

**DIAGNÓSTICO DE LA NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES
LITOESTRATIGRÁFICAS CRETÁICAS DEL PIEDEMONTES LLANERO
(REGIÓN DE MEDINA – SAN LUIS DE GACENO)**

MARÍA ROSANA BÁEZ RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2016

**DIAGNÓSTICO DE LA NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES
LITOESTRATIGRÁFICAS CRETÁICAS DEL PIEDEMONTE LLANERO
(REGIÓN DE MEDINA – SAN LUIS DE GACENO)**

MARÍA ROSANA BÁEZ RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar por el título de geólogo

Director

JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA

Geólogo MSc.

Codirector

JAIRO CLAVIJO TORRES

Geólogo MSc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANER
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A mi papá Hugo Emigro Baez y mi mamá Lilia Patricia Rodriguez, por siempre estar a mi lado, apoyándome en cada una de mis decisiones, guiándome por el mejor camino y dando lo mejor de sí en los momentos buenos y malos. Gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de ser una profesional.

A mi hermana Sara, que es mi compañera en la vida y mi motivación para ser una mejor persona cada día.

A mis mejores amigos con quienes compartí numeroso momentos que permitieron que disfrutara de una de las mejores etapas de la vida y darme tantas alegrías. En especial a Carolina Castellanos, por ser esa persona incondicional, quien me ayudo a entender que no hay nada imposible, que todo se trata de quererlo de verdad.

María Rosana Báez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de forma especial al geólogo Jairo Clavijo Torres, por su acompañamiento y orientación en el desarrollo de este proyecto.

Al geólogo Jorge Eduardo Pinto, por el apoyo y el tiempo brindado durante la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN-----	14
1. ANTECEDENTES-----	16
2. OBJETIVOS-----	18
2.1 OBJETIVO GENERAL-----	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	18
3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA-----	19
4. MARCO GEOLÓGICO-----	22
5. MÉTODOS Y TERMINOLOGÍA-----	27
6. RESULTADOS-----	36
6.1 CALIFICACIÓN-----	36
6.2 EVALUACIÓN-----	42
7. DIAGNÓSTICO DE LAS UNIDADES EVALUADAS-----	48
7.1 SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA DE LAS UNIDADES EVALUADAS-----	48
7.1.1 Grupo I-----	48
7.1.2 Grupo II-----	73
8. CONCLUSIONES-----	113
9. RECOMENDACIONES-----	117
BIBLIOGRAFÍA-----	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio	20
Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio.	21
Figura 3. . Mapa geológico del Piedemonte Llanero, segmentos estructurales. ...	23
Figura 4. Estado Final de la Cuenca de la Cordillera Oriental en el Maastrichtiano.	25
Figura 5. Modelos hipotéticos de la evolución tectónica en el Cretácico.	26
Figura 6. Unidades evaluadas que cumplen con el requisito del 65% para ser tomadas como en proceso de Formalización	42
Figura 7. Nomenclatura propuesta en la Fase I - Área Piloto.	44
Figura 8. Nomenclatura estratigráfica del Cretácico en el Piedemonte Llanero y Este de Bogotá	45
Figura 9. Distribución de Facies en profundidad (A) y tiempo (B), localidades de Paramo del Rajadero, Chinavita-Tibaná, Quebrada Playonera/Palmichal y Pozo Cusiana 2-A.	95
Figura 10. Diagrama de las relaciones entre las unidades del Cretácico superior de la Cordillera Oriental y las del Piedemonte Llanero.	97
Figura 11. Sección estratigráfica esquemática de las unidades de la parte central de la Cordillera Oriental.	106
Figura 12. Sección estratigráfica de referencia área central de la Cordillera Oriental.	107
Figura 13. Cuadro de Correlación de Formación Cretácicas Terciarias en superficie y en el subsuelo.	108
Figura 14. Sección estratigráfica del Cretácico y Terciario.	109
Figura 15. Estratigrafía Meso-Cenozoica del flanco este de la Cordillera Oriental.	110

Figura 16. Esquema regional de la estratigrafía de la Cordillera Oriental.	111
Figura 17. Cuadro de correlación estratigráfica, Cordillera Oriental y Piedemonte Llanero. ANH.	112

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Módulos, parámetros y criterios valorados a valorar para diagnosticar el estado del conocimiento estratigráfico.	30
Tabla 2. Formalidad de la unidad.	31
Tabla 3. Estratotipo.	31
Tabla 4. Información Paleontológica y Radiométrica.....	32
Tabla 5. Edad Geológica.....	33
Tabla 6. Localidad Tipo. Tomado y modificado de Muñoz et al. 2003	33
Tabla 7. Términos Cualitativos y numéricos.	34
Tabla 8. Resultados de la calificación de unidades.	36
Tabla 9. Lista de Unidades Evaluadas	40
Tabla 10. Nomenclatura Sugerida para la Región de Medina - San Luis de Gaceno	115

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tabla de recopilación de la información.

Anexo B. Calificación de las Unidades.

Anexo C. Columnas Estratigráficas.

RESUMEN

TÍTULO:

DIAGNÓSTICO DE LA NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS CRETÁICAS DEL PIEDEMONTTE LLANERO (REGIÓN DE MEDINA – SAN LUIS DE GACENO)*

AUTOR:

MARIA ROSANA BÁEZ RODRÍGUEZ**

PALABRAS CLAVE:

Nomenclatura estratigráfica, diagnostico, estratigrafía, formalización, Piedemonte Llanero

DESCRIPCIÓN:

El siguiente trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico del conocimiento de la nomenclatura estratigráfica del sector de Medina – San Luis de Gaceno, en la subcuenca del Piedemonte Llanero, Cordillera Oriental. La nomenclatura empleada en la Cordillera Oriental en sus sectores central y occidental y la nomenclatura de la cuenca de los Llanos Orientales se investiga, como forma de abarcar un territorio amplio que permita relacionar litológica y cronológicamente las unidades que se han implementado. El proceso para llegar a un diagnóstico consta de tres fases, por medio de las cuales se puede considerar una unidad litoestratigráfica sedimentaria como formal y sugerir su uso. La primera fase consiste en una revisión de la información disponible, de la cual se extrae toda aquella referente al nombramiento y descripción de unidades en el área de interés. En la segunda fase, con la información organizada, se procede a desarrollar una calificación por medio de módulos, que arrojan un porcentaje de importancia para cada unidad, teniendo en cuenta los criterios básicos para la descripción de unidades geológicas propuestas por la Guía Estratigráfica Internacional (GEI) y el Código Estratigráfico Norteamericano (NASC). Además se agregaron cambios referentes al módulo paleontología, el cual incluye un parámetro sobre si existen estudios de dataciones radiométricas para las unidades sedimentarias. Con la información y la calificación, se evalúa cada unidad de forma integral, para relacionar y dar recomendaciones sobre el uso de los nombres. Finalmente se concluye cuales nombres se sugieren abandonar y cuales conservar. De este proceso se obtuvieron como resultado, 16 unidades litoestratigráficas sedimentarias, las cuales se proponen como en proceso de formalización.

*Trabajo de Grado Modalidad Investigación

**Escuela de Geología, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama, Msc. Codirector: Jairo Clavijo Torres, Msc.

ABSTRACT

TITLE:

NOMENCLATURE DIAGNOSIS OF CRETACEOUS LITOESTRATIGRAPHIC UNITS IN THE LLANOS FOOTHILLS (MEDINA – SAN LUIS DE GACENO REGION) *

AUTHOR:

MARÍA ROSANA BÁEZ RODRÍGUEZ**

KEYWORDS: Stratigraphic Nomenclature, diagnosis, stratigraphy, formalization, Llanos Foothills

DESCRIPTION:

The following study aims to diagnose the knowledge of the stratigraphic nomenclature in the Medina - San Luis de Gaceno region, in the Llanos Foothills basin, Eastern Cordillera. The nomenclature implemented in the Eastern Cordillera in its central and western sectors and the Llanos Orientales basin, is investigated as a way to cover a large territory for relating lithological and chronological units that have been implemented. The process to reach a diagnosis consists of three phases, through which a stratigraphic unit can be considered formal and extend its use. It starts doing a review of the available information which is of public domain, then get all that concerning to the designation and descriptions of units in the area of interest. With the information properly organized, we proceed to develop a rating through qualification modules yielding a percentage of importance for each unit, taking into account the basic criteria for describing geological units, given in the International Stratigraphic Guide (IGS) and the North American Stratigraphic Code (NASC). Once we have the information and qualifications of each unit, we proceed to make recommendations about the way the names of the unit should be use and the missing information that could help to complement it. Finally we conclude which names should be abandoned and which should stay. As a result of this process it was obtain, 16 sedimentary lithostratigraphic units, which are proposed as being formalized.

* Degree work

** Faculty of Physical Engineering - Mechanical. School of Geology. Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama, Msc. Codirector: Jairo Clavijo Torres, Msc.

INTRODUCCIÓN

Un diagnóstico es el estudio objetivo e integral de la información recopilada de numerosas fuentes, la cual se relaciona y analiza para ofrecer recomendaciones y sugerencias que sirvan como orientación a la búsqueda de nueva información y permita actualizar la nomenclatura estratigráfica colombiana. El presente proyecto realiza un diagnóstico de la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas sedimentarias Cretácicas de la región de Medina – San Luis de Gaceno en la subcuenca del Piedemonte Llanero, Cuenca Cordillera Oriental.

La información sobre la estratigrafía colombiana utilizada en este estudio, proviene principalmente de informes, estudios, gráficos, y mapas del Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS, tesis de pregrado y artículos de la Universidad Nacional de Colombia, Universidad Industrial de Santander y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, artículos y boletines publicados en revistas científicas y algunos documentos de dominio público de empresas del estado y privadas, como Ecopetrol-ICP y ANH. Durante la consulta se encontraron referencias de informes de empresas de servicios, a los cuales no se tuvo acceso por ser privados, por tal motivo la información que pueda haber en estos informes no es considerada para la calificación y diagnóstico de las unidades.

Mediante el análisis de la información recopilada se busca realizar un diagnóstico de las unidades seleccionadas y desarrollar una propuesta inicial de unificación y actualización de la nomenclatura en el área de estudio. La propuesta de creación de una nueva unidad estratigráfica formal requiere explicitar el intento de introducirla y las razones para hacerlo. Una nueva unidad tiene que ser adecuadamente propuesta y descrita. Esto supone una definición, caracterización y descripciones claras y completas de la unidad de manera que cualquier investigador pueda identificarla y pueda ser usada como referencia por parte de la comunidad científica (IUGS International Commission on Stratigraphy, 1994). De no ser así se

recomienda su abandono o que se haga la respectiva caracterización para poder ser empleada como unidad formal.

Este trabajo sigue la metodología propuesta por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), quienes también desarrollan su investigación en el Piedemonte Llanero. Uno de los objetivos del proyecto es poder hacer una contribución respecto a la actualización del Léxico Estratigráfico Colombiano. Los resultados contribuirán a entender mejor la estratigrafía de la región y promover estudios similares en otras regiones del país.

1 ANTECEDENTES

Es conveniente referir la consulta documental de los trabajos realizados que guardan relación con los objetivos propuestos en este estudio, en función de ello, a continuación se exponen algunos estudios que hacen referencia a la temática.

Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), es su trabajo denominado “Proyecto de Estandarización de la Nomenclatura Estratigráfica de las Cuencas Petrolíferas de Colombia”, bajo el acuerdo INGEOMINAS, ECOPETROL-IPC Y GRUPO SCOUT, realizaron por primera vez una metodología susceptible de ser aplicada en la evaluación de una unidad estratigráfica formal, donde se evaluó el estado actual del conocimiento estratigráfico en el Piedemonte Llanero – Área Piloto. El trabajo consiste en cuatro partes que también fueron tomadas como referencia en el presente estudio, las cuales consisten en; inventario, revisión y compilación de información, calificación de unidades estratigráficas, evaluación de la información disponible y tratamiento estadístico al total de las unidades evaluadas y de unidades seleccionadas. La conclusión dada por los autores es que un diagnóstico es imprescindible dentro del proceso de estandarización de la nomenclatura, ya que es la única manera de reconocer el estado actual del conocimiento estratigráfico. Este trabajo es la base que se empleó para la presente investigación, debido a que en los años posteriores a este documento han surgido más nombres de unidades y se hace necesario realizar una actualización.

Adicionalmente Vergara y Rodriguez (1995), elaboran el informe de proyecto titulado “Estandarización de la Nomenclatura Estratigráfica – Cretácico superior-Piedemonte Llanero”, convenio Ingeominas –IPC, que consiste en la segunda fase posterior a Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) donde, después de elaborar el diagnóstico, se lleva a cabo una fase de caracterización de unidades, mostrando que es fundamental conocer a detalle la geología de la región para poder identificar claramente las unidades presentes. El objetivo principal de este informe fue la

caracterización de las unidades estratigráficas del Cretácico superior, fase que no se desarrolla en el presente estudio.

Posteriormente, Clavijo (1999) realiza una investigación titulada “Diagnostico de las unidades Terciarias del Cinturón de San Jacinto – Subcuenca de Plato”, donde sigue la metodología propuesta por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), en el cual muestra de manera objetiva el estado actual de conocimiento estratigráfico de la región de San Jacinto y considera que el trabajo sirve como pauta para la caracterización de las unidades de las demás provincias y cuencas geológicas del país, ya que en Colombia no se ha hecho algo al respecto. Clavijo (2000) concluye que cualquier proyecto de estandarización requiriere indispensablemente de la elaboración previa de un diagnóstico, siendo la única manera confiable de evaluar el estado actual del conocimiento estratigráfico.

Por otro lado, Muñoz *et al.* (2003) plasman a detalle el método cuantitativo para diagnosticar el estado del conocimiento estratigráfico, tomando como ejemplo lo aplicado en el Piedemonte Llanero. Los autores argumentan la necesidad de evaluar la información básica de una unidad estratigráfica sedimentaria, para que sea considerada como unidad formal dentro de la nomenclatura estratigráfica, hecho que motivó el diseño de un método cuantitativo como herramienta de evaluación. Es un método que incluye una forma integrada por módulos con criterios y parámetros, que permite registrar a detalle la descripción de una unidad, teniendo como base la Guía Estratigráfica Internacional y el Código Estratigráfico Norteamericano. Los autores concluyen que el método cuantitativo permite particularizar, dónde concentrar el esfuerzo cognitivo que se requiere para actualizar el conocimiento estratigráfico de las formaciones, de acuerdo con el interés académico o económico. Además este método muestra ser funcional y es un camino para reducir la subjetividad de juicio cuando otras personas califican, valoran o analizan el estado del conocimiento, siendo una herramienta útil que ayuda y soporta el análisis de la información.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del trabajo realizado en este proyecto de investigación, fue realizar un diagnóstico de la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas Cretácicas en la región de Medina – San Luis Gaceno en la subcuenca del Piedemonte Llanero, cuenca Cordillera Oriental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferentes nomenclaturas, analizar los criterios de clasificación usados y proponer una nomenclatura para las unidades litoestratigráficas en el Piedemonte Llanero, que contribuya a unificar y establecer criterios claros de uso.
- Calificar las unidades por módulos de caracterización.
- Obtener un diagnóstico de las unidades seleccionadas.
- Realizar una propuesta inicial de unificación y actualización de la nomenclatura estratigráfica de las áreas en estudio.
- Contribuir a la actualización del léxico estratigráfico de Colombia.

3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuentra localizada en la Región de Medina – San Luis de Gaceno (Oriente de Bogotá), en el Piedemonte Llanero, sobre el flanco oriental de la Cordillera Oriental. La región abarca parte sureste del Departamento de Cundinamarca, sur del Departamento de Boyacá, este del Departamento del Casanare y en una parte menor del norte del Departamento del Meta.

Se toma como referencia el mapa geológico de la región de Medina – San Luis de Gaceno del INGEOMINAS escala 1:100.0000 (López, 2004) que abarca las planchas geológicas 229 Gachalá y 248 Cumaral. Su base cartográfica es tomada de las Planchas del IGAC número 210 y 248 escala 1:100.000.

La Plancha 229 Gachalá se encuentra ubicada entre las coordenadas MAGNA planas del IGAC X=1'000.000 a 1'040.000, Y=1'060.000 a 1'120.000. Estas coordenadas delimitan un área de 2400 Km², que cubre los municipios de Ubalá, Gachalá y Medina en el departamento de Cundinamarca; Chivor, Santa María de Bata y San Luis de Gaceno en Boyacá y Sabanalarga en Casanare (Terraza et al. 2013)

La Plancha 248 Cumaral se encuentra ubicada entre las coordenadas MAGNA planas del IGAC X=1'000.000 a 960.000, Y=1'060.000 a 1'120.000. Localizadas sobre el Departamento de Cundinamarca y en menor medida sobre parte del Departamento del Meta. Cubre los municipios de Medina y Gachalá, al oriente los municipios de Paratebuena, Barrana de Upia y Cabutaro, y al suroccidente los Municipios de Cumaral y Restrepo (Convenio Especial de Cooperación, 2015)

Figura 1. Localización del área de estudio

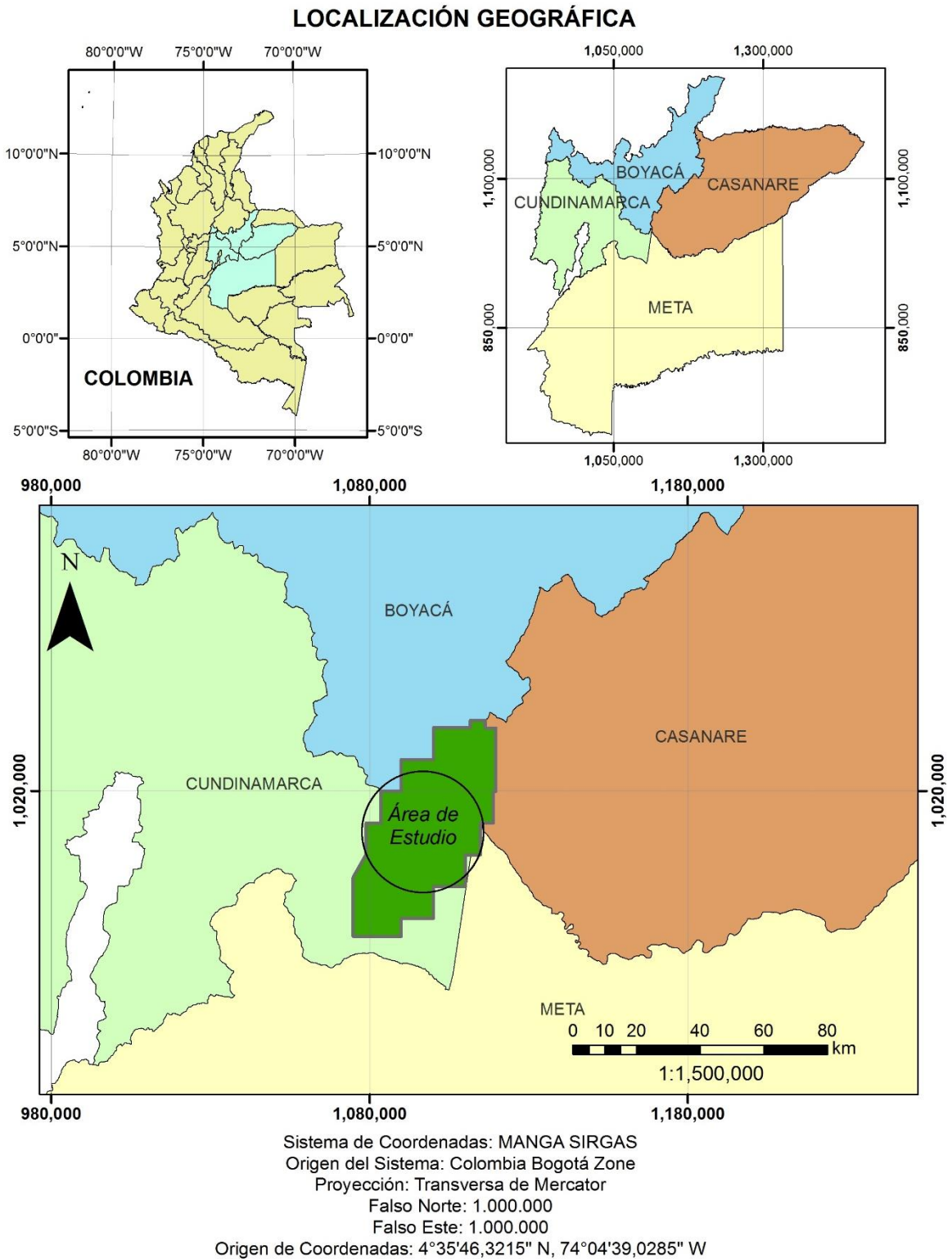
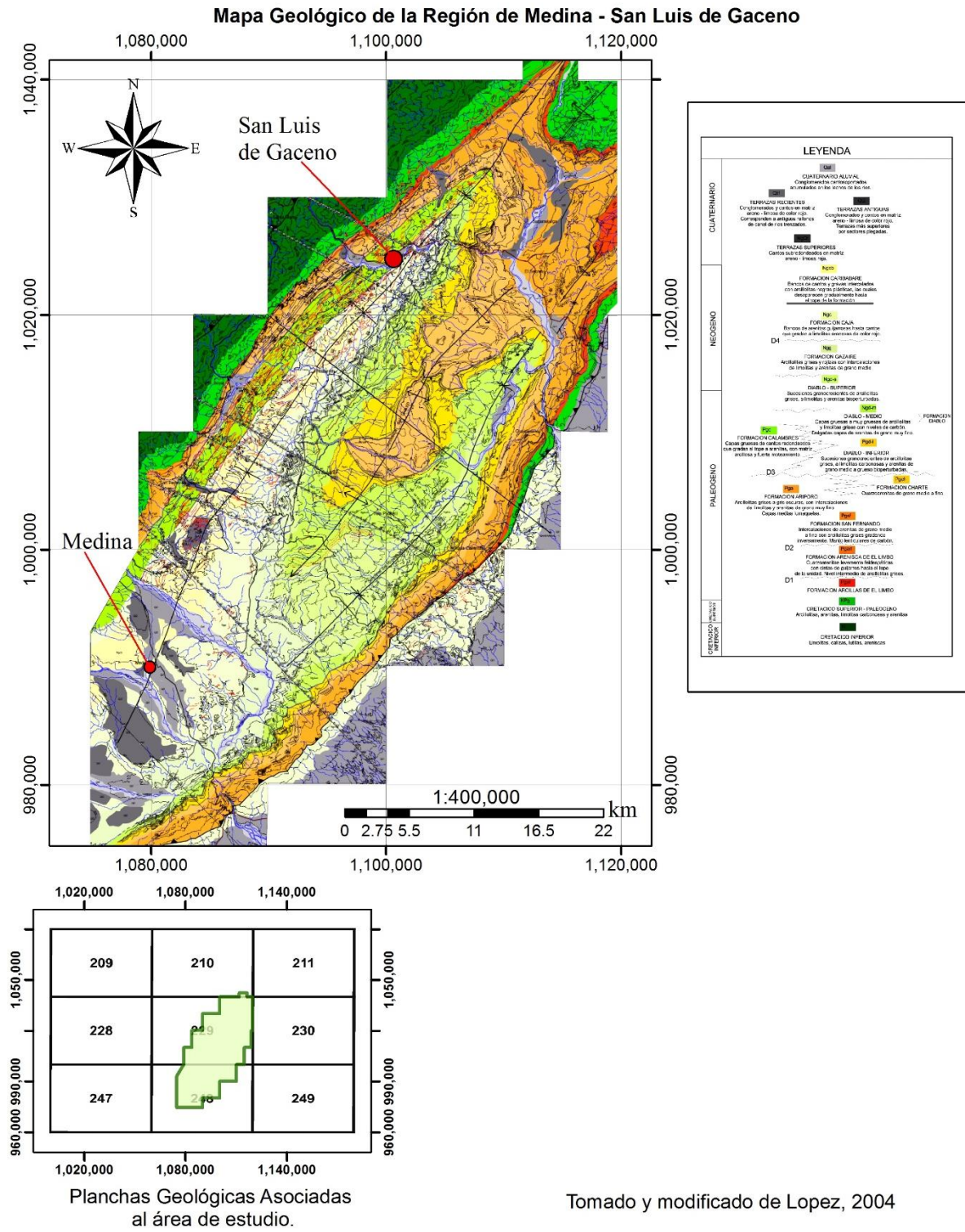


Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio.



