

GEOLOGÍA DEL CINTURÓN ESMERALDÍFERO ORIENTAL (CEOR)

Giovanni Moreno¹, Roberto Terraza¹, Diana Montoya¹

RESUMEN

La sucesión litoestratigráfica en el CEOR inicia con una secuencia basal areno-lodosa del Paleozoico Superior (Grupo Farallones, Devónico – Carbonífero), sobre la cual descansan incórficamente las unidades basales del Cretácico Inferior (formaciones Batá al E y Santa Rosa – Ubalá – Chivor al W del Macizo de Quetame). La invasión marina del Cretácico se dio sobre una cuenca extensional tectónicamente activa desde los periodos Triásico y Jurásico. Esta actividad tectónica se extendió hasta finales del Cretácico Temprano dando lugar a una espesa secuencia sedimentaria constituida por las unidades basales antes citadas y las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fόμεque y Une.

Altos de basamento paleozoico algunos limitados por fallas normales, condicionaron la sedimentación cretácica en la región del CEOR, hecho que se evidencia especialmente en las unidades basales del Cretáceo inferior (Berriasiano). Así, al E del Anticlinal de Montecristo (suprayaciendo el Grupo Farallones) se encuentran conglomerados gruesos (Formación Batá), mientras que al W la sedimentación fue principalmente lodosa-limolítica (Formación Santa Rosa, nueva unidad litoestratigráfica). Hacia el sector de Ubalá, sobre el basamento paleozoico (Anticlinal de Farallones) reposa un conjunto mixto calcáreo-térrieno fino (Formación Ubalá, nueva unidad litoestratigráfica). En los sectores de Chivor y Malacara, se encuentran secuencias evaporíticas con rocas calcáreas (Formación Chivor, nueva unidad litoestratigráfica) reposando sobre la Formación Santa Rosa.

En el Valanginiano el mar invade regionalmente el área del CEOR y se dan condiciones marinas de costa-afuera (Formación Lutitas de Macanal) con ocurrencia episódica de flujos de gravedad (miembros El Fígaro y Los Cedros). Durante el Hauteriviano y el Albiano (medio a tardío) se acumularon sedimentos areno-arcillosos en llanuras intermareales o sistemas deltáicos dando origen a las formaciones Las Juntas y Une. Finalmente, en el lapso Barremiano-Albiano temprano se registran condiciones marinas de costa-afuera donde se acumularon sedimentos finogranulares carbonatados y siliciclásticos que dieron lugar a la Formación Fόμεque.

Palabras clave: Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR), Cretácico, Colombia

GEOLOGY OF EASTERN EMERALD BELT (EEB)

ABSTRACT

The stratigraphic record in EEB begins with an upper Paleozoic basal siliciclastic sequence (Farallones Group, Devonian – Carboniferous), unconformably overlain by basal Cretaceous formations (Batá to the east, Santa Rosa – Ubalá – Chivor to the west of the Quetame Massif). The Cretaceous marine ingressión took place in a tectonically active basin since Triassic and Jurassic. This tectonic setting last until the end of earliest Cretaceous giving place to a thick sedimentary sequence made of the aforementioned basal units and the Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fόμεque and Une formations.

Paleozoic basement highs normal fault bounded, restrict the Cretaceous sedimentation in the EEB zone, this is evidence especially for the basal Cretaceous units (Berriasian). In this way, to the east of Montecristo Anticline (overlying Farallones Group) we found conglomerates (Batá Formation), instead to the west sedimentation was mainly lodolithic (Santa Rosa Formation, new litostratigraphic unit). Toward Ubalá, overlying Paleozoic basement (Farallones Anticline) rest a calcareous – Terrigenous set (Ubalá Formation new litostratigraphic unit). In Chivor – Malacara area we found evaporitic sets with calcareous rocks (Chivor Formation, new litostratigraphic unit) overlying Santa Rosa Formation.

In Valanginian times the sea regionally drown the area of EEB and give rise to marine offshore conditions (Lutitas de Macanal Formation) with episodic events of gravity flows (El Fígaro – Los Cedros members). During Hauterivian to Albian times the accumulation of a sandy – muddy sediments in tidal flats or deltaic systems give rise the record of Las Juntas – Une formations. Finally in Barremian early Albian times there is a siliciclastic – calcareous record of marine offshore environments (Fόμεque Formation).

Keywords: Eastern Emerald Belt (EEB), Cretaceous, Colombia

¹ Instituto Colombiano de Geología y Minería - INGEOMINAS, Diagonal 53 34-53 Bogotá, gmoreno@ingeominas.gov.co, rterraza@ingeominas.gov.co, dmontoya@ingeominas.gov.co

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de INGEOMINAS en el Plan Nacional de Desarrollo Minero (2002-2006), fue la exploración geológica de los cinturones esmeraldíferos occidental y oriental, con el propósito de descubrir nuevas áreas potenciales para la explotación de esmeraldas. Para cumplir con este objetivo, en el año 2006 se realizó el levantamiento sistemático de la cartografía geológica detallada a escala 1:25.000 en el Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR, Montoya *et al.*, 2008; Terraza *et al.*, 2008), cuyos alcances fundamentales fueron el de elaborar un mapa geológico detallado a escala 1:100.000, conocer la estratigrafía general y los rasgos estructurales del área, además de localizar nuevas áreas potenciales para explotación de esmeraldas y otros recursos mineros en la zona.

ANTECEDENTES

El área de estudio se ubica al E de Bogotá, sobre el borde E de la Cordillera Oriental, y presenta afloramientos de rocas sedimentarias paleozoicas y cretácicas, cubiertas en algunos sectores por depósitos sedimentarios cuaternarios de origen coluvial y aluvial. La sucesión litoestratigráfica en el Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEO) inicia con una secuencia basal areno-lodosa del Paleozoico Superior (Devónico–Carbonífero) correspondiente al Grupo Farallones, sobre la cual descansan incórficamente las unidades basales del Cretácico Inferior (formaciones Batá, Chivor, Ubalá o Santa Rosa) en las cuales se registra los primeros avances del mar Cretácico sobre esta región. La invasión marina se dió sobre una cuenca extensional de tipo “*rift*” tectónicamente activa desde los periodos Triásico y Jurásico (Etayo, *et al.*, 1969; Fabre, 1987; Sarmiento 2001). Esta actividad tectónica se extendió hasta finales del Cretáceo Temprano dando lugar a una espesa secuencia sedimentaria “*sinrift*” constituida por las unidades basales antes citadas y las formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fômeque y la porción inferior de la Formación Une (Fabre, 1987; Mora 2007). Altos y bajos de basamento paleozoico (con zonas entre semiplanas a muy empinadas) limitados por fallas normales condicionaron la sedimentación cretácica en la región del CEO, hecho que se evidencia especialmente en las unidades basales del Cretáceo Inferior correspondientes al piso Berriasiano. Durante el Valanginiano el mar invade regionalmente el área del CEO y se dan condiciones marinas de costa–afuera (plataforma media o externa), acumulándose una gruesa

secuencia sedimentaria arcillosa (Formación Lutitas de Macanal). Eventualmente, se producían flujos de sedimento por gravedad que dieron lugar a las secuencias arenosas presentes en los miembros El Fíguro y Los Cedros. Durante el Hauteriviano y el Albiano (medio a tardío) se acumularon sedimentos areno–arcillosos en ámbitos marinos transicionales (llanuras intermareales o sistemas deltaicos) dando origen a las formaciones Las Juntas y Une. En el lapso Barremiano–Albiano temprano se registran condiciones marinas de costa–afuera (plataforma media posiblemente) donde se acumularon sedimentos finogranulares carbonatados y siliciclásticos (arcillolitas y calizas micríticas fosilíferas principalmente) que dieron lugar a la Formación Fômeque.

METODOLOGIA

Inicialmente se compilaron aerofotografías a escala aproximada entre 1: 30.000 y 1:60.000, distribuidas en vuelos en sentido N-S o NW-SE y varias escenas Landsat TM en falso color a escala 1:100.000. Esta información se compiló en bases topográficas del IGAC a escala 1:25.000 y 1:100.000. La información de campo se recopiló sobre planchas topográficas a escala 1: 25.000; luego, mediante método de escaneo digital y posterior reducción de escala, se compiló toda la información a escala 1:100.000.

