

LAS CALIZAS DE TETUÁN: UNA NUEVA UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA PARA LA SUBCUENCA DE NEIVA, VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA. ESTRATIGRAFÍA, PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO

por

John J. Peña¹, Giovanni P. Annicchiarico², José M. Jaramillo, Enrique Velásquez⁴

Resumen

Peña, John J., Giovanni P. Annicchiarico, José M. Jaramillo & Enrique Velásquez: Las Calizas de Tetuán: una nueva unidad litoestratigráfica para la subcuenca de Neiva, Valle Superior del Magdalena. Estratigrafía, petrografía y ambiente sedimentario. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **26**(101): 481-496. ISSN 0370-3908.

Se propone formalmente el término Calizas de Tetuán, para designar la parte inferior del Grupo Villeta en la Subcuenca de Neiva. El intervalo litoestratigráfico se define a partir de sucesiones aflorantes en las quebradas El Ocal, Itaibe y El Tobo, en donde se establecen tres segmentos (I, II y III), correlacionables simultáneamente con cuatro segmentos (A, B, C y D) definidos en subsuelo mediante registros eléctricos. Los aspectos regionales de la unidad son documentados con un mapa y cuatro secciones de correlación. Se propone un ambiente sedimentario de plataforma carbonatada abierta (tipo rampa); inundada por aguas cálidas y desarrollada durante un ciclo transgresivo del Albiano medio al superior, sobre una cuenca pericratónica.

Palabras clave: Colombia, Valle Superior del Magdalena, Grupo Villeta, Calizas de Tetuán, Albiano, Nomenclatura, Estratigrafía, Petrografía, Ambiente sedimentario.

Abstract

The term Tetuan Limestone is formally proposed in order to designate the inner part of the Villeta Group placed in the Neiva Sub-basin. The lithostratigraphic gap is defined from outcropping sequences in El Ocal, Itaibe and El Tobo streams where tree segments (I, II and III) are established.

1 Cr. 26 N° 6 – 38 Bogotá, D.C., Colombia.

2 Cr. 26 N° 6 – 38 Bogotá, D.C., Colombia.

3 TOTALFINAELF, Bogotá, D.C., Colombia.

4 SIPETROL, Bogotá, D.C., Colombia.

These segments are simultaneously correlated with four segments (A, B, C, and D) defined in subsoil through wireline logs. The regional aspects of the unit are documented with a map and four correlation sections. The sedimentary environment is proposed as of an open carbonate platform (ramp); flooded by warm water and development during time of a transgressive cycle from the Middle Albian to the Upper one, over a pericratonic basin.

Key words: Colombia, Upper Magdalena Valley, Villeta Group, Tetuan Limestone, Albian, Nomenclature, Stratigraphy, Petrography, Sedimentary Environment.

Introducción

El Valle Superior del Magdalena es una depresión geomorfológica limitada al W por la Cordillera Central y al E por la Cordillera Oriental. Esta región se divide en la Subcuenca de Neiva al sur y la Subcuenca de Girardot al norte; siendo el Umbral de Natagaima el límite entre las dos (**Mojica & Franco** 1990). Estructuralmente la Subcuenca de Neiva se encuentra limitada por el sistema de Fallas de Chusma al occidente y por el sistema de Fallas de Garzón – Suaza al oriente. Ver figura 1. El basamento de la Subcuenca de Neiva está formado por rocas metamórficas e ígneas precretácicas, sedimentitas del Paleozoico y Triásico-Jurásico. Reposando discordantemente sobre la secuencia precretácica se superponen rocas siliciclásticas, depositadas en ambientes continentales a marinos durante el Cretácico- Terciario.

La nomenclatura de la sucesión estratigráfica del Valle Superior del Magdalena no ha sido formalizada en su totalidad. El estado actual de la nomenclatura está relacionado con la existencia de términos informales, establecidos y utilizados por compañías petroleras que operan en el área, sin que exista una clara definición de las unidades litoestratigráficas. Hasta la fecha no hay ningún trabajo que describa detalladamente la parte inferior del Grupo Villeta y que defina de manera formal la nomenclatura de este intervalo en el Valle Superior del Magdalena.

En este artículo se formaliza el término Calizas de Tetuán, tomando como base la información presentada por **Peña & Annicchiarico** (1999) en su tesis de grado. Los mencionados autores llevaron a cabo el siguiente trabajo práctico y de investigación: Estudio y análisis de tres columnas estratigráficas aflorantes en las quebradas El Ocal, Itaibe y El Tobo, levantadas a escala 1:50, caracterización petrográfica de la unidad y definición de seis tipos de litofacies mediante la descripción de 58 muestras de mano pulidas y 30 secciones delgadas. Interpretación ambiental de los segmentos informalmente establecidos a partir de las características litológicas y paleontológicas obtenidas de las secciones estratigráficas y del estudio petrográfico. Finalmente elaboraron cuatro secciones de correlación a

través de la Subcuenca de Neiva, utilizando registros eléctricos de 31 pozos perforados en el área. Ver Figura 1.

Discusión acerca de la nomenclatura estratigráfica

El nombre Villeta ha sido utilizado en la nomenclatura del Valle Superior del Magdalena con el rango de formación o de grupo (incluso como piso). Entre los trabajos de referencia más importantes se encuentran: **Hettner** (1892), **Grosse** (1935), **Miley** (1945), **Olsson** (1956), **Hubach** (1957), **Corrigan** (1967), **Beltrán & Gallo** (1968), **Julivert** (1968), **Barrio & Coffield** (1992), **Patarroyo** (1993), **Etayo-Serna** (1994), **Etayo-Serna & Carrillo** (1996), **Vergara** (1994) y **Peña & Annicchiarico** (1999). Dichos autores han interpretado el término Villeta en diferente forma, cambiando sus límites, rango de edades y unidades que lo conforman, por lo que hasta ahora no hay una nomenclatura que sea de común aceptación tanto para la comunidad académica, como para la industria petrolera.

En esta publicación se propone mantener el término Grupo Villeta y formalizar el término Calizas de Tetuán bajo el rango de formación para la parte inferior de este grupo. De esta manera proponemos que el Grupo Villeta quede conformado por las siguientes unidades litoestratigráficas: Calizas de Tetuán (este trabajo); “Shale de Bambucá” (**Allen**, 1989, en **Barrio & Coffield**, 1992); Formación Hondita y Formación Loma Gorda **Porta** (1965-1966). Estratigráficamente el Grupo Villeta reposa concordantemente sobre la Formación Caballos (en el sentido de **Flores & Carrillo** 1994) e infrayace concordantemente el Grupo Oliní (en el sentido de **Porta** 1965-1966). Ver Figura 2.

Con respecto a la validez del término Villeta en el Valle Superior del Magdalena, autores como **Julivert** (1968), **Patarroyo** (1993) y **Vergara** (1994), anotan que el nombre Villeta debe limitarse al flanco occidental de la Cordillera Oriental, argumentando la definición de la unidad en dicha área y por ende la restricción del término. Sin embargo, **Hettner** (1892) no limita las capas de Villeta, “Villetaschistten”, al flanco occidental de la Cordillera Oriental; por el contrario extiende dicho término al flanco oriental