4 MARCO GEOLÓGICO

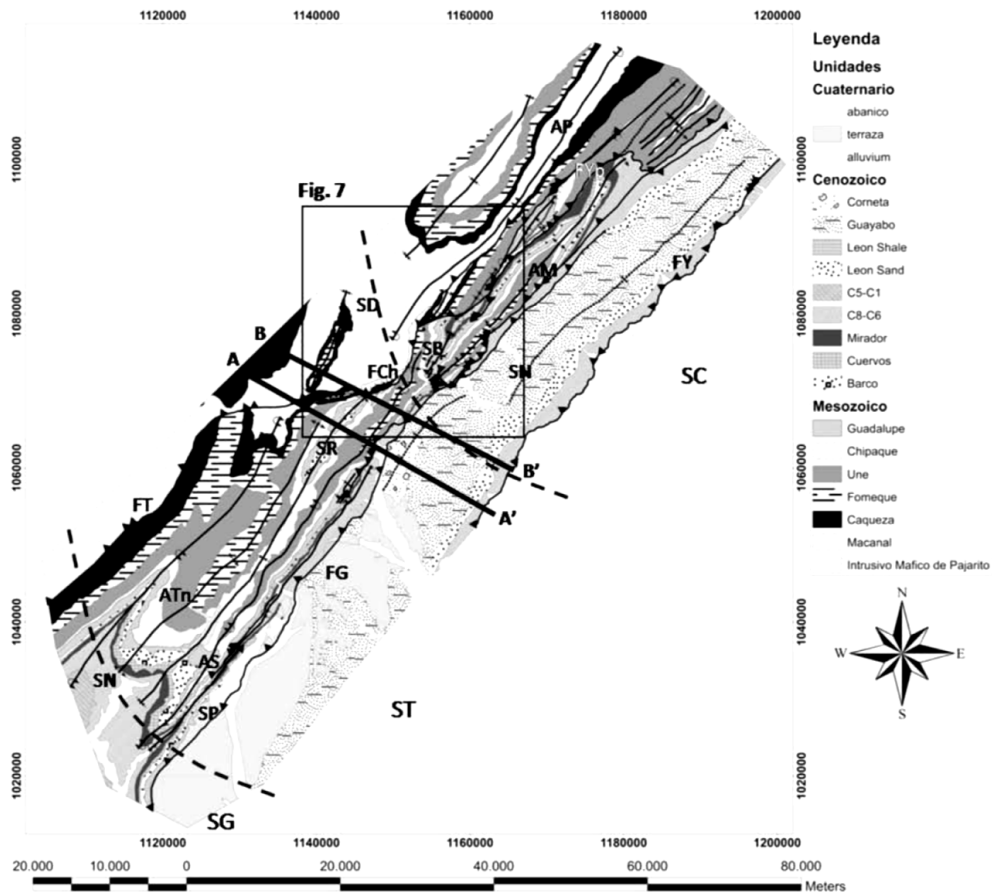
La Cordillera Oriental es la ramificación oriental de los Andes Colombianos, el cual comprende las Cordilleras Oriental, Central y Occidental, que se unen al sur en una sola Cordillera. El Valle del Magdalena separa la Cordillera Oriental de la Central y el Valle del Cauca separa la Cordillera Central de la Occidental. La Cordillera Oriental limita con la cuenca de los Llanos Orientales al oriente y el Valle del Magdalena al occidente (Sarmiento Rojas L. , 2001)

El borde oriental de la Cordillera Oriental puede dividirse en tres dominios, uno de ellos conformado por la zona axial de la cordillera que se encuentra limitada en las regiones Norte y Sur por dos macizos Floresta y Garzón (Piraquive Bermudez, 2011). Las estribaciones orientales son conocidas como Piedemonte Llanero y las occidentales como Piedemonte occidental, el cual limita con el Valle del Magdalena. El Piedemonte Llanero se subdivide en el piedemonte central y oriental, cuya denominación responde al control estructural en estas provincias. El piedemonte oriental se encuentra conformado por estructuras sinclinales de gran amplitud, que involucran rocas del terciario superior y se limita este dominio entre las fallas de Yopal y Guaicaramo. Al Oeste de la Falla de Guaicaramo en su bloque colgante la secuencia aflorante se conforma por rocas del Paleoceno hasta el Cretácico basal, estructuras en pliegues cilíndricos y sub-cilíndricos (Piraquive Bermudez, 2011).

Piraquive (2011) divide la zona del Piedemonte Llanero en tres segmentos estructurales de S a N: Segmento Guavio, Segmento Tauramena y Segmento Cusiana, según los rasgos laterales existentes debido a la migración del frente de deformación. Además considera que el Piedemonte oriental de la Cordillera Oriental presenta al Este una tectónica epidérmica, que afecta la secuencia Cretácica y Cenozoica, conformada de sur a norte por un arreglo de sinclinorios que manifiestan escalonamiento y relevos con saltos dextrales de acuerdo con una oblicuidad entre el frente de deformación y los ejes de los pliegues en dirección NE. Este comportamiento se mantiene a lo largo del rumbo de la cadena montañosa desde

la región de Villavicencio hasta Yopal, generando estructuras amplias en el segmento Guavio. En contraste los pliegues del segmento Tauramena son más apretados y han sido asociados a un mecanismo de despegue que exhuma rocas antiguas de la secuencia Cretácica. En el Segmento Cusiana se desarrollan sistemas de cabalgamientos múltiples, los cuales en superficie repiten la secuencia.

Figura 3. . Mapa geológico del Piedemonte Llanero, segmentos estructurales.



ATn	Anticlinal de Tierranegra	SB	Sinclinal del Boquerón	FP	Falla del Porvenir
SR	Sinclinal de Recetor	AM	Anticlinal de Monterralo	FCh	Falla de Chámeza
SN	Sinclinal de Nazareth	AP	Anticlinal de Paya	SG	Segmento Guavio
AS	Anticlinal de Silbadero	FG	Falla de Guaicaramo	ST	Segmento Tauramena
SP	Sinclinal del Porvenir	FT	Falla de Tesalia	SC	Segmento Cusiana
SN	Sinclinal de Nunchia	FY	Falla de Yopal		
SD	Sinclinal del Desespero	FYp	Falla de los Yopos		

Fuente: Piraquive, 2011.

La mayoría de las rocas de la Cordillera Oriental son de edad Cretácica, incluyendo localmente los depósitos Jurásicos y del Paleoceno, desde una mega secuencia limitada por inconformidades regionales que son localmente angulares. A gran escala, las rocas cretácicas representan el ciclo transgresivo-regresivo con la máxima superficie de inundación, cerca del límite Cenomaniano-Turoniano, que corresponde al máximo nivel eustático del Mesozoico (Sarmiento Rojas L. , 2001)

La sedimentación durante el Cretácico fue controlada por un evento tectónico de extensión cortical que se generó por la apertura del Protocaribe y el desplazamiento de la Placa Caribe hacia el NE, influenciada por la zona de subducción de la placa Farallones en el Pacífico (Clavijo Torres, Tectonoestratigrafía Cretácica del Oriente Colombiano, 2008). La sedimentación estaba limitada probablemente por un arco magmático al Oeste y por la reactivación del Sistema de Fallas del Borde Llanero al Este. Durante el Cretácico temprano se inició la transgresión marina, mientras que la extensión cortical dio lugar a una subsidencia rápida en algunas cuencas, mientras que en otras fue lenta, generando cambios laterales de facies y variación de los espesores.

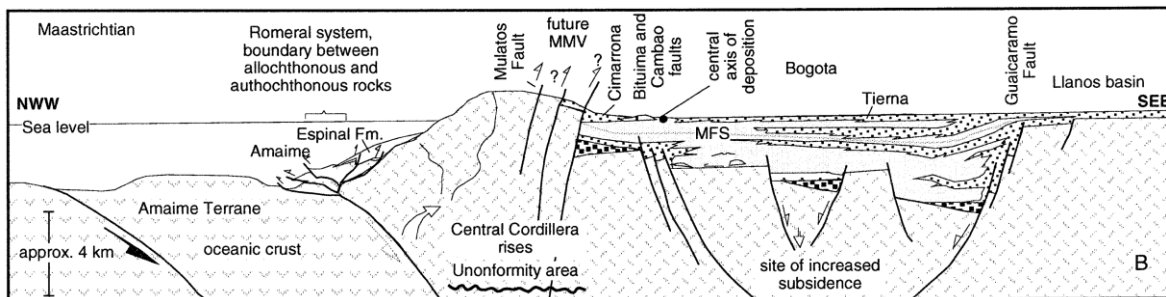
El evento de extensión del Cretácico temprano generó cuencas de half-rift con un depocentro localizado a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Oriental y un gran sistema de fallas normales en su borde oriental (Sarmiento Rojas L. , 2001). La transgresión que inicia en el Albiano estuvo controlada por la elevación global del nivel del mar y la fragmentación de Pangea (Clavijo Torres, Tectonoestratigrafía Cretácica del Oriente Colombiano, 2008) y en el Aptiano-Albiano hubo un evento de extensión principalmente en el flanco Occidental de la Cordillera Oriental al NW de Bogotá, mientras que el sistema de fallas normales fue activado a lo largo del borde oriental de la Cordillera. También ocurrió un evento de subsidencia producido por la relajación termal de la litosfera (Sarmiento Rojas L. , 2001).

En el Santoniano se inicia un proceso de regresión diferencial y de emersión, acompañado de un proceso de inversión tectónica, donde un grupo de fallas

normales fueron afectadas por una fase compresiva que las transformo en fallas inversas, proceso que se extendió hasta lo que es hoy el Valle Medio del Magdalena, la Cordillera Oriental y los Llanos Orientales, culminando en el Maastrichtiano cuando inicia el levantamiento de la Cordillera Central (Clavijo, 2008).

Del Santoniano al Campaniano la Cordillera Central estuvo sumergida, las unidades equivalentes a la Luna fueron depositadas sobre una amplia región de la actual Cordillera Central. En el Campaniano, la ancestral Cordillera Central empieza a levantarse y se erosionan las unidades pre-Campanianas. En el Maastrichtiano la Cordillera Central se levanta casi completamente y los sedimentos se mueven hacia el este (Villamil, 1999).

Figura 4. Estado Final de la Cuenca de la Cordillera Oriental en el Maastrichtiano.



Fuente: Villamil, 1999.

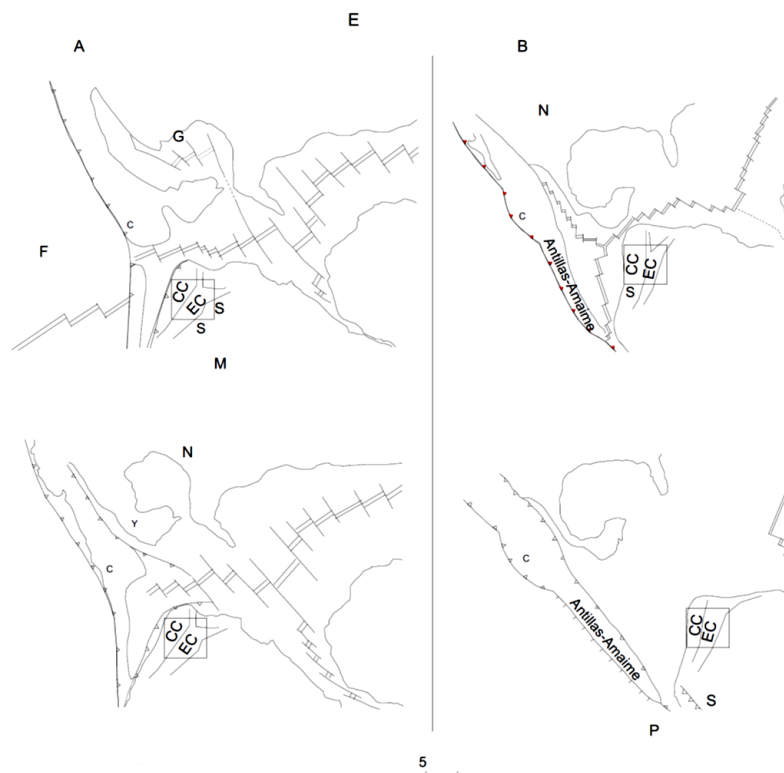
Sarmiento (2001) propone que la evolución tectónica para el cretácico se puede explicar en dos hipótesis basado en las propuestas de Cooper et al., (1995), Meschede y Frisch (1998), Pindell y Erikson (1993), Pindell y Tabut (1995) y Toussaint y Restrepo (1991):

Backarc rifting: La evidencia clave de esta hipótesis es la existencia de un arco magmático, relacionado a subducción. Sin embargo, mientras que hay rocas plutónicas Cretácicas en la Cordillera Central, el plutonismo Cretácico esta

esporádicamente desarrollado al norte de la Cordillera Central, está prácticamente ausente al sur de Colombia y Ecuador.

Rifting Intracontinental relacionado con la fragmentación de Pangea: Esta hipótesis sugiere el desarrollo de un Graben NW-SE, al norte de la Cordillera central durante el Cretácico temprano. Esta hipótesis no explica con seguridad la presencia de algunas rocas plutónicas, interpretadas como parte del arco magmático relacionado con subducción. La mayoría de las placas tectónicas sugieren que durante el Cretácico temprano Pangea oriental ya estaba fragmentada.

Figura 5. Modelos hipotéticos de la evolución tectónica en el Cretácico.



Fuente: Sarmiento Rojas L., 2001

5 MÉTODOS Y TERMINOLOGÍA

Como se mencionó anteriormente, se utilizó la metodología propuesta por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), la cual fue modificada teniendo en cuenta otros criterios de evaluación provenientes de información actualizada, como lo es la datación de edades por métodos radiométricos. También se cambiaron algunas palabras en las tablas de calificación, buscando un mejor entendimiento por parte del lector.

Con la información disponible se establecen tres fases para el desarrollo del diagnóstico: Compilación y revisión de la información, Calificación de las unidades litoestratigráficas sedimentarias y Evaluación de la información disponible.

Fase 1: Compilación y revisión de la información

Para realizar la recopilación de la información estratigráfica se utilizó una tabla diagnóstica, que toma como base un formato modificado de Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993). La tabla (Anexo A) utiliza los siguientes parámetros descriptivos:

- Rango y Nombre de la unidad
- Sección Tipo, Localidad y Origen del nombre
- Litología
- Generalidades, geomorfología y límites
- Espesor
- Bioestratigrafía
- Litoestratigrafía, subdivisión, litología y estructuras sedimentarias
- Edad
- Relaciones Estratigráficas
- Ambiente de Sedimentación

- Referencias
- Porcentaje de aceptabilidad
- La consulta de la información de algunas unidades fue restringida debido a que los informes internos de las compañías privadas no son accesibles y también porque algunos documentos son inéditos y solo existen copias en físico. Muchos de estos documentos se encuentran referenciados en artículos e informes utilizados en este trabajo.

Fase 2: Calificación de las unidades litoestratigráficas sedimentarias

Después de tener toda la información organizada, se empleó un sistema de evaluación que utiliza módulos de calificación, cada módulo tiene diferentes criterios que califican la unidad dentro de unos parámetros. Los módulos de calificación fueron modificados de Muñoz *et al.* (2003).

El método cuantitativo usado es una forma de evaluar el grado de validez que tiene la información estratigráfica con la cual se describe una unidad geológica. El grado de detalle descriptivo que se dispone de la unidad se basa en los parámetros básicos establecidos por la Guía Estratigráfica Internacional (GEI) y el Código Estratigráfico Norte Americano (NASC).

El primer módulo es de Formalidad de la Unidad (Tabla 2), al cual se le asignó un porcentaje del 10%. Se consideran para este módulo tres parámetros, Documento, Origen y Autor, con un valor máximo de 9 puntos. El parámetro Documento se refiere a la accesibilidad que se tiene a la información, si se encuentra publicado o si es solo de consulta. El parámetro Origen se centra en especificar el motivo o la proveniencia del estudio, si es Académico en caso de ser de conocimiento integral, Económico cuando la fuente de información es de una empresa privada o producto de una actividad petrolera y Cartográfico cuando su proveniencia es netamente de un mapa. El parámetro Autor, califica como totalmente aceptable (Valor de 3), si la

unidad esta descrita por su autor original o si la fuente proviene de autores que no son los que hicieron la descripción, son citados y muestran parcialmente la información, se obtienen valores menores.

El segundo módulo, Estratotipo (Tabla 3), es el más importante en esta calificación con un porcentaje del 60%, por contener los parámetros principales y necesarios que según (IUGS International Commission on Stratigraphy, 1994) definen una unidad, como es la información sobre la sección tipo, secciones de referencia y el detalle de la descripción del estratotipo. Los parámetros son los siguientes: Disponibilidad, Escala y Espesor de las secciones levantadas, definición del límite inferior y superior de la unidad, el detalle de la descripción (Composición, Textura, Estructura) y su extensión lateral, relacionada con el detalle de la descripción. Además se incluye una puntuación por el número de secciones de referencia que presente cada unidad. Este módulo tiene un puntaje máximo de 30 puntos.

El módulo información paleontológica y radiométrica (Tabla 4) tiene un porcentaje de importancia del 15%, y un puntaje máximo de 24 puntos. El contenido fósil es de carácter secundario, pero permite completar la información cronológica. El puntaje máximo va a variar dependiendo del contenido fósil estudiado y reportado. Los parámetros son: Contenido Paleontológico (abundancia), Adquisición de datos (año del estudio), Disponibilidad de la información, presencia y tipo de Macrofósiles y Microfósiles. A este módulo se le agrego, información radiométrica en el parámetro Adquisición de Edad por Métodos Radiométricos, debido a que son nuevos métodos de datación que cada vez son más utilizados para caracterizar las unidades geológicas.

El cuarto módulo (Tabla 5), Edad Geológica, es el registro de la edad que se deriva del análisis del módulo Información Paleontológica y Radiométrica, donde se define si es Confiable, Dudosa, Contradictoria o Inexistente. Tiene un porcentaje de importancia del 15% y un puntaje máximo de 3 puntos.