Además de la cartografía geológica de las distintas unidades litoestratigráficas, el trabajo de campo consistió en muestreo de roca para análisis paleontológicos, petrográficos y mineralógicos. En la cartografía la secuencia litológica se controló mediante levantamiento de columnas estratigráficas y datación bioestratigráfica con amonitas realizada por el Dr. Fernando Etayo-Serna, ya sea directamente en el campo o en la oficina, lo cual permitió determinar cambios entre intervalos estratigráficos específicos y la comparación entre cuerpos litológicos contemporáneos, así como la determinación del salto de las fallas geológicas.

MARCO GEOLOGICO

El CEO está localizado al E de Boyacá y Cundinamarca. Las poblaciones más importantes son Gachalá, Ubalá, Chivor, Santa María de Batá y Macanal (FIGURA 1). El área trabajada está localizada en las planchas 210-Guateque, 228-Bogotá Oriental y 229-Gachalá del IGAC, a escala 1: 100.000. Geográficamente la zona se localiza hacia el piedemonte E de la Cordillera Oriental.

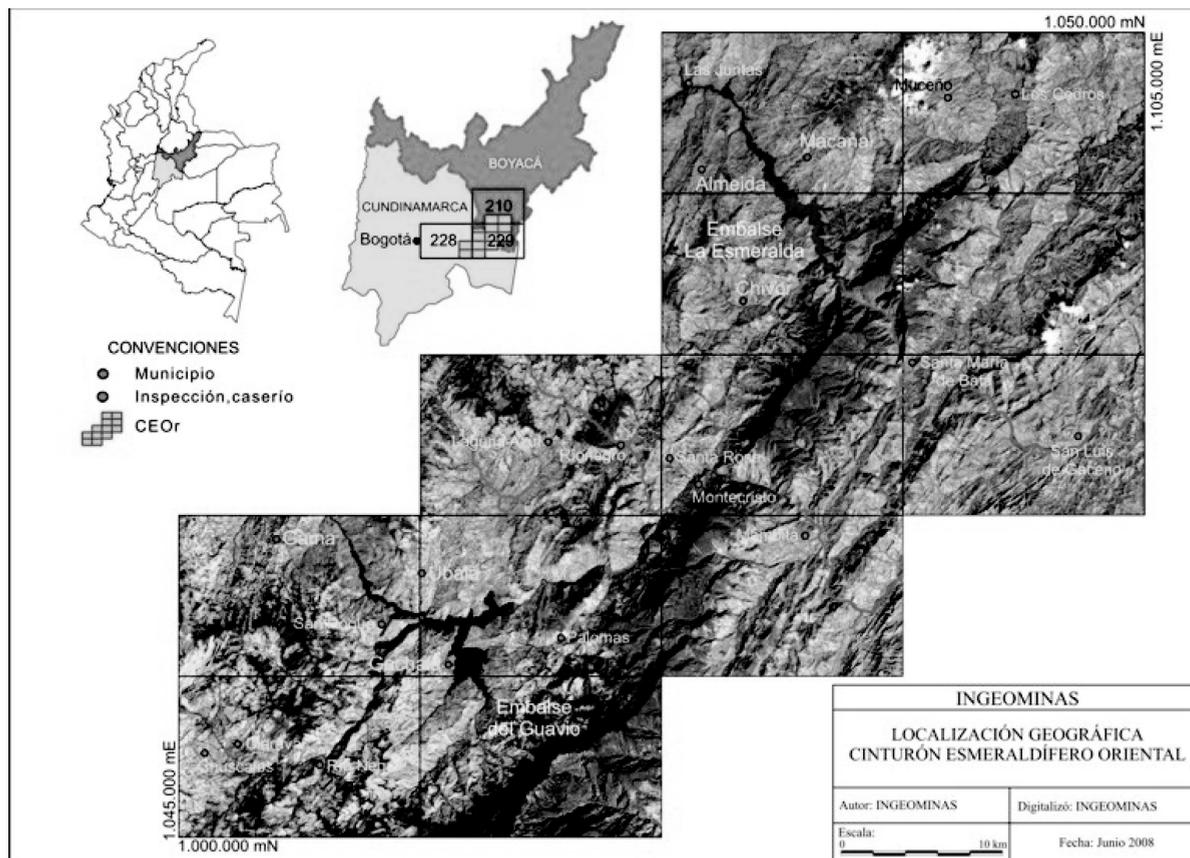


FIGURA 1. Localización geográfica del Cinturón Esmeraldífero Oriental.

RESULTADOS OBTENIDOS

ESTRATIGRAFÍA

Grupo Farallones (DCf) Devónico - Carbonífero

El Grupo Farallones en el CEOR representa los afloramientos más septentrionales del Macizo de Quetame. Comprende una potente sucesión sedimentaria de aproximadamente 2400m en el cañón del Río Batá entre el muro de la Represa de Chivor y 1km al NW de Santa María. Se trata de una secuencia predominantemente siliciclástica, con arenitas, limolitas y lodolitas muy compactas, de coloración gris, roja o verde (FIGURA 2). Tanto en la confluencia del Río Chivor en el Guavio, como a 1.5km al NNE de Santa María de Batá, muestra niveles calcáreos importantes representados por wackestone y packstone de crinoideos y braquiópodos. La roca en el sector del Río Farallones al W de Gachalá muestra foliación tectónica que enmascara a la estratificación.

Formación Bata (b1b) Berriasiano

La Formación Batá es una unidad constituida por conglomerados, arenitas, limolitas y lodolitas, que aflora en una faja alargada con dirección NE-SW desde Mámbita, al S (confluencia de los ríos Gachaluno y Algodones), hasta cerca de la Inspección de Policía Los Cedros al N (FIGURA 2). La parte inferior de la Formación Batá (FIGURA 2) se observa bien al suroeste de Mámbita, en el Río Gachaluno, donde consta de conglomerado de color verde a violeta, matriz-soportado, de guijos y guijarros, dispuesto en capas muy gruesas tabulares a lenticulares. Hacia la parte media presenta capas medias a gruesas dispuestas a manera de canales de arenita cuarzosa verde oliva a negro, muy fina a media, subangular a subredondeada, con buena selección, compactas, fuertemente cementadas (FIGURA 3). La parte superior de la unidad consta de capas medianas a gruesas, tabulares, de limolita de cuarzo negra, lodosa, fosilífera, compacta, muscovítica, intercalada con arenita de cuarzo, en capas delgadas a medianas, texturalmente muy fina, subredondeada,

