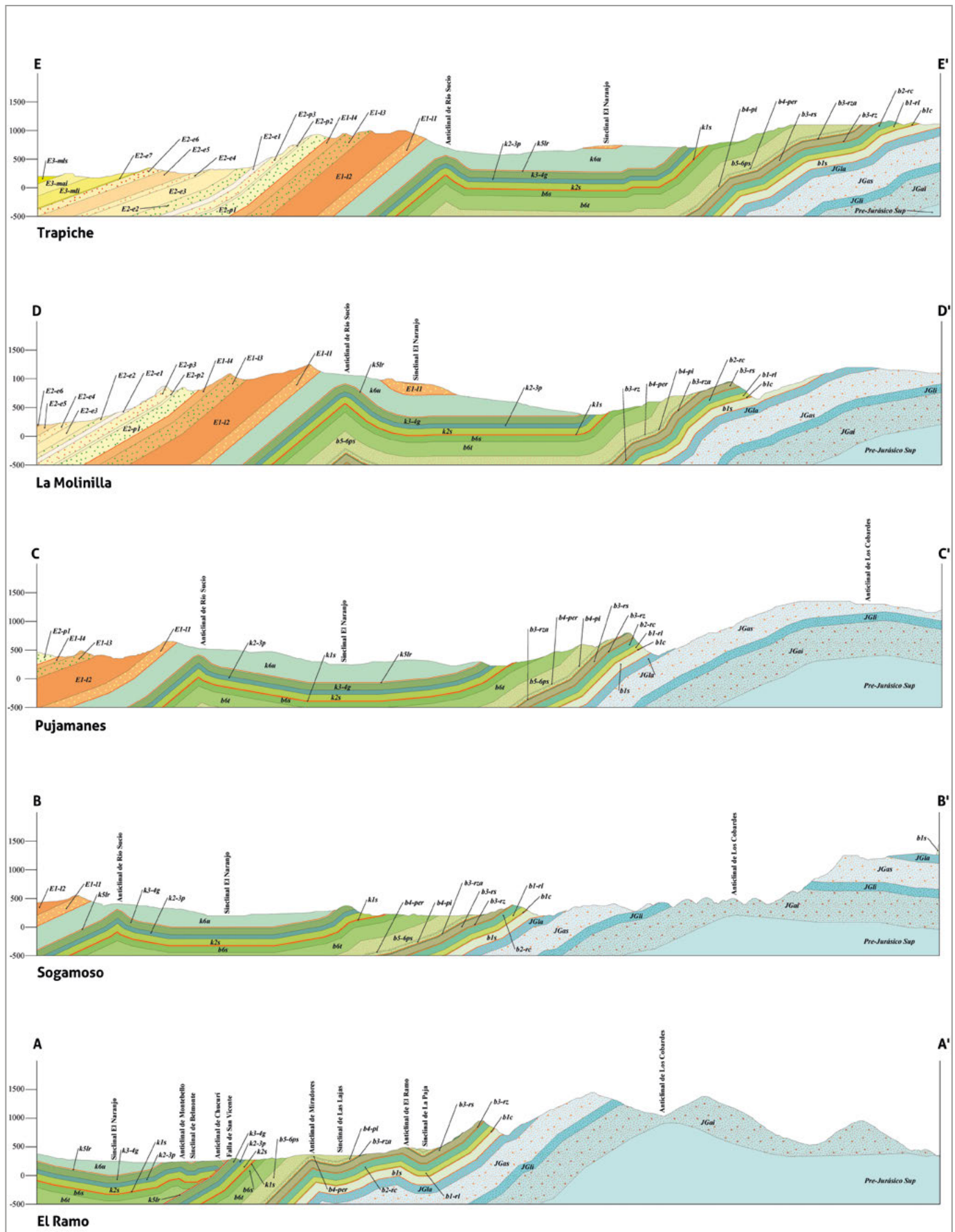


Figura 28. Perfiles geológicos de las unidades del Mesozoico-Cenozoico del VMM (localización en figura 3).



Figura 29. Pliegues en el Grupo Girón a lo largo del cañón del río Sogamoso en la vía Betulia-Escuela El Placer (N:1.266.777, E:1.086.070, Z:686).