Finalmente el modulo Localidad Tipo (Tabla 6), con un porcentaje del 5%, califica el lugar geográfico específico donde originalmente se definió el estratotipo de la unidad y registra la accesibilidad. La valoración del estratotipo va de 3 a 0, donde 3 es el valor dado cuanto la descripción y exposición, es de una unidad o de una sola sección tipo, valor de 2 cuando la descripción, es de una sección compuesta o un estratotipo compuesto y valor de 1 si la descripción es en base a secciones de referencia. El puntaje máximo de este módulo es de 6 puntos.

Tabla 1. Módulos, parámetros y criterios valorados a valorar para diagnosticar el estado del conocimiento estratigráfico.

MÓDULO	NÚMERO DE PARÁMETROS	NÚMERO DE CRITERIOS A VALORAR	PORCENTAJE DE IMPORTANCIA	PUNTAJE MÁXIMO
Formalidad de la Unidad	3	10	10%	9
Estratotipo	9	27	60%	27
Información Paleontológica y Radiométrica	6	22	15%	24
Edad Geológica	1	3	10%	3
Localidad Tipo	1	3	5%	6

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

La tarea de diligenciamiento de los módulos no constituye un diagnóstico, se entiende como una constancia valorada acerca de la existencia de información geológica de una unidad litoestratigráfica (Muñoz et al. 2003).

En el caso de que exista una propuesta de un neoestratotipo para una unidad formal, pero con un nombre nuevo, esta nueva unidad no tendrá una valoración igual a la de una unidad formal y el puntaje para el Modulo 1. Formalidad de la unidad será de cero (0).

Tabla 2. Formalidad de la unidad.

Módulo 1. FORMALIDAD DE LA UNIDAD							10%	Puntaje= 9		
DOCUMENTO			ORIGEN			AUTOR				
Publicado	Consultable	No Consultable	Académico y Serv. Geol.	Económico	Cartográfico	Original	Otros	Desconocido	No hay	
3	2	1	3	2	1	3	2	1	0	

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Tabla 3. Estratotipo.

Módulo 2. ESTRATOTIPO										60%	Puntaje= 30			
LEVANTADA		ESCALA				ESPESOR (m)			LIMITE TECHO			TIPO CONTACTO TECHO		
Si	No	Nula	Gráfica	Numérica	Ambas	Unidades	Decenas	Centenas	Observado	Inferido	Cubierto	Definido	Ambiguo	Indefinido
3	0	0	1	2	3	3	2	1	3	1	0	3	1	0
							SECCIONES DE REFERENCIA SECUNDARIAS		LIMITE BASE			TIPO CONTACTO BASE		
INFORMACION GEOLOGICA			EXTENSIÓN LATERAL			% EXPOSICIÓN	Ninguna	0	Observado	Inferido	Cubierto	Definido	Ambiguo	Indefinido
Clasificación Composicional y textural	Clasificación Composicional o textural	Estructuras	Control de Campo	Fotogeología con control de Campo	Fotogeología sin control de Campo		1 a 2	2	3	1	0	3	1	0
3	2	1	3	2	1		≥3	3						

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Tabla 4. Información Paleontológica y Radiométrica

Módulo 3. INFORMACIÓN PALEOTOLÓGICA Y RADIOMÉTRICA									15%	Puntaje= 23	
CONTENIDO PALEONTOLOGICO			ADQUISICIÓN DE DATOS			DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN			ADQUISICION DE EDAD POR MÉTODOS RADIOMÉTRICOS		
Abundante	Escaso	Nulo	< 1965	1965-1990	>1990	Total	Parcial	Nula	SI	NO	
3	2	1	1	2	3	3	1	0	3	0	
MACROFOSILES			MICROFÓSILES						SI	NO	
SI	NO	TIPO	Foraminíferos			Palinomorfos			3	0	
3	0		Planctónicos	Bentónicos		Dinoflagelados	Polen-Esporas	Otros			
			3	Calcáreos	Arenáceos	3	2	1			
				2	1						

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Tabla 5. Edad Geológica

Módulo 4. EDAD GEOLÓGICA			10%	Puntaje = 3
<i>EDAD GEOLÓGICA</i>				
Confiable	Dudosa	Contradictoria	Inexistente	
3	2	1	0	

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Tabla 6. Localidad Tipo. Tomado y modificado de Muñoz et al. 2003

Módulo 5. LOCALIDAD TIPO	5%	Puntaje = 6	
<i>LOCALIDAD TIPO</i>			
Accesibilidad	Localidad Geográfica	Estratotipo	
3	2	3-0	

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Tabla 7. Términos Cualitativos y numéricos.

TERMINOS CUALITATIVOS	TERMINOS NUMÉRICOS
Totalmente aceptable	3
Aceptable	2
Poco Aceptable	1
Inaceptable o desconocido	0

Fuente: Tomado y modificado de Muñoz et al., 2003.

Fase 3: Evaluación de la Información disponible

Las unidades litoestratigráficas sedimentarias, compiladas para el área de estudio, no solo tienen su estratotipo allí, una gran parte ha sido descrita en el sector al este de Bogotá, Cundinamarca y Boyacá, por lo que se hace necesario establecer una tabla de correlación de unidades donde se pueda ver cronológicamente y por localidad tipo, las unidades correspondientes para cada área.

Las unidades se califican según los módulos establecidos con sus respectivos criterios y se toman como “en Proceso de Formalización”, aquellas unidades que tengan un porcentaje mayor o igual al 65%. Como se trata de un diagnóstico de la nomenclatura estratigráfica, no sólo se pueden seleccionar las unidades por el porcentaje obtenido, sino que también hay que relacionar y comentar en base a toda la información. Por tal motivo las unidades con este porcentaje son evaluadas a detalle.

En esta etapa se integró la información compilada y los datos numéricos porcentuales obtenidos, en la calificación de unidades y de su análisis comparativo. Se obtuvo un nuevo elemento que permite identificar analógicamente, las diferencias y deficiencias específicas de conocimiento entre unidades correlativas.

Todas las unidades evaluadas son descritas según la información disponible, y se anotan los comentarios encontrados sobre sus correlaciones y su uso. Finalmente se concluye respecto a la definición de la información faltante como estratotipo, estudios cartográficos, estratigráficos y dataciones. En las recomendaciones se explica si se mantiene el uso del nombre de la unidad, o si por el contrario, se sugiere abandonarlo, principalmente aquellas unidades que estén en homonimia, sinonimia o que hayan sido correlacionadas de forma incorrecta. En caso del abandono de un término, se nombra cual es el término indicado para nombrar dichas sucesiones descritas.

6 RESULTADOS

6.1 CALIFICACIÓN

La Tabla 8 registra, por unidad estratigráfica, el porcentaje del módulo y el porcentaje total. Las unidades están organizadas según su porcentaje total, de mayor a menor. Se evaluaron 33 unidades cuyas localidades tipo no están todas en el Piedemonte Llanero, provienen tanto del área de estudio como de áreas aledañas que corroboran su extensión lateral y descripción, siguiendo la metodología propuesta. El rango en que se encuentra el estado del conocimiento de las unidades va desde 17.55% hasta 87.92%. El Grupo Guadalupe, la Formación Arenisca Dura y la Formación Guaduas tuvieron los porcentajes más altos de la calificación. Diez unidades se encuentran en el rango de 80 – 90% y trece en el rango de 65 a 79.9%, solo diez unidades están debajo del 65%.

Tabla 8. Resultados de la calificación de unidades.

N o.	RANGO Y NOMBRE	FORMALIDAD DE LA UNIDAD 10%	ESTRATO TIPO 60%	PALEONTOLOGIA Y RADIOMETRIA 15%	EDAD 10%	LOCALIDAD TIPO 5%	TOTAL
		%	%	%	%	%	%
2	GRUPO GUADALUPE	10	50	13.75	10	4.17	87.92
1	FORMACIÓN ARENICA DURA	10	52	12.5	10	3.33	87.83

4	FORMACIÓ N GUADUAS	8.89	52	13.13	10	3.33	87.3 5
6	FORMACIÓ N UNE	10	50	12.5	10	3.33	85.8 3
3	FORMACIÓ N CHIPAQUE	8.89	48	14.38	10	3.33	84.6 0
7	FORMACIÓ N ARENISCA TIERNA	10	52	11.25	6.67	4.17	84.0 9
5	FORMACIÓ N ARENICA DE LABOR	10	50	8.75	10	4.17	82.9 2
10	FORMACIÓ N PLAENERS	10	52	8.75	6.67	4.17	81.5 9
20	FORMACIÓ N LUTITAS DE MACANAL	10	48	8.75	10	4.17	80.9 2
14	FORMACIÓ N LAS JUNTAS	10	54	6.25	6.67	3.33	80.2 5
9	LOS PINOS	10	50	10.63	6.67	2.5	79.8 0
15	SANTA ROSA	7.78	54	6.88	6.67	4.17	79.5 0

17	GRUPO PALMICHAL	7.78	54	6.88	6.67	3.33	78.66
19	FORMACIÓN CALIZAS DEL GUAVIO	10	52	6.88	6.67	2.5	78.05
16	CHIVOR	7.78	52	6.88	6.67	3.33	76.66
13	FORMACIÓN FOMEQUE	8.89	46	6.88	10	3.33	75.10
24	UBALÁ	10	46	5.63	6.67	5	73.30
18	UNIDAD ARENITA INTERMEDIA (C)	10	46	7.5	6.67	2.5	72.67
21	FORMACIÓN BATÁ	7.78	42	9.38	10	3.33	72.49
22	UNIDAD ARENITA INFERIOR (A)	10	44	7.5	6.67	3.33	71.50
8	FORMACIÓN LODOLITAS DE AGUACALIENTE	0	50	7.5	10	3.33	70.83

23	UNIDAD LODOLITAS SUPERIOR ES (D)	10	42	8.75	6.67	3.33	70.7 5
11	ARENITAS DE SAN ANTONIO	0	46	7.5	10	3.33	66.8 3
12	ARENITAS DE SAN LUIS DE GACENO	0	44	6.88	10	3.33	64.2 1
26	UNIDAD DE CHERT Y LODOLITAS (B)	10	36	5.63	6.67	3.33	61.6 3
25	GRUPO VILLETA	8.89	32	5.63	10	2.5	59.0 2
28	UNIDAD ARENITA SUPERIOR (E)	10	32	6.25	6.67	3.33	58.2 5
27	GRUPO CAQUEZA	8.89	32	4.38	6.67	2.5	54.4 4
31	FORMACIÓ N ARENISCA S DEL MORRO	10	24	5.63	6.67	2.5	48.8 0
29	MIEMBRO ARENISCA	10	20	3.75	6.67	2.5	42.9 2

	S DEL RAIZAL						
30	FORMACIÓ N ARENISCA DE CAQUEZA	8.89	22	1.88	6.67	2.5	41.9 4
32	FORMACIÓ N GACHETÁ	7.78	8	0	6.67	0	22.4 5
33	FORMACIO N CAQUEZA	6.67	4	1.88	3.33	1.67	17.5 5

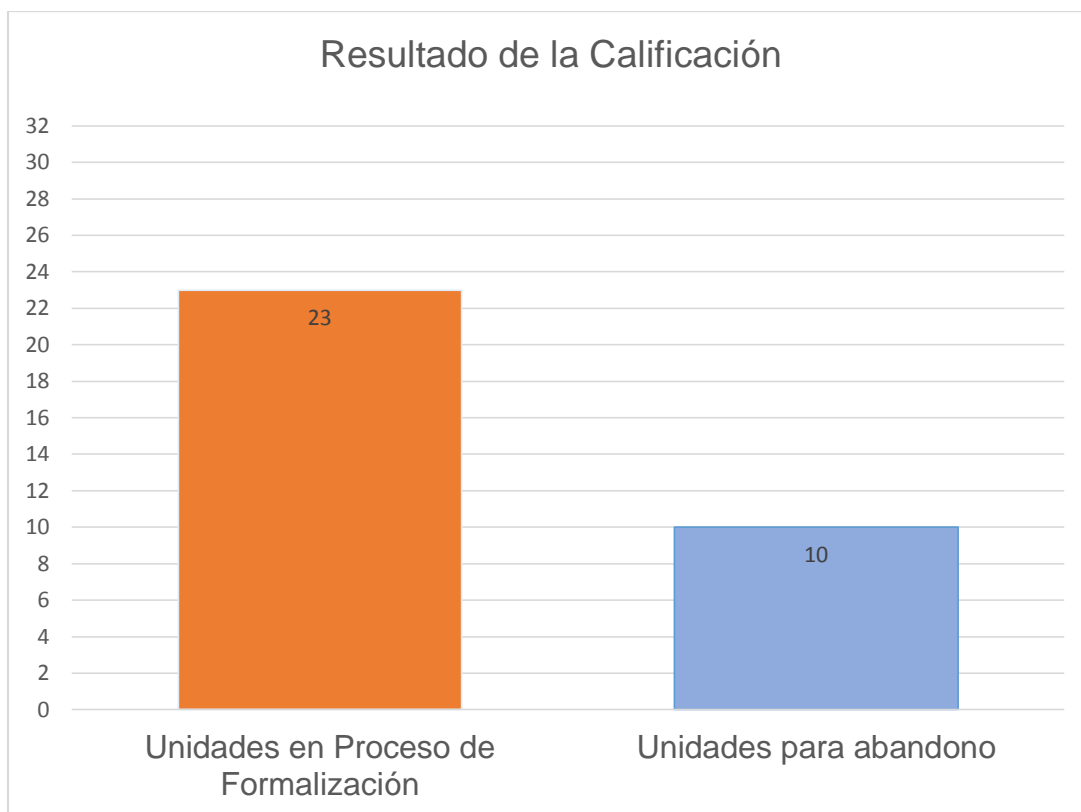
Posterior a la evaluación de la información obtenida, se seleccionaron como en “Proceso de Formalización” las unidades cuyo porcentaje es mayor o igual al 65%. De esta forma según los resultados de la Tabla 8, son seleccionadas 23 unidades, mientras que las 10 restantes reportan un estado del conocimiento por debajo del 64.2%, lo que considera que el uso de los nombres de estas unidades no está fundamentado, y no se sugiere que se siga empleando en la nomenclatura. En el Anexo B, se encuentran los formatos calificados para cada unidad, donde se puede ver el puntaje obtenido por módulo y por criterio.

Tabla 9. Lista de Unidades Evaluadas

Unidades en Proceso de Formalización	Unidades en Proceso de abandono
GRUPO GUADALUPE	ARENITAS DE SAN LUIS DE GACENO
FORMACIÓN ARENICA DURA	UNIDAD DE CHERT Y LODOLITAS (B)
FORMACIÓN GUADUAS	GRUPO CAQUEZA

FORMACIÓN CHIPAQUE	UNIDAD ARENITA SUPERIOR (E)
FORMACIÓN UNE	
FORMACIÓN ARENISCA TIERNA	ARENISCAS DEL MORRO
FORMACIÓN ARENICA DE LABOR	
FORMACIÓN PLAENERS	MIEMBRO ARENISCAS DEL RAIZAL
LOS PINOS	
SANTA ROSA	
LODOLITAS DE AGUACALIENTE	FORMACIÓN ARENISCA DE CAQUEZA
FORMACIÓN FOMEQUE	
FORMACIÓN LAS JUNTAS	FORMACIÓN GACHETÁ
GRUPO PALMICHAL	
FORMACIÓN LUTITAS DE MACANAL	
ARENITAS DE SAN ANTONIO	
FORMACIÓN CALIZAS DEL GUAVIO	GRUPO VILLETA
CHIVOR	
UNIDAD ARENITA INTERMEDIA (C)	FORMACION CAQUEZA
UBALÁ	
UNIDAD ARENITA INFERIOR (A)	
UNIDAD LODOLITAS SUPERIORES (D)	
FORMACIÓN BATÁ	

Figura 6. Unidades evaluadas que cumplen con el requisito del 65% para ser tomadas como en proceso de Formalización



6.2 EVALUACIÓN

La definición de una formación geológica está ligada al conocimiento de los parámetros estratigráficos que permiten su caracterización y posibilitan su reconocimiento en otros sectores, ello valida la utilidad del nombre con el cual fue nombrada por primera vez la unidad. Si todas las unidades afloran en un área están en conformidad con lo anterior, se podrá decir que se dispone de una nomenclatura confiable y útil para todos aquellos que sean usuarios de ella.

Todas las unidades son estudiadas a detalle, para que por medio de un criterio objetivo, analizando la información disponible se pueda concluir cuales son las unidades que finalmente se pueden considerar formales y proponer para su uso.

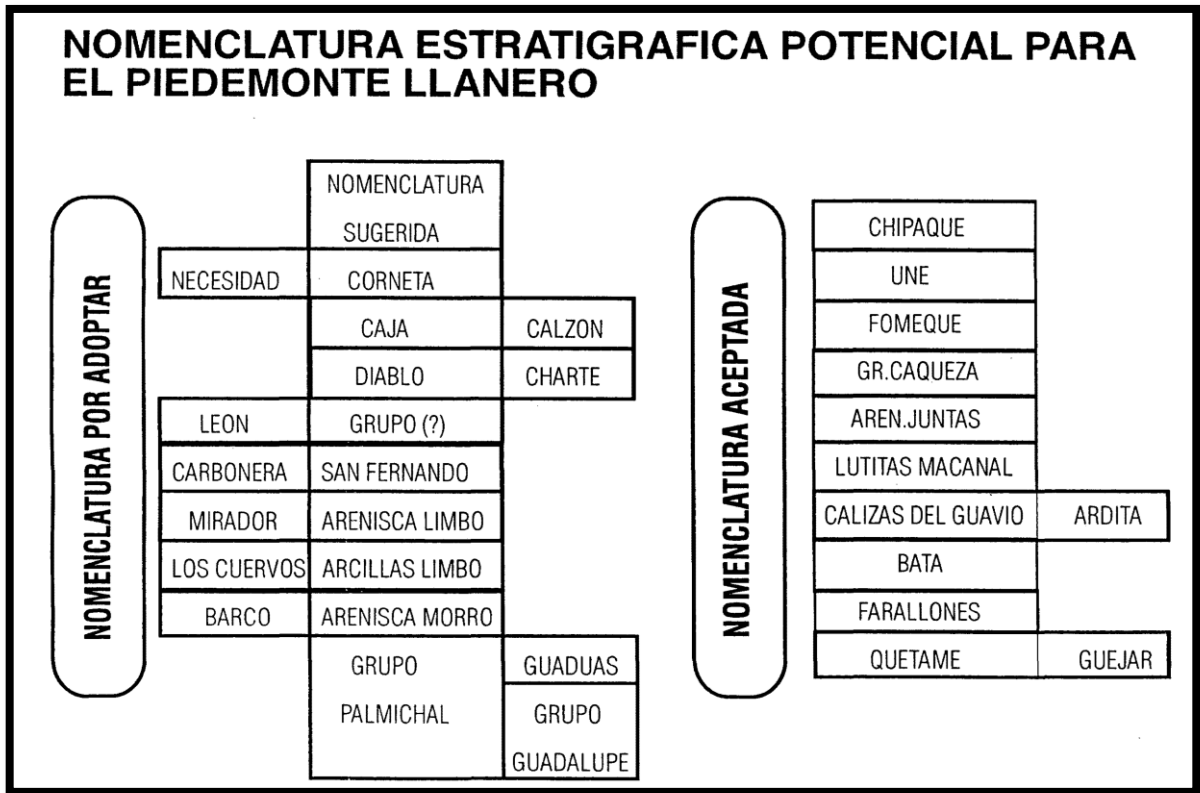
Esto quiere decir que de las 23 unidades seleccionadas como en proceso de formalización, solo 16 son propuestas para el uso formal, explicación hecha en las recomendaciones de cada unidad evaluada.

El diagnóstico no está limitado solo a la asignación de calificaciones, también evalúa las diferencias y similitudes entre unidades, cuales presentan homonimia o sinonimia, los equivalentes en litología y edad, con el objetivo de actualizar el conocimiento que existe sobre las unidades y posteriormente poder establecer criterios para justificar la permanencia de una unidad o por el contrario no adoptarla como formal dentro de la nomenclatura de la región.

Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) proponen una nomenclatura estratigráfica potencial para el Piedemonte Llanero (Figura 7), dentro de la que incluyen para el Cretácico superior al Grupo Palmichal y Formación Chipaque, y del Cretácico inferior a las Formaciones Une, Fómeque, Grupo Caqueza, Arenisca de las Juntas, Lutitas de Macanal y Calizas del Guavio.

Las recomendaciones hechas en el trabajo de Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) se toman en cuenta para comprobar si después de este trabajo se han hecho avances en la caracterización de las unidades con información faltante y de ser el caso, en que la unidad presente toda la información necesaria, proponerla como unidad formal.

Figura 7. Nomenclatura propuesta en la Fase I - Área Piloto.



Fuente: Muñoz, Sarmiento y Montoya, 1993.

También se toman en cuenta las aclaraciones hechas por Vergara y Rodríguez (1995), en las cuales se hace una descripción de las unidades del Cretácico Superior y se dan aportes acerca del uso de la nomenclatura en el Piedemonte Llanero.

Antes de hablar de cada unidad, se hizo necesario realizar un cuadro comparativo (Figura 8), donde se muestran las nomenclaturas para la región del Piedemonte Llanero y Cordillera Oriental, propuestas por los autores consultados, para tener una idea más clara de todas las unidades y su posición estratigráfica.