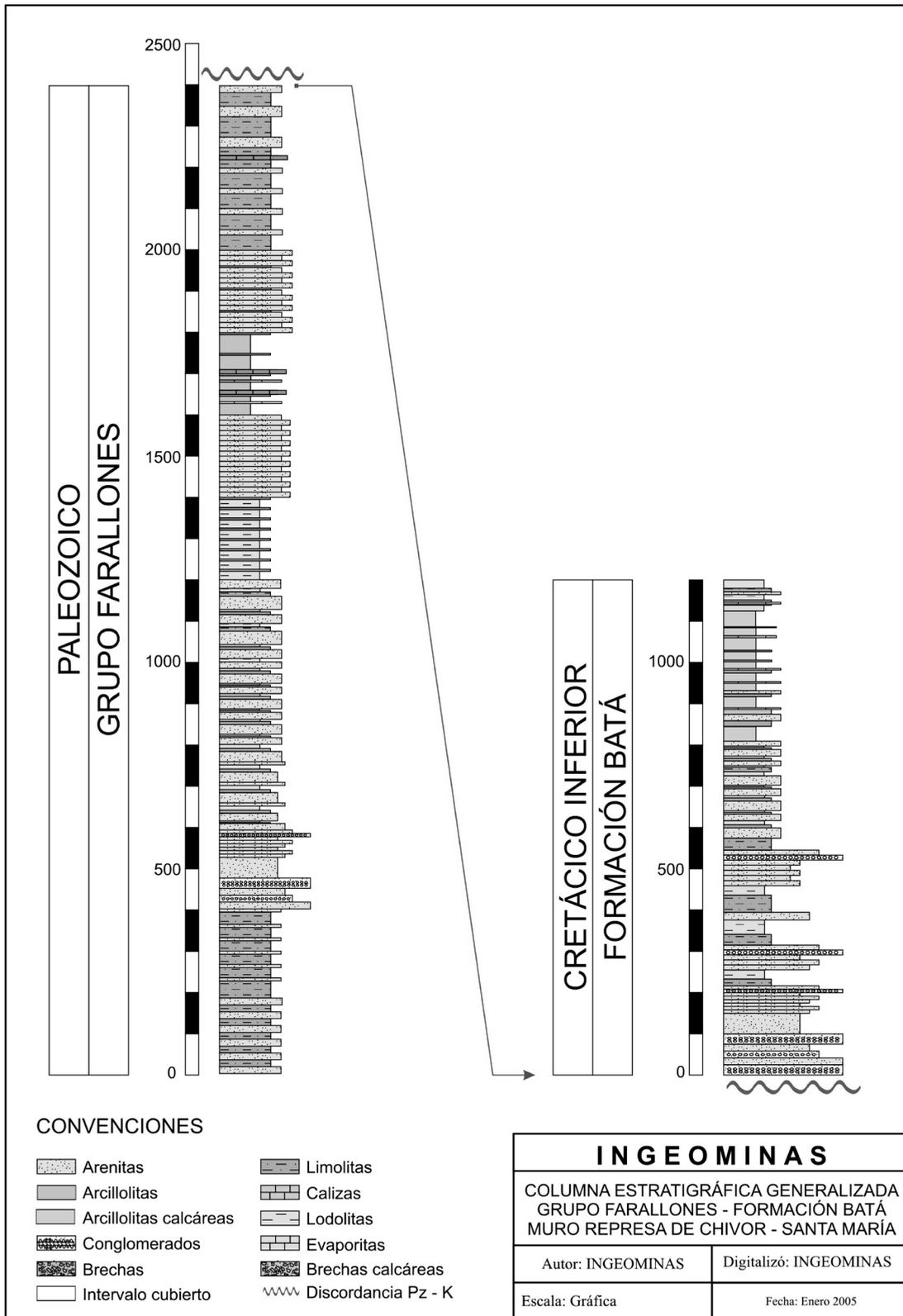


FIGURA 2. Estratigrafía del Grupo Farallones y la Formación Batá.



FIGURA 3. Arenitas de la parte media de la Formación Batá en el Río Gachaluno.

buena selección, y con capas delgadas de lodolita negra, fosilífera, compacta. Es común encontrar bivalvos de 0.5-5cm de diámetro, estudiados Bürgl (1960) y a partir de los cuales Etayo *et al.*, (2003) asignan la unidad al Cretácico Inferior.

El contacto con el infrayacente Grupo Farallones es paraconforme y se ubica en la base del primer nivel conglomerático con cantos de rocas sedimentarias de la parte más baja de la Formación Batá. El contacto superior con la Formación Macanal no se observa en el área de estudio; la Falla de Santa María separa a estas dos unidades. El espesor aproximado de la unidad (calculado a partir de corte geológico) en la sección tipo al W de Santa María de Batá es de 1.200 m.

Formación Santa Rosa (b1s) Berriasiano. Unidad nueva

Esta unidad reposa sobre rocas Paleozoicas del Grupo Farallones y es suprayacida por la Formación Chivor. La Formación Santa Rosa representa una sucesión de rocas siliciclásticas donde aparecen conglomerados o arenitas en la base y le siguen limolitas que muestran cambios en la litología hacia el E del CEOR, donde la unidad adquiere un carácter más lodolítico. Aflora en una franja orientada NE en la parte central del CEOR. Hacia el N, cerca a la Inspección de Policía de Los Cedros y Teguas, presenta cambio lateral de facies con la Formación Batá. Se observan afloramientos en la cuchilla de Manizales, en el flanco W de la cuchilla de

Malacara y Alto El Turrón, en la vereda La Mesa, y al N, en el Alto de Santa Rosa en donde se localizan las zonas tradicionales mineras conocidas como Buenavista y Gualí. Al S, en el municipio de Gachalá, se observan buenos afloramientos en la localidad de Palomas, en las veredas de La Vega de San Juan y el Diamante, en donde se ubica la zona mineralizada de Gachalá.

El nombre deriva de la inspección de policía de Santa Rosa, perteneciente al municipio de Ubalá, en donde la unidad presenta buena exposición. La sección tipo es compuesta (FIGURA 4) y se levantó en el flanco W del Anticlinal de Miralindo en tres sitios: la parte basal en el Alto de Santa Rosa, la parte media en las minas de Buenavista y la parte superior en las minas de Oriente. La sección tipo muestra variaciones litológicas en la base con respecto a las secuencias observadas al S, en los sectores de la vereda de Cascadas y cuchilla de Malacara (FIGURA 4). En el sector de Malacara se levantó toda la Formación Santa Rosa, desde el Paleozoico hasta la unidad suprayacente (Formación Chivor). Al S, en el Río Batatas, se levantaron dos columnas, una en la base de la unidad (compuesta por conglomerados y arenitas) y una segunda columna (de un intervalo arcilloso superior) que contiene las mineralizaciones de esmeraldas y en donde se ubican las minas de Las Cruces, El Diamante, Gualí, La Vega de San Juan y Mate Fique. Se levantó una tercera columna en la vereda Cascadas, desde la base hasta la parte media de la unidad (sin observarse el techo), compuesta por arenitas, limolitas, lodolitas y arcillositas (FIGURA 4). El contacto con la unidad suprayacente

(Formación Chivor) es concordante y neto, tal como se observa en las minas de Oriente (municipio de Chivor) y el Río Guavio, así como en la vereda La Vega de San Juan. Hacia el NE del CEOR, en el sector de Macanal, el límite superior es concordante y transicional con rocas arcillosas de la Formación Lutitas de Macanal; esta situación es explicable por la naturaleza misma del depósito de la Formación Chivor en ambientes marinos muy someros, restringidos geográficamente, y controlados por la paleotopografía previa a la inundación marina de comienzos del Cretácico. La edad para esta unidad es Berriasiano, con base en bivalvos ornamentados (Bürgl, 1960) y amonitas encontradas en la sección de Casacadas. (comunicación verbal, Dr. Fernando Etayo Serna). El espesor de esta unidad no es constante, debido a la paleotopografía previa al depósito y al control tectónico durante la sedimentación, que generaron subsidencia tectónica diferencial entre altos y bajos de basamento paleozoico. En la sección de Malacara se midieron 182m, en el Alto de Santa Rosa alrededor de 500m y sobre el flanco W del Anticlinal de Miralindo, en el sector de la quebrada Honda, se estimaron 1.100m mediante corte geológico.

Formación Ubalá (b1u) Berriasiano. Unidad nueva

Esta unidad aflora cubriendo el cuerpo paleozoico más occidental que se observa en la zona de estudio, localizado al sur de Ubalá, en los alrededores del embalse de Guavio y en el sector de Las Mercedes. En la Formación Ubalá se diferencian varios niveles de arenitas y calizas que se intercalan con paquetes de arcillolitas (FIGURA 4). La sección tipo se propone en el Río Chivor (vereda Las Mercedes). En el área de Las Mercedes se levantó una columna de 230m de espesor (FIGURA 4) de la Formación Ubalá en donde se reconocen tres paquetes que resaltan topográficamente (arenitas y calizas) separados por intervalos arcillosos que producen depresiones morfológicas. Tanto al N, en la vereda de Santuario, como hacia el S, en cercanías al embalse del Guavio, se observan diferencias en espesor y cambios laterales de facies en esta unidad.