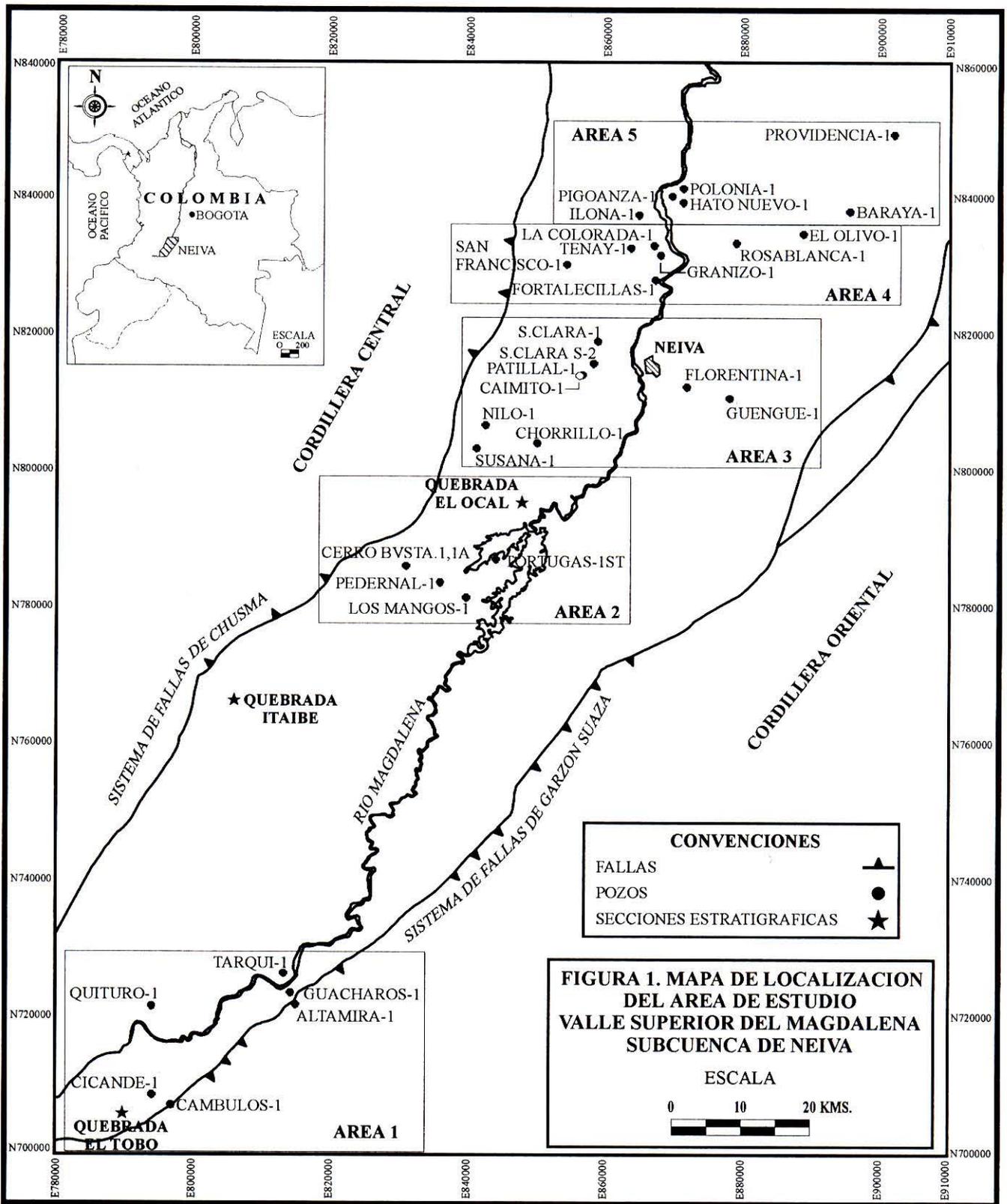


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio. Tomado de Peña & Annicchiarico (1999)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA SUBCUENCA DE NIEVA, VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA

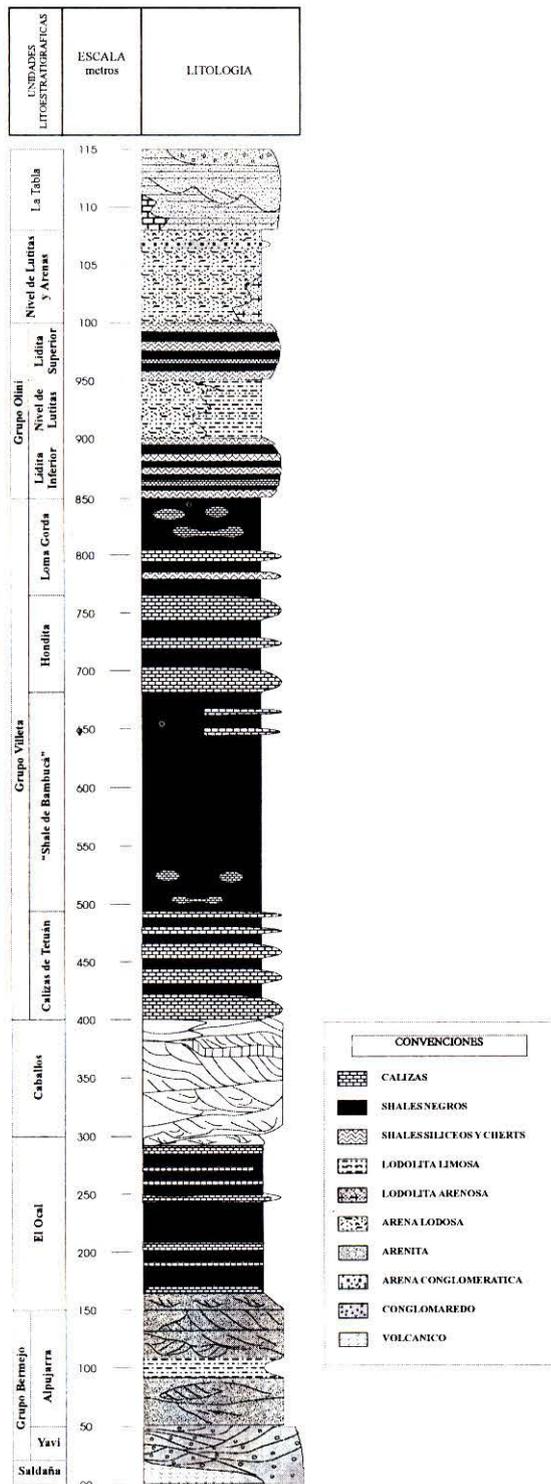


Figura 2. Columna estratigráfica generalizada para la subcuenca de Neiva, VSM. Modificada de Etayo - Serna 1994

de la Cordillera Oriental cuando reporta los estratos de Villeta en Choachí, Ubaque, La Unión, Fómeque, Gachetá, Ubalá, Gachalá y Monte Redondo. Aún más, identifica y reconoce afloramientos de las “Capas de Villeta” por el camino entre Río Negro y Cúcuta en el Valle de Matanzas (Santander). **Hettner** (1892) no restringe los nombres por él establecidos, y en el caso del de Villeta lo aplica a la secuencia cretácica representada por facies lutíticas en las que intercalan calizas y arenas. En suma, no hay hasta el momento una publicación en la que se proponga formalmente una sección tipo para el Grupo Villeta y se definan límites geográficos claros para la unidad.

El primer autor en llevar el nombre Villeta al Valle Superior del Magdalena y Cordillera Oriental parte sur (Huila y Caquetá) es **Grosse** (1935), quien anota: el “Piso de Villeta” conserva su carácter de N a S, sustentando así la aplicación de dicho nombre a las “pizarras negras, calizas grises y areniscas claras” de edad cretácica que “corresponden perfectamente con el piso de Villeta establecido por Hettner”.

En el área Ortega-Chaparral, **Miley** (1945) posiciona la Formación Villeta suprayaciendo las arenas de la Formación Caballos e infrayaciendo las arenas de la Formación Monserrate, definiendo así límites litológicos en vez de cronológicos. Según las descripciones de **Miley** (1945) las lalitas del Grupo Oliní hacen parte del Villeta.

Otro autor que modifica la nomenclatura del Valle Superior del Magdalena es **Olsson** (1956), quien se refiere al Villeta con el rango de formación, basándose en **Hettner** (1892) para la descripción litológica. En este mismo trabajo se presenta una tabla de nomenclatura estratigráfica del cretácico en Colombia. Allí **Olsson** (1956) anota “Villeta” (sin rango) y lo utiliza para el Valle Superior del Magdalena y Cordillera Oriental. En el Valle Superior del Magdalena, el Villeta es dividido en Rosa Blanca, Paja, Tablazo y Boyacá; mientras que en la Cordillera Oriental se divide en Rosa Blanca, Fómeque, Une (Nevado del Cocuy) y Munar.

Posteriormente **Hubach** (1957) extiende la Formación Fómeque y la Arenisca de Une del Grupo Villeta (en su sentido) al Valle Superior del Magdalena. Se conserva así la subdivisión del Villeta aflorante en la carretera Chipaque- Cáqueza, flanco oriental de la Cordillera Oriental (**Hubach** en **Kehrer**, 1933). El mencionado autor ubica cronológicamente el límite superior del Villeta, en el nivel litológico correspondiente con la caliza cenomaniense de *Exogira Mermeti*; localizada a unos 50 m por debajo del “Miembro Lidítico de La Frontera” de edad Turoniano- Coniaciano basal. De allí se deduce que las

formaciones Hondita y Loma Gorda definidas por **Porta** (1965-66) se incluían dentro del Grupo Guadalupe (inferior). Para **Hubach** (1957) el Miembro Lidítico de La Frontera, aflorante en Albán, está representado por la Tercera Lidita en el Valle del Magdalena. Finalmente, se interpreta que la Tercera Lidita es correspondiente con la Formación Loma Gorda.

No cabe duda de la extensión del termino Villeta por parte de **Hubach** (1957) al Valle Superior del Magdalena, pues en otro de sus apartes anota: "Al sur de Bogotá, el Villeta seguramente va extendiéndose contra las rocas del Macizo de Garzón, pero sigue por el lado W de éste hacia Mocoa y el oriente de Ecuador y de Perú". Adicionalmente se debe aclarar que **Hubach** en ninguno de sus trabajos, desde 1931 hasta 1957, propuso formalmente la sección de la carretera Chipaque-Cáqueza o la sección del Anticlinal de Apulo como estratotipos.

Porta (1965-66) formaliza la nomenclatura estratigráfica de la secuencia cretácica media y superior; aflorante en el área de Guataquí- Piedras, norte del Valle Superior del Magdalena. De las unidades establecidas por **Porta** (1965-66), la Formación Hondita y Loma Gorda corresponden a la parte superior del Grupo Villeta.

Corrigan (1967) sugiere mantener el nombre Villeta dándole el rango de formación e interpreta la unidad en el mismo sentido de **Miley** (1945), pues incluye las liditas del Grupo Oliní dentro del Villeta. La unidad se definió como las facies lutíticas, comprendidas entre las arenas de la Formación Caballos y las arenas de la Formación Guadalupe.

Beltrán & Gallo (1968) mantienen al parecer el sentido de **Corrigan** (1967), cuando ubican el Villeta suprayaciendo la Formación Caballos e infrayaciendo la Formación Monserrate. Sin embargo, estos autores incluyen los cherts o liditas del Grupo Oliní dentro del Monserrate; cambiando los límites litológicos del Villeta a su posición actual en el Valle Superior del Magdalena.