Figura 8. Nomenclatura estratigráfica del Cretácico en el Piedemonte Llanero y Este de Bogotá

PERIODO	SERIES	EDAD	M. JULIVERT (1968)	ULLOA Y RODRIGUEZ (1975) Cuadrángulo K-12		ULLOA Y RODRIGUEZ (1976) Cuadrángulo K-13		PEREZ Y SALAZAR (1978)	RINCÓN (1982)	FABRE (1984)	BARTELS (1986)	ULLOA ET AL. (1988)							
			Léxico Estratigráfico de Colombia	Cuenca Borde Llanero	Cuenca de la Sabana de Bogotá	Cuenca del Borde Llanero	Cuenca de los Farallones	Área de Bogotá	Piedemonte Llanero	Borde Llanero	Piedemonte Llanero	Área de los Farallones	Área de la Sabana de Bogotá	Área del Borde Llanero					
Paleogeno	Paleoceno		Guaduas		Guaduas	Arcillas del Limbo													
Cretácico	Superior	Maastrichtiano Tardío	Formación Guadalupe	Grupo Palmichal	Guadalupe	Grupo Palmichal	Guaduas	Grupo Guadalupe	Grupo Palmichal	Guaduas	Guaduas	Guadalupe "Grupo Palmichal"	Guaduas	Guaduas					
		Arenisca Tierna													Miembro Arenisca Tierna	Formación Tierna	Arenisca Tierna	Arenisca de Labor	Arenisca Tierna-Labor
		Arenisca de Labor																	
		Maastrichtiano Temprano													Nivel de Plaeners	Miembro Plaeners Superior	Formación Arenisca de Labor	Plaeners	
		Campaniano Tardío													Miembro del Raizal	Miembro Arenisca de Labor	Los Pinos	Arenisca Dura	
		Campaniano Temprano														Miembro Plaeners			
		Santoniano														Miembro Arenisca del Raizal			
		Conaciano															Formación Plaeners		
		Turoniano															Formación Arenisca Dura		
		Cenomaniano													Formación Chipaque	Chipaque	Formación Chipaque		
	Albiano	Arenisca de Une	Une	Formación Une															
	Aptiano	Formación Fόμεque	Fόμεque	Formación Fόμεque															
	Barremiano																		
	Hauteriviano				Grupo Caqueza	Grupo Caqueza	Grupo Caqueza	Grupo Caqueza	Formación Arenisca de las Juntas	Formación Caqueza	Formación Caqueza	Formación Caqueza	Formación Caqueza						
	Valanginiano	Arenisca de Caqueza	Lutitas de Macanal	Formación Lutitas de Macanal															
Berriasiano	Sin denominar (Esquistos arcillosos)																		
Tinoniano	Pizarras de la Cueba	Calizas del Guavio																	
Jurásico	Superior	Tinoniano	Esquistos de Sáname																
																Brechas de Buenavista			

Fuente: Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2015/01

Continuación Figura 8. Nomenclatura estratigráfica del Cretácico en el Piedemonte Llanero y Este de Bogotá

PINTO ET AL. (2010)	CEDIEL, ANH (2011)	PATIÑO ET AL. (2011)	MONTOYA ET AL (2013)	TERRAZA ET AL. (2013)	CORREDOR Y TERRAZA (2015)
		Plancha 247 Bogotá Sur Este (Cáqueza)	Plancha 193 Yopal	Plancha 229 Gachalá	Plancha 228 Bogotá Noreste
Grupo Palmichal	Palmichal	Formación Guaduas	Formación Guaduas	Formación Guaduas	Formación Guaduas
Formación Labor-Tierna	Formación Arenisca Tierna	Formación Arenisca Tierna	Formación Arenisca Tierna		
Formación Chipaque	Gachetá	Formación Plaeners	Formación Plaeners	Formación Plaeners	Formación Arenisca Labor-Tierna
Formación Une	L-Sand	Formación Chipaque	Formación Chipaque	Formación Chipaque	Formación Chipaque
Formación Fómeque	Grupo Cáqueza	Formación Une	Formación Une	Formación Une	Formación Une
Formación Areniscas de Las Juntas		Formación Fómeque	Formación Fómeque	Formación Fómeque	Formación Fómeque
Lutitas de Macanal	Grupo Cáqueza	Formación Arenisca de Cáqueza	Formación Las Juntas	Formación Las Juntas	Formación Las Juntas
		Formación Lutitas de Macanal	Formación Macanal	Formación Lutitas de Macanal	Formación Lutitas de Macanal
				Chivor	Formación Santa Rosa
				Batá	Formación Ubalá
				Santa Rosa	
				Ubalá	

Fuente: Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2015/01

7 DIAGNÓSTICO DE LAS UNIDADES EVALUADAS

7.1 SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA DE LAS UNIDADES EVALUADAS

Este capítulo presenta la información de cada unidad evaluada; en él se destacan sus características litológicas, paleontológicas, estratotipo u otros estándares de referencia; aspectos regionales y correlaciones con otras unidades. Estas características permiten reconocerlas y diferenciarlas. El capítulo incluye las discusiones y recomendaciones respectivas. En el Anexo A (Tabla de Recopilación de la información), se encuentra la información completa de cada unidad estudiada.

Las columnas estratigráficas para cada unidad, ubicadas en área de estudio o aledañas son incluidas en el Anexo C (Columnas Estratigráficas). Las unidades analizadas están agrupadas en; Grupo I: Unidades del Cretácico inferior y Grupo II: Unidades del Cretácico superior.

7.1.1 Grupo I

7.1.1.1 Grupo Cáqueza

Denominado “Piso de Girón” por Hubach (1931) y posteriormente el mismo autor la denomina Formación Cáqueza, subdividida en siete niveles litológicos, el último nivel de esta sucesión fue nombrado como Areniscas de Cáqueza. Hubach (1957) divide la formación Cáqueza en tres conjuntos inferior, medio y superior y modifica el rango estratigráfico de Formación a Grupo. Renzoni (1965) y Guerra (1972) dividen al Grupo Cáqueza en tres segmentos Cáqueza Inferior, Cáqueza Medio y Cáqueza Superior. En la cartografía del cuadrángulo K-12, Guateque, la unidad se subdividió en tres formaciones (Ulloa y Rodríguez 1976), adoptando la

nomenclatura planteada por Guerra (1972) y proponiendo que las unidades inferior, media y superior sean llamadas respectivamente Calizas del Guavio, Lutitas de Macanal y Areniscas de las Juntas.

El Grupo Cáqueza aflora entre las poblaciones de Cáqueza, en la vía que conduce de Villavicencio a Bogotá (Terraza y otros, 2013, Terraza, Montoya, Reyes, Moreno, & Fúquen, (Montoya Arenas, Numpaqué, Martín, & Alcárcel, 2010) y también está localizada en la región Guavio, Municipios de Gachalá y Ubalá (Guerra 1972). Limita en su parte superior con el Grupo Villeta (Terraza et al. 2013) y reposa discordantemente sobre el Paleozoico (Hubach 1931 en T2013). La unidad ha sido cartografiada en el Cuadrángulo L-11 (Renzoni, 1964) entre Caqueza y Puente Quetame y cartografiada en la Plancha 266 Villavicencio (Pulido y Gómez, 2001).

Los fósiles encontrados en las arcillas del segmento Alto de Caqueza, permiten inferir una edad Titoniano?-Berriasiano. El Grupo abarca un lapso Titoniano-Hauteriviano, inclusive Cretácico inferior (Renzoni, 1964).

Discusión: Descrita como Grupo Cáqueza por Hubach (1957), cuya sección tipo se encuentra en la carretera Bogotá-Villavicencio entre el puente sobre el río Caqueza y la Población de Quetame. El grupo ha sido reconocido entre Cáqueza y Puente Quetame, donde fue dividido en 5 miembros (Renzoni, 196) y en la región del Guavio, Municipios de Gachalá y Ubalá (Guerra 1972). Se han realizado diferentes subdivisiones de este grupo, en el Cuadrángulo K-12, Ulloa y Rodríguez (1976) dividen la parte inferior, media y superior con el nombre de Calizas del Guavio, Lutitas de Macanal y Arenisca de las Juntas que ha sido la subdivisión que se ha seguido para otras planchas y trabajos. El término Grupo Caqueza para el Piedemonte Llanero es menos usada, allí las unidades son descritas individualmente. La edad del Grupo no está muy bien definida, pero el rango de las unidades que lo conforman en el Piedemonte Llanero de Titoniano al Hauteriviano.

Recomendaciones: Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) recomiendan el uso formal del Grupo Caqueza como una unidad de estratotipo compuesto, sin embargo, en el presente trabajo se recomienda no usar el rango de Grupo Caqueza para las unidades del Cretácico basal. En la cartografía de las planchas del sector oriental del Piedemonte Llanero (211, 228, 229, 266) no incluyen esta nomenclatura y en su lugar se utilizan los términos Arenisca de las Juntas y Lutitas de Macanal.

7.1.1.2 Calizas del Guavio

Esta unidad originalmente propuesta por Ulloa y Rodríguez (1976) para designar un conjunto de Conglomerados, que afloran en el extremo suroccidental del Cuadrángulo K-12 Guateque. Señalan que esta subdividido en cuatro miembros localizados entre el Alto de Miralindo y la Cuchilla de Manizales (Miembro Conglomerado de Miralindo), Cerro de Malacara (Miembro Caliza de Malacara) y localidad de las Mercedes (Miembro Caliza de las Mercedes y Miembro Lutita de las Mercedes). Su área tipo es en la región del Guavio, donde se ubican los municipios de Gachalá y Ubalá. La sección tipo de la unidad, corresponde a un estratotipo compuesto, y se localiza al norte del río Guavio en el Alto de Miralindo y en las cuchillas de Malacara y las Mercedes las cuales se encuentran parcialmente cubiertas (Ulloa et al 2000).

En el sector de Santa María de Batá ha sido descrita como una unidad constituida por niveles de calizas con espesores métricos, intercalados con limolitas y arcillolitas que desaparecen en dirección nororiental (López Ramos 2004).

En el túnel del Río Chivor, Cano (1986), referido por Ulloa et al. (2000) colectó muestras de fósiles en la “Lutita inferior” correspondiente a Las Lutitas de Miralindo, las cuales fueron clasificadas por Etayo quien determinó ejemplares de *Ceratostreon juv. cf. minus* COG.; *Tellina carteroni?* D'ORB, a los cuales le asignó edad probable Valanginiano.

En la Memoria Explicativa de la Plancha 229, consideran inadecuada la formalización de la unidad Calizas del Guavio y proponen el abandono de esta unidad litoestratigráfica, se explican las razones por las cuales se toma esta determinación (Terraza et al, 2013, Pág. 60,61 y 62). En sustitución plantean para la región de Ubalá, Gachalá y Chivor, tres unidades con el rango de Formación que se denominan Santa Rosa, Ubalá y Chivor, que serán descritas a continuación, las cuales representan la sucesión del Cretácico basal. Las Calizas del Guavio se correlacionan directamente con las litologías descritas para las unidades correspondientes a la parte inferior del Grupo Caqueza (Ulloa et al 2000).

INGEOMINAS y Geoestratos Ltda. (2005) recomiendan revisar una mayor cantidad de localidades del Cretácico inferior en el área de Chivor, Ubalá y Gachetá, dado que las rocas que se describen en las secciones estudiadas en el trabajo muestran notables diferencias con las características referidas por Ulloa y Rodríguez (1979) en la definición original de la Formación Calizas de Guavio.

Discusión: Esta unidad es propuesta por Ulloa y Rodríguez (1979), en la cartografía del Cuadrángulo K-12, la descripción que realizan en este trabajo es generalizada. López (2004) reconoce la unidad en el sector de Santa María de Batá y realiza una descripción semidetallada. Ulloa et al (2000) realizan un trabajo de caracterización donde afirman que los estudios hechos sobre las calizas de Guavio no conservan en la nomenclatura los Miembros descritos por Ulloa y Rodríguez (1976) y que las descripciones a pesar de ser generalizadas indican cambios bruscos de facies y espesores, y colocan el contacto inferior con diferentes partes de las Calizas de Guavio discordante sobre el Grupo Farallones. Las descripciones litológicas carecen de datos de bioturbación, estructura interna y externa, y no hacen una clasificación de la roca. En la Memoria explicativa de la Geología del CEOR (2008), se proponen tres unidades nuevas con el rango de Formación para reemplazar el nombre de Calizas del Guavio en el sector Oriental de la Cordillera Oriental y Piedemonte Llanero, que se han empleado en la Plancha 228 Bogotá Noreste (Buitrago y Terraza, 2008) y 229 Gachalá (Terraza et al, 2013).

Ingeominas y Geoestratos Ltda. (2005), en la sección Chivor-Boyacá (Sector Central de la Cordillera Oriental), observan que la litología que sería la Formación Calizas del Guavio, no corresponde a la descrita en su definición original y en cambio las características litológicas son mejor representadas por las descritas para la Formación Batá. Los autores sugieren una revisión de la nomenclatura.

Se le ha dado también el nombre de Brechas de Buenavista (Cuadrángulo L-11, 1964) y de Conglomerado Basal, se correlaciona con la parte inferior del Grupo Caqueza en otras localidades al Occidente del Piedemonte Llanero. La edad no presenta unanimidad, Royo y Gómez (1945) asignan edad Valanginiano, Ulloa y Rodríguez (1976) edad Titoniano-Berriasiano, sin reportar el tipo de fósiles y Cano (1986) edad Valanginiano. Se concluye una edad de Valanginiano.

Recomendaciones: Siguiendo la propuesta hecha por Terraza y otros (2008) de abandonar el termino Calizas del Guavio se propone utilizar en su lugar las unidades con rango de Formación Santa Rosa, Ubalá y Chivor descritas ampliamente por los autores. Aunque el nombre de esta unidad sea ampliamente utilizado en la cartografía regional, en el Piedemonte Llanero puede implementarse esta nueva nomenclatura que está fundamentada en varias secciones levantadas para las planchas 228, 229 y cartografía del Cinturón Esmeraldífero Oriental.

7.1.1.3 Formación Macanal

Nombre originalmente propuesto en la geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, para designar un conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso, cuya sección tipo está localizada en el cañón del río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda (Ulloa y Rodríguez 1976). Renzoni (1992) reconoce esta unidad aflorando al oeste de una de las fallas del sistema Guaicaramo en los núcleos del anticlinal de Paya en cercanías del río Cravo sur y del río Payero, en la interpretación fotogeológica

de la Plancha 193, Yopal. Esta unidad es también reconocida en el sector Oriental de la Cordillera Oriental (Ulloa et al 2000), donde ha sido descrita aflorando a lo largo y ancho del Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR) en las planchas 210, 229 y al SE de la 228. En la geología de la Plancha 229 Gachalá, no lograron medir una sección estratigráfica completa de la unidad por la falta de afloramientos continuos, pero levantaron una sección compuesta en el camino del río Chivor a la vereda San Pedro de 596 m, y por la Vía entre Gachetá y Ubalá 173m de espesor (Terraza y otros, Plancha 229).

Las Lutitas de Macanal presentan relieve suavemente ondulado con amplios cañones en ríos y quebradas que contrastan con las topografías abruptas y cañones estrechos y escarpados de las unidades supra e infrayacentes Arenisca de las Juntas y Calizas del Guavio (Ulloa et al 2000). Su parte inferior son arcillolitas grises, su parte media son intercalaciones frecuentes de arenitas en arcillolitas y la superior arcillolitas con intercalaciones de arenitas y limolitas (Terraza, y otros, Geología de la Plancha 229 Gachalá, 2013) .Presenta una fauna de macrofósiles de Amonitas y Gasterópodos, del Valanginiano al Hauteriviano (Terraza et al, 2013). En el cañón del río Chivor se identificaron 24 niveles fosilíferos, allí los fósiles se encuentran mal conservados y presentan una tabla bioestratigráfica de fauna reportada edad Berriasiano – Valanginiano (Ulloa et al 2000).

Se correlacionan a los Esquistos de Sáname y Pizarras de la Culebra (Hubach 1957) con la parte inferior de las Lutitas de Macanal (Ulloa y Rodriguez 1976).

Discusión: Ulloa y Rodriguez (1976) proponen este nombre para la cartografía del Cuadrángulo K-12 Guateque, los cuales no realizan una descripción completa de la unidad. Ha sido reconocida en el sector Oriental de la Cordillera Oriental (Ulloa et al 2000) y caracterizada en la cartografía de la Plancha 229 (2013), donde se levanta una sección compuesta por falta de afloramientos continuos, las secciones descritas tienen información litológica, y paleontológica detallada; Sección Yazona-Vereda San Pedro, Sección carretera Gachetá-Ubalá. En la Cordillera Oriental se relaciona

con la parte media del Grupo Caqueza, pero debido a su complejidad, en el Piedemonte Llanero se describe como una unidad independiente. En la sección tipo Ulloa y Rodríguez (1976) calculan un espesor de 2935m, pero allí la unidad está fallada y plegada incluyendo 1100m de espesor, que según Terraza et al (2013) corresponden a la Formación Santa Rosa.

La fauna de amonitas encontrada en la base de la Formación Lutitas de Macanal, al norte del municipio de Ubalá y en la zona de Chivor, indican edad Valanginiano temprano; las rocas de la parte superior de la unidad indican edades correspondientes al Hauteriviano (Terraza y otros, 2013). La edad de Valanginiano también concuerda con la edad establecida por métodos radiométricos de Huellas de fisión LA-IPC-MS en Circones (Gómez et al, 2015). Para esta formación se concluye una edad en el rango Berriasiano – Valanginiano.

Recomendaciones: Su estratotipo original está cubierto por la represa de Chivor, anotación hecha también por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), quienes recomiendan levantar otras secciones, para determinar su espesor real y realizar un muestreo para análisis bioestratigráfico. Este proceso se ha llevado a cabo en otras campañas cartográficas ratificando la caracterización de esta unidad.

Se recomienda continuar usando el nombre de esta unidad en el área de estudio, bajo el nombre de Formación Macanal, pero no como parte del Grupo Caqueza, debido a que puede reconocerse independientemente de las formaciones infra y suprayacentes.

7.1.1.4 Formación Las Juntas

Formación originalmente descrita en la cartografía del Cuadrángulo K-12 Guateque, para denominar dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico, cuya sección tipo se estableció en el Río Batá (Carretera Las Juntas-Santa María de Batá), entre

las cuchillas del Volador y el Dátil (Ulloa y Rodriguez 1976). Estos autores denominaron al nivel arenoso inferior como Miembro Arenisca de El Volador y al superior como Miembro Arenisca de Almeida; el nivel intermedio lutítico lo designaron como Miembro Lutitas Intermedias, de manera informal. El acceso al área tipo es por la carretera pavimentada de Bogotá-Guateque-Las Juntas-Santa María de Batá, continúa a San Luis de Gaceno-Agua Clara y conecta con la carretera Villavicencio-Yopal. En la memoria de la Plancha 229 Gachalá aclaran que el estratotipo original descrito por Ulloa y Rodriguez (1976) se halla en este momento cubierto por las aguas del Embalse La Esmeralda por lo que se requiere de un nuevo estratotipo. Levantar una nueva sección que sirva como estratotipo es difícil de hacer en la vía actual, porque los afloramientos no son continuos debido a la presencia de coluviones, suelos residuales y la aparición de túneles con tramos revestidos (Terraza et al, 2013).

En la parte suroccidental de la plancha 229 Gachalá, carretera Gachetá-Ubalá, se levantó una sección estratigráfica semidetallada de la Formación Arenisca de Las Juntas, donde se identifican tres miembros inferior, medio y superior. El miembro inferior es predominantemente de arcillolitas, el nivel medio se halla cubierto en un 93% por depósitos recientes, lo poco que aflora consiste en arcillolita meteorizada y el nivel superior son arcillolitas meteorizadas con laminación heterolítica lenticular en la base (Terraza et al, 2013).

Geomorfológicamente se destaca por una topografía escarpada, fácil de reconocer (Ulloa et al 2000). Se pueden identificar sus tres miembros (dos niveles arenosos, y un nivel lutítico), pero es difícil cartografiar los cambios de facies laterales (Terraza et al, 2013). La Formación Une tiene espesores que varían de los 380m (Ulloa y Rodriguez, 1979) hasta 705 m (Terraza et al, 2013).

Bürgl (1958) identifica en la sección tipo capas arenosas con pequeños lamelibranquios y en las intercalaciones arcillosas Turritelas mal conservadas que

no pudieron ser clasificadas, dando una edad para la formación de Hauteriviano. Actualmente no se han encontrado macrofósiles que permitan datar esta formación, se tomaron muestras para palinología y foraminíferos (Sección Gacheta-Ubalá) pero no se obtuvo recobro de microfauna suficientemente diagnóstica para realizar algún tipo de datación (Terraza et al, 2013). Por tanto su edad está establecida por su posición estratigráfica considerando la base de la suprayacente Formación Fômeque Barremiano temprano y las capas más altas estratigráficamente de las Lutitas de Macanal Hauteriviano (Terraza et al, 2013).

El término Arenisca de las Juntas se ha empleado además del INGEOMINAS (Planchas 211, 230, 153, 193, 172 y 192), por Ecopetrol, compañías de servicios, trabajos de grado de estudiantes de la Universidad Nacional y en varias guías de excursión. El nombre parece no ser el más adecuado teniendo en cuenta que los términos “Areniscas” y “Arenisca” se emplean para la denominación de la unidad y de los miembros que la componen (Ulloa et al. 2000). En la Memoria de la Plancha 229 Gachalá sugieren remover el término “Arenisca” del nombre formal de la unidad y del nombre de los miembros, y ser denominado Formación Las Juntas, esto según las secciones 5.F.1 y 5.F.3 de la Guía Estratigráfica Internacional (Terraza et al, 2013).