En la sección de Las Mercedes consta de un intervalo de 10m de conglomerado lenticular de cantos de caliza con matriz de lodo calcáreo, capas gruesas de wackestone intercaladas con capas delgadas de conglomerado granosoportado con partículas que disminuyen de tamaño desde guijos hasta gránulos. El segmento intermedio presenta un espesor de 105m (sólo afloran los 25 metros inferiores, el resto del segmento está cubierto) constituido por capas gruesas de wackestones con capas gruesas y delgadas de arcillolita fosilífera

gris. Siguen intercalaciones de arcillolitas en capas gruesas y capas delgadas o láminas de boundstone, donde se distinguen estructuras laminares paralelas (bindstone?), estructuras estromatolíticas y estructuras nodulares al parecer de origen evaporítico. El segmento superior presenta 115m, constituido por capas gruesas de arenitas y calizas con contactos ondulados que resaltan topográficamente, separadas por intervalos de arcillolitas que generan valles. Las arenitas son cuarzosas, maduras y con tamaño de grano fino y medio. Las calizas son de tipo packstone de pellets, packstones de bivalvos y wackestone bivalvos. La Formación Ubalá descansa discordantemente sobre rocas paleozoicas del Grupo Farallones, como se observa en el río Chivor, y es suprayacida por capas arcillolíticas de la Formación Macanal. Los fósiles de amonitas encontrados en el contacto con la Formación Macanal indican el Valanginiano más temprano, por esta razón se le asigna edad Berriasiano a esta unidad. El espesor de la Formación Ubalá varía de un sitio a otro como todas las unidades del Cretácico basal en el CEOR. En la sección tipo mide 232m, al N en el lugar llamado El Santuario, el espesor disminuye y solo se observan dos bancos de caliza con un espesor inferior a los 90m. En los alrededores del embalse del Guavio el espesor debe ser de por lo menos 150m según los datos de Navarrete (1975) y Villamil (1988). Al SW del municipio de Ubalá, la unidad se adelgaza hasta desaparecer, de tal forma que la unidad basal del Cretáceo Inferior corresponde con la Formación Lutitas de Macanal.

Formación Chivor (b1c) Berriasiano. Unidad nueva

Se designa como Formación Chivor a las rocas que descansan sobre la Formación Santa Rosa e infrayacen a la Formación Lutitas de Macanal. Esta formación se caracteriza por rocas con diferentes texturas evaporíticas, acumuladas en ambientes marinos muy someros con bajos niveles de energía sobre el fondo de depósito, posiblemente llanuras intermareales, donde hubo varios episodios evaporíticos. La Formación Chivor se reconoce, de S a N, desde el embalse del Guavio hasta el embalse de Chivor. Al S aparece en dos franjas alargadas con dirección NE separadas por la Falla de San Isidro. Al N en el área del municipio de Macanal, aflora en una escama tectónica relacionada con la Falla Quebrada Negra.

El nombre de la unidad proviene del municipio de Chivor en donde la unidad presenta buenos afloramientos. En las zonas mineralizadas conocidas como Minas de Oriente y Minas de Soescol, la Formación Chivor muestra exposición completa, observándose el contacto

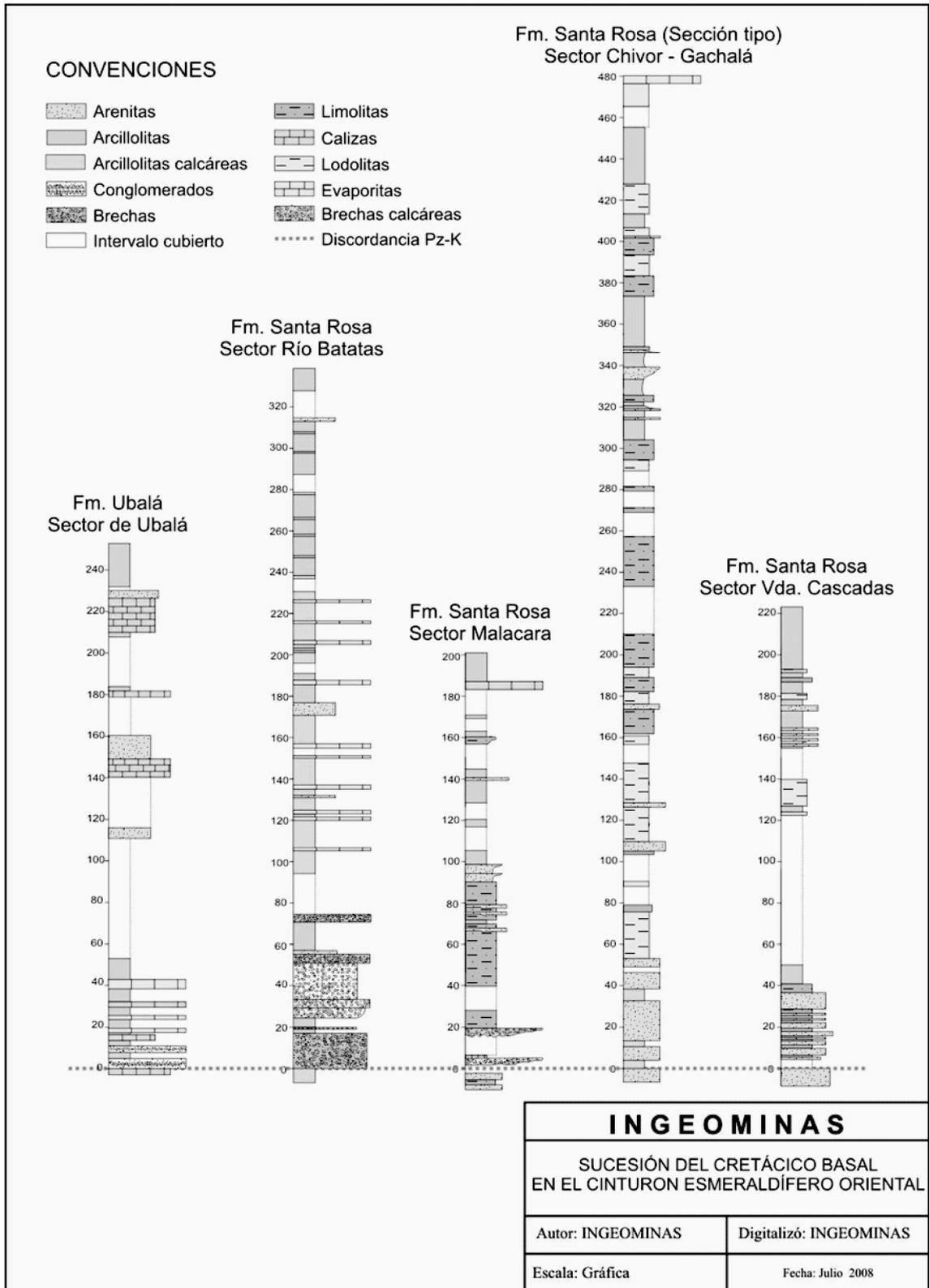


FIGURA 4. Sucesión del Cretácico basal en el CEO, formaciones Santa Rosa y Ubalá.

con la unidad infrayacente y suprayacente. En este sector, INGEOMINAS & GEOESTRATOS (2005) levantaron una columna estratigráfica, la cual se propone como sección tipo. En la confluencia del Río Chivor en el Río Guavio se observan buenos afloramientos y muestra un espesor de por lo menos 160m en donde afloran dos intervalos, uno inferior mayoritariamente calcáreo (95m) compuesto por calizas (wackestone y mudstone) que se intercalan con arcillolitas fosilíferas calcáreas y no calcáreas, y el intervalo superior (65m) donde se intercalan capas de boundstone con capas de wackestone, mudstone, rocas evaporíticas nodulares y arcillolitas (INGEOMINAS & Andrés Mora, 2005). Hacia el N, en el sector de Rionegro, su espesor disminuye y sólo afloran 3,5m de calizas (packstone) tal como se observa en el sector de Malacara. En la franja occidental, la Formación Chivor presenta un espesor de 120m (sección Minas de Oriente, FIGURA 5) y se diferencian varios paquetes de boundstone intercalados con rocas siliciclásticas y calcáreas (FIGURAS 6,7). Esta franja presenta orientación similar a la de la franja E (N35E) y es donde se localiza la sección tipo. En varios tipos de rocas calcáreas se reconocen estructuras y texturas relicticas de evaporitas, lo que sugiere que en el ámbito deposicional de la Formación Chivor hubo episodios evaporíticos donde se acumularon distintas clases de sales que posteriormente fueron reemplazadas por otros minerales, como ocurre en las zonas mineras del municipio de Chivor donde el reemplazamiento fue por albita, calcita, dolomita y piritita (FIGURAS 6,7). La unidad descansa en contacto concordantemente y neto sobre limolitas de la Formación Santa Rosa y es suprayacida de igual forma por arcillolitas de la Formación Lutitas de Macanal. La edad asignada para la Formación Chivor es Berriasiano, inferida de la posición estratigráfica entre las Lutitas de Macanal (con fauna de amonitas que indican edad Valanginiano Temprano-Berriasiano tardío en la parte más baja de la unidad) y la Formación Santa Rosa con fauna claramente del Berriasiano (comunicación verbal, Dr. Fernando Etayo Serna).