Etayo-Serna (1994) presenta una columna estratigráfica del Valle Superior del Magdalena, en donde son reconocidas algunas de las unidades litoestratigráficas establecidas por **Porta** (1965-66). Allí el Grupo Villeta suprayace las arenas de la Formación Caballos e infrayace la Lidita Inferior del Grupo Oliní.

En esta publicación se mantiene el nombre Villeta con el rango de grupo, por tratarse de un término demasiado arraigado a la nomenclatura estratigráfica del Valle Superior del Magdalena como ya se ha expuesto. A su vez se mantiene la posición estratigráfica asignada por **Texas**

(1962) y **Allen** (1989), en **Barrio & Coffield** (1992), para las Calizas de Tetuán y "Shale de Bambucá". La posición estratigráfica asignada por **Barrio & Coffield** (1992) para estas mismas unidades se considera errada, ya que dichos autores ubican las Calizas de Tetuán y el "Shale de Bambucá" infrayaciendo las arenas de la Formación Caballos.

Calizas de Tetuán

Justificación: Las Calizas de Tetuán tienen límites litológicos conspicuos, características litológicas y paleontológicas bien definidas, que permiten su identificación y separación dentro del Grupo Villeta. Así mismo, se ha comprobado su amplia distribución geográfica y por tanto la posibilidad de cartografiar la unidad, como lo muestra **Etayo-Serna & Carrillo** (1996), las secciones estratigráficas y de correlación presentadas en este documento. Ver Figuras 1, 3 y 4. Los demás aspectos formales exigidos por la Guía Estratigráfica Internacional para el establecimiento de las Calizas de Tetuán como formación se resuelven en este mismo trabajo.

Antecedentes: De acuerdo con lo expuesto por **Barrio & Coffield** (1992), la primera referencia acerca de las Calizas de Tetuán corresponde a **Texas** (1962), compañía que establece dicho término para designar un cuerpo de calizas presente en el Campo Ortega. La referencia en mención corresponde a un registro compuesto generalizado del Campo Ortega a escala 1:10.000, en el que se definen las unidades reconocidas por Texas en subsuelo. Posteriormente **Allen** (1989, en **Barrio & Coffield** 1992) utiliza la misma nomenclatura de **Texas** (1962, en **Barrio & Coffield** 1992).

Etayo-Serna & Carrillo (1996) datan la sección de la quebrada El Ocal, basándose en los resultados de un detallado estudio bioestratigráfico con macrofósiles. Allí estos autores muestran una columna estratigráfica con una buena representación de la litología de las Calizas de Tetuán y un mapa en donde se observa la cartografía de las calizas. **Peña & Annicchiarico** (1999), en su trabajo de grado, hacen la evaluación a escala regional de las Calizas de Tetuán como roca reservorio de hidrocarburos. Este último estudio es el más detallado e incluye aspectos estratigráficos, sedimentológicos, genéticos, petrofísicos, así como también aspectos regionales que tienen que ver con la distribución geográfica, variaciones faciales y de espesores de dichas calizas.

NOMBRE: Se deriva del río Tetuán (departamento del Tolima). Hasta el momento no hay ninguna publicación que proponga la sucesión aflorante en el mencionado río

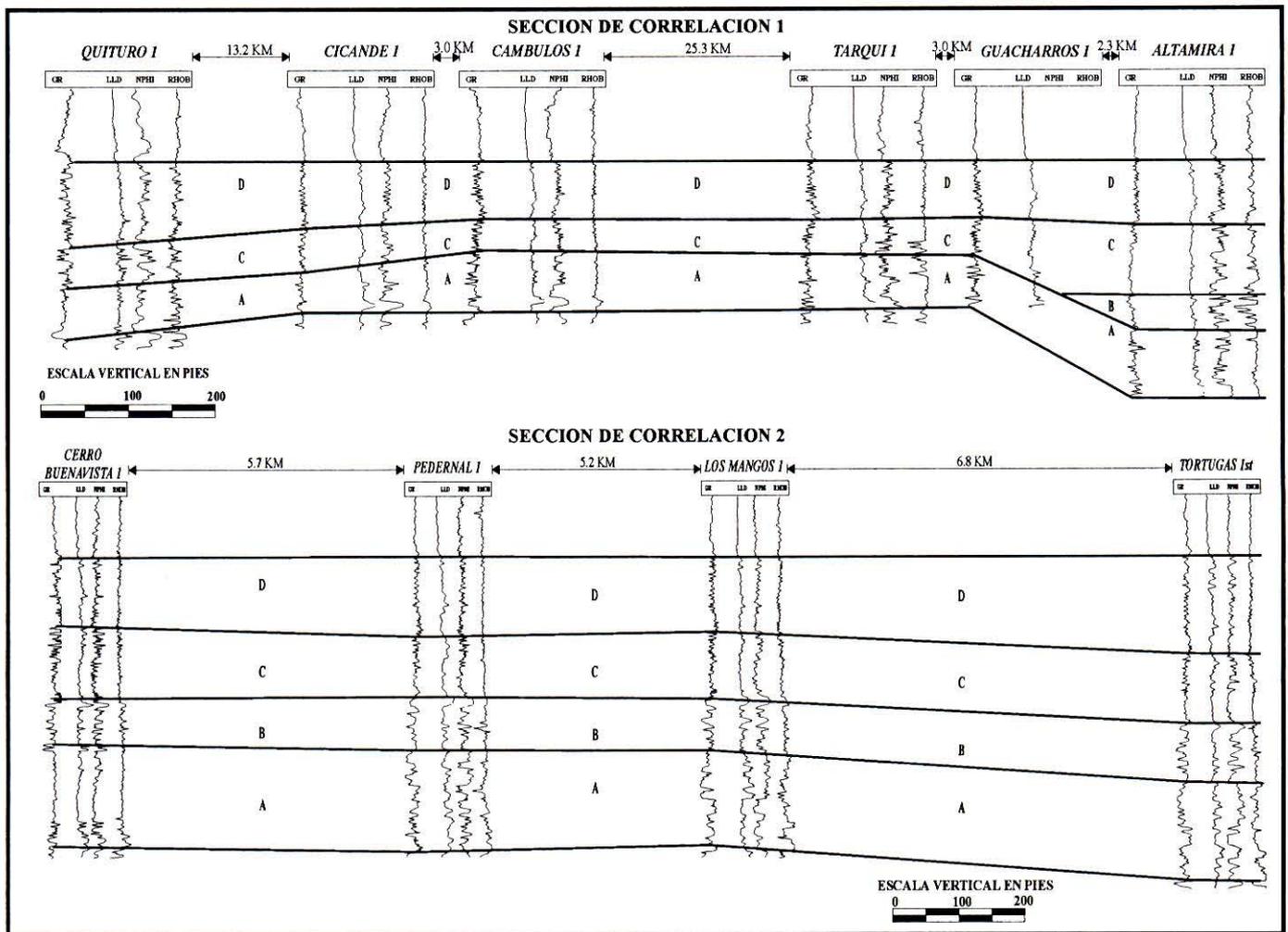


Figura 3. Secciones de correlación 1 y 2. Tomado de Peña & Annicchiarico (1999)

como estratotipo. El término Calizas de Tetuán se mantiene, pues ya ha sido utilizado en algunos trabajos académicos y en gran cantidad de registros de pozos perforados en el Valle Superior del Magdalena, en los que este intervalo estratigráfico ha sido designado con ese nombre.

Límites: El límite inferior de las Calizas de Tetuán con la Formación Caballos es concordante neto. Se posiciona en la base de la primera capa de caliza que suprayace la última capa de arena del Caballos. El límite superior es concordante neto y se ubica en el techo de la última capa de Biomicrocrista microesparítica por debajo de las lodolitas negras pertenecientes al "Shale de Bambucá".

Aspectos regionales: Peña & Annicchiarico (1999) establecen la presencia de las Calizas de Tetuán en 31

pozos y tres secciones aflorantes en la Subcuenca de Neiva. Ver figura 1. El desarrollo de los carbonatos y la variación lateral de espesores, se deducen a partir de cuatro secciones de correlación presentadas por Peña & Annicchiarico (1999). Ver Figuras 3 y 4. Dichas secciones muestran cómo la plataforma declina y se profundiza en sentido NE, al tiempo que el espesor total se ve aumentado como consecuencia del incremento en el espacio de acomodación. Los registros eléctricos de pozo y columnas estratigráficas del S y W de la subcuenca, muestran el acunamiento de la unidad hacia esos márgenes y el aumento de la relación espesor neto de caliza/espesor total. Se afirma que hacia el centro del actual Valle del Magdalena (Subcuenca de Neiva) se acumularon los mayores espesores totales de las Calizas de Tetuán.