Discusión: Unidad descrita de forma general por Ulloa y Rodríguez (1976) en la geología del Cuadrángulo K-12, cuya sección tipo en el río Bata se encuentra cubierta actualmente por aguas del Embalse la Esmeralda. Terraza et al (2013) aclaran que por la carretera actual es difícil levantar una nueva sección estratigráfica que sirva como neoestratotipo, porque los afloramientos no son continuos por la presencia de coluviones y suelos residuales y la aparición de túneles con tramos revestidos. Al suroccidente de la Plancha 229 se levantó una sección estratigráfica semidetallada de la unidad, que los autores denominan Las Juntas, localizada sobre la carretera Gachetá-Ubalá, entre los ríos Rusio y Muchindote. Esta sección no es propuesta como neoestratotipo de la unidad.

El termino Arenisca de las Juntas se ha empleado por Ecopetrol, compañías de servicios, trabajos de grado de la Universidad Nacional y en varias guías de excursión, aunque su nombre no sea el más adecuado ya que incluye el término “Areniscas” y no toda la unidad son areniscas, por lo que se sugiere el emplear el término Formación Las Juntas. La edad para esta formación es de e Hauteriviano.

Recomendaciones: Su sección tipo está cubierta por las aguas del embalse La Esmeralda, requiriéndose un neoestratotipo para esta unidad. Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) recomiendan usar la sección de Aguirre y Candia (1998), a la que no se tuvo acceso por ser de uso privado. Por lo tanto se recomienda usar la sección de la carretera Gachalá-Ubalá (Plancha 229, Gachalá), como sección de referencia principal.

También se recomienda abandonar el prefijo “Arenisca” o “Areniscas”, para emplear el término Formación Las Juntas, como esta sugerido en la Plancha 229, Gachalá (Terraiza et al. 2013)

7.1.1.5 Formación Batá

Nombre originalmente propuesto por Geyer (1967), referido en Etayo et al. (2003), quien menciona que la Formación Batá en el Sector de Santa María es de ambiente marino. Anteriormente Bürgl (1960) mide una sección estratigráfica en un afloramiento a lo largo de la carretera que sigue el Río Batá cerca al pueblo de Santa María, considerando estas rocas de edad Rhetico-Liásico. Radelli (1997) llama a estas capas Formación Santa María (Etayo et al. 2003). Ulloa y Rodriguez (1976) pasan por alto lo propuesto por Geyer (1967) y proponen el nombre de Batá (como original) para designar un conjunto compuesto por conglomerados, limolitas y areniscas que afloran en el río Batá. La localidad tipo de Ulloa y Rodriguez (1976), es en la carretera Guateque –Santa María, allí la unidad está dividida en 4 conjuntos (A-D) y son principalmente conglomerados con cantos de arcillolitas y cuarcitas,

limolitas, y areniscas cuarzosas. Además la unidad aflora en una franja alargada con dirección NE-SW desde Mámbita, al sur hasta cerca de la inspección de policía Los Cedros, al norte, donde presenta conglomerados de color verde a violeta, arenita cuarzosa verde oliva a negra, niveles de lodolita fosilífera y limolitas de cuarzo negra y lodosa (Terraza et al, 2013).

Etayo et al. (2003) presentan evidencias con base en Moluscos y Palinomorfos colectados en la parte fosilífera de los segmentos C y D (Ulloa y Rodriguez 1976) concluyendo una edad Cretácica, haciendo comparaciones regionales de la distribución de Palinomorfos. Plantean que la asociación palinológica *Cyclusphaera–Classopollis* descrita para el Cretácico basal en Argentina es equivalente al contenido palinológico de la Formación Batá, se le asigna una edad de Valanginiano superior al Hauteriviano.

INGEOMINAS durante los años del 2005-2007, cartografió a escala 1:100.000 parte de las planchas geológicas 210 y 229 (Terraza et al., 2008). En tal estudio, se observa que las rocas de la Formación Batá circundan el Macizo de Quetame reposando sobre rocas paleozoicas del Grupo Farallones. Al oriente del macizo de Quetame la facies dominante de la Formación Batá es areno-conglomeráticas, mientras al occidente la unidad presenta facies limo arcillosas (Terraza et al. 2013).

Discusión: Su localidad tipo esta descrita en la carretera Guateque-Santa María donde se reconocen principalmente conglomerados y areniscas cuarzosas (Ulloa y Rodriguez 1976). La descripción de la unidad es detallada, se especifican sus límites estratigráficos y su extensión lateral. La edad de la formación es de Valanginiano – Hauteriviano en base a estudios de moluscos y Palinomorfos (Etayo et al. 2003).

Antes de Etayo et al. (2003) a la unidad se le daba edad Jurásico (Bürgl, 1958), por lo que en la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, tiene dicha posición estratigráfica infrayacente a la Formación Calizas de Guavio. Actualmente es

considerada del Cretácico inferior y se encuentra cartografiada en la plancha 229 Gachalá (Terraza et al, 2013). La edad de la formación es de Valanginiano al Hauteriviano.

Recomendaciones: Para la cartografía de la plancha 229, se levantó una sección compuesta, la cual cumple con la recomendación hecha por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), no en el área propuesta inicialmente en la recomendación, pero si en el área de estudio de este trabajo. De igual forma también se recomienda levantar otras secciones para hacer un chequeo de la continuidad lateral de la unidad.

La edad de la unidad asignada por Etayo et al (2003) es de Valanginiano Hauteriviano pero en la cartografía la ubican como Berriasiano, para lo cual se recomienda hacer una aclaración al respecto haciendo muestreo para análisis paleontológicos.

7.1.1.6 Santa Rosa

Nombre propuesto originalmente por Terraza et al. (2008) para designar arcillolitas calcáreas, negras macizas y una sucesión clástica de arenitas en capas delgadas hasta gruesas en el municipio de Ubalá, Cundinamarca. Aflora en una franja Orientada N 45°E en la parte inferior del CEOR hacia el norte, presenta cambio lateral de facies con la Formación Bata reconocida al Oriente. En el Municipio de Gachalá se observan buenos afloramientos, localidad de Palomas. Las fallas de Manizales, San Isidro y la Colonia con orientación SW-NW afectan a la unidad y definen varias franjas de afloramientos aislados entre sí, en los sectores de Ubalá y Santa Rosa.

Para acceder a la sección basal del Alto de Santa Rosa, se toma la vía que comunica al municipio de Chivor con la inspección de policía de Santa Rosa y luego

la vía que se desprende hacia Ubalá hasta llegar al Alto de Santa Rosa; para la parte media y superior de la unidad hay que desplazarse a las zonas mineras de Buenavista y Oriente localizadas en los alrededores de Chivor. La sección tipo es compuesta y se levantó en el flanco occidental del Anticlinal de Miralindo en tres sitios, Alto de Santa Rosa, Mina de Buenavista y Mina de Oriente (Terraza et al, 2013). La edad para esta unidad es Berriasiano, con base en bivalvos ornamentados (Bürgl, 1960) y amonitas encontradas en la parte más arcillosa de la unidad (Terraza et al., 2008).

Discusión: La Formación Santa Rosa es una unidad nueva cuya sección tipo es compuesta, definida a partir de criterios de correlación con la Formación Calizas del Guavio, la cual tiene algunas inconsistencias debido que fue una reconstrucción de secciones en diferentes localidades y además porque se puede separar fácilmente en rangos menores. La Formación Santa Rosa se ha cartografiado en el mapa geológico del CEOR y en las Planchas 228 Bogotá Noreste y 229 Gachalá, descrita en tres secciones de forma detallada, especificando composición, textura y estructura interna y también sus límites estratigráficos. Su extensión lateral esta descrita aflorando en una franja N45°E en la parte inferior del CEOR hacia el norte. La edad asignada es de Berriasiano.

7.1.1.7 Ubalá

El nombre de esta unidad se origina de la cartografía geológica del CEOR, que deriva del municipio de Ubalá (Terraza et al. 2008), donde se diferencian varios niveles de arenitas y calizas que se intercalan con paquetes de arcillolitas. Esta unidad aflora cubriendo el cuerpo paleozoico más occidental que se observa en la zona, localizado al sur de Ubalá (229: E1, F1; 228: F12), en los alrededores del embalse de Guavio (Figura 35) y en el sector de Las Mercedes (229: E2) (Plancha 229 Gachalá 2013).

En el área de Las Mercedes de la Formación Ubalá se reconocen tres paquetes que resaltan topográficamente separados por intervalos arcillosos que producen depresiones morfológicas, tanto al norte, en la Vereda Santuario, como al Sur, en cercanías al embalse del Guavio, se observan diferencias en espesor y cambios laterales de facies. La sección tipo se propone en el Río Chivor, Vereda las Mercedes, la cual inicia unos metros abajo de la bocatoma que desvía las aguas del río Chivor al embalse de Guavio, continúa aguas arriba por el lecho del río hasta el puente sobre la Quebrada Yazona, para finalizar por el camino hacia la escuela del mismo nombre (Terraza et al. 2008). Los fósiles encontrados en los niveles fosilíferos al tope de la unidad indican Valanginiano, por lo que se le asigna una edad de Berriasiano.

Como la Formación Chivor esta Formación nace como propuesta para suplantar a las Calizas del Guavio en el Piedemonte Llanero.

Discusión: Terraza et al. (2008) proponen esta unidad para el Cretácico basal del CEOR, en reemplazo de la Formación Calizas del Guavio. La unidad se encuentra definida en los alrededores del embalse de Gavio en el Sector de Las Mercedes. La sección de referencia cuenta con descripción de composición, textura y estructura interna. Se especifica el área en la que fue reconocida, sus contactos y por qué ser implementada en la nomenclatura actual (Ver 7.1.1.8.1). Se le asigna una edad de Berriasiano.

7.1.1.8 Chivor

Su nombre se originó según Terraza et al. (2008), en la cartografía Geológica del Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR), planchas 210, 211 y 229. Nombre proveniente del municipio del Chivor en donde la unidad presenta buenos afloramientos. La Formación Chivor se reconoce, de sur a norte, desde el embalse del Guavio hasta el Embalse de Chivor; al Sur aparece en dos franjas alargadas con

dirección NE separadas por la falla de San Isidro; al Norte en el área del municipio de Macanal aflorando en una escama tectónica relacionada con la Falla de Quebrada Negra. Ingeominas y Geoestratos (2005), referido en Terraza et al. (2008) describe la unidad en las zonas mineralizadas conocidas como Minas de Oriente y Minas de Soescol, donde levantaron un columna estratigráfica, allí la Formación Chivor muestra exposición completa y se observa su contacto superior e inferior. Su fauna de amonitas indica edad Valanginiano temprano y Berriasiano inferior en la posición estratigráfica entre las Lutitas de Macanal. Esta unidad también está cartografiada en la Plancha 229 Gachalá y es propuesta como unidad nueva, para suplantar parte de la Formación Calizas del Guavio en el Piedemonte Llanero.

Discusión: Unidad originalmente descrita por Terraza et al. (2008) como parte de una nueva propuesta para la parte basal del Cretácico en el CEOR. La sección tipo muestra una exposición completa donde se observan sus límites inferior y superior, se describe su composición, textura y estructura interna. Su extensión lateral está definida como dos franjas alargadas con dirección NE separadas por la Falla de San Isidro, reconocida de Sur a Norte. La edad de esta unidad es de Berriasiano superior.

7.1.1.8.1 Razones para proponer a las Formaciones Ubalá, Chivor y Santa Rosa como reemplazo de la Formación Calizas del Guavio en la región de Ubalá, Gachalá y Chivor

A continuación se nombran las razones por las cuales Terraza et al. (2008) consideran inadecuada la formalización de las Calizas del Guavio y se proponen el abandono de esta unidad. Planteando en sustitución para la región de Ubalá, Gachalá y Chivor, tres unidades nuevas con rango de Formación denominadas Santa Rosa, Ubalá y Chivor, las cuales representan la sucesión del cretácico basal.

1. En primer lugar se resalta que la formalización de las Calizas del Guavio se hizo con una columna estratigráfica compuesta, cuyas secciones tipo distan geográficamente una de otra y se localizan en bloques fallados, por lo cual la posición estratigráfica entre una y otra sección es incierta, debido a que no hubo el suficiente control bioestratigráfico que garantice una sucesión litológica normal, es decir, sin repeticiones o faltantes estratigráficos o con intervalos de roca que se presumen superpuestos en la vertical y en el tiempo, pero que en realidad son coetáneos y facialmente diferentes.
2. En la sección tipo del Alto de Miralindo (véase corte AA`y BB` de Guerra (1972), donde se definieron los miembros Conglomerado de Miralindo y Lutitas de Miralindo, se muestra sobre el paleozoico de Farallones al Conglomerado de Miralindo en la base (= nivel conglomerático inferior) y las Lutitas de Miralindo al techo (= nivel de shales superior), suprayacidos por las Calizas de Malacara (= calizas inferiores). En la exploración realizada para el presente estudio se observó en este sitio lodolitas oscuras laminadas con intercalaciones esporádicas de arenitas y varios cantos rodados de conglomerado, que al parecer corresponden a un nivel conglomerático basal, de carácter local y difícilmente cartografiable debido a que el sector está muy cubierto. No se reconoce la secuencia de 500m de conglomerados reportada por Ulloa & Rodríguez (1979) para el Conglomerado de Miralindo ni la secuencia basal (= nivel conglomerático inferior + nivel de shales superior) de más de 500 m reportada por Guerra (1972).
3. En la sección tipo del Cerro de Malacara (véase corte BB` de Guerra, 1972), donde se definió el miembro Calizas de Malacara (= calizas inferiores), se muestra a esta unidad suprayacida por las Lutitas de Las Mercedes (= nivel de lutitas) e infrayacida por el paleozoico de Farallones. En este lugar INGEOMINAS & GEOESTRATOS (2005) levantaron una columna estratigráfica de 570 m, de los cuales los 12 metros inferiores corresponden a rocas paleozoicas (Grupo Farallones) y los siguientes 180 m al cretácico

más basal (Formación Santa Rosa), en donde en el segmento inferior de 20 m solo se observan 2,5 m de rocas de composición calcárea; el resto es una sucesión limolítica-arcillosa de 160 m con algunas intercalaciones arenosas, sobre la cual reposan 3 m de caliza (Formación Chivor en el presente estudio); el resto de la secuencia (375 m), corresponde a rocas de la Formación Lutitas de Macanal. Como se puede observar en este lugar tampoco se reconoce la sucesión propuesta por Ulloa & Rodríguez (1979) para las Calizas de Malacara (= calizas inferiores), que consiste de dos niveles calcáreos, de 80 m para el inferior y 105 para el superior, separados por un nivel lutítico de 225 m, ni tampoco la sucesión descrita por Guerra (1972) para el miembro "calizas inferiores", que consta de 50-60 m de calizas en la base, 400 m de shale negro en la parte media y 100-120 m de calizas en el techo.

4. En la sección tipo del área de Las Mercedes (véase corte CC` de Guerra, 1972), lugar donde se definieron los miembros Lutitas de Las Mercedes (= nivel de lutitas) y Calizas de Las Mercedes (= calizas superiores), se muestra a las Lutitas de Las Mercedes suprayaciendo a las Calizas de Malacara, y a las Calizas de Las Mercedes (porción inferior) reposando sobre las Lutitas de Las Mercedes. En los trabajos cartográficos adelantados para el presente estudio, se observó en este lugar (hacia el río Chivor, 229: E2), rocas calcáreas paleozoicas del Farallones suprayacidas discordantemente por una secuencia basal cretácica constituida por cuarzoarenitas y calizas intercaladas con arcillolitas (denominada en este trabajo como Formación Ubalá). De igual forma en esta zona, no se reconoce la sucesión litológica propuesta por Ulloa & Rodríguez (1979) consistente de 250m de lutitas negras con lentejones de caliza (miembro Lutitas de Las Mercedes) suprayacidas por 120 m de calizas micríticas con intercalaciones de areniscas cuarzosas y lutitas negras (miembro Calizas de Las Mercedes) o la sucesión descrita por Guerra (1972), compuesta por 250 m de shales

negros bituminosos y limolitas negras en la base (nivel de lutitas) y 120 m de caliza micrítica en el techo (Calizas superiores).

Recomendaciones: El uso de los nombres Santa Rosa, Ubalá y Chivor con el rango de formación se proponen como en proceso de formalización, en reemplazo de la Formación Calizas del Guavio en el área de Medina-San Luis de Gaceno. A las unidades nuevas les hace falta difusión en otros medios como artículos y mapas. Es necesario realizar estudios paleontológicos, ya que las descripciones bioestratigráficas son limitadas.

7.1.1.9 Formación Fómeque

Descrito originalmente por Hubach (1957) con la denominación de Conjunto Fómeque, para el área localizada en el municipio de Fómeque a 29 km al SE de Bogotá, sección de la carretera Chipaque-Caqueza. Renzoni (1965) cartografía y define claramente la Formación Fómeque, levantando secciones en las carreteras Chipaque-Choachi, Chipaque-Caqueza y Une-Fosca en los Municipios de Ubaque, Choachi y Fómeque. En la Plancha 229 Gachalá (Terraza et al, 2013), se levantó una columna semidetallada por la carretera Gachetá-Ubalá entre los ríos Rusio y Muchindote, donde es suprayacente en contacto transicional a la Formación las Juntas, e infrayacente a la Formación Une.

Está representada por arcillolita negra a gris oscura, poco carbonosa con intercalaciones de wackstone, grainstone en menor proporción, mudstone terrígeno y lodolita (Terraza et al, 2013). Algunas capas presentan pirita diseminada y arenitas con frecuente bioturbación (López 2004). Por su litología blanda tienen una morfología relativamente suave con algunas crestas (Terraza et al, 2013), esta unidad se encuentra bien representada al E de la región de Bogotá, aunque no puede precisarse bien su continuidad hacia el Norte y el Sur (Julivert 1968).

Sus dataciones van del Barremiano temprano al Albiano medio Terraza et al, 2013), Barremiano-Aptiano (Ulloa et al 2000 y Mora et al 2010). En la carretera Santa María de Batá – San Luis de Gaceno se cita fauna de Gasterópodos, Bivalvos (Ulloa et al 2000) y contenido abundante de lamelibranquios (Ulloa 1975).

Cronológicamente en la región al oeste de la sabana de Bogotá se correlaciona con las Formaciones La Naveta, Trincheras y Socotá (Ulloa et al 2000). En Santander parte de esta formación corresponde a la Formación Las Mercedes de la cuenca de Santander (Ulloa 1975).

Discusión: Su nombre es propuesto originalmente por Hubach (1957), en la sección de la carretera Chipaque–Caqueza, en la localidad de Fómeque. También se han definido otras secciones de referencia en las carreteras Chipaque-Choachi, Chipaque-Caqueza y Une-Fosca en los Municipios de Ubaque, Choachi y Fómeque (Renzoni 1965) y por la carretera Gachetá-Ubalá (Terraza et al., 2013). En la Plancha 229 la unidad aflora en una Franja con sentido NE en el flanco Es del Anticlinal de Miralindo, desde la Vereda San Luis de Algodones al sur hasta la Cuchilla de San Agustín al norte. Ha sido cartografiada en las Planchas 192 Laguna de Tota, 193 Yopal, 209 Zipaquirá, 210 Guateque, 211 Tauramena 228 Bogotá Noreste, 229 Gachalá, 247 Caqueza y 266 Villavicencio (Alrededor de la zona de estudio). El espesor de la Formación Fómeque en el Sector de Gacheta presenta un espesor de 415 m, mientras que al Sur en el sector de Villavicencio solo 65m.

Esta formación se caracteriza por su abundancia de fósiles pero muchos nos han sido ubicados en columnas estratigráficas, contiene fauna de lamelibranquios, bivalvos y de gasterópodos con base a los cuales se le ha asignado edad de Barremiano–Aptiano (Ulloa et al., 2000). El rango de edad de esta formación está definido entre el Hauteriviano al Aptiano.

Recomendaciones: Con la descripción semidetallada en la carretera Gachalá-Ubalá que hacen Terraza et al (2013), no se cumple la recomendación de Muñoz,

Sarmiento y Montoya (1993) de disponer de una descripción estratigráfica detallada de la localidad tipo.

Se recomienda seguir usando el termino Fόμεque en el área de estudio, por su gran difusión en mapas, artículos e informes, y se recomienda la realización de nuevos levantamientos para poder tener una descripción estratigráfica completa en otras localidades del Piedemonte Llanero.

7.1.1.10 *Formación Une*

Nombre establecido originalmente por Hubach (1957), quien describe su localidad tipo al SE de Bogotá, en la carretera Bogotá-Villavicencio, entre las poblaciones de Chipaque y Caqueza, sin que exista una descripción detallada de la formación (Rodríguez 2000). La localidad tipo se sigue utilizando en la actualidad. La unidad está representada por escarpes muy pronunciados (Rodríguez 2000), aflorando al Oriente y al Occidente del Anticlinorio de los Farallones (Ulloa 1976), además, presenta buzamientos subverticales, generando una morfología reconocida de SW a NE en las cuchillas Calichana, Alto de la Burra y San Agustín (Terraza et al, 2013). Cartografiada en el Piedemonte Llanero por Ulloa y Rodríguez (1976) en el Cuadrángulo K-12, donde es descrita de manera general.