Formación Lutitas de Macanal (b2m) Valanginiano

Es una unidad predominantemente arcillosa con intercalaciones significativas de arenitas y limolitas que aflora entre las formaciones del Cretácico basal (Ubalá, Santa Rosa, Chivor o Batá) y la Formación Las Juntas o hacia el SW del CEOR sobre el Grupo Farallones. Al E del CEOR aparece entre las fallas de Santa María y Lengupá conformando una faja SW-NE. Hacia el W del CEOR la parte basal de la Formación Lutitas de Macanal está representada por arcillolitas grises en

capas medianas a delgadas, con gran cantidad de restos de plantas y bivalvos. En la parte media-baja de la unidad, al NE y SW del área de estudio, aparecen dos intervalos estratigráficos con intercalaciones frecuentes de arenitas en arcillolitas (Miembro El Fígaro e Intervalo Estratigráfico Los Cedros, FIGURAS 8 y 9) correspondientes al Valanginiano tardío (Etayo-Serna, 2007, comunicación personal). Según las observaciones de campo estos intervalos corresponden a depósitos de sedimento por gravedad sobre fondos marinos de costa-afuera (plataforma media o externa). El primer intervalo se encuentra en áreas rurales de los municipios de Ubalá, Gachalá (inspección de policía de Río Negro) y Gama, el cual en este trabajo se denomina como Miembro El Fígaro (b2mf). El segundo intervalo se localiza al N de las inspecciones de policía de Los Cedros (municipio de Campo Hermoso) y San Pedro de Muceño (municipio de Macanal) y se designa informalmente como Intervalo Estratigráfico de Los Cedros (b2mc), mientras se adelantan los trabajos estratigráficos y cartográfico pertinentes que permitan su formalización. Hacia el sector de Ubalá, en las veredas de San Pedro y Algodones, se observa un tercer intervalo en la misma posición estratigráfica, que corresponde a flujos turbidíticos distales mientras que los intervalos El Fígaro y Los Cedros parecen corresponder a flujos turbidíticos más proximales (FIGURA 10). La parte superior de la Formación Lutitas de Macanal corresponde a un intervalo de arcillolitas con intercalaciones frecuentes de arenitas y limolitas especialmente hacia los sectores entre Gachalá y Gama o entre Ubalá y Gachetá.

Las rocas de la Formación Lutitas de Macanal suprayacen concordantemente a las formaciones berriasianas Santa Rosa, Ubalá, Chivor o Batá, sin embargo, al SW del área de estudio (costado W del valle del Río Farallones), este contacto es paraconforme con rocas del Grupo Farallones debido al adelgazamiento y desaparición de la Formación Ubalá hacia este sector del CEOR. La fauna de amonitas encontrada en rocas de la base de la Formación Lutitas Macanal y que suprayacen a las formaciones Ubalá y Chivor, al N del municipio Ubalá y en la zona de Chivor, indican edad Valanginiano temprano. Los intervalos arenosos correspondientes a flujos de gravedad de la parte media-baja (Miembro El Fígaro e Intervalo Estratigráfico Los Cedros) fueron datados como Valanginiano tardío parte baja. Las rocas de la porción superior de la unidad, en la vereda Chivor Chiquito del municipio de Chivor, indican edades correspondientes al Hauteriviano (Etayo-Serna, comunicación personal). De acuerdo con lo anterior la edad asignada es principalmente Valanginiano y en parte Hauteriviano. El espesor



FIGURA 6. Estructuras de colapso en el segmento A de la Formación Chivor. Sección tipo, Minas de Oriente.



FIGURA 7. Estructura laminada lenticular en rocas del segmento C de la Formación Chivor, presumiblemente de origen evaporítico.

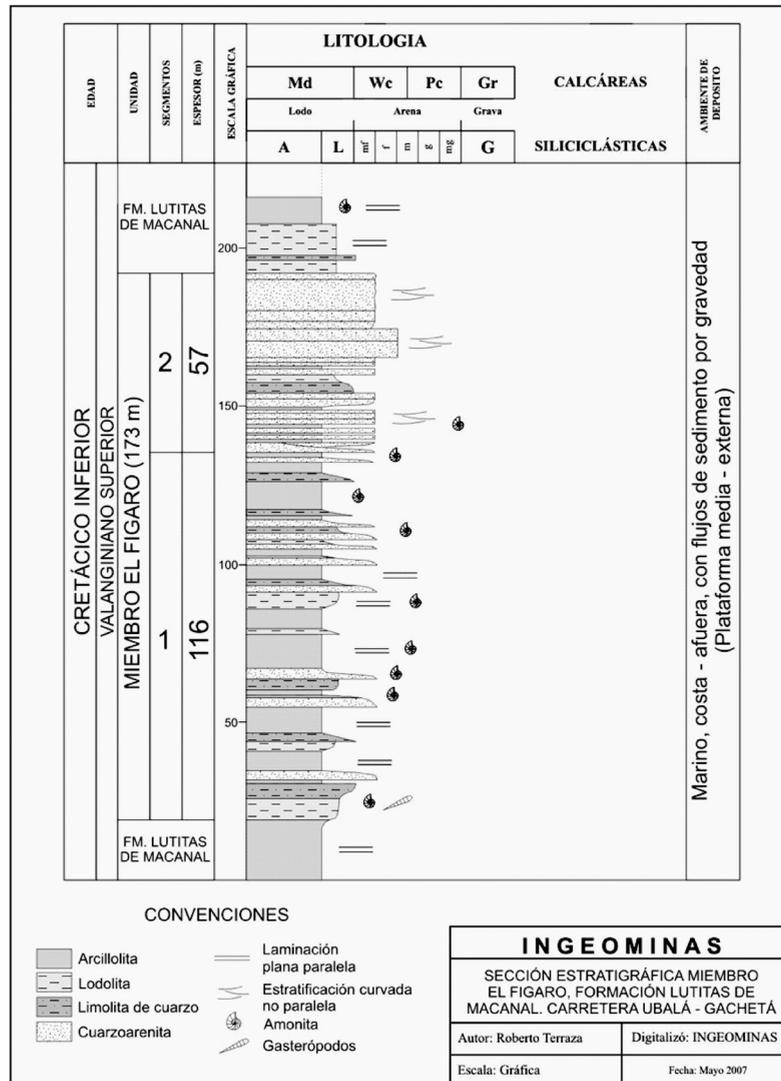


FIGURA 8. Columna estratigráfica del Miembro El Figaro (Formación Macanal).



FIGURA 9. Escarpe topográfico (cuchilla El Peñón) formado por el Intervalo Estratigráfico Los Cedros. Vista tomada con dirección N50W desde la vía Campo Hermoso–Escuela Guamal al NE de Muceño.



FIGURA 10. Detalle de una sucesión de arenitas intercaladas con arcillolitas que representan sedimentos acumulados posiblemente por flujos turbidíticos con turboglifos. Formación Lutitas de Macanal por el camino que comunica a la inspección de Palomas con el alto El Quemado y con las veredas Naranjitos y Algodones.

estimado mediante corte geológico al W de Santa Rosita fue de 1.250m, sitio en el cual la unidad presenta menos deformación. En la sección tipo Ulloa & Rodríguez (1979) calcularon un espesor de 3.000m, pero allí la unidad está fallada y plegada e incluyeron 1.100m de espesor correspondientes a la Formación Santa Rosa. En este lugar se estimaron 1.800m mediante corte geológico. Entre los municipios de Ubalá o Gachalá y Gama se observa un gran espesor de la unidad (más de 3.000m), especialmente en la parte alta (por encima del Miembro El Fígaro), sin embargo, en este intervalo no se pudo hacer control bioestratigráfico por ausencia de material paleontológico datable, por lo cual no se puede asegurar una secuencia sin repeticiones estratigráficas.