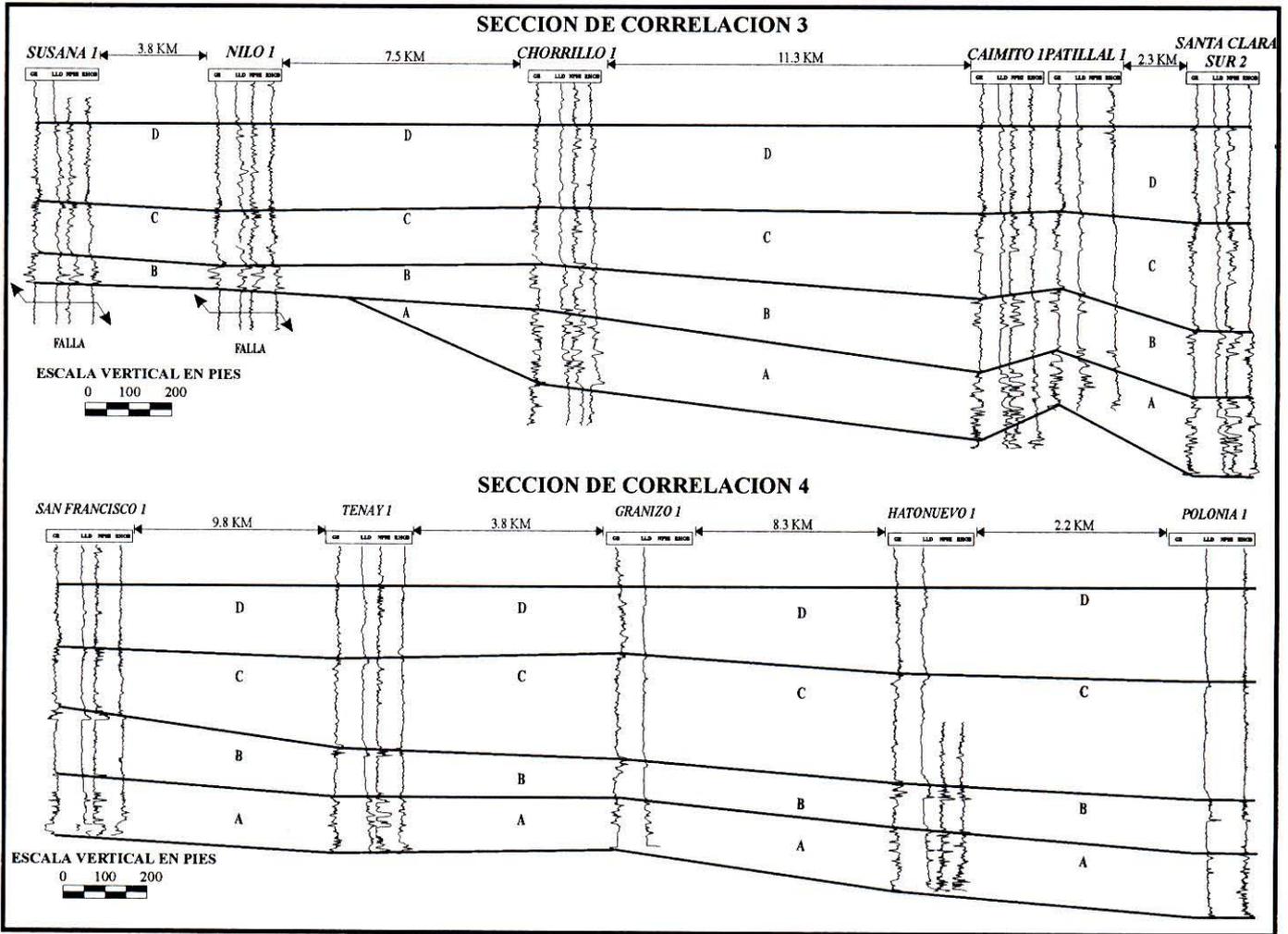


Figura 4. Secciones de correlación 3 y 4. Tomado de Peña & Annicchiarico (1999)

Correlación de la unidad en superficie y subsuelo: El análisis de los espesores de los segmentos y de sus capas, petrografía de muestras de superficie y subsuelo, así como la identificación de niveles guía a escala regional, permiten correlacionar los segmentos definidos en superficie y los establecidos en el subsuelo mediante registros eléctricos así: Segmento I correspondiente con el segmento A. Segmento II correspondiente con el segmento B. Segmento III correspondiente con los segmentos C y D. Ver figura 5.

Holoestratotipo

Se propone la sección aflorante en la quebrada El Ocal, localizada a unos 10 km al NNE del municipio de Yaguará (Huila). La sección aflora a 100 m de la casa de la hacienda El Ocal, por el cauce de la quebrada y el camino que va

paralelo a dicha quebrada. Inicia a 10 m del cruce de la carretera con la quebrada El Ocal en las coordenadas (origen Bogotá) $X = 795.550$ e $Y = 847.475$ y finaliza en las coordenadas $X = 795.650$ e $Y = 847.600$, aguas abajo. **Plancha IGAC 345-I-B.** Ver figura 1.

Descripción: El espesor total de las Calizas de Tetuán medido en esta sección fue de 37,77 m. La sucesión estratigráfica aflorante en esta quebrada se dividió en 3 segmentos informales que de base a techo son I, II y III, los cuales pueden ser identificados en las secciones de las quebradas Itaibe y El Tobo. Ver figura 5.

Segmento I: Tiene un espesor de 8,3 m. Comienza con una capa gruesa de Biomicrota microesparítica empaquetada muy gruesa. Este estrato macizo tabular es de color

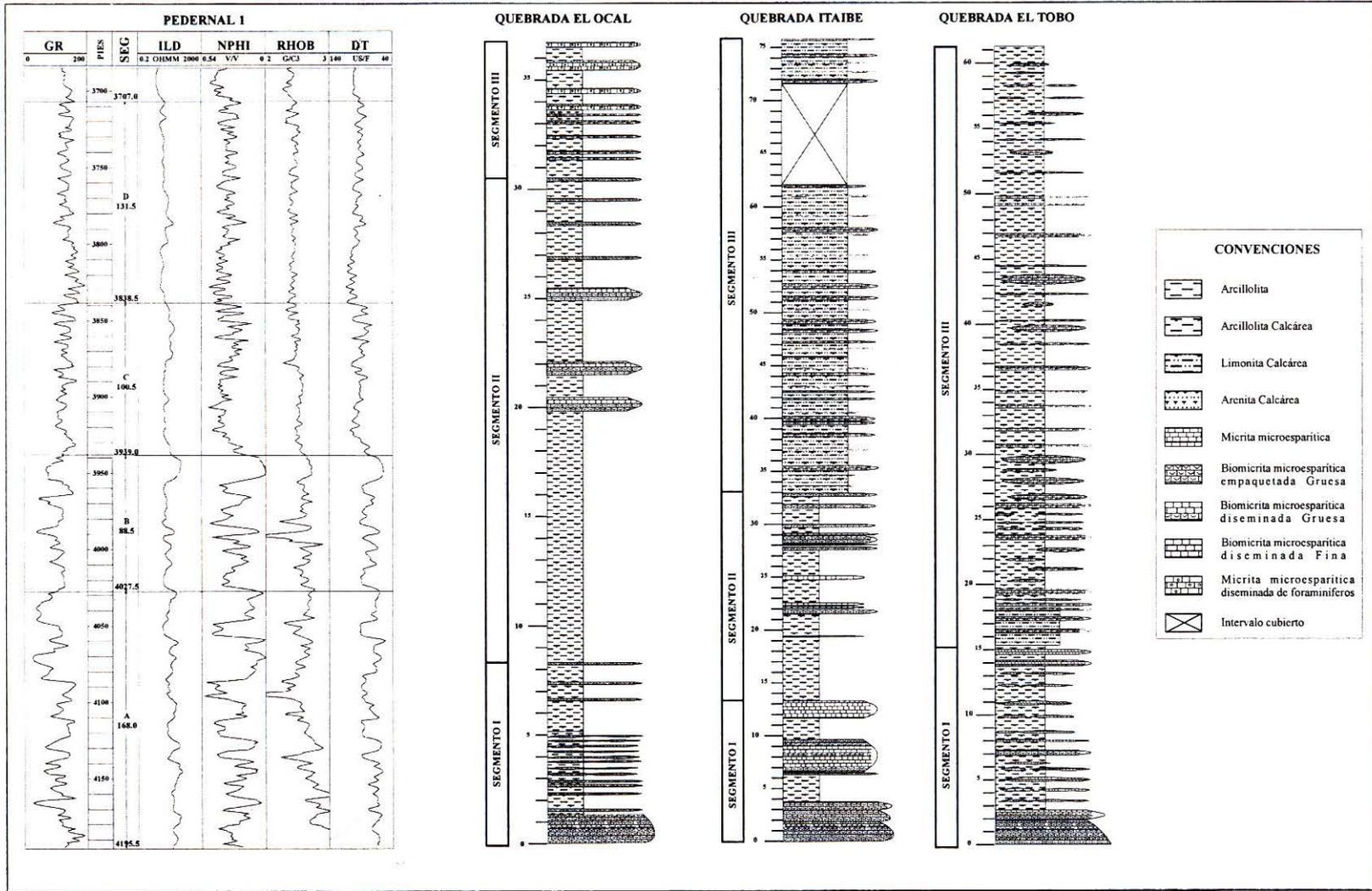


Figura 5. Secciones estratigráficas de los estratotipos para las Calizas de Tetuán y sección de referencia del pozo Pedernal 1. Tomado de PEÑA & ANNICCHIARICO (1999).

gris oscuro a claro, tiene gradación normal, contactos ligeramente ondulados y presenta rellenos arenosos de la capa infrayacente que evidencian alta bioturbación. Suprayaciendo este estrato, se presenta una sucesión rítmica de capas finas de Biomicritas microesparíticas diseminadas finas de color gris oscuro, macizas, tabulares a lenticulares; intercaladas con shales negros ligeramente fosilíferos. En este segmento se identificaron bivalvos y gasterópodos de conchas gruesas ornamentadas, bien preservadas, separadas y/o rotas sin orientación preferencial. También se presentan amonitas de gran tamaño (hasta de 40 cm de diámetro). En sección delgada se observan algunos foraminíferos bentónicos y fragmentos sin diferenciar, posiblemente de organismos coloniales. Ver foto 1.