La secuencia de Une es predominantemente arenítica (Rodríguez 2000), areniscas cuarzosas, grises claras a blanco amarillentas, de grano muy fino y fino, con intercalaciones de lutitas negras (Ulloa 1976) y limolitas (López 2004). El espesor asignado para esta secuencia es de 500 m al Occidente y de 1100 m al Oriente, medidos en el Cuadrángulo K-12 (Ulloa 1976) y 400 a 500 m en su localidad tipo (Hubach 1931). La unidad ha sido cartografiada alrededor del área de estudio en las planchas 210, 211, 228, 229, 247, y 266.

Dentro de la unidad en su parte superior, se han identificado microfósiles como Amonitas y Gasterópodos (Bürgl 1975 y Campbell 1962). También se han reportado microfósiles, constituidos por Palinomorfos y foraminíferos bentónicos (Rodríguez 2000). La edad para esta formación con base al registro paleontológico es de Albiano – Cenomaniano (Rodríguez 2000 y Mora et al 2010) y Albiano-Aptiano (Dueñas, Morales y Navarrete 1996 tomado de Rodriguez 2000).

La Formación Une es correlacionable con unidades de otras cuencas, por ejemplo, Formaciones Aguardiente en Santander y Caballos en el Putumayo (Ulloa y Rodriguez, 1976).

Discusión: El nombre y rango de la unidad fue propuesta por Hubach (1931). Proviene de la población de Une a 20 al SE de Bogotá. Esta unidad está ligada a la parte central de la Cordillera Oriental pero su nomenclatura se extiende de la sabana de Bogotá hasta la Sierra Nevada del Cocuy (Rodríguez 2000). Presenta sus mayores espesores al SE de la Sabana de Bogotá. La extensión lateral de la Formación Une se ha reconocido en una franja desde el Páramo de Sumpaz hasta la Sierra Nevada del Cocuy (Muñoz T, Sarmiento P, & Montoya M, 1993). Los datos paleontológicos obtenidos mediante microfósiles (Polen y Esporas) asignan una edad de Albiano-Cenomaniano, edad que concuerda con la propuesta por Dueñas et al., 1996, y Mora et al 2000). El rango de edad para esta formación es del Aptiano al Cenomaniano.

Recomendaciones: Siguiendo la propuesta de Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993), el termino Une es recomendado para seguir siendo utilizado dentro de la Nomenclatura por su amplia difusión y estabilidad cronológica. Se agrega la Sección Boquerón de Chipaque y Cáqueza de Correa y Vallejos (1991) como sección de referencia secundaria.

7.1.1.11 Grupo Villeta

El término Villeta es atribuido a Hetner (1892), quien se refirió así a los estratos lodolíticos que se encuentran debajo del Grupo Guadalupe en la Cordillera Oriental. Hubach (1957) eleva la unidad al rango de Grupo y lo divide en tres formaciones denominadas Fόμεque, Arenisca de Une y Chipaque (Guerrero & Sarmiento, 1996). Este nombre es restringido por Julivert (1968) al Sector Oeste de la Cordillera Oriental donde la Formación Villeta se extiende por la vertiente W en el sector de Bogotá. Guerrero y Sarmiento (1996) mantienen el término en el sector Este, justificando que existen excelentes afloramientos de las tres Formaciones que conforman este grupo. Sus límites se han establecido en el tope de las lodolitas de la Formación Chipaque y en la base de las arenitas y limolitas de la Formación Dura y se le ha asignado una edad de Barremiano a Santoniano (Guerrero y Sarmiento 1996). El Grupo de Villeta abarca un lapso entre Barremiano hasta Conaciano inclusive del Cretáceo medio a superior (Renzoni, 1964).

Vergara y Rodriguez (1997) siguen la propuesta de Julivert (1968) para restringir el Grupo Villeta solo a la parte Oeste de la Cordillera Oriental, justifican que en la parte Este, usar el rango de Grupo no es necesario, debido a que las formaciones tienen poca afinidad entre ellas y pueden ser separadas y mapeadas fácilmente sin necesidad de una unidad de más alto rango. Por el contrario la propuesta de Guerrero y Sarmiento (1996) es de seguir usando el rango de Grupo, su argumento se basa en la primera delimitación y subdivisión litoestratigráfica precisa del Grupo Villeta (Hubach 1957), referidas en general a la Cordillera Oriental y en particular al E de Bogotá. Además estas denominaciones solo se pueden extender al Piedemonte Llanero pero no se recomienda usarlas para los Llanos Orientales, en este sector el Grupo Villeta no está completo (Guerrero y Sarmiento 1996).

Discusión: El término estratigráfico Grupo Villeta se atribuye a Hubach (1957); Cáceres & Etayo (1969) lo restringen solamente a la franja que va desde Apulo hasta Muzo, le reafirman el rango de grupo (Acosta y Ulloa 2001). Este Grupo ha

sido descrito para la zona oeste de la Cordillera Oriental donde se compone de otras formaciones diferentes a las acusadas para la zona oriental de la Cordillera Oriental y el Piedemonte Llanero. Guerrero y Sarmiento (1996) proponen mantener el grupo para el sector este, pero en las planchas pertenecientes a este sector no es reconocido como grupo y se nombran las formaciones que lo conforman (Formaciones Chipaque, Une y Fόμεque) de manera individual. Se puede seguir la propuesta de Vergara y Rodríguez (1997) quienes justifican que en la región Este de la Cordillera Oriental el rango de Grupo no es necesario, debido a la poca afinidad que presentan las formaciones, que pueden ser separadas y mapeadas, sin necesidad de un rango mayor. El rango de edad asignado para este grupo es de Barremiano hasta Santoniano con base a su posición estratigráfica (Guerrero & Sarmiento, 1996).

Discusión: El artículo 7c (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 2010), considera la prioridad y conservación de los nombres bien establecidos. El Grupo Villeta no cumple con la puntuación mínima para ser considerado como formal en el área de estudio por lo tanto se recomienda nombrar a las formaciones que lo conforman Fόμεque, Une y Chipaque, como unidades independientes siguiendo.

7.1.1.12 Formación Cáqueza

Radelli (1967), en Julivert (1968) emplea el nombre de Caqueza en dos sentidos diferentes, en el sentido habitual y además, en un sentido más restringido. Unidad descrita como esquistos oscuros, piríticos del Grupo Caqueza, que nunca han recibido denominación (Julivert, 1968). Se relacionan con la formación Las Juntas en el Sector de Quetame, Cordillera Oriental. En la recopilación de edades obtenidas por métodos radiométricos (Gómez, et al, 2015), se le da una edad de Pleistoceno.

Discusión: nombre de Grupo Caqueza, no se establecen sus contactos superior e inferior. No existe un estratotipo de la unidad, ni su extensión lateral. No se hace mención de contenido fosilífero ni de una descripción litoestratigráfica detallada. La edad que se obtuvo por métodos radiométricos no concuerda con la posición estratigráfica relacionada.

Recomendaciones: Se recomienda abandonar el uso de este término. No cumple con los requisitos para ser formalizada. Se puede considerar parte de la Formación Las Juntas.

7.1.1.13 *Formación Arenisca de Caqueza*

La Arenisca de Caqueza es nombrada por Hubach (1960) como la parte superior del Grupo Caqueza, referido en Julivert (1968), quien ubica la localidad y sección tipo en la carretera Caqueza en el Puente Caqueza, descritas como areniscas con cemento calcáreo y conglomerados al tope alternado con lutitas oscuras, con un espesor de 250m. Para la Geología de la Plancha 266 Villavicencio, se levantó una columna estratigráfica generalizada, donde ubican a esta unidad como parte del grupo Caqueza de edad Hauteriviano.

La edad de esta arenisca es Hauteriviano tanto en Cáqueza, al E de la Sabana, como en Villeta, no obstante parece (BÜRGL, 1960b, pp. 187-188) que el límite superior, del Hauteriviano se sitúe por encima de la Arenisca de Caqueza y su base se sitúe algo por debajo (Julivert 1968).

Ulloa y Rodriguez (1976), correlacionan el Miembro Almeida con las Areniscas de Caqueza propuesta por Hubach (1957).

Discusión: Autor Hubach (1960), para referirse a una sucesión de areniscas con cemento calcáreo y conglomerados alternados con lutitas oscuras, cuya sección tipo está en la Carretera Caqueza a la altura del Puente Caqueza, que de ninguna

manera esta descripción constituye criterios para darle el carácter de Formación. Identificada también al Este de la Sabana de Bogotá, pero no se conoce su extensión lateral. La descripción litoestratigráfica es deficiente y no se conoce nada sobre su contenido paleontológico. Otros autores han reconocido esta unidad con el nombre de Alto de Caqueza, dentro del grupo Caqueza, descrita en el Cuadrángulo L-11 Villavicencio (1964). Ha sido correlacionada con el Miembro Almeida de la Formación Arenisca de Las Juntas. Se le asigna una edad de Hauteriviano.

Recomendaciones: No utilizar el término Arenisca de Caqueza, en su lugar se recomienda usar el término Formación Las Juntas.

7.1.1.14 *Miembro Arenisca del Raizal*

El nombre deriva (COL. SOC. PETR. GEOL. GEOPH., 1961) del Cañón del Raizal, al E de Bogotá, donde la unidad consta de areniscas duras, de grano fino, con shales, silíceos, de color gris-azulado, interestratificadas, referido en Julivert (1968). Hubach (1957) dice "La localidad tipo del Guadalupe superior se halla en la angostura del río San Francisco de Bogotá". Aflora en la Plancha 190, Chiquinquirá, formando los flancos del Sinclinal de Aposentos y está compuesto por un conjunto de areniscas cuarzosas grises amarillentas con algunas intercalaciones de arcillolitas (Ulloa y Rodríguez 1979) y esta cartografiada en el Cuadrángulo K-12, Guateque como parte de la Formación Guadalupe (Ksgi) (Ulloa y Rodríguez 1976) para la sabana de Bogotá.

Los fósiles son poco abundantes y proceden de la parte baja (Hubach 1955), se identifican Bivalvos que son comparados con la fauna procedente de la capilla de Lourdes en la carretera Tabio-Chía, a la cual se le asigna una edad Santoniano. Ulloa y Rodríguez (1975) también le dan edad Santoniano, sin especificar como se obtuvo.

El Miembro Arenisca del Raizal se correlaciona con La Formación Arenisca Dura. La aceptación formal de la denominación según Julivert (1968), es discutible, porque no se encuentra definida claramente (Pérez y Salazar 1978). Aunque ha sido cartografiada para el Este de la Sabana de las planchas del Piedemonte Llanero se ha dejado en desuso esta nomenclatura, refiriéndose a la parte inferior del Grupo Guadalupe como Arenisca Dura.

Discusión: Cartografiada en la Plancha 190 Chiquinquirá y en el Cuadrángulo K-12 por Ulloa y Rodriguez. Fue el nombre que se le dio al miembro inferior del Grupo Guadalupe por lo que es correlacionable con la Formación Arenisca Dura. No hay una sección tipo ni referencia, la información litoestratigráfica es escasa, no se especifica el tipo de contacto con el suprayacente Miembro Plaeners, ni con la infrayacente Formación Chipaque, ni el espesor en la sección tipo. No se han hecho estudios para determinar la edad, pero se le asigna edad Santoniano. Esta nomenclatura ha sido dejada en desuso ya que la unidad no está definida ni descrita claramente. La edad de esta formación puede estar entre en Cenomaniano al Coniaciano.

Recomendaciones: En la actualidad a esta unidad se le da el nombre de Arenisca Dura, parte inferior del Grupo Guadalupe, por lo tanto se recomienda abandonar su uso.

7.1.2 Grupo II

7.1.2.1 Formación Chipaque

El nombre Chipaque fue empleado originalmente por Hubach (1931b) bajo la forma de Conjunto Chipaque para designar la parte más alta o superior de lo que se denominaba Villeta (Julivert 1968), redefinida por Renzoni (1962) como Formación Fómeque, parte inferior del Grupo Villeta. La sección descrita por Hubach (1957)

está en la población de Chipaque sobre la Carretera Bogotá-Villavicencio a 30° al SE de la ciudad de Bogotá. Vergara y Rodríguez (1997), proponen la sección El Crucero a lo largo de la vía Sogamoso-Aguazul cerca al Lago de Tota (Coordenadas: 1.113.300N/ 1.130.300 E a 1.111.900N/1.130.800 E del IGAC) como la sección de referencia principal de la formación Chipaque en el área al Este de Bogotá. En el Piedemonte Llanero se levantó una sección en la Quebrada San Antonio a 5 km al WNW de la Población de San Luis de Gaceno (Guerrero y Sarmiento 1996).

Presenta una topografía suavemente ondulada, formando depresiones con frecuentes deslizamientos, contrastando con las unidades infrayacentes y suprayacentes (Formación Une y Arenisca Dura) que forman escarpes abruptos (Rodríguez et al 2000). Se le ha asignado en el Piedemonte Llanero un espesor de 350 m (Ulloa 1975) y de 105 a 1625 (Rodríguez et al 2000).

Principalmente se compone de lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas en la parte inferior, en la parte superior intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano fino grises claras a oscuras (Terraza et al, 2013). Guerrero y Sarmiento (1996) hacen una descripción detallada de la Formación Chipaque dividiéndola en segmentos, que de base a tope se identifican con las letras A hasta N, con un espesor total de 565 m. Ha sido cartografiada en las planchas geológicas 209 Zipaquirá (Montoya y Reyes, 2003), 210 Guateque (Ulloa et al. 1975), 211 Tauramena (Ulloa y Rodríguez et al, 1983), 228 Bogotá Noreste (Buitrago y Terraza, 2008), 229 Gachalá (Montoya et al., 2013), 230 Monterrey (Ulloa et al., 1976), 247 Caqueza (Patiño et al., 2011) y 266 Villavicencio (Pulido et al., 1998) escala 1:100.000 que rodean el área de estudio.

Se han obtenido datos palinológicos que reportan Dinoflagelados a la base y Polen-Esporas al techo, (Guerrero y Sarmiento 1996), además foraminíferos bentónicos de tipo aglutinado y algunos foraminíferos planctónicos (Vergara 1995). La edad propuesta para esta Formación es de Turoniano – Cenomaniano (Rodríguez et al

2000, Vergara 1995, Julivert 1968), Cenomaniano superior al Santoniano (Terraza et al, 2013) y Santoniano (Sarmiento y Guerrero 2000).

En el Piedemonte Llanero la Formación Chipaque ha sido referida como Formación Gachetá nombrada por Miller (1975), pero se considera que se encuentra en sinonimia (Vergara y Rodriguez 1997). Guerrero y Sarmiento (1996) recomiendan abandonar el término Gachetá.

Discusión: Definida por Renzoni (1962) como Formación Chipaque. La sección tipo de la unidad está en la población de Chipaque, sobre la Carretera Bogotá-Villavicencio. La descripción original de la Formación (Hubach, 1957), no está completa, la información no está acompañada de columna estratigráfica, ni presenta información geográfica. Alzate y Bueno (1994) describen a detalle la unidad, sobre la vía Sogamoso a Yopal. Vergara y Rodriguez (1995), levantan la sección El Crucero a lo largo de la Vía Sogamoso-Aguazul, con base a la sección medida por Alzate y Bueno (1994), comprobando la sucesión litológica e introduciendo algunas modificaciones. Otra sección de referencia es la estudiada por Guerrero y Sarmiento (1996) en cercanías a San Luis de Gaceno, donde la describen a detalle. Es una unidad que ha sido ampliamente descrita por varios autores y también cartografiada en numerosas planchas del INGEOMINAS actual Servicio Geológico.

Con base al contenido de Polen, esporas y dinoflagelados, se le asigna una edad de Santoniano (Sarmiento y Guerrero 2000) y según los datos obtenidos de foraminíferos bentónicos y planctónicos, una edad de Turoniano-Cenomaniano (Vergara y Rodriguez 1995). Esta formación ha sido descrita en un amplio rango de edades que va desde el Cenomaniano al Campaniano.

Recomendaciones: La Formación Chipaque presenta una definición completa y está ampliamente cartografiada, las secciones de Vergara y Rodriguez (1997) y Guerrero y Sarmiento (1996) confirman su continuidad al este de Bogotá y en el Piedemonte Llanero. Se puede emplear la sección estratigráfica El Crucero

levantada a lo largo de la Vía Sogamoso-Aguazul cerca al Lago de Tota como estratotipo de la unidad en el Piedemonte Llanero y la Sección en la Quebrada San Antonio como sección de referencia secundaria. Se recomienda mantener en uso el término Chipaque.

7.1.2.2 Grupo Guadalupe

Nombre propuesto originalmente por Hetner (1892) quien fue el primero en denominar y ubicar estratigráficamente la secuencia como Piso de Guadalupe, elevado a rango de formación por Sützer (1926). Hubach (1931) usa la denominación de Piso y lo divide en dos conjuntos, uno inferior arcilloso y uno superior, y en su publicación de 1957 asigna el nombre de Grupo Guadalupe extendiendo el término a toda el área de la Cordillera Oriental. Posteriormente Renzoni (1962) eleva el rango a grupo constituido de base a techo por las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna. Según Julivert (1968) el Grupo Guadalupe está definido para el Este de Bogotá.

Pérez y Salazar (1978) en su tesis de grado describen el Grupo Guadalupe en la parte Oeste frente a Bogotá por el carreteable al Cerro del Cable donde reconocen la Formación Arenisca Dura, en el cerro entre las quebradas Rosales y la Vieja la Formación Plaeners, en las Canteras entre las quebradas La vieja y El Higuerón la Formación Arenisca Labor y en el Páramo de Rajadero a la Formación Arenisca Tierna. Vergara y Rodríguez (1995) también realizan una descripción detallada en la sección Páramo de El Rajadero, Alto el Volador y El Crucero. En el Piedemonte Llanero se levantó una sección de este Grupo en la Quebrada San Antonio aproximadamente a 5 km al WNW de la población de San Luis de Gaceno (Guerrero y Sarmiento 1996), donde se describen unas nuevas formaciones que de base a techo son Arenitas de San Luis de Gaceno, Lodolitas de Aguacaliente y Arenitas de San Antonio

El Grupo Guadalupe aflora en el extremo nororiental de la Plancha 229 Gachalá, en la terminación Sur del Anticlinal de Tierra Negra, donde se distinguen tres formaciones de acuerdo a su expresión morfológica, dos crestas en la parte superior e inferior y un valle en la parte media, Formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca Tierna (Terraza et al, 2013). Presenta un espesor de 565m medido en el Piedemonte Llanero (Guerrero & Sarmiento, 1996) y consta de areniscas intercaladas rítmicamente con limolitas, arcillolitas, lodolitas y a veces liditas, íntimamente interestratificadas o interlaminadas, o con bancos individuales de cada una de estas litologías (Perez & Salazar, 1978).

Este grupo ha sido comparado por varios autores con el Grupo Palmichal, algunos proponen que es mejor llamar Grupo Palmichal al Guadalupe en el Piedemonte Llanero (Vergara & Rodriguez, 1997), mientras que otros concluyen que la unidad predominantemente arenosa que se denominó Grupo Guadalupe (Hetner 1892; Renzoni 1962) en el área de Bogotá, puede reconocerse también en el flanco Oriental de la Cordillera Oriental y en el Piedemonte Llanero y plantean que para propósitos de correlación litológica es muy útil reconocer tres divisiones del Grupo Guadalupe en Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior (Guerrero y Sarmiento 1996). Estos autores aducen que la litología del Grupo Guadalupe en general es más gruesa en el área del Piedemonte que en la Sabana y que la Formación Plaeners no tiene la composición silíceo (menos del 5% en comparación con 38%), tampoco la fractura prismática ortogonal que la caracteriza en el área de Bogotá. Después de la revisión de los argumentos de Guerrero y Sarmiento (1996), se encuentra que de aceptarse esta nomenclatura se caería en un problema de sinonimia (Terraza, y otros, Geología de la Plancha 229 Gachalá, 2013)

Discusión: Este Grupo ha sido reconocido principalmente en la cuenca de la Cordillera Oriental, donde se encuentran definidas las formaciones que lo componen (Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna). En el sector del Piedemonte Llanero se correlaciona con el Grupo Palmichal y se ha discutido si es correcto

nombrar también como grupo Guadalupe la sucesión litológica que aflora en este sector. La sección de referencia propuesta por Guerrero y Sarmiento (1996) en proximidades a la población de San Luis de Gaceno es bastante detallada, pero los autores proponen nuevos nombres que están en sinonimia con las Formaciones del Grupo Guadalupe en la Cordillera Oriental, por lo que no se puede tomar como sección tipo en el Piedemonte Llanero, pero si se puede tomar como sección tipo, la sección levantada en el Páramo de El Rajadero de Vergara y Rodríguez (1995), que no incluye la Formación Arenisca Dura e incluye la Formación Pinos.

En la Plancha 229 Gachalá (2013) se emplea el nombre de Guadalupe y no el Grupo Palmichal, que difiere de lo propuesto por Vergara y Rodríguez (1997) quienes consideran mejor nombrar como Grupo Palmichal al Grupo Guadalupe en el Piedemonte Llanero. El rango de edad asignado por Pérez y Salazar (1978), Vergara y Rodríguez (1995) y Montoya et al. (2013) es del Campaniano al Maastrichtiano, Ulloa y Rodríguez (1975) del Conaciano al Maastrichtiano y Mora et al (2010) de Santoniano superior al Maastrichtiano. Se concluye que el rango de edad del Grupo Guadalupe, va del Conaciano al Maastrichtiano.