Formación Las Juntas (b3j) Hauteriviano

La Formación Las Juntas (FIGURA 11) se reconoce como una sucesión areno-arcillosa que aflora en los alrededores del caserío de Las Juntas y NW de Macanal. También aparece al W de Gama y al E de Santa María de Batá en franjas alargadas orientadas en NE-SW. En la localidad tipo los tres miembros que conforman la unidad muestran buen contraste morfológico, destacándose los miembros arenosos de Almeida y de El Volador. Hacia la región de Gachalá, Ubalá y Gama se siguen reconociendo los tres miembros, pero su cartografía se dificulta por los cambios laterales de facies que presenta la unidad (se vuelve predominantemente arcillosa). En el sector del embalse de Chuza y Laguna de Chingaza, prácticamente la formación no se reconoce ya que ha cambiado completamente a facies arcillosas. En la localidad tipo, por las vías Guateque-Las Juntas-Macanal, Guateque-Las Juntas-Chivor y Río Guaya-Las Juntas, aparecen buenos afloramientos de los diferentes miembros de la Formación Las Juntas, los cuales se describen a continuación, de base a techo (FIGURA 11).

Miembro El Volador (b3jv, 231m). Por la vía Las Juntas-Chivor, a la altura de la cuchilla Peña Bata, este miembro se compone de capas de 1,3 a 3m de espesor constituidas en la base por arcillolitas de color gris oscuro con 20-30% de láminas lenticulares y onduladas de arenita cuarzosa de textura muy fina que gradualmente pasan al techo a cuarzoarenitas de textura fina con cemento silíceo, laminación interna flasser y coloración grisácea. Se encuentran bivalvos, icnofósiles horizontales y ondulitas de oleaje (FIGURA 11).

Miembro Lutitas Intermedias (b3jli, 317m). Este miembro geomorfológicamente genera valles. Está compuesto, hacia el techo, por arcillolitas de color gris oscuro, laminadas lenticularmente (20-30% de lentes de cuarzoarenita texturalmente muy fina) y con bioperturbación baja. Contiene nódulos huecos y algunas intercalaciones delgadas de limolitas arcillosas de cuarzo, capas nodulares delgadas de porcelanita negra y en menor proporción capas gruesas o muy gruesas de cuarzoarenitas grises, de textura fina, bien calibradas, compactas, con cemento silíceo (FIGURA 11).

Miembro Almeida (b3ja, 157m). Es el más prominente desde el punto de vista morfológico debido a la presencia de capas muy gruesas de arenitas intercaladas por lo cual origina escarpes muy empinados dentro de las cuales se destacan las cuchillas El Volador y Loma El Peñón y los cerros Loma El Trestal y Alto La Resevera (FIGURA 11).

En la sección Gachetá-Ubalá, tanto el límite inferior (con la Formación Lutitas de Macanal) como el superior (con la Formación Fόμεque) son concordantes y transicionales. El primero se localizó en la base del primer estrato grueso de arenitas de la Formación Las Juntas y el segundo sobre el techo del último conjunto grueso de arenitas con laminación decimétrica inclinada de esta misma unidad. En el sector E desde Mámbita hasta el noreste de Santa María de Batá, el contacto con la infrayacente Formación Macanal es de tipo estructural (Falla de Lengupá), mientras que el contacto con la suprayacente Formación Fόμεque es concordante y neto. No se encontraron macrofósiles que permitieran datar la Formación Las Juntas en el área de estudio.

En la sección de Gachetá-Ubalá se tomaron muestras sistemáticamente para palinología y foraminíferos de las cuales no hubo recobro de palinomorfos y la microfauna de foraminíferos no fue suficientemente diagnóstica para realizar algún tipo de datación. Su edad deducida de la posición estratigráfica es Hauteriviano considerando que la base de la suprayacente Formación Fόμεque es Barremiano Temprano (quebrada Cuya), y las capas más altas estratigráficamente de las Lutitas de Macanal son en parte Hauteriviano (sector de Chivor, vereda Chivor Chiquito). En la sección estratigráfica levantada por la vía Gachetá-Ubalá se midieron 705m.

Formación Fόμεque (b4b6f) Barremiano - Albiano temprano?

La unidad genera una morfología relativamente suave (en contraste con la morfología escarpada de la infrayacente

Formación Las Juntas y la suprayacente Formación Une) y está compuesta por paquetes de arcillolitas con intercalaciones frecuentes de biomicitas y de algunas arenitas y bioesparitas que resaltan en la morfología. Aflora ampliamente al NW de Macanal, en los valles de las quebradas Cuya y El Dátil así como también al W de Gama en el valle del río Rusio. Además, se presenta como una franja continua de dirección NE desde el S de Mámbita hasta el NE de Santa María de Batá. Se midió una columna estratigráfica semidetallada por la carretera Gachetá-Ubalá, entre los ríos Rusio y Muchindote, donde se levantaron los primeros 415m de la unidad (FIGURA 12). Consta principalmente de arcillolita negra a gris oscuro, compacta, poco carbonosa, en capas delgadas plano-paralelas, laminadas o con aspecto macizo, con pirita muy fina diseminada y niveles con nódulos silíceos. Se intercalan frecuentemente capas gruesas y muy gruesas de wackestone terrígeno de bivalvos, en menor proporción capas de grainstone de bivalvos, mudstone terrígeno (lodoso) de fragmentos de bivalvos, cuarzoarenitas muy finas o finas, maduras, algunas, limolitas de cuarzo o lodolitas y packstone terrígeno de bivalvos. El límite inferior de la Formación Fόμεque con la Formación Las Juntas se considera concordante-transicional y el límite superior con la Formación Une es concordante-neto. La fauna de amonitas encontradas en la base de la formación, aproximadamente a unos 120m del techo de la Formación Las Juntas, indican edad Barremiano Temprano (quebrada Cuya, carretera Las Juntas-Chivor). Las amonitas en la base de la Formación Une, por la carretera que conduce de la inspección de policía de Claraal al municipio de Junín, sugieren el Albiano Medio (Etayo-Serna, comunicación personal) de tal manera que la Formación Fόμεque abarcaría el lapso Barremiano-Albiano Temprano.

Formación Une (b6k1u) Albiano medio - Cenomaniano

La Formación Une aflora al W de la población de Gama, en una franja orientada en sentido NS que genera escarpe topográfico respondiendo a la litología que la representa (arenitas). En el sector E del área de estudio se extiende como una franja continua, orientada SW-NE y con morfología fuerte, desde la vereda San Luis al S (6km al S de Mámbita) hasta el SE de la inspección de policía de Los Cedros al norte. Al W del CEOR aflora solamente la base de la Formación Une, la cual aparece expuesta en afloramientos discontinuos por la carretera entre la inspección de policía de Claraal y Junín. Morfológicamente genera un escarpe constituido por bancos gruesos, medianos y delgados de cuarzoarenitas de color gris oscuro (meteorizada a