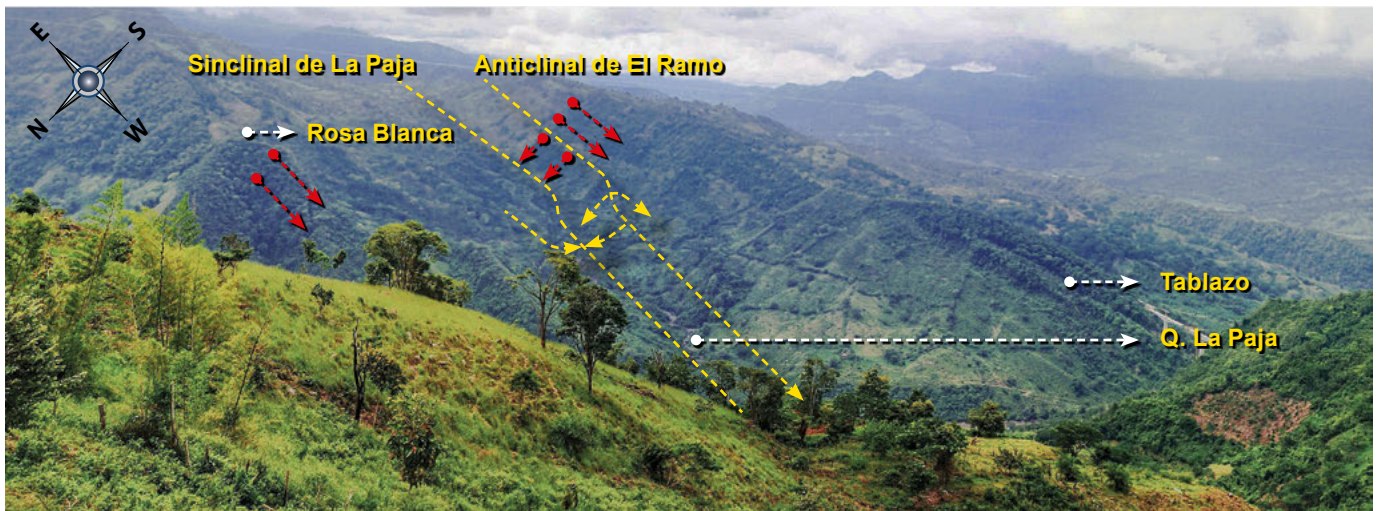


Figura 30. Pliegues en las formaciones del Cretácico en el valle de la quebrada La Paja. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-La Reforma (N:1.271.422, E:1.083.530, Z:852).