Recomendaciones: Se recomienda complementar la información litoestratigráfica para poder emplear el uso de Grupo Guadalupe como formal, aunque esté definido y cartografiado en el área de estudio. Posiblemente para toda la extensión del Piedemonte Llanero hagan falta otros levantamientos que confirmen a continuidad del Grupo y las Formaciones que lo componen.

7.1.2.3 Grupo Palmichal

Originalmente propuesto por Ulloa y Rodríguez (1976) en la cartografía de los Cuadrángulos K-12 Guateque y K-13 Tauramena, designando una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos, divididos en conjuntos nombrados con las letras de la A - E, cuya sección tipo es la Quebrada Palmichal. Esta cartografiado

en las planchas 192 Laguna de Tota (1998), 193 Yopal (Renzoni, G. 1992), 210 Guateque (1975), 211 Tauramena (1983), 230 Monterrey (1976), 247 Caqueza (2011) y 266 Villavicencio (1998). Vergara y Rodriguez (1995) proponen una sección tipo compuesta descrita en las Secciones Quebrada Playonera, Quebrada Palmichal, municipios de Tauramena, Casanare.

Rincón (1982) describe a este grupo sobre la Carretera Santa María-Aguaclara, donde levanto dos columnas estratigráficas y en las secciones Santa María-San Luis de Gaceno y El Secreto-Aguaclara. En estas descripciones Rincón (1982) trato de utilizar la misma nomenclatura de Ulloa y Rodriguez (1976), cambiando el término nivel por unidad, aclarando que este es más apropiado para su designación.

Bartels (1986) anota que la sección tipo seleccionada por Ulloa y Rodriguez (1976) esta decapitada por una falla que corre la parte superior del Grupo, por esto, la exposición del Grupo Palmichal y Formación Socha inferior encajan más para estudios adyacentes a la Quebrada Playonera. Propone un estratotipo compuesto en la Quebrada Palmichal, donde aparecen los dos conjuntos competentes inferiores de Ulloa y Rodriguez (1976) y en la Quebrada Playonera, el conjunto superior. El grupo Palmichal en el área investigada por Bartels (1986) se encontró suprayaciendo concordantemente a la Formación Arcillas del Limbo.

El Grupo Palmichal es conformado por una sucesión de capas que muestran fuertes escarpes separados por dos pequeñas entrantes (Renzoni 1992) y en general una topografía alta, descritas como capas tabulares de arenitas (Pinto et al 2010). Vergara y Rodriguez (1995) dividen el Grupo Palmichal en 5 unidades informales que de base a techo son Arenita inferior, Unidad de chert y lodolitas, Arenita intermedia, Lodolitas superiores y Arenita superior. Una propuesta posterior de Vergara y Rodriguez (1997) es de dividir el Grupo Palmichal de base a techo según unas Formaciones originales de Guerrero y Sarmiento (1996) para el Piedemonte Llanero en cercanías a San Luis de Gaceno, nombradas Formaciones Arenita de

San Antonio, Lodolitas de Aguacaliente y Arenita de San Luis de Gaceno, incluyendo para la parte superior del Grupo la Formación Guaduas.

Bartels (1986) indica que la transcripción parcial de la propuesta hecha por Ulloa y Rodríguez (1976) y posteriormente el uso de esta "unidad" en Ulloa y Rodríguez (1981) en la geología del Cuadrángulo K-13 Tauramena, hace considerar algunas anomalías estratigráficas, tanto de simple nomenclatura como de localización geográfica. Se describen tres razones:

(a) La localidad tipo (Quebrada Palmichal no contiene la totalidad del "Grupo Palmichal", pues la parte superior no está expuesta debido al curso del Río Upía, que está regido por la Falla del Anticlinal del Guavio.

(b) Se denomina "Grupo Palmichal" a un grupo de conjuntos (posiblemente informales) y no a un grupo de formaciones (constituyentes de un grupo)

(c) No se indica el carácter de los límites, inferior ni superior de los conjuntos. El límite superior del "Grupo Palmichal" con la Formación Arcillas de El Limbo es concordante aunque no visible, en la localidad tipo; y el contacto inferior es transicional lento con la infrayacente Formación Chipaque.

Finalmente Bartels (1986) concluye que el nombre de "Grupo Palmichal" debería desaparecer de la nomenclatura estratigráfica y las rocas que representaba este grupo queden bajo la denominación de Grupo Guadalupe, con las formaciones correspondientes; Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners, Formación Arenisca de Labor y Formación Arenisca Tierna; aunque presente ligera variación facial y temporal lo cual ayuda a esclarecer la Geología Regional.

Este grupo se correlaciona con el Grupo Guadalupe descrito de manera exhaustiva en la cuenca de la Cordillera Oriental, pero son difícilmente comparables tanto en sucesión litológica como en edad (Vergara y Rodríguez 1995). La parte superior del Grupo Palmichal puede corresponder con las Areniscas del Morro y con la Formación Guaduas y Guadalupe en la Sabana de Bogotá (Ulloa y Rodríguez

1976). Guerrero y Sarmiento (1996) resaltan que la denominación propuesta por Ulloa y Rodríguez (1976) estaría en sinonimia, no solamente con el Grupo Guadalupe, la Formación Guaduas y la Formación Socha Inferior, sino también con la Formación Areniscas del Morro. Por otro lado Vergara y Rodríguez (1997) mantienen el nombre del Grupo Palmichal y no Guadalupe para el Piedemonte Llanero y explican cinco razones (Pág. 61-64).

1. Las tres unidades superiores del Grupo Guadalupe no son factibles en el Piedemonte Llanero porque estas no pueden ser separadas una de la otra. Esto constituye una razón para el abandono de la Arenisca de Labor, las “Lutitas y areniscas finas” y la Arenisca Tierna, pero solo en el Piedemonte Llanero (NASC 2010: Artículo 20a).
2. El nombre Palmichal tiene una prioridad sobre el nombre Guadalupe en el Piedemonte Llanero. Aunque este ha sido mencionado de forma separada en memorias de congresos y tesis no publicadas, el Guadalupe en el Piedemonte Llanero fue usado en publicaciones solo por Cooper et al. (1995) y Cazier et al (1995).
3. El abandono del Grupo Palmichal propuesto por Guerrero y Sarmiento (1996) reclamando la sinonimia con el Guadalupe, Guaduas y Socha inferior, y la Arenisca de El Morro no es actualmente justificada porque ninguna de estas unidades está en sinonimia con el Grupo Palmichal, estas son equivalentes a partes de él.
4. Siguiendo el Artículo 7c del Código Estratigráfico Norteamericano (1983), se redefine el límite superior del Grupo Palmichal, para su abandono. Creen que es más práctico y omite la extensión del Grupo Guadalupe al Este, más allá de su área tipo.

5. La condición de mapeabilidad está suficientemente cubierta. El Servicio geológico Colombiano, ha mapeado esta unidad en las planchas K-12 y K-13 (Ulloa *et al.* 1975); Ulloa & Rodríguez (1981), 211 (Ulloa & Rodríguez 1976), 230 (Ulloa *et al.* 1976), 193 (Renzoni 1991) y 266 (Pulido *et al.* 1993), todas de dominio público. De acuerdo a esto, las unidades pueden ser seguidas a lo largo del cinturón plegado de los Llanos, desde el área norte de Yopal al sur del Piedemonte hasta el área de Villavicencio-Acacías. El abandono del Grupo Palmichal podría prácticamente hacer que los mapas del SGC queden inválidos. Se podrían mejorar los mapas separando la Formación Socha inferior del Grupo Palmichal con la ayuda de la inconformidad mencionada, donde se presente.

Discusión: Esta unidad fue propuesta por Ulloa y Rodríguez (1976) cuyo estratotipo es la Quebrada Palmichal en Sabanalarga. Además se proponen otras secciones de referencia; Rincón (1982) levanta las secciones Santa María-San Luis de Gaceno y El Secreto-Aguaclara, Bartels (1986) describe el estratotipo compuesto en las Quebradas Palmichal y Playonera, igual que Vergara y Rodríguez (1995) que también incluyen la Quebrada Caño Blanco. En estas secciones la descripción es detallada y se toman en cuenta todos los niveles propuestos por Ulloa y Rodríguez (1976). Vergara y Rodríguez (1995) proponen una nueva denominación para las unidades del Grupo Palmichal, consideradas informales, anotando que estas no necesariamente tienen nombre propio. La continuidad lateral del Grupo Palmichal en las planchas donde está cartografiado se da a manera de franjas con dirección NE, haciendo parte de estructuras sinclinales y anticlinales, su expresión morfológica contrastante facilita su reconocimiento.

Según Ulloa y Rodríguez (1976) con base a *Ostrea abrupta*, se le asigna una edad de Campaniano – Paleoceno inferior. Los datos paleontológicos de Bartels (1986) arrojan edad de Santoniano al Paleoceno inferior, con base a reportes de polen, esporas y dinoflagelados. La edad del Grupo Palmichal está en el rango del Campaniano al Paleoceno superior.

Recomendaciones: El Grupo Palmichal no está definido correctamente, ya que se encuentra dividido en miembros o unidades informales y no en Formaciones como lo amerita su rango de Grupo, anotación hecha también por Bartels (1986), motivo que desacredita el nombramiento de esta unidad (NASC 2010: Artículo 6a, Tabla 2 y GEI, 2001: Capítulo 2,c). Además no se puede correlacionar directamente con el Grupo Guadalupe, porque las Formaciones de este Grupo no son del todo equivalentes con las unidades del Grupo Palmichal. El Servicio Geológico, antiguo INGEOMINAS, ha cartografiado esta unidad en varias planchas en el Piedemonte Llanero, pero en el área de estudio, la plancha 229 Gachalá, no se incluye y se definen las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor, dentro del Grupo Guadalupe. Debido a la gran discusión que presenta el nombramiento de este grupo se hace necesario que se realicen más estudios que puedan esclarecer la geología regional, partiendo del hecho de que la sección tipo (Quebrada Palmichal) no está completa y revisando la posible continuidad lateral de las Formaciones del Grupo Guadalupe hacia el Este, aunque se presenten cambios laterales de facies.

7.1.2.4 Formación Arenisca Dura

Descripción original hecha por Hubach (1931) referido en Julivert (1968), designando un nivel que llama Horizonte Inferior de Areniscas Duras, como formado por areniscas duras, muchas veces cuarcíticas con intercalaciones de esquistos. Hubach (1931 b; cuadro en Kehrer 1933) divide el Guadalupe en un Conjunto Superior Areniscoso. Bartels (1986) levanta una sección de referencia en las Quebradas Palmichal y Playorena. Posteriormente ha sido descrita por Perez y Salazar (1978) como una intercalación rítmica de bancos de areniscas con limolitas silíceas, liditas, lodolitas y arcillolitas limosas en el carretable al Cerro del Cable y por Vergara y Rodríguez (1995) como arenitas con cemento calcáreo y bajo contenido fosfático (Inferior), Interestratificación de chert, limolitas de cuarzo y arenitas en la sección de El Crucero y Alto el Volador.

La edad de la Formación esta extendida del Campaniano al Maastrichtiano, gracias al recobro palinológico de *Andalusiella gabonense*, *Andalusiella sp.* y *dinoflagelados* (Vergara y Rodríguez 1997). Se reportan varias especies de Bivalvos, que estan datados del Conaciano (Pérez y Salazar 1978).

El nombre Miembro del Raizal ha sido retenido por Julivert (1963 c; en Julivert 1968) en substitución al de Arenisca Dura. Julivert (1968) recomienda dada la diversidad de sentidos que se han usado para este último término que sea abandonado. Ulloa y Rodríguez (1976) describen para la parte inferior del Grupo Guadalupe al Miembro Arenisca del Raizal, que se correlaciona con la Formación Arenisca Dura por su posición estratigráfica.

Discusión: Nombre propuesto por Hubach (1931) para una serie de areniscas duras con intercalaciones de esquistos. No es sino hasta Pérez y Salazar (1978) que se realiza una descripción completa de la unidad en la Cordillera Oriental, levantando una sección en el carreteable al Cerro del Cable, estableciendo sus límites estratigráficos y asignándole edad Campaniano – Maastrichtiano en base a análisis palinológicos y proponiéndola como sección tipo. Se concluye un rango de edad de Conaciano – Campaniano. Vergara y Rodríguez (1995) también estudian esta formación en las secciones El Crucero y Alto el Volador. La sección tipo de esta unidad no ha sido definida, pero sus descripciones están hechas más para el sector central de la Cordillera Oriental.

Recomendaciones: Se recomienda mantener el uso del término Arenisca Dura, como parte inferior del Grupo Guadalupe. El estratotipo de la unidad es la sección del Cerro del Cable de Pérez y Salazar (1978) en la Cordillera Oriental. Es necesario establecer el estratotipo en el Piedemonte Llanero, donde se puede utilizar la sección El crucero en la vía Sogamoso-Aguazul, donde la unidad hace parte del flanco oriental del Anticlinal de El Crucero.

7.1.2.5 Formación Plaeners

El nombre de la unidad fue introducido por Hetner (1892), pero fue Hubach (1931b), referidos en Julivert (1968), quien dio la estratigrafía de la Formación Guadalupe, dividiendo al Guadalupe superior en tres niveles, el medio es el que llama Horizonte de Plaeners que separa dos horizontes de areniscas. Más adelante Hubach (1957) define la unidad como un horizonte formado por capas delgadas de lilitas arcillosas, margosas e intercalaciones de arcillas y areniscas. Pérez y Salazar (1978) describen la sección del Carreteable al Cerro del Alto del Cable, entre las quebradas Rosales y la Vieja como, facies arcillosas más bien lodosas, limolitas y lilitas con cristales finos de pirita y glauconita, posicionando la unidad entre la Formación Arenisca dura a la base y Formación Arenisca de Labor al techo. Posteriormente descrito por Vergara y Rodríguez (1995) en la sección Alto el Volador en la zona oriental de la Sabana de Bogotá, reconociendo interestratificaciones de lodolitas gris oscura con chert y limolitas de cuarzo, capas delgadas de fosforita bioclástica. Esta formación está cartografiada en el Cuadrángulo K-12 (1976), en la Plancha 210 Guateque (1975) y en la Plancha 229 Gachalá (2013) del Piedemonte Llanero.

Los datos paleontológicos de macrofósiles (Bivalvos, Escamas, Vertebras de peces) y foraminíferos permitieron asignarle una edad de Maastrichtiano inferior (Pérez y Salazar 1978). El registro fósil proveniente de cercanías de Gámeza; foraminíferos *Praeulimina caiseyae*, *Pyramidina prolixa* (Vergara y Rodríguez 1995), le dan una edad a Plaeners de Santoniano a Maastrichtiano.

La Formación Plaeners se correlaciona por litología y edad con la Formación Lodolitas de Aguacaliente formalizada por Guerrero y Sarmiento (1996), también con la unidad de Chert y Lodolitas del Grupo Palmichal (Vergara y Rodríguez 1995), o el conjunto B de Ulloa y Rodríguez (1976).

Discusión: Esta unidad es bastante reconocida en la cuenca de la Cordillera Oriental, y ha sido descrita también en el Piedemonte Llanero, su nombre fue dado

por Hetner (1892) quien no especifica su origen. La unidad hace parte del Grupo Guadalupe (Hubach, 1957) denominando Horizonte de Plaeners a unas capas de lilitas arcillosas e intercalaciones de arcilla y areniscas. Existen varias secciones de referencia como la sección Alto el Volador (Vergara y Rodríguez 1995), Sección Carreteable al Cerro del Alto del Cable entre las quebradas Rosales y la Vieja (Pérez y Salazar, 1978), quienes la proponen como sección tipo y Quebrada San Antonio (Guerrero y Sarmiento 1996), las cuales tienen descripciones completas de la unidad. Se encuentra cartografiada en las planchas 171, 191, 193, 209, 210, 228, 229, Cuadrángulo K-12 y en algunas otras localizadas hacia el NW de la zona de interés. Pérez y Salazar (1978) le asignan edad de Maastrichtiano con base en Bivalvos, y restos de peces. Según Vergara y Rodríguez (1995) esta unidad tiene rango Santoniano – Maastrichtiano en base a foraminíferos planctónicos. El rango de edad que se concluye es del Santoniano al Maastrichtiano. Se puede correlacionar con la Formación Lodolitas de Aguacaliente propuesta por Guerrero y Sarmiento (1996) quienes levantan una sección detallada cerca a la población de San Luis de Gaceno.

Recomendaciones: Se recomienda mantener el uso del término Plaeners. Es necesario tomar la la sección del carreteable al Cerro del Alto del Cable, entre las quebradas Rosales y la Vieja, como sección tipo en la Cordillera Oriental y las secciones Alto el Volador y Quebrada San Antonio como secciones de referencia para el Piedemonte Llanero.

7.1.2.6 Formación Arenisca de Labor

Unidad descrita originalmente por Hubach (1951) y referida por Julivert (1968) para designar unos bancos de arenisca que se explotaban en el área al Sur de la Sabana de Bogotá. Descrita a detalle por Julivert (1962a) en la carretera de Bogotá a Choachí, en la bajada del páramo a Choachi, referido en el Léxico Estratigráfico de Colombia (Julivert 1968). Pérez y Salazar (1978) describen esta unidad en las Canteras situadas entre las quebradas La Vieja y El Higuero en la parte Oeste frente

a Bogotá, exaltando su expresión topográfica pronunciada. La unidad también se estudió en las secciones del Alto El Volador en las vías de Umbita a Pachavita y del Páramo del Rajadero vía de Bogotá Choachí (Vergara y Rodríguez 1995). Estos autores indican que en la localidad Alto El Volador la Formación está representada por arenitas de grano fino a medio, interestratificadas con capas delgadas de lodolitas oscuras, presenta capas de chert y limolitas de cuarzo.

El recobro de fósiles es escaso, algunos de los coleccionados forman parte del “nivel arcilloso” de la Arenisca Tierna que es la Formación Pinos (Vergara y Rodríguez 1995). Pérez y Salazar (1978) reportan Ammonites, tomados de un nivel de “lutitas y areniscas finas”, quienes asignan una edad a la Arenisca de Labor de Maastrichtiano temprano. Vergara y Rodríguez (1995) con base en los fósiles encontrados en Los Pinos y las relaciones estratigráficas asignan un rango de edad de Campaniano tardío a Maastrichtiano temprano.

Ujueta (1962) y Pérez & Salazar (1978), referidos por Vergara y Rodríguez (1995), incluyen dentro de la Arenisca de Labor un nivel de lodolitas de 20m en la parte superior. Ujueta (1962).

Discusión: Descrita originalmente por Hubach (1951) en Julivert (1968) como bancos de areniscas en canteras al sur de la Sabana de Bogotá. Posteriormente es referido por Pérez y Salazar (1978) quienes describen esta unidad en unas canteras al Oeste frente a Bogotá. También Vergara y Rodríguez (1995) estudian secciones en la localidad Alto el Volador y Paramo del Rajadero, no se han tomado como estratotipo de la unidad. Las secciones nombradas fueron descritas completamente respecto a su composición, textura, estructura y contenido fosilífero. Ha sido cartografiada en las planchas 209, 210, 228, 229, 247 y en el Cuadrángulo K-12. Se ubica estratigráficamente suprayaciendo la Formación Plaeners (Vergara y Rodríguez, 1995 y Pérez y Salazar, 1978), se tienen dudas respecto a su contacto superior que puede ser la Formación Tierna, algunos autores como Vergara y Rodríguez (1995) proponen a la Formación Pinos que es un nivel lodolítico entre La

Formación Labor y Tierna. Se encontraron pocos fósiles, pero se reportan amonitas del nivel fino entre Labor y Tierna asignándole una edad de Maastrichtiano temprano (Pérez y Salazar 1978). Se concluye un rango de edad que va del Campaniano al Maastrichtiano. La unidad esta mejor identificada y definida en el sector central de la Cordillera Oriental, pero puede correlacionarse en el Piedemonte Llanero con la parte inferior de la Formación Arenitas de San Luis de Gaceno propuesta por Guerrero y Sarmiento (1996), lo que puede indicar continuidad hacia el este.

Recomendaciones: Se recomienda mantener el uso del término y tomar como estratotipo en el Piedemonte Llanero la sección Páramo del Rajadero (Vía Bogotá-Choachí) y Alto el Volador (Vía Umbita-Pachavita) como sección de referencia secundaria. También es necesario hacer un muestreo para análisis paleontológico de la arenisca ya que las dataciones se han hecho en un nivel denominado Formación Pinos.

7.1.2.7 Los Pinos

La unidad denominada los Pinos fue introducida por Ulloa y Rodriguez (1979b) como miembro de la Formación Guadalupe, localizada en el sitio Los Pinos sobre la vía Paz del Río a Tame. Vergara y Rodriguez (1995) también la reconocen y la describen en las secciones Alto del Volador y Páramo de Rajadero; allí la unidad está constituida por lodolitas grises, arcillolitas macizas, capas delgadas de fosforitas con abundante contenido de foraminíferos y espesor de 122m (Vergara y Rodriguez 1995), y de 20 a 30 m (Ulloa y Rodriguez).