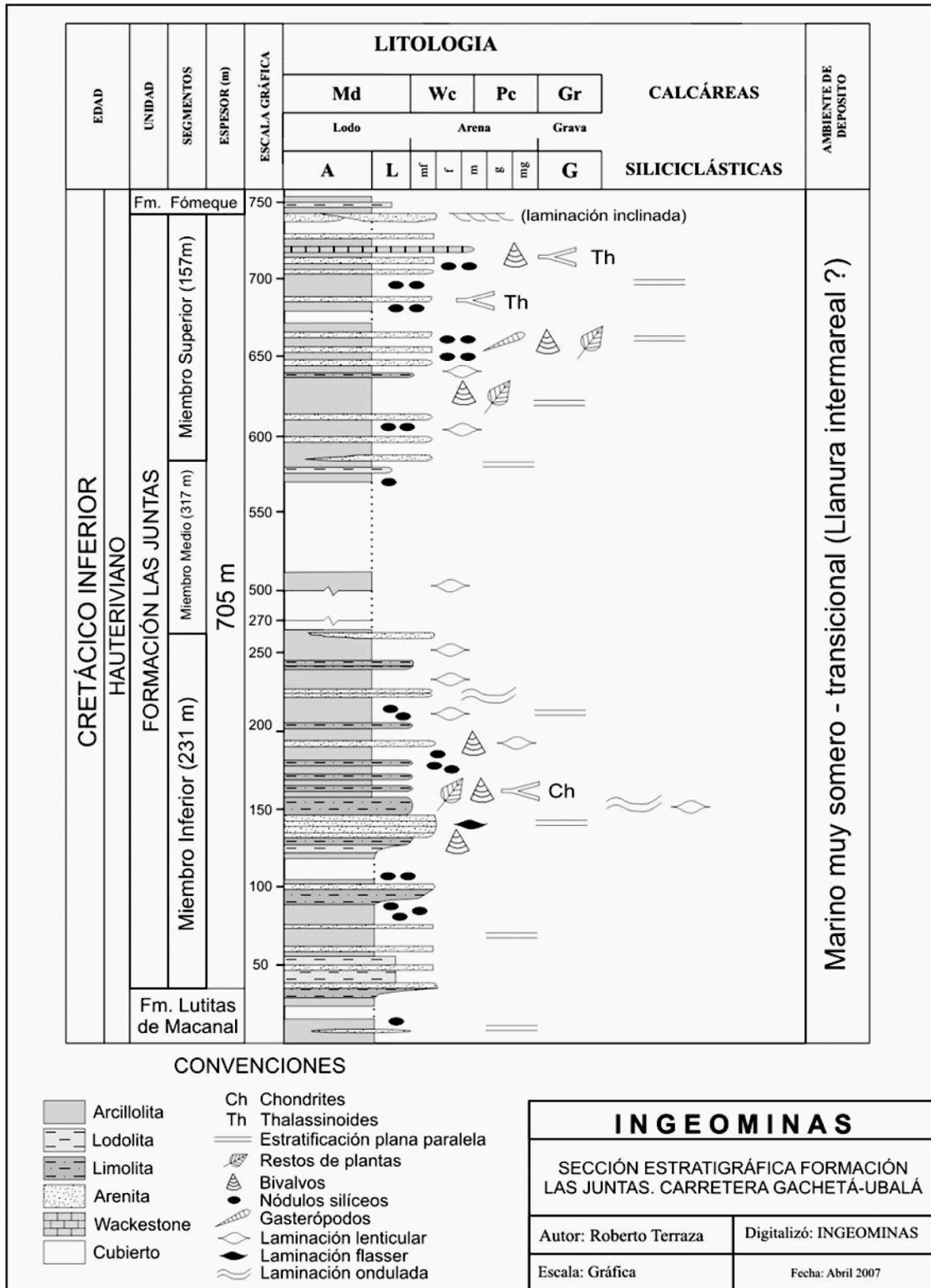


FIGURA 11. Columna estratigráfica de la Formación Las Juntas.

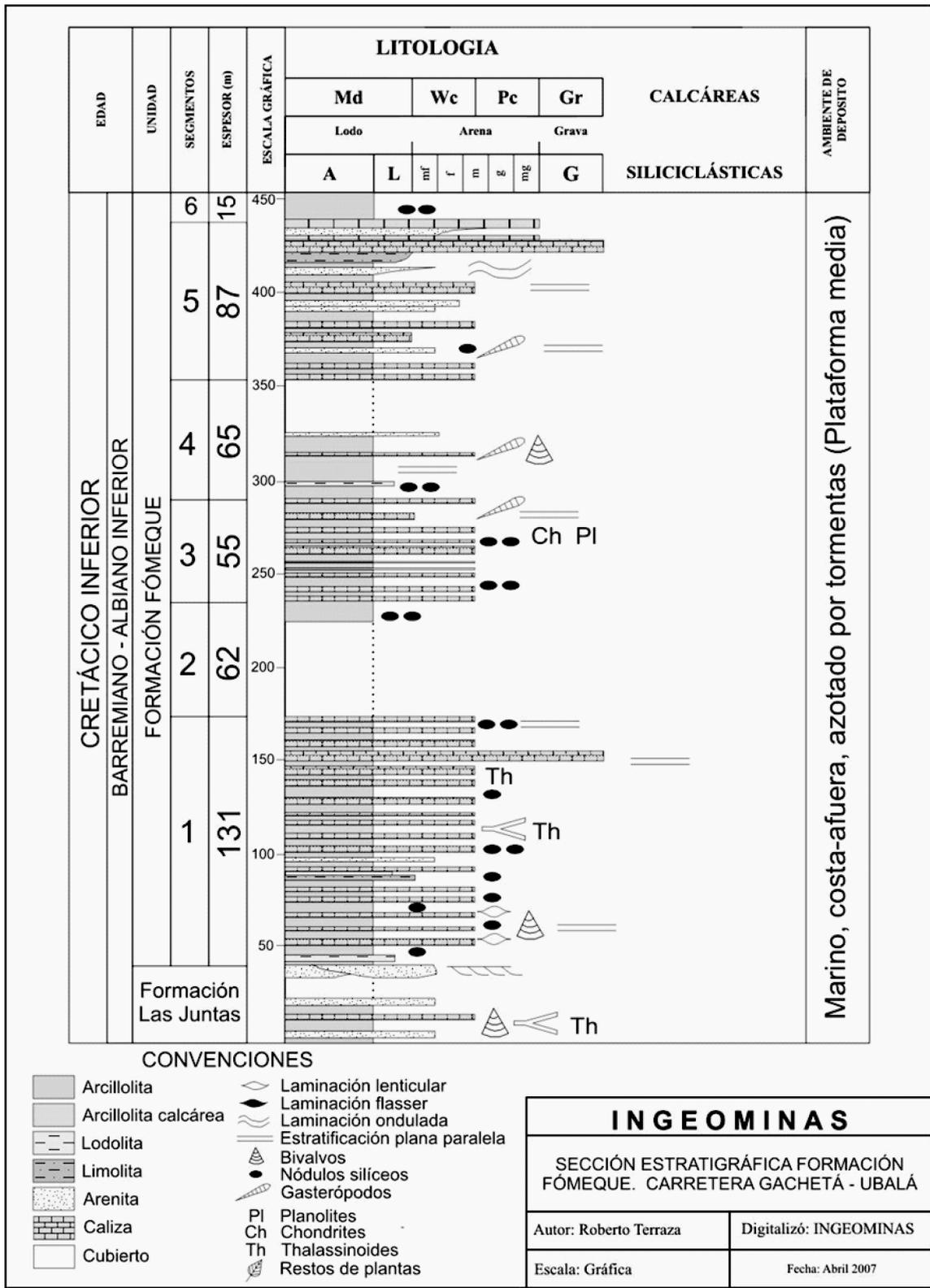


FIGURA 12. Columna estratigráfica de la Formación Fômeque.