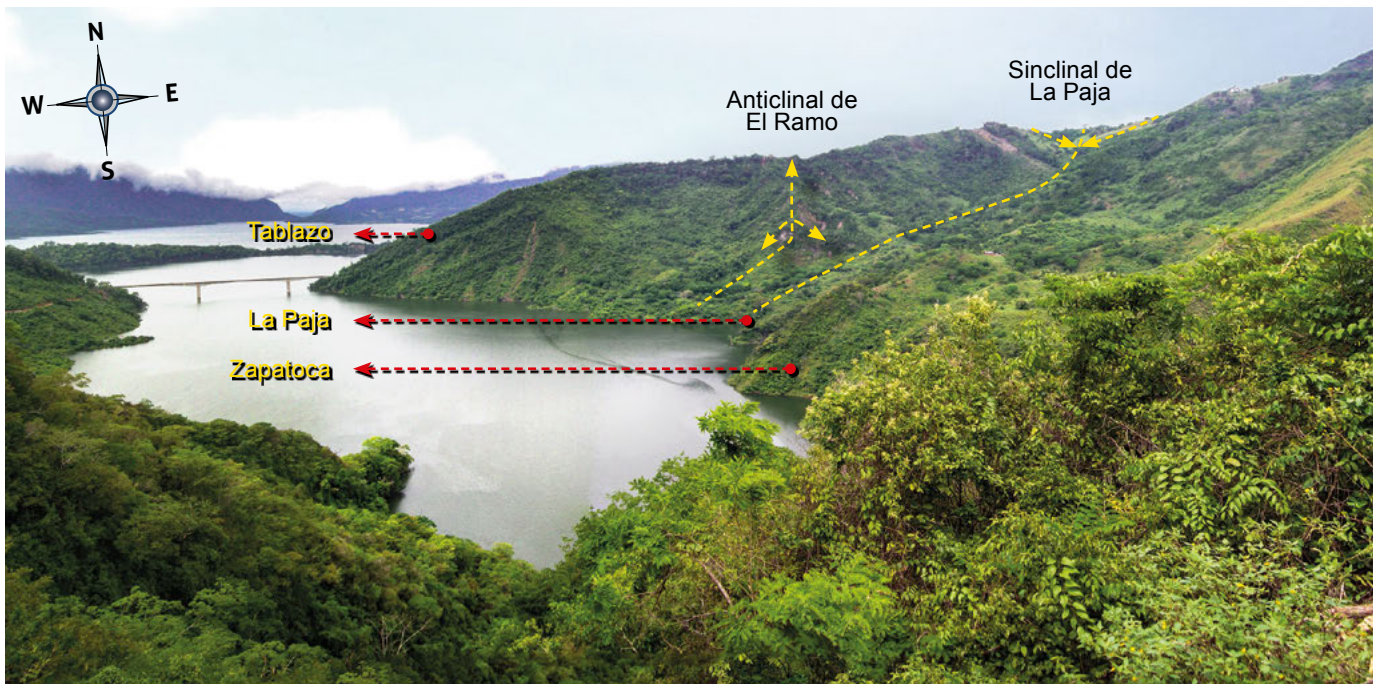


Figura 31. Plegamiento de las formaciones La Paja y Tablazo a lo largo del cañón del río Sogamoso (N:1.269.030, E:1.082.747, Z:515).

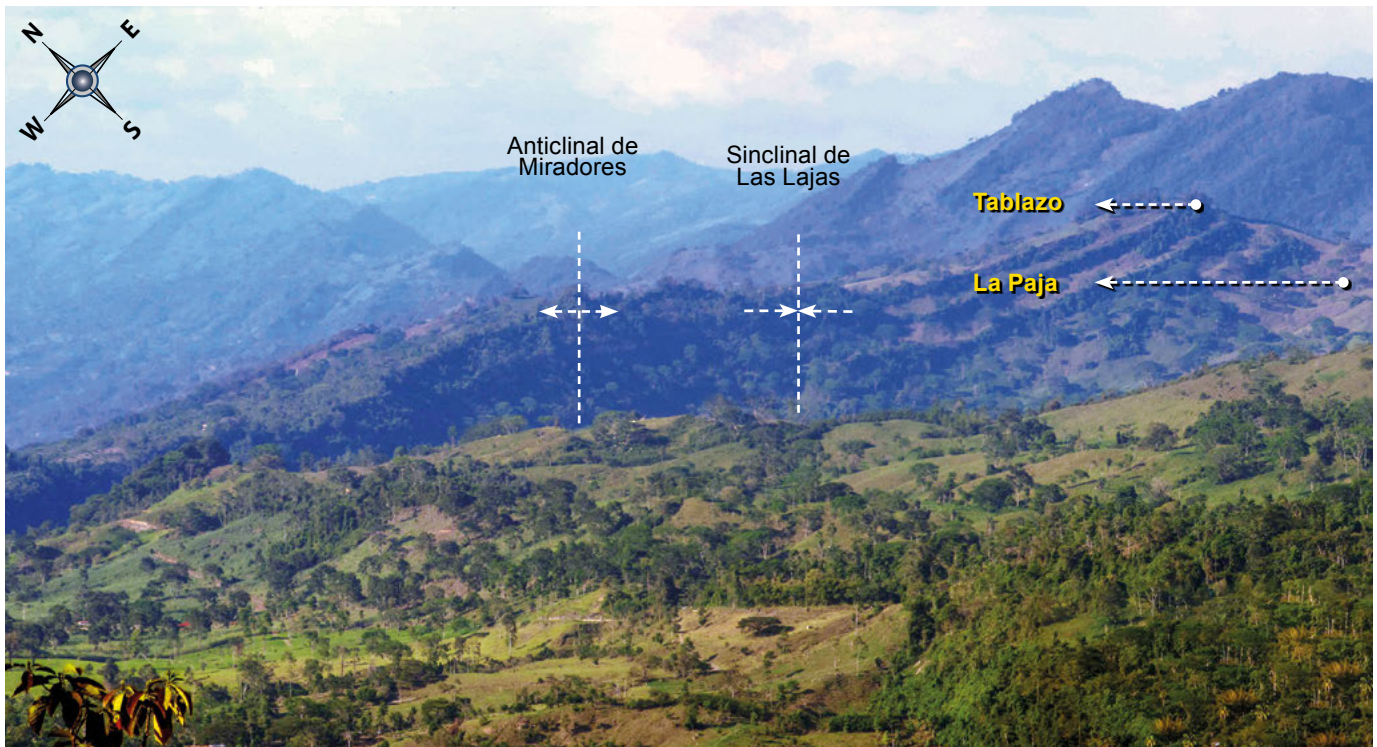


Figura 32. Plegamiento en las formaciones La Paja y Tablazo a lo largo de la quebrada El Ramo (N:1.259.913, E:1.076.343, Z:550).