Segmento II: Tiene 22,2 m de espesor y en él se pueden reconocer claramente dos niveles dentro del mismo ciclo de sedimentación. El nivel inferior bastante fosilífero se compone de shales negros con laminación muy fina,

ondulosa no paralela discontinua, con 11,5 m de espesor. Suprayaciendo este paquete arcilloso se presenta una intercalación rítmica de tres capas gruesas de Biomicritas microesparíticas diseminadas gruesas a finas con capas gruesas de shales. En las dos primeras capas de caliza el grado de bioturbación es alto, presentándose thalassinoides en la base de las capas. La última parte de este segmento está constituida una intercalación de shales con delgadas capas de Biomicritas microesparíticas diseminadas finas. El contenido fósil a nivel macro está representado por bivalvos, gasterópodos y amonitas, mientras que a escala micro se observan foraminíferos plantónicos en mayor número que los presentes en el segmento I. Ver foto 2.

Segmento III: Tiene un espesor de 6,2 m y está constituido por una intercalación de capas finas a medias de Biomicritas microesparíticas diseminadas finas con geometría lenticular (boudinage) y capas medias de shales negros. En sección delgada se identificaron foraminíferos

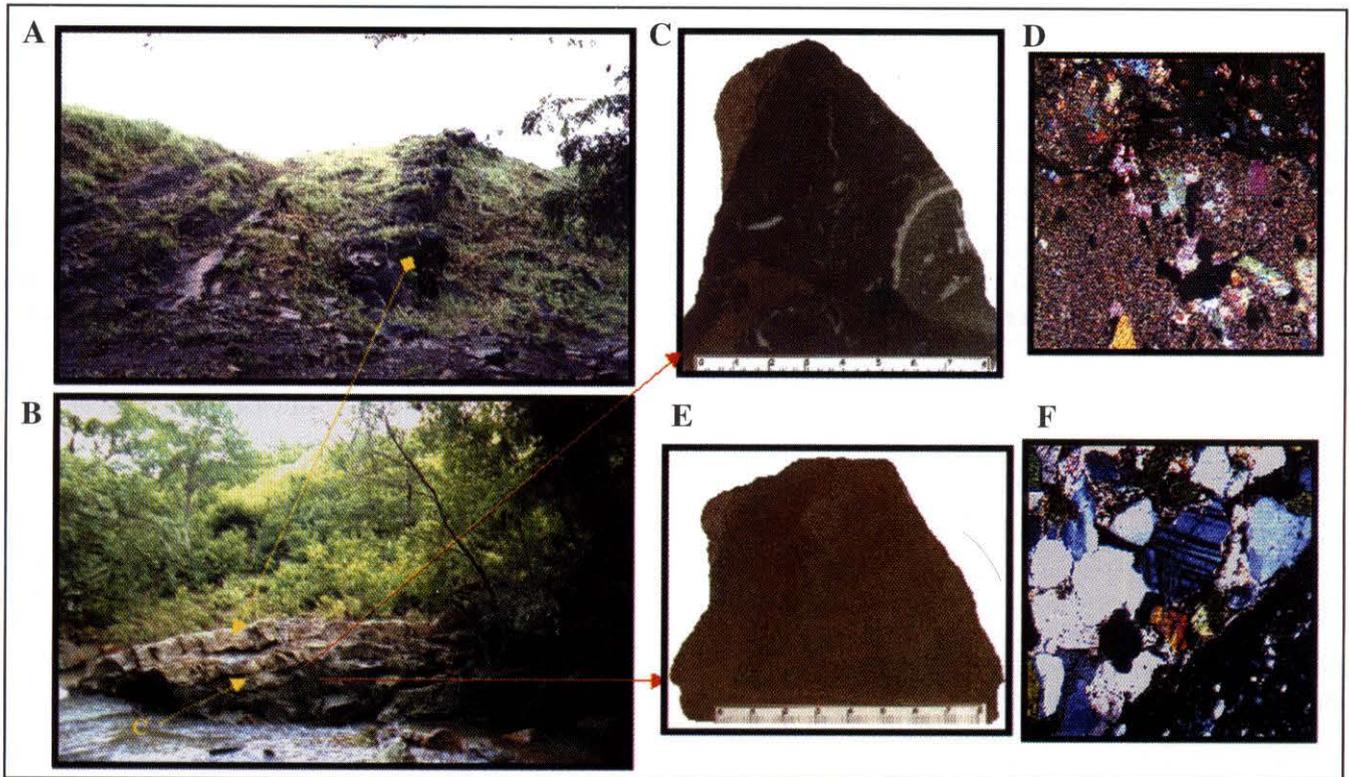


Foto 1. **A:** Base del Segmento I sobre el camino que va paralelo a la Quebrada El Ocal. **B:** Contacto entre las Calizas de Tetuán y la Formación Caballos en el cauce de la quebrada (marcado con una C). **C:** Muestra pulida de la base de las Calizas de Tetuán; clasificada como Biomicrita microesparítica empaquetada gruesa. Se identifican conchas de bivalvos y un relleno con material de color café de la capa infrayacente, que evidencian bioturbación. **D:** Sección delgada mostrando la matriz microesparítica, fragmentos de conchas, cristales de cuarzo y glauconita. **E:** Muestra pulida del tope de la Formación Caballos clasificada como Cuarzo arenaita glauconítica con cemento calcáreo. El color amarillento es producto de óxidos de hierro. **F:** En sección delgada se identifican cristales de cuarzo, microclina, plagioclasa y glauconita envueltas en cemento calcáreo. Tomado de **Pena & Annicchiarico (1999)**.

plantónicos, los cuales incrementan su número hacia el tope de la unidad en donde forman láminas finas lenticulares de Biomicritas microesparíticas empaquetadas de foraminíferos dentro de las Biomicritas microesparíticas diseminadas. Ver foto 2.

Paraestratotipo

Se propone la sección expuesta en la quebrada Itaibe al SW del departamento de Huila entre Paicol y La Plata, tomando por el desvío hacia el municipio de Itaibe y luego por la carretera que va a la vereda La Esperanza. La sección aflora 1 km al NO de la mencionada vereda y a 10 km de la población de Itaibe en el departamento del Cauca. El levantamiento de la columna estratigráfica se inicia en las coordenadas (origen Bogotá) $X = 766.525$ e $Y = 1'139.725$ y finaliza en las coordenadas $X = 766.600$ e $Y = 1'139.450$ aguas arriba sobre el cauce de la quebrada Itaibe. **Plancha IGAC 344-III-D.** Ver figura 1.

Descripción: La sección se comenzó a levantar en la primera capa de caliza aflorante después de un cubierto parcial formado por 39,68 m de lodolitas grises finamente laminadas, con patinas amarillas producto de alteración, que suprayacen gruesos bancos lenticulares de arena con estratificación en artesa e inclinada, pertenecientes a la Formación Caballos. Las Calizas de Tetuán en esta sección se han dividido en tres segmentos y su espesor total medido es de 76 m. Se puede anotar adicionalmente que el patrón de fracturamiento de las calizas es perpendicular a la estratificación y forma bloques de tamaño métrico a decimétrico. Ver figura 5.

Segmento i: Tiene un espesor de 13,3 m. Se compone de una sucesión de capas muy gruesas a gruesas de Biomicrita microesparíticas cuarzosas empaquetadas gruesas con gradación normal. Las calizas de este nivel son tabulares y macizas, diferenciándose de las demás secciones por su mayor contenido de cuarzo, glauconita y óxidos de hierro. En la parte media y superior del segmento, las calizas grises intercalan con capas muy gruesas de shales negros finamente laminados, en los que ocurren patinas de azufre, óxidos de hierro y ocasionales láminas de yeso. A nivel macro se identificaron conchas de bivalvos y gasterópodos; separadas, fracturadas y sin orientación. En sección delgada se identificaron foraminíferos bentónicos, equinodermos y fragmentos fosfatisados de peces.

Segmento II: Tiene un espesor de 22 m. Los niveles medio e inferior son dominados por capas muy gruesas de shales intercaladas con capas medias a finas, tabulares y

macizas de Biomicritas microesparíticas empaquetadas, Biomicritas microesparíticas diseminadas y Micritas microesparíticas. En el nivel superior las calizas son más frecuentes, siendo representadas por capas medias a gruesas de Biomicritas microesparíticas empaquetadas y diseminadas, altamente bioturbadas y con fósiles de talla gruesa, media y fina. Hacia la parte media de este nivel, ocurre una gruesa capa de Pelbiomicrita microesparítica empaquetada muy gruesa a gruesa en donde se encuentra la mayor variedad fósil. En general las calizas presentan contenidos importantes de cuarzo y glauconita, costras gruesas anaranjadas por alteración, madrigueras de Thalassinoides en la base, impregnación de petróleo y aspecto terroso. Los shales a través de todo el segmento se disponen en capas muy finas y láminas medias con estratificación paralela a subparalela; son calcáreos y ricos en materia orgánica, tienen un estado de alteración moderado a avanzado que da lugar a un patrón de astillamiento grueso. El contenido fósil del segmento está representado por bivalvos, gasterópodos, amonitas, pelets, foraminíferos, fragmentos de briozoos y fragmentos sin diferenciar, posiblemente de organismos coloniales.