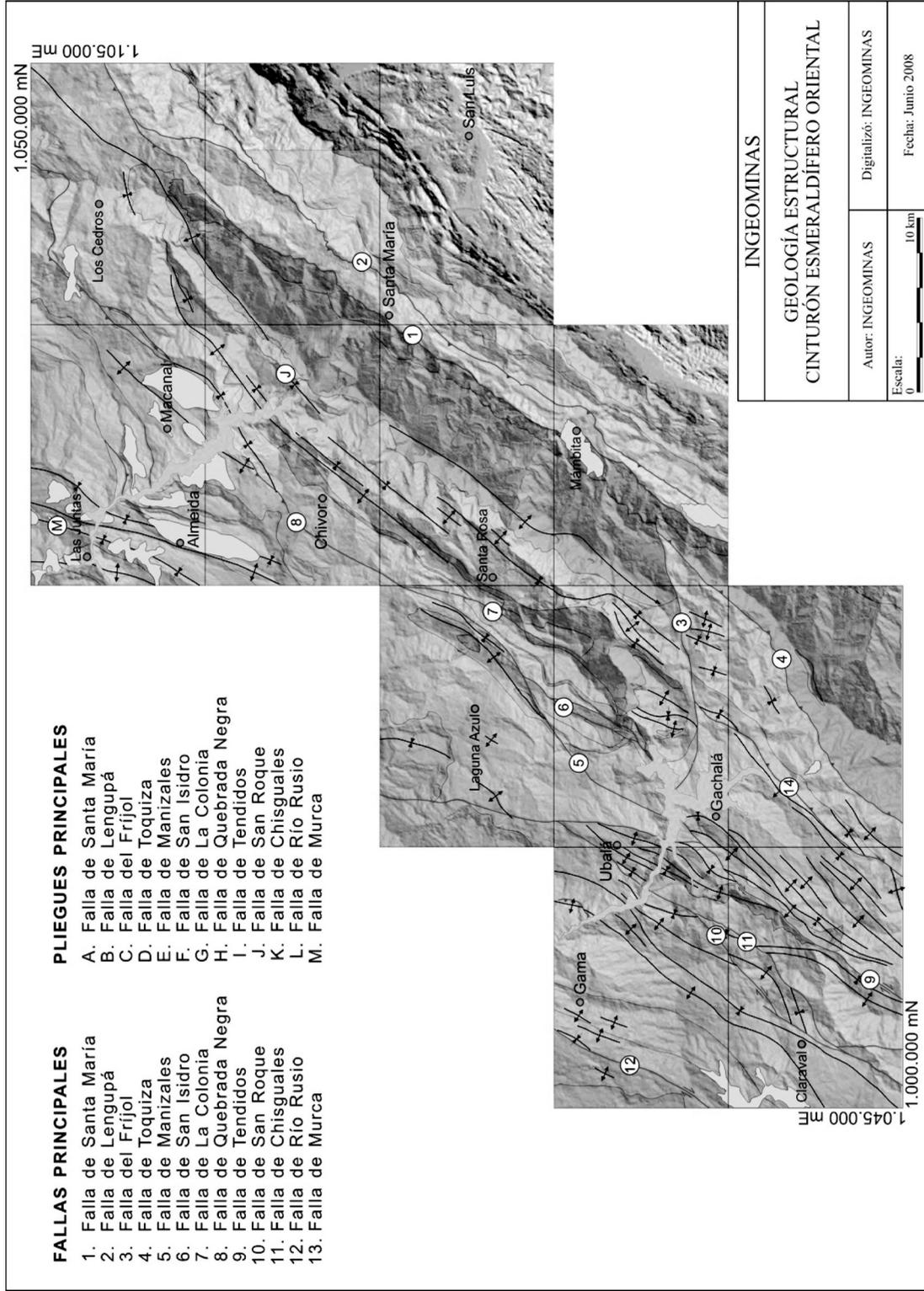


FIGURA 13. Geología estructural del CEOR.

tonos gris claro o amarillentos) con textura muy fina y fina, moderadamente a bien calibradas, maduras, con cemento silíceo y con bioperturbación baja. La forma de las capas es lenticular y algunas de ellas muestran estratificación interna inclinada en artesa, se intercalan con las arenitas capas gruesas y delgadas de arcillolita gris oscuro o negro, algo limosa, laminada internamente o maciza. El límite inferior con la Formación Fômeque es concordante–neto mientras el límite superior no aparece en la zona de estudio. Las amonitas encontradas en la base de la formación sugieren edad Albiano Medio (Etayo-Serna, comunicación personal). En el sector de San Luis Guerrero & Sarmiento (1996) reportan 1390m y en el sector de Manta Montoya & Reyes (2003) reportan 1453m.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El Macizo de Quetame atraviesa la zona del CEOR en dirección NE-SW y en él afloran rocas del Grupo Farallones que conforman el basamento Paleozoico sobre el cual se acumularon las rocas del Cretáceo. El macizo puede dividirse en dos segmentos a partir de la Falla del Fríjol (rumbo-sinestral) la cual se traza paralela al curso del río Naranjitos. El segmento S del macizo, fallado tanto al E (Falla de Santa María) como al W (Falla de Toquiza) por fallas inversas de vergencia opuesta, producen un bloque levantado de basamento paleozoico. En el segmento N se forma el Anticlinal de Montecristo, el cual es un anticlinal extenso que tiene asociados varios pliegues menores. Las rocas cretácicas circundan al macizo y sus características estructurales dependen de su ubicación con respecto a este basamento paleozoico. Al E las fallas que afectan las rocas son estructuras regionales, orientadas NE-SW, que se extienden por decenas de kilómetros y corresponden a fallas inversas con vergencia E que hacen parte del sistema de fallas del piedemonte llanero. Al W, se presentan dos tipos de fallas, unas de menor longitud con vergencia al E y dirección NE-SW y que son las responsables del cabalgamiento de rocas Paleozoicas sobre cretácicas, y otras fallas más regionales, de salto combinado tanto inverso como transcurrente (dextral o sinestral), con ejes de pliegues oblicuos a su trazo y que repiten secuencia en aquellos sitios en donde el segmento de la falla es transpresivo. El plegamiento en las rocas del Cretáceo, en general, no es complejo, desarrollándose pliegues anticlinales y sinclinales amplios y extensos como el Anticlinal de Garagoa, Anticlinal Peña El Fígaro, Sinclinal de Santa Rosa o

Sinclinal de Claraval, entre otros, los cuales presentan orientación noreste-suroeste, así como también numerosos pliegues de menor longitud y amplitud.

CONCLUSIONES

Altos y bajos de basamento Paleozoico (con zonas entre semiplanas a muy empinadas) limitados por fallas normales condicionaron la sedimentación cretácica en la región del CEO, hecho que se evidencia especialmente en las unidades basales del Cretáceo Inferior correspondientes al piso Berriasiano

La sucesión litoestratigráfica en el Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEO) inicia con una secuencia basal areno-lodosa del Paleozoico Superior (Devónico–Carbonífero) correspondiente al Grupo Farallones, sobre la cual descansan incorformemente las unidades basales del Cretáceo Inferior (formaciones Batá, Chivor, Ubalá o Santa Rosa) en las cuales se registra los primeros avances del mar Cretáceo sobre esta región.

La Formación Chivor se corresponde a una secuencia calcárea – evaporítica, acumuladas en ambientes marinos muy someros con bajos niveles de energía sobre el fondo de depósito, posiblemente llanuras intermareales.

REFERENCIAS

- Etayo, F., Renzoni, G. & Barrero, D. 1969. Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia. Memoria Primer Congreso Colombiano de Geología, pp.217-252. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Etayo-Serna, F., Solé De Porta, N. & Gaona, T. 2003. The Batá Formation of Colombia is truly Cretaceous, not Jurassic. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 113-117.
- Bürgl, H. 1960. El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá. *Boletín Geológico*, Volumen 6 (1-3): 169-211. INGEOMINAS, Bogotá.
- Fabre, A. 1987. Tectonique et Génération d' Hydrocarbures: Un Modèle de l' Évolution de la Cordillère Orientale de Colombie et du bassin des Llanos Pendant le Crétacé et le Tertiaire. *Arch. Sc. Genève*, 40 (2): 145-190.

Guerreo, J. & Sarmiento, G. 1996. Estratigrafía Física, Palinológica, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. *Geología Colombiana*, 20: 3–66.

INGEOMINAS & GEOESTRATOS 2005. Levantamiento de información estratigráfica y muestreo paleontológico, geoquímico e isotópico en secciones estratigráficas en el terreno del Cretáceo Inferior del sector central de la cordillera oriental. Sección Chivor y Malacara. INGEOMINAS, Bogotá. Informe inédito, 21p.

INGEOMINAS & Mora, A., 2005. Levantamiento de información estratigráfica y estructural de los cinturones esmeraldíferos de la Cordillera Oriental. INGEOMINAS, Bogotá. Informe inédito, 152p.

Montoya, D. & Reyes, G. 2003. Geología de la Plancha 209 - Zipaquirá. Informe 2739. Ingeominas. Bogotá.

Montoya, D., Terraza, R., Reyes, G., Moreno, G & Fúquen, J. 2008. Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental Planchas 210, 229 y 228. Escala 1:100000. Ingeominas. Bogotá.

Mora, A. 2007. Inversion tectonic and exhumation processes in the Eastern Cordillera Colombia. Tesis doctoral, Universidad de Potsdam, 133p.

Sarmiento, L. 2001. Mesozoic Rifting and Cenozoic Basin Inversion History of the Eastern of the Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models. Tesis Ph. D., Netherlands Research School of Sedimentary Geology, 295p.

Terraza, R., Montoya, D., Reyes, G., Moreno, G. & Fúquen, J. 2008. Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental Planchas 210, 228 Y 229. Informe 2877, 129p. Ingeominas. Bogotá.

Trabajo recibido: Junio 25 de 2009

Trabajo aceptado: Octubre 23 de 2009