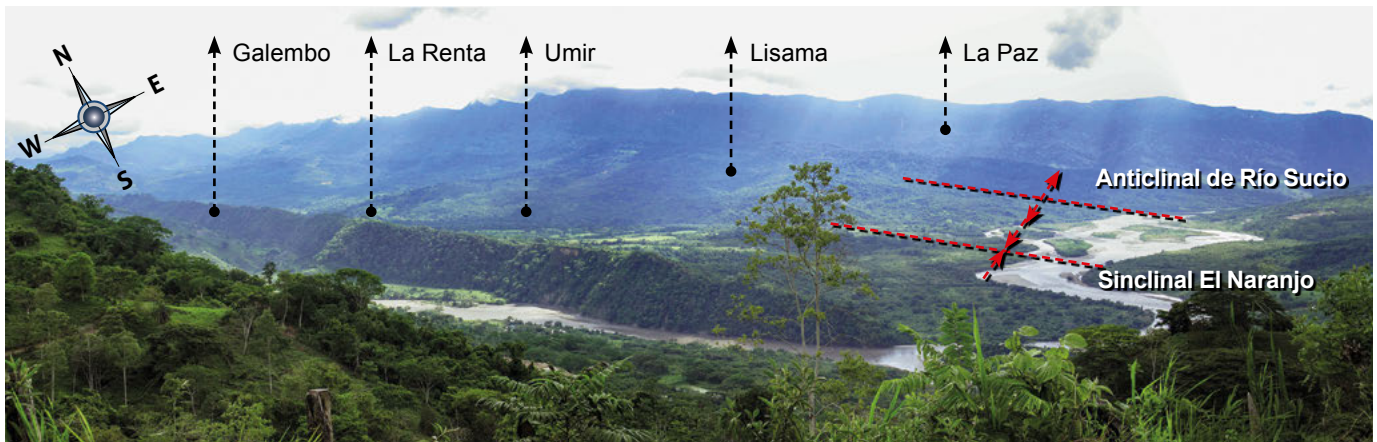


Figura 33. Plegamiento de las unidades del Cretácico superior y Paleógeno-Neógeno en el cañón del río Sogamoso. Fotografía tomada en la vía El Tablazo-cerro La India (N:1.271.614, E:1.082.083, Z:650).

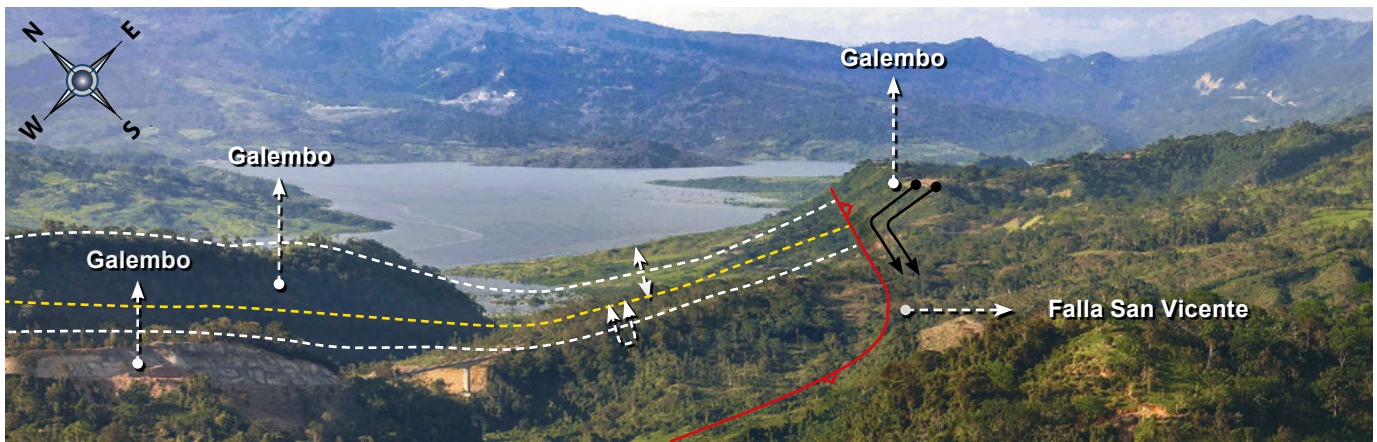


Figura 34. Pliegues en la Formación Galembó en el sector de Montebello (N:1.259.913, E:1.076.343, Z:550).