Segmento III: Mide 43,5 m. La parte inferior del segmento es una intercalación de capas medias y onduladas de Biomicritas microesparíticas diseminadas finas de foraminíferos, intercaladas con capas medias a gruesas de shales calcáreos. En la parte superior del segmento intercalan capas medias a gruesas de shales con mayor cementación, y capas medias a finas menos continuas de Biomicritas microesparíticas diseminadas finas de foraminíferos. Ascendiendo estratigráficamente las calizas dan lugar a niveles concrecionales de forma ondulosa a lenticular. En la parte más superior los contactos entre los niveles concrecionales y los shales, son transicionales por el aumento del cemento calcáreo. El Segmento III marca la abrupta desaparición del contenido macro fósil y organismos bentónicos que dan paso a micro fósiles plantónicos. La petrografía de las secciones pulidas y delgadas permitió establecer que medida que se asciende estratigráficamente se definen láminas lenticulares muy finas de Biomicrita microesparíticas empaquetadas de foraminíferos dentro de las Biomicritas microesparíticas diseminadas de foraminíferos. Las calizas de este nivel están bastante impregnadas de aceite y tienen aspecto terroso.

Paraestratotipo

Se propone la sucesión estratigráfica aflorante en el cauce de la quebrada El Tobo, localizada al S del departamento de Huila; entre las poblaciones de Timaná y Pitalito. Se accesa desde la carretera principal desviando al W por la carretera que conduce a la vereda de Mateorico. El levantamiento de la sección se inicia en las coordenadas

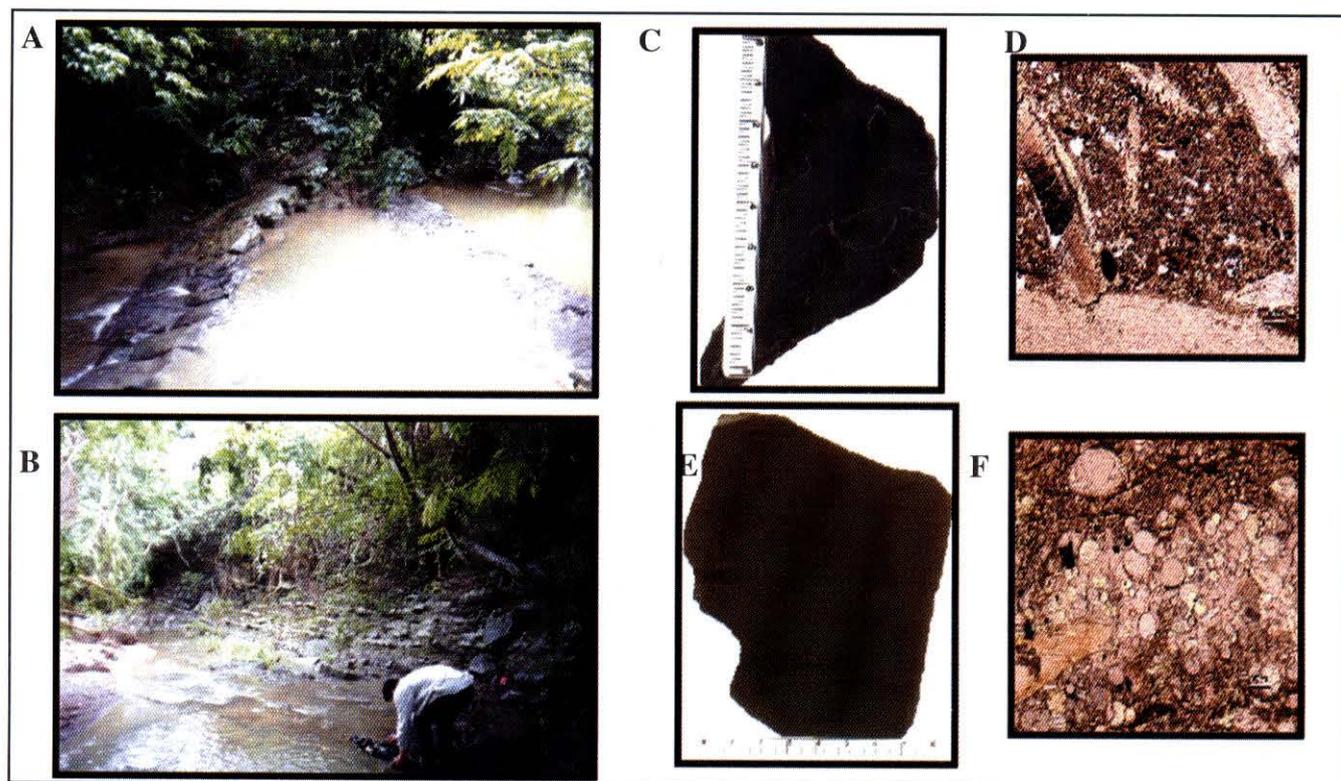


Foto 2. **A:** Muestra dos capas de Biomicritas microesparíticas diseminadas gruesas a finas ubicadas al tope del Segmento II. **B:** Capas medias de Biomicritas microesparíticas diseminadas de la base del Segmento III. Se observa la geometría ondulosa de las capas. **C:** Muestra pulida del primer estrato (capa de la derecha en la fotografía A, Seg II) de Biomicrita microesparítica diseminada. Se observan conchas de bivalvos, gasterópodos y fragmentos de peces en posición caótica. **D:** En sección delgada (aumento 4x) se identifican dentro de la matriz de micrita y microesparita, cuarzos y un foraminífero bentónico en la parte inferior derecha. También son claros los fragmentos de conchas. **E:** Sección pulida de una muestra tomada al tope de la unidad (Seg III) y en la que se observan láminas lenticulares más oscuras de Biomicrita microesparítica empaquetada de foraminíferos. **F:** Sección delgada (aumento 4x) con el detalle de una lámina de Biomicrita microesparítica empaquetada de foraminíferos. Los foraminíferos del Segmento III son plantónicos exclusivamente. Tomado de PEÑA & ANNICHIARICO (1999).

(origen Bogotá) $X = 706.030$ e $Y = 1'123.550$ y finaliza en las coordenadas $X = 706.030$ e $Y = 1'123.800$, aguas abajo en la quebrada El Tobo. **Plancha IGAC 389-I-A.** Ver figura 1.

Descripción: La sección de la quebrada El Tobo es bastante homogénea, por lo que es más difícil separar la unidad en segmentos. Aquí la sucesión presenta amalgamación entre las calizas y los shales, debido al aumento de cemento calcáreo. Sin embargo, la sucesión se dividió en 2 segmentos entre los que no se presentan límites abruptos. Al igual que en la quebrada El Ocal, las Calizas de Tetuán se superponen concordantemente sobre la última arenita de la Formación Caballos. Ver figura 5.

Segmento I: Tiene 14,9 m de espesor. La parte más inferior está constituida por dos capas gruesas, tabulares, maci-

zas normalmente gradadas de Biomicrita microesparítica empaquetada muy gruesa. El contenido de material terrígeno (Qz y feldespatos) en esta sección no es tan abundante como en Itaibe, y está restringido a las dos primeras capas de caliza. Los niveles medio y superior están formados por shales calcáreos, intercalados arítmicamente con Biomicritas microesparíticas fosilíferas, dispuestas en capas lenticulares finas a medias y niveles concrecionales. Los fósiles identificados en este segmento son bivalvos, gasterópodos, restos fosfatizados de peces, placas y espículas de equinodermos, así como foraminíferos bentónicos. El porcentaje de macrofósiles es el menor de las tres secciones descritas.

Segmento III: Este segmento tiene un espesor total de 36,3 m y se divide en dos niveles. El nivel inferior de 17

m de espesor, es una sucesión rítmica de capas medias a gruesas de shales calcáreos con laminación ondulosa, interdigitados con capas medias, macizas y ligeramente onduladas de *Biomicrocritas* microesparíticas diseminadas finas. Ascendiendo estratigráficamente las calizas se tornan laminadas e se intercalan arrítmicamente dentro de los shales calcáreos para dar paso a niveles concrecionales. Otra característica importante de las calizas en esta parte de la sección es el fuerte adelgazamiento lateral del espesor de las capas en pocos metros. El nivel superior del Segmento III tiene un espesor de 29,3 m y corresponde a un paquete muy grueso de shales calcáreos, con esporádicas intercalaciones de capas delgadas tabulares a onduladas de *Biomicrocritas* microesparíticas fosilíferas y niveles concrecionales de similar composición. El contenido fósil del segmento está representado por foraminíferos plantónicos exclusivamente. La parte superior de la secuencia registra el decrecimiento paulatino del contenido de cemento calcáreo e impregnación de petróleo. Las calizas de toda la sección son en su mayoría de color gris oscuro, terrosas, impregnadas con petróleo y presentan estructuras cono en cono en la base y/o tope de las capas; estilolitos y microfracturas sin rellenar son identificados en sección delgada.

A continuación se presenta una tabla resumen con las litofacies definidas para las Calizas de Tetuán, en donde se describen sus características sedimentológicas y el ambiente sedimentario en el cual se desarrollaron. Ver tabla 1.