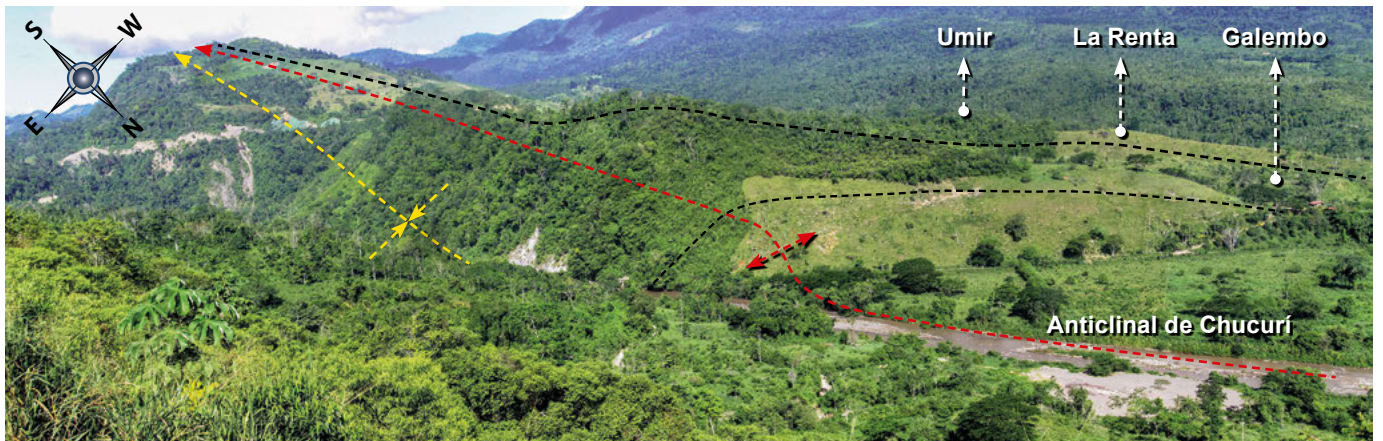


Figura 35. Plegamiento en la Formación Galembó a lo largo del valle del río Chucurí, sector Montebello (N:1.264.905, E:1.078.150, Z:450).

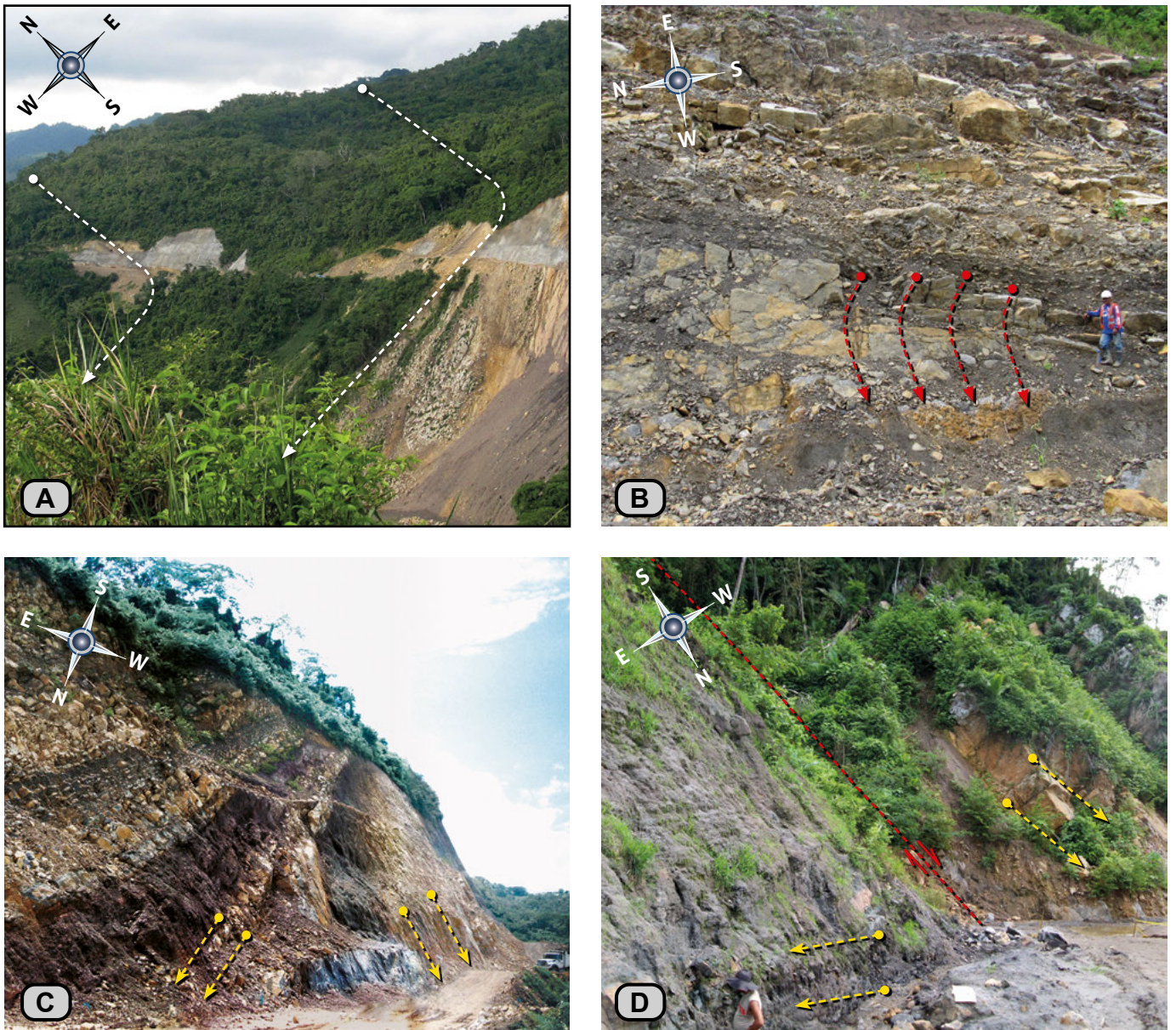


Figura 36. Diferentes estadios en el desarrollo local de sectores de inversión en la parte alta de la Formación Tablazo. (A) Verticalización e inversión en el margen N quebrada Pujamanes (N:1.273.637, E:1.082.859, Z:429). (B) Detalle del paso de inversión a normalización en el margen S de la quebrada Pujamanes (N:1.273.590, E:1.082.936, Z:369). (C) Detalle del paso de inversión a normalización en el margen N de la quebrada Pujamanes (N:1.274.270, E:1.083.477, Z:360). (D) Desarrollo de falla local transversal (N:1.280.597, E:1.085.430, Z:688).