Ambiente sedimentario

El estudio petrográfico de las secciones delgadas y muestras de mano pulidas, estructuras sedimentarias externas e internas de las capas, además del contenido paleontológico de las Calizas de Tetuán, permiten proponer e interpretar un ambiente sedimentario de plataforma carbonatada abierta, tipo rampa (**Read 1985, James & Kendall 1992, James & Bourque 1992, y Jones & Desrochers 1992**), inundada por aguas cálidas y desarrollada durante un ciclo transgresivo del Albiano medio al superior, sobre una cuenca pericratónica. Esta plataforma evolucionó de facies de rampa somera en el segmento I a facies características de rampa profunda y fondo pelágico en la parte superior del segmento III, en donde se produce el ahogamiento de la plataforma. La profundización del ambiente no es abrupta, aunque sí se lleva a cabo rápidamente como lo muestra la gradación entre facies de plataforma interna hasta facies de plataforma externa o de aguas profundas.

Se propone que la plataforma era abierta para ese tiempo, pues en las secciones estratigráficas no se identificaron

grandes bancos arrecifales o construcciones carbonáticas que formaran barreras y restringieran la circulación del agua hacia la línea de costa, así como tampoco se comprobó la existencia de turbiditas, brechas o flujos que indiquen la presencia de un talud o inclinación pronunciada de la plataforma. Ver figura 6.

Algunos ejemplos de otras áreas donde se desarrollan este tipo de carbonatos en ambientes de plataforma abierta tipo rampa son: la plataforma de Maracaibo, al noroeste de Venezuela, **Vahrenkamp et al. (1993)**; la cuenca de Chihuahua en México, **Cantú Chapa (1993)**; la cuenca de Sergipe al nordeste de Brasil, **Koutsoukos et al. (1993)**; la rampa de Nigeria en África occidental, **Pascal et al. (1993)**.

Segmento I: Este intervalo inicialmente se enmarca en un ambiente de plataforma mixta, que culmina en un ambiente dominado totalmente por la depositación de carbonatos. Los rasgos litológicos y paleontológicos señalan ambientes de tras-rampa a rampa somera, ver el modelo de **Jones & Desrochers (1992)**. Fragmentos de briozoos y otros restos observados en sección delgada justifican la posible existencia de pequeñas construcciones coloniales tales como parches de arrecifes. Los fósiles aquí identificados se encuadran dentro de la asociación biótica de tipo chlorozoan, común de aguas cálidas según se expone en **Jones & Desrochers (1992)**.

Se propone como área fuente de los materiales clásticos identificados en las calizas, los cuerpos intrusivos ubicados en el área y rocas de la Formación Saldaña. La presencia de cuarzo de origen plutónico, microclina y labradorita determinada mediante el método de Michel Levi, confirman tal procedencia. Los dos últimos minerales son típicos de rocas ígneas de composición riolítica y andesítica pertenecientes a la Formación Saldaña en concordancia con lo expuesto por **Bayona et al. (1994)**. A partir del decrecimiento en el porcentaje y tamaño de terrígenos, también se deduce la progresiva migración del área fuente y entrapamiento de sedimentos en la línea de costa a medida que se produce la transgresión, favoreciendo la producción y acumulación de carbonatos.

Segmento II: Las lodolitas de la parte inferior indican ambientes de aguas tranquilas en la tras-rampa (facies de llanuras mareales en ambiente protegido y/o subaéreo) a rampa somera ver **Jones & Desrochers (1992)**. Las intercalaciones de *Biomicrocritas* microesparíticas empaquetadas y diseminadas gruesas a medias, de la parte media y superior registran el desarrollo de "mounds" o acumulaciones fósiles de distribución considerable o localizada. La asociación faunística y las litofacies indican ambientes

Tabla 1. Resumen de las litofacies definidas para las Calizas de Tetuán. Tomada de Peña & Annicchiarico (1999).

LITOFACIES	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	ALOQUÍMICOS	CLASIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN AMBIENTAL
I	Capas tabulares de contactos ondulosos, ocasionalmente con estructura externa concrecional. Las estructuras internas son escasas y generalmente la roca es maciza. Algunas capas muestran evidencias de exposición subaérea como grietas de desecación en su superficie e intraclastos fuertemente oxidados.	Fragmentos de peces, bivalvos, gasterópodos, conchas sin diferenciar e intraclastos.	Micritas microesparíticas fosilíferas.	Ubicada en la tras-rampa o backramp y depositada en llanuras mareales.
II	Las capas son tabulares con contactos ligeramente ondulosos y presentan gradación normal. Ocasionalmente se presenta alta bioturbación a la base (Thalassinoides).	Bivalvos ornamentados, gasterópodos de concha gruesa y gran tamaño (1mm a 30cm), y amonitas.	Biomicrocrista microesparítica empaquetada muy gruesa en la base que grada a Caliza lodosa Biomicrocrista microesparítica media a gruesa al tope.	Bancos esqueléticos desarrollados en la rampa somera.
III	Las capas ligeramente ondulosas, macizas, fuertemente bioturbadas a la base (Thalassinoides).	Bivalvos, gasterópodos de concha gruesa, similar a la litofacies II, amonitas, y en menor proporción pelets, placas de equinodermos, fragmentos de briozoos y foraminíferos.	Biomicrocrista microesparítica diseminada gruesa.	Bancos esqueléticos desarrollados en la rampa somera.
IV	Las capas son ligeramente ondulosas, masivas y no parecen tener carácter regional.	Bivalvos, gasterópodos y restos de peces, de concha delgada y de menor tamaño que los de la litofacies II y III.	Biomicrocrista microesparítica diseminada fina.	Bancos esqueléticos desarrollados entre la rampa somera y profunda.
V	Las capas son de forma ondulosa y lenticular, presentan laminación lenticular a ondulosa no paralela discontinua fina que se desarrolla mejor hacia el tope de la unidad.	Los fósiles son exclusivamente foraminíferos planctónicos.	Biomicrocrista microesparítica de foraminíferos, con láminas conformadas de Biomicrocristas microesparíticas empaquetadas de foraminíferos	Desde la parte superior de la rampa profunda hasta el fondo pelágico.
VI	Laminación ondulosa no paralela discontinua.	Fragmentos de peces, fragmentos de bivalvos y de otras conchas sin diferenciar generalmente menores de 3 cm de longitud y de concha muy delgada y posiblemente foraminíferos.	Lutitas arcillosas calcáreas fósiles.	Desde la tras-rampa hasta el límite de la rampa profunda y el fondo pelágico.

MODELO AMBIENTAL PARA LAS CALIZAS DE TETUAN

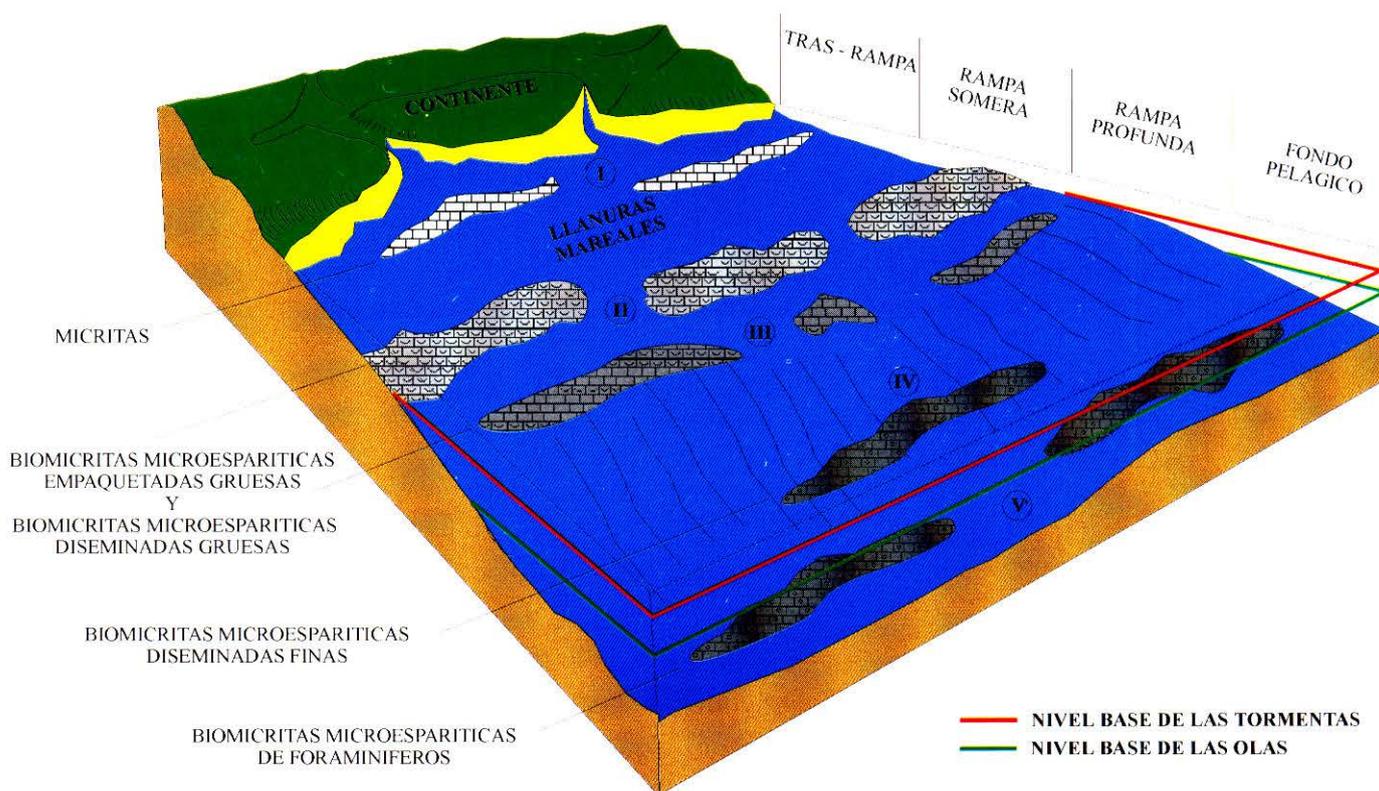


Figura 6. Modelo ambiental para las Calizas de Tetuán. Modificado de Peña & Annicchiarico (1999)

de rampa somera (Inden & Moore 1983; Read 1985 y Jones & Desrochers 1992). Como en el segmento I no se descarta la existencia de pequeñas construcciones arrecifales. Las Biomicritas microesparíticas diseminadas finas de parte más superior señalan ambientes transicionales entre la parte baja de la rampa somera y la parte superior de la rampa profunda; en donde las condiciones de baja energía prevalecen y se presenta alta bioturbación con la ocurrencia ocasional de depósitos de tempestitas.