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Fernando Etayo-Serna por su permanente orientación y asesoría en campo, así como por la revisión y sugerencias a la presente síntesis. A los geólogos Diana María Montoya Arenas, Roberto Terraza Melo, Adrián Pérez Ávila y José Enrique Arenas Mosquera, participantes del “Proyecto Hidrosogamoso” del Servicio Geológico Colombiano, quienes mediante sus detallados trabajos estratigráficos suministraron la carta de navegación para la elaboración del mapa geológico. Al Profesor Darío Barrero Lozano, por sus observaciones referentes al estilo estructural del Valle Medio del Magdalena. A la Ingeniera Yanneth Montaña Barrera por sus dedicadas y detalladas labores de edición del mapa geológico en ambiente SIG. A los auxiliares Gabriel Rodríguez y José Verdugo por su cordial acompañamiento en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Pava, Carlos Arturo. 1985. “Los episodios evaporíticos de la Formación Rosablanca”. En *Proyecto Cretácico, Contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Bueno S., Rafael. 1968. “Ocurrencia y litología del Toro Shale”. *Boletín de Geología* 21: 33-43.
- Caballero, Víctor, Mauricio Parra y Andrés Roberto Mora Bohórquez. 2010. “Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío-Oligoceno temprano: Proveniencia sedimentaria en el Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena”. *Boletín de Geología* 32 (1): 45-77.
- Campbell, Charles. V. 1967. “Lamina, laminaset, bed and bedset”. *Sedimentology* 8 (1): 7-26. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1967.tb01301.x>.
- Cediel, Fabio. 1968. “El Grupo Girón: una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental”. *Boletín Geológico* 16 (1-3): 5-96.
- Clavijo Torres, Jairo. 1985. “La secuencia de la Formación Los Santos en la quebrada Piedra Azul: registro de una hoya fluvial evanescente”. En *Proyecto Cretácico, contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde, 1-18. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Cruz, Jaime y Rodrigo Vargas. 1972. “Informe sobre los yesos de la Formación Rosablanca en la Mesa de Los Santos”. *Boletín Geológico* 20 (3): 105-129.
- Dunham, Robert J. 1962. “Classification of carbonate rocks according to depositional texture”. En *Classification of Carbonate Rocks, a Symposium*, editado por William E. Ham, 62-84. American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.1306/M1357>.
- Etayo-Serna, Fernando y Gloria Inés Rodríguez S. 1985. “Edad de la Formación Los Santos”. En *Proyecto Cretácico, contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde, 1-13. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Etayo-Serna, Fernando y Georgina Guzmán-Ospitia. 2019. “Formación Rosa Blanca: subdivisión de la Formación y propuesta de Neoestratotipo. Sección laguna El Sapo, vereda El Carrizal, municipio de Zapatoca, departamento de Santander”. En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Folk, Robert L. 1954. “The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature”. *The Journal of Geology* 62 (4): 344-359. <https://doi.org/10.1086/626171>.
- Folk, Robert L. 1962. “Spectral subdivision of limestone types”. En *Classification of Carbonate Rocks, a Symposium*, editado por William E. Ham, 62-84. American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.1306/M1357>.
- Gómez, Elías, Teresa E. Jordan, Richard W. Allmendinger, Kerry Hegarty, Shari Kelley, and Matthew Heizler. 2003. “Controls on Architecture of the Late Cretaceous to Cenozoic Southern Middle Magdalena Valley Basin, Colombia”. *GSA Bulletin* 115 (2): 131-147. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2003\)115<0131:COATL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2003)115<0131:COATL>2.0.CO;2).
- Gómez, Elías, Teresa E. Jordan, Richard W. Allmendinger, Kerry Hegarty y Shari Kelley. 2005a. “Syntectonic Cenozoic sedimentation in the northern middle Magdalena Valley Basin of Colombia and implications for exhumation of the Northern Andes”. *Geological Society of America Bulletin* 117 (5-6): 547-569. <https://doi.org/10.1130/B25454.1>.
- Gómez, Elías, Jordan, Teresa E. Jordan, Richard W. Allmendinger y Nestor Cardozo. 2005b. “Development of the Colombian foreland-basin system as a consequence of diachronous exhumation of the northern Andes”. *Geological Society of America Bulletin* 117 (9-10): 1272-1292. <https://doi.org/10.1130/B25456.1>.
- Hettner, Alfred. 1892. “Die Kordillere von Bogotá”. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 104. Traducido en *La cordillera de Bogotá. Resultados de viajes y estudios*, editado por Ernesto Guhl, 1966. Bogotá: Banco de la República.
- Hubach, Enrique. 1953. “Condiciones geológicas de las variantes de carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba”. Informe 952. Instituto Geológico Nacional.
- Hubach, Enrique. 1957. “Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia (enumeración regional, de más reciente a más antiguo)”. Informe 1212. Bogotá: Instituto Geológico Nacional.
- Ingram, Roy. L. 1954. “Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks”. *Geological of American*