Segmento III: Registra la profundización del fondo y la última fase de deposición de las calizas antes de dar paso a la acumulación del Shale de Bambucá, como consecuencia del ahogamiento de la plataforma. La intercalación de lodolitas y Biomicritas microesparíticas diseminadas de foraminíferos (*globigerinodes* y *globorotalia*?) señalan un ambiente anóxico de aguas tranquilas y profundas de rampa profunda a fondo pelágico.

En las sucesiones estratigráficas no se identificaron depósitos de tormentas, indicando que el fondo se encontraba por debajo del nivel base de acción de las tormentas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y a los profesores del Departamento de Geociencias, por sus esfuerzos durante la formación académica y profesional de los mismos, los cuales se ven cristalizados en la realización de este trabajo.

Agradecemos la financiación del trabajo de campo por parte de la compañía Total Exploratie. De igual manera, extendemos agradecimientos personales a los geólogos Javier Guerrero y Jorge Brieva de la Universidad Nacional de Colombia, Eduardo Ariza y Edgar Shajid Kairuz, de Ecopetrol, y María Euridice Páramo, de Ingeominas.

Referencias bibliográficas

- Barrio, C. & Coffield, D.** 1992. Late Cretaceous Stratigraphy of the Upper Magdalena Basin in the Payandé - Chaparral segment (western Girardot Sub-Basin) Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 5, (2): pp.123-139.
- Bayona, G., García, D. & Mora, P.** 1994. La Formación Saldaña: Producto de la actividad de estratovolcanes continentales en un dominio de Retro-arco. Etayo-Serna, F. *Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*, pp. I-1-I-21, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Beltrán, N. & Gallo, J.** 1968. The Geology of the Neiva Sub-Basin Upper Magdalena Basin, Southern portion. *Geological Field Trips, Colombia, 1958-1978*, pp. 253-275, Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, Bogotá.
- Cantú Chapa, C.** 1993. Sedimentation and Tectonic Subsidence during the Albiano-Cemomanian in the Chihuahua Basin, Mexico.- Simo, Scott & Mase. *Cretaceous Carbonate Platforms. Memoir 56*, pp. 61-70, The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
- Corrigan, H.** 1967. The Geology of the Upper Magdalena Basin (Northern portion). - *Geological Field Trips, Colombia, 1958-1978*, pp. 221-251, Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, Bogotá.
- Etayo-Serna, F.** 1994. A Modo de Historia Geológica del Cretácico en el Valle Superior del Magdalena. *Etayo-Serna, F. Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*, pp. XX-1-XX-5, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Etayo-Serna, F. & Carrillo, G.** 1996. Bioestratigrafía del Cretácico mediante Macrofósiles en la Sección El Ocal, Valle Superior del Magdalena, Colombia. *Geología Colombiana* (20): pp. 81-92.
- Flórez, J. & Carrillo, G.** 1994. Estratigrafía de la Sucesión Litológica Basal del Cretácico del Valle Superior del Magdalena. *Etayo-Serna, F. Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*, pp. II-1-II-25, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Grosse, E.** 1935. Acerca de la Geología del Sur de Colombia. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un Viaje al Huila y Alto Caquetá. *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo III*, pp. 31-137, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- Hettner, A.** 1892. Die Kordilleren Von, Bogotá. *Peterm. Mitt. Erg. Bd. 22, Heft N° 104*, pp. 1-131. Ingeominas, Bogotá.
- Hubach, E.** 1931a. Exploración en la Región de Apulo-San Antonio-Viotá. En: *Boletín de Minas y Petróleo, Tomo IV* (25-27): pp. 41-60, Bogotá.
- _____ 1931b. La Formación "Cáqueza". (1), Región de Cáqueza (oriente de Cundinamarca). *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo VI*, pp. 23-26, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- _____ 1933a. Los Deslizamientos de Nocaima y Datos Geológicos de la Región. *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo VI*, pp. 11-22, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- _____ 1933b. La región de Panga- Panga, al noreste de Choachí (Cundinamarca). *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo VI*, pp. 31-37, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- _____ 1937. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. *Boletín Geológico, v. V, (2)*: pp. 93-112, Ministerio de Minas y Petróleos, Instituto Geológico Nacional, Bogotá.
- _____ 1957. Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia. *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XVII*, pp. 1-166, Ministerio de Minas y Energía, Ingeominas, Bogotá.
- Inden, R. & Moore, C.** 1983. Beach Environment.- Scholle, P., Bedout, D. & Moore, C. *Carbonate Depositional Environments. Memoir 33*, pp. 211-266, The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
- James, N. & Bourque, P-A.** 1992. Reef and Mound.- Walker, R. & James, N. *Facies Models, Response to Sea Level Change*, pp. 323-348, Geological Association of Canada, Ontario.
- James, N. & Kendall, A.** 1992. Introduction to Carbonate and Evaporite Facies Models. **Walker, R. & James, N. Facies Models, Response to Sea Level Change**, pp. 277-302, Geological Association of Canada, Ontario.
- Jones, B. & Desrochers, A.** 1992. Shallow Platform Carbonates. **Walker, R. & James, N. Facies Models, Response to Sea Level Change**, pp. 277-302, Geological Association of Canada, Ontario.
- Julivert, M.** 1968. *Lexique Stratifique International, Amerique Latine, Colombia. v V, Fascicule 4°*. Centre National de la Recherche Scientifique, París.
- Kehrer, G.** 1933. El Carboniano del borbe llanero de la Cordillera Oriental, Colombia. *Boletín de Minas y Petróleos*, 49-54, pp. 105-121, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- Koutsoukos, E., Destro, N., Azambuja Filho, N. & Spadini, A.** 1993. Upper Albiano-Lower Coniaciano Carbonate Sequence in the Sergipe Basin, Northeastern Brazil. *Simo, Scott & Mase. Cretaceous Carbonate Platforms. Memoir 56*, pp. 127-144, The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
- Miley, R.** 1945. *Geological Report on the Chaparral - Ortega Area - Department of Tolima. Texas Petroleum Company, Geological Department Bogotá, Colombia*. 48p.
- Mojica, J. & Franco, R.** 1990. Estructura y Evolución Tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena, Colombia. *Geología Colombiana*, (17): pp. 41-64.
- Olsson, A.** 1956. Colombia In: *Jenks, W et al. 1956. Handbook of south American Geology. Geological Society American Memoir 65*, pp. 293- 326, New York.
- Patarroyo-Gama, P.** 1993. Las Formaciones Cretácicas Hondita y Loma Gorda. A propósito de la nomenclatura estratigráfica del Valle Superior del Magdalena, Colombia. *Memorias VI Congreso Colombiano de Geología, Tomo III.*, pp. 803-814, Ingeominas - Eafit, Medellín.
- Pascal, A., Alzouma, M., Lang, J. & Meister, C.** 1993. Late Cenomanian-Early Turonian Shelf Ramp, Niger, West Africa.

- Simo, Scott & Mase. Cretaceous Carbonate Platform. Memoir 56, pp. 145-154, The American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma.
- Peña, J. & Annicchiarico, G.** 1999. Evaluación Regional de las Calizas de Tetuán como Potencial Reservorio de Hidrocarburos en la Subcuenca de Neiva, Valle Superior del Magdalena. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia, pp. 1-124, Bogotá.
- Porta, J.** 1965. Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el Extremo Sur del Valle Medio del Magdalena. Boletín de Geología UIS, (19): pp. 5-50.
- _____ 1966. La Geología del Extremo Sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia). Boletín de Geología UIS, (22-23): pp. 5-347.
- Read, F.** 1985. Carbonate Platform Facies Models. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v 69, (1): pp. 1-21.
- Vahrenkamp, V., Franssen, R., Grottsch, J. & Muños, P.** 1993. Maracaibo Platform (Aptiano-Albiano), Northwestern Venezuela. - Simo, Scott & Mase. Cretaceous Carbonate Platforms. Memoir 56, pp. 25-34, The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma.
- Vergara, L.** 1994. Stratigraphic, Micropaleontologic and Organic Geochemical Relation in the Cretaceous of the Upper Magdalena Valley, Colombia. Giessener Geologische Schriften, (50), pp. 1-179.