- Association Bulletin* 65 (9):937-938. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1954\)65\[937:TFTTOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1954)65[937:TFTTOS]2.0.CO;2).
- Jiménez, Giovanni, Óscar López, Leonardo Jaimes y Ricardo Mier Umaña. 2016. "Variaciones en el estilo estructural relacionado con anisotropías de basamento en el Valle Medio del Magdalena". *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 40 (155): 312-319. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.293>.
- Julivert, Manuel. 1958a. "La morfoestructura de la zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia S. A.)". *Boletín de Geología* 1: 9-34.
- Julivert, Manuel. 1958b. "Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá, Cordillera Oriental, Colombia". *Boletín de Geología* 3: 33-47.
- Julivert, Manuel. 1961. "Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación". *Boletín de Geología* 6: 33-52.
- Julivert, Manuel. 1968. "Colombie (première partie), Précambrien, Paléozoïque, et intrusions d'âge mésozoïque-tertiaire". En *Lexique Stratigraphique International V. Amérique Latine*, dirigido por R. Hoffstetter, fascicule 4a. Paris: Centre National De La Recherche Scientifique.
- Julivert, Manuel. 1970. "Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with some Other Folded Chains". *Geological Society of America Bulletin* 81 (12): 3623-3646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1970\)81\[3623:CA BTIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1970)81[3623:CA BTIT]2.0.CO;2).
- Laverde Montaña, Fabio. 1985. "La Formación Los Santos: un depósito continental anterior al ingreso marino del Cretácico". En *Proyecto Cretácico, Contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Mendoza F., Hernando. 1985. "La Formación Cumbre: modelo de transgresión marina rítmica de comienzos del Cretácico". En *Proyecto Cretácico, Contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Montoya Arenas, Diana M. 2019a. "Formación La Paja: descripción de la Sección Tipo. Influencia de los tapices microbiales en su génesis". En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Montoya Arenas, Diana M. 2019b. "Formación Tablazo: descripción de la sección tipo. Depósitos de carbonatos en una rampa afectada por exposiciones subaéreas iterativas". En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Morales, Luis G. y The Colombian Petroleum Industry. 1958. General geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. En Lewis G. Weeks (ed.), *Habitat of oil. A symposium*; conducted by the American Association of Petroleum Geologists. Special Publication 18: 641-695. Tulsa.
- Moreno-Sánchez, Giovanni. 2019. "Mapa geológico del cañón del río Sogamoso, en el sector Villanueva, Zapatoca, Betulia, Departamento de Santander". En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Navas, Jaime 1963. "Estudio estratigráfico de Girón, al W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia)". *Boletín de Geología*, 12: 19-33.
- Pardo-Trujillo, Andrés, Carlos A. Jaramillo y Francesca E. Oboh-Ikuenobe. 2003. "Paleogene palynostratigraphy of the Eastern Middle Magdalena Valley, Colombia". *Palinology* 27 (1): 155-178. <https://doi.org/10.1080/01916122.2003.9989585>.
- Pérez Ávila, Adrián. 2014. "Estratigrafía Formación Umir". Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Pettijohn, Francis J., Paul E. Potter y Raymond Siever. 1973. *Sand and sandstones*. New York: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>.
- Renzoni, Giancarlo. 1985. "Paleoambientes de la Formación Tambor en la quebrada Pujamanes". En *Proyecto Cretácico, Contribuciones*, editado por Fernando Etayo-Serna y Fabio Laverde. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: Ingeominas.
- Rodríguez-Forero, Guillermo, Francesca E. Oboh-Ikuenobe, Carlos Jaramillo-Muñoz, Milton J. Rueda-Serrano y Edwin Cadena-Rueda. 2012. "Palinology of the Eocene Esmeraldas Formation, Middle Magdalena Valley Basin, Colombia". *Palinology* 36 (sup. 1): 1-20. <https://doi.org/10.1080/01916122.2012.650548>.
- Sánchez, Javier, Brian K. Horton, Eliseo Tesón, Andrés Mora, Richard A. Ketcham y Daniel F. Stockli. 2012. "Kinematic evolution on Andean fold-thrust structures along the boundary between the Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley basin, Colombia". *Tectonics* 31 (3): 1-24. <https://doi.org/10.1029/2011TC003089>.
- Schamel, Steven. 1991. "Middle and Upper Magdalena Basins, Colombia". En *Active Margin Basins*, editado por Kevin T. Biddle, 283-303. Memoire 52: Tulsa: American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.1306/M52531C10>.
- Suppe, John. 1983. "Geometry and kinematics of Fault-Bend Folding". *American Journal of Science* 283 (7): 684-721. <https://doi.org/10.2475/ajs.283.7.684>.
- Terraza Melo, Roberto. 2019. "'Formación La Luna': expresión espuria en la geología colombiana". En *Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena*, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Ward, Dwight E., Richard Goldsmith, Andrés Jimeno Vega, Jaime Cruz Buenaventura y Eduardo Gómez R. 1969. "Mapa geológico del Cuadrángulo H-12 Bucaramanga". Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.
- Ward, Dwight E., Richard Goldsmith, Jaime Cruz y Hernán Restrepo. 1973. "Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, departamento de Santander". *Boletín Geológico* 21 (1-3): 1-132.
- Ward, Dwight E. Richard Goldsmith, Andrés Jimeno V., Jaime Cruz B., Hernán Restrepo y Eduardo Gómez R. 1977. "Geologic Map of the Bucaramanga Quadrangle (H-12), Colombia". Miscellaneous Investigations Series Map I-1005. United States Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/i1005>.
- Wheeler, Orby Clinton. 1929. "Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama y La Paz Formations near the eastern part of De Mares Concession". Informe Geológico 37. Ecopetrol.
- Wheeler, Orby Clinton. 1935. "Tertiary stratigraphy of the Middle Magdalena Valley". *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 87: 21-39.
- Zamarreño de Julivert, Isabel. 1963. "Estudio petrográfico de las calizas de la Formación Rosablanca de la región de la Mesa de Los Santos (cordillera Oriental, Colombia)". *Boletín de Geología* 15: 5-34.