Vergara y Rodriguez (1995) le asignan una edad de Maastrichtiano con base a Dinoflagelados; *Andalusiella* sp. Y *Acromosphaera* *sagena*. Dueñas y Morales (1995) y Alzate y Bueno (1994) indican que comprendería entre el Campaniano al Maastrichtiano inferior.

Desde el Léxico Estratigráfico de Julivert (1968) se reconoce un nivel blando que separa las Areniscas de Labor y Tierna, según Bürgl (1959) corresponde al Plaeners Superior, en las columnas de Julivert (1962) se reconoce bajo el nombre de “Lutitas y arenitas finas”, y en las columnas de Pérez y Salazar (1978) como un nivel lodolítica dentro de la Arenisca de Labor. Vergara y Rodriguez (1995) correlaciona la formación Los Pinos en la Sabana de Bogotá con las “Lutitas y arenitas finas” de Julivert (1962) y con “Plaeners Superior” de Bürgl (1959). Ulloa y Vargas (1981) indican que los 15m de intercalaciones de lodolitas y arcillolitas que separan la Arenisca de Labor y la Tierna han sido correlacionados incorrectamente con “una unidad lodolítica denominada Los Pinos”. También Guerrero y Sarmiento (1996) afirman que es incorrecto correlacionar el paquete arenoso suprayacente a Los Pinos, con la Arenisca Tierna y que la correlación es con la Formación Labor-Tierna.

Discusión: Su nombre proviene de la localidad Los Pinos sobre la vía Paz del Río – Tame, dado por Ulloa y Rodriguez (1979). Ha sido una unidad discutida debido a que se reconoció en principio como un paquete fino que hacia parte del segmento superior de la formación Labor y se le denominó Plaeners superior (Bürgl 1959), por su similitud con la Formación Plaeners. Posteriormente se separó de la Arenisca de Labor y de Tierna llamándola “Lutitas y arenitas finas” (Julivert 1962). Son Ulloa y Rodriguez (1979) en la Geología de las Planchas 170 Vélez y 190 Cundinamarca, quienes le asignan el nombre de Formación Pinos para describir un paquete de 20 a 30 m, compuesto de lutitas negras, con intercalaciones de areniscas que suprayacen a la Arenisca de Labor e infrayacen a la Arenisca Tierna. Vergara y Rodriguez (1995) recomiendan darle un nombre formal a estos estratos, ya que, están bien desarrollados hacia el Norte y adolecen de una buena caracterización y columna detallada, estos autores retienen el nombre de Los Pinos y proveen columnas en las secciones del Volador y del Páramo del Rajadero y buscan formalizar su uso. El rango de edad es de Campaniano al Maastrichtiano inferior.

Recomendaciones: Se sugiere mantener el uso del término Los Pinos para ese nivel blando entre las areniscas de Labor y Tierna, evitando la proliferación de

nombres informales y la unión de los términos Labor-Tierna, donde la unidad Los Pinos está bien descrita, principalmente en la Cordillera Oriental. Se propone que la sección del Páramo del Rajadero (Vergara S & Rodriguez Ch, 1995) sea utilizada como estratotipo de la unidad. En el área de estudio no ha sido cartografiada ni descrita a detalle, se recomienda esclarecer la continuidad lateral de esta unidad, tanto como para poderla nombrar allí, como para definir correctamente el Grupo Guadalupe.

7.1.2.8 Formación Arenisca Tierna

Su nombre Arenisca Tierna fue usado por primera vez por Lleras Codazzi (1928) referida por Julivert (1968), en un sentido descriptivo y no estratigráfico. Descrita originalmente por Hubach (1931) en un cuadro de Kehrer (1993), quien es el primero en darle un sentido estratigráfico, como areniscas granulosas tiernas con unos pocos bancos de esquistos oscuros. En la Plancha 229 Gachalá, esta unidad aflora como una faja en dirección N30-40°E en la pared colgante de la falla de Tesalia Oeste y esta invertida (229: A10-11, B9-10, C7-8-9, D7). Vergara y Rodriguez (1995) establecen una sección de referencia en el páramo del Rajadero donde se describe como cuarzoarenitas con bajos contenidos de matriz y cemento. Esta unidad se distingue de las otras formaciones del Grupo Guadalupe por su expresión topográfica de cerros bajos, especialmente en la sabana de Bogotá, dando lugar a afloramientos aislados e incompletos de areniscas de grano grueso con porciones conglomeráticas (Pérez y Salazar 1978). En la Geología del Cuadrángulo K-12 (1975) son descritas como areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas con intercalaciones de lutitas silíceas (Ulloa y Rodriguez 1975).

La edad de la Arenisca Tierna es del Maastrichtiano tardío en base al contenido de Polen y Esporas reportador por Vergara y Rodriguez (1995). En base a su posición estratigráfica se le asigna una edad de Maastrichtiano temprano (Pérez y Salazar 1978).

La unidad presenta a la base un nivel de lutitas y areniscas finas, las cuales representan el cambio con la infrayacente formación Labor (Formación Pinos, Plaener superior), en ocasiones este nivel fino no está y separar la Arenisca Tierna de la Labor se hace difícil y a veces innecesario (Vergara y Rodriguez 1995).

Discusión: Descrito originalmente por Hubach (1931) como areniscas granulosas tiernas. Actualmente para el Piedemonte Llanero se ha descrito en la Plancha 228 Bogotá Noreste (2008), 229 Gachalá (2013) y 247 Caqueza (2011) y Cuadrángulo K-12, también se ha cartografiado e las plancha 192 Laguna de Tota (1998). Se presenta como una franja NE en el extremo Este de la plancha 229 y haciendo parte del Anticlinal de Bogotá en el extremo NW de la plancha 247. En trabajos recientes no se han hecho reportes de macrofósiles pero se han encontrado contenido de esporas y polen (Vergara y Rodriguez 1995). Ha sido descrita en las secciones de referencia Paramo del Rajadero (Vergara y Rodriguez 1995) y en la Quebrada San Antonio (Guerrero y Sarmiento 1996) en el Piedemonte Llanero, donde no se hace referencia al porcentaje de exposición que puede presentar. No se han hecho reportes de macrofósiles en esta unidad, pero si ha encontrado contenido de polen y esporas que han dado una edad de Maastrichtiano tardío (Vergara y Rodriguez 1995). La edad de la formación es Maastrichtiano.

Recomendaciones: Mantener el uso del nombre para la Cordillera Oriental, tomar como sección de referencia principal, la sección levantada por Vergara y Rodriguez (1995) en el Páramo del Rajadero, vía Bogotá-Choachí. Se recomienda que se establezca con claridad la continuidad del límite inferior con la Formación Pinos, por medio de otros levantamientos hacia el oriente de la zona. Se recomienda así, como para la formación Los Pinos, realizar estudios que permitan conocer la continuidad lateral, y los cambios de facies que pueda presentar la unidad, posiblemente con el levantamiento de secciones de referencia secundaria.

7.1.2.9 Arenitas de San Antonio

Guerrero y Sarmiento (1996) proponen formalmente el nombre de esta formación, el cual deriva de su composición litológica y de la Quebrada San Antonio. La sección tipo de esta formación se sitúa en la Quebrada San Antonio, aproximadamente a 5 km al WNW de la población de San Luis de Gaceno. Se compone de una sucesión de 214 m de espesor predominantemente de cuarzoarenitas de grano fino a medio.

Los microfósiles presentes son Dinoflagelados, asignando una edad Campaniano temprano (Sarmiento y Guerrero 2000). Correlacionable con la Formación Arenisca Dura (Guadalupe inferior), se argumenta que la granulometría en el sector del Piedemonte Llanero es más gruesa, y que debido a ello, la formación debe nombrarse de forma distinta (Guerrero & Sarmiento, 1996), manteniendo que la formación hace parte del Grupo Guadalupe.

Discusión: Nombre propuesto por Guerrero y Sarmiento (1996) para designar la parte inferior del Grupo Guadalupe en el Piedemonte Llanero, argumentando que en esta localidad la granulometría es más gruesa que en la Cordillera Oriental. Su sección tipo es en la Quebrada San Antonio en cercanías a la población de San Luis de Gaceno, donde se describen cuarzoarenitas de grano fino a medio. Esta unidad no ha sido empleada por la comunidad geológica en otros artículos o mapas, la descripción solo se limita a la Plancha 229-II-C (1965) del Agustín Codazzi, y no habla de si existe continuidad lateral. Vergara y Rodríguez (1997) utilizan el nombre de esta unidad como la parte inferior del Grupo Palmichal para la zona oriental de la Cordillera Oriental y la parte central del Piedemonte Llanero. La edad asignada por Sarmiento y Guerrero (2000) es de Campaniano temprano en base a dinoflagelados. Se correlaciona litológica y cronológicamente con la formación Arenisca Dura.

7.1.2.10 *Lodolitas de Aguacaliente*

Unidad formalmente propuesta por Guerrero y Sarmiento (1996), su nombre deriva de la composición principalmente lodolítica y de la Quebrada Aguacaliente, que es el nombre con el que la mayoría de los habitantes de la región reconoce la Quebrada, ya que, su nombre es San Antonio. La sección tipo es la misma de la Formación Arenitas de San Antonio (Guerrero y Sarmiento 1996).

Se distingue paleontológicamente por la primera aparición de *Andalusiella mauthi* y disminución en especies del género *Dinogymnium*. El tope de la formación presenta contenido de polen de Monocolpados (palmas), tricolpados y esporas (Guerrero y Sarmiento 1996). Se le asigna a esta formación una edad de Campaniano tardío (Sarmiento y Guerrero 2000).

Correlacionable con la Formación Plaeners (Guadalupe medio) (Guerrero y Sarmiento 1996). En la Memoria de la Plancha 229 Gachalá también correlacionan esta unidad con la Formación Plaeners y argumentan que hay diferencias en el tamaño de grano así como en la proporción de lidaditas, lodolitas y porcelanitas, tanto en la sabana de Bogotá como en el Piedemonte Llanero y pueden ser atribuidas a cambios laterales de facies (Terraza et al, 2013).

Discusión: El nombre de esta unidad se origina del artículo publicado por la Universidad Nacional de Colombia de Guerrero y Sarmiento (1996). Es un nuevo termino establecido para describir la parte media del Grupo Guadalupe en el Piedemonte Llanero, cuya sección tipo se encuentra en la Quebrada San Antonio. Es una unidad que no ha tenido acogida por la comunidad geológica, ya que son Vergara y Rodriguez (1997) los únicos hasta el momento que han aceptado esta nueva nomenclatura, con la diferencia que ubican a la unidad como parte del Grupo Palmichal. Los datos paleontológicos son microfósiles de tipo polen y esporas, y se le ha asignado edad de Campaniano tardío (Sarmiento y Guerrero 2000). Esta

unidad se correlaciona litológica y cronológicamente con la Formación Plaeners siendo su edad Campaniano tardío.

7.1.2.11 *Arenitas de San Luis de Gaceno*

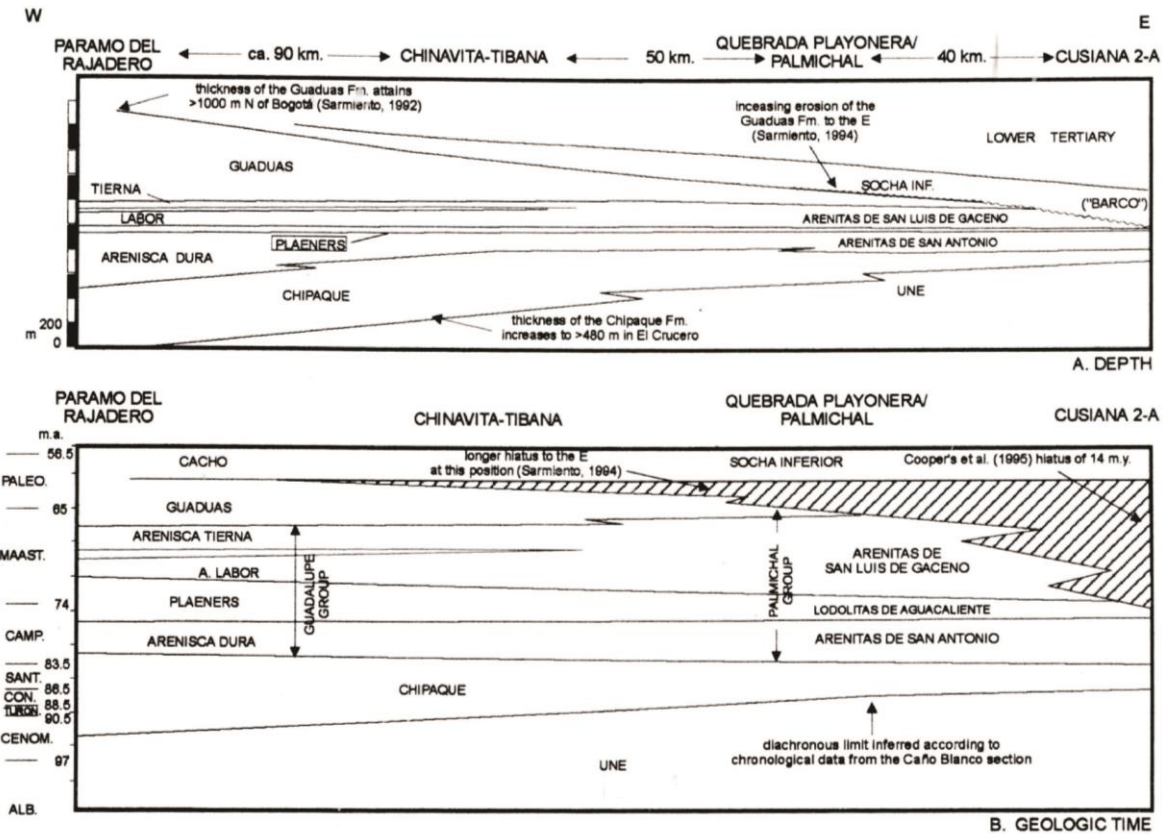
Guerrero y Sarmiento (1996), proponen formalmente esta formación cuyo nombre deriva de la composición predominantemente arenítica y de la población de San Luis de Gaceno. Su sección tipo se ubica en la Quebrada San Antonio, a 5 km de la población de San Luis de Gaceno. Su contacto inferior es con la Formación Lolitas de Aguacaliente y su contacto superior con la Formación Guaduas.

Compuestas principalmente por cuarzoarenitas de grano muy grueso, reportan contenido pobre de Dinoflagelados y los Palinomorfos no son abundantes (Guerrero y Sarmiento 1996). Sarmiento y Guerrero (2000) le asignan una edad de Campaniano tardío en base a su contenido de dinoflagelados en la parte inferior. La unidad se correlaciona con la Formación Labor-Tierna de la Cordillera Oriental.

Discusión: Formación nombrada originalmente por Guerrero y Sarmiento (1996) como un nuevo termino para describir la parte superior del Grupo Guadalupe en el Piedemonte Llanero. Su sección tipo está en la Quebrada San Antonio en proximidades a la Población de San Luis de Gaceno, en la cual se describe a detalle su composición textura y estructura interna. Esta unidad solo ha sido considerada para su uso, por Vergara y Rodriguez (1997), pero no ha sido cartografiada por el Servicio Geológico Colombiano o empleada por otros autores. Su extensión lateral está limitada solo a una franja en el área comprendida en la Plancha 229-II-C (1965) escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, a la que no se le da continuidad. La edad para esta formación es de Campaniano tardío (Sarmiento y Guerrero 2000). Esta unidad es correlacionable litológica y cronológicamente con la Formación Labor Tierna.

Recomendaciones: Estas unidades carecen de definición, no se sabe si es cartografiable en otros lugares. La publicación de Guerrero y Sarmiento (1996), solo ha sido replicada por Vergara y Rodriguez (1997), pero no ha sido utilizada en mapas, ni considerada por otros autores. Las unidades parecen estar en correlación con las Formaciones que conforman el Grupo Guadalupe. Se recomienda el abandono de estos nombres formacionales en el área de estudio, evitando la proliferación de nombres y problemas de sinonimia.

Figura 9. Distribución de Facies en profundidad (A) y tiempo (B), localidades de Paramo del Rajadero, Chinavita-Tibaná, Quebrada Playonera/Palmichal y Pozo Cusiana 2-A.



Fuente: Tomado y modificado de Vergara y Rodriguez, 1997.

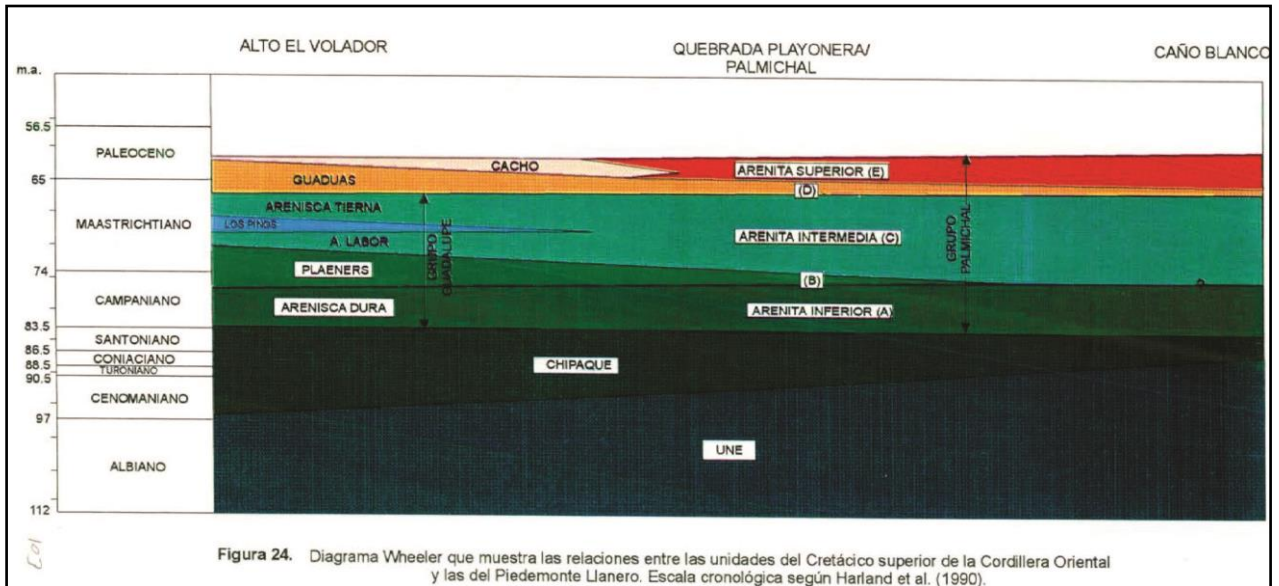
7.1.2.12 **Arenita Inferior o Conjunto (A)**

Originalmente descrito por Ulloa y Rodríguez (1976) como areniscas cuarzosas con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas nombradas como Conjunto A en la sección de la Quebrada Palmichal. Este conjunto es renombrado como Arenita inferior por Vergara y Rodríguez (1995) en la sección levantada en Quebrada Playonera compuesta por 90% arenitas de cuarzo con ocurrencia de glauconita y peloides fosfáticos con intercalaciones de lodolitas.

Presenta asociación *Odontochitina costata*, *Dinogymnium gifitus*, *D. cf acuminatum* y *Cyclonephelium distinctum*, asignando una edad de Campaniano al Santoniano. Se puede correlacionar con la Formación Arenisca Dura en la Sección Alto el Volador (Vergara y Rodríguez, 1995).

Discusión: Es un término propuesto por Ulloa y Rodríguez (1976) para la parte más inferior del Grupo Palmichal. Su sección tipo es en la quebrada Palmichal pero no hay una amplia descripción litológica. En la sección de referencia de la Quebrada Playonera, Vergara y Rodríguez (1995) le dan el nombre de Arenita inferior a un segmento de cuarzoarenitas con intercalaciones de lodolitas. En la geología del Cuadrángulo K-12 no se señala la extensión lateral de la unidad ya que esta cartografiada junto con los otros niveles, como Grupo Palmichal (TKp), puede que este nivel presente acuñamientos. La edad dada por Ulloa y Rodríguez (1976) es de Terciario, Vergara y Rodríguez detallan la edad asignándole Campaniano a Santoniano en base a dinoflagelados.

Figura 10. Diagrama de las relaciones entre las unidades del Cretácico superior de la Cordillera Oriental y las del Piedemonte llanero.



Fuente: Vergara y Rodríguez, 1995.

7.1.2.13 Unidad de Chert y Lodolitas o Conjunto (B)

Introducido a la literatura originalmente como Conjunto B por Ulloa y Rodríguez (1976), para designar una secuencia de lutitas y limolitas grises claras a oscuras en la Quebrada Palmichal. Posteriormente Vergara y Rodríguez (1995) le dan el nombre de Unidad de chert y lodolitas para describir unas rocas ricas en sílice de color oscuro, con arenitas fosfáticas y lodolitas oscuras fósiles con lentes de arenitas. Estos autores describen una asociación de Dinoflagelados de edad Campaniano-Santoniano.

Discusión: Unidad propuesta por Ulloa y Rodríguez (1976) en la geología del Cuadrángulo K-12 Guateque (1976), donde se hace una corta descripción de su composición y textura, pero no se hace referencia a sus estructuras internas o contenido fosilífero. La sección tipo es en la Quebrada Palmichal, donde se levantó una columna generalizada de cada nivel del Grupo Palmichal. Vergara y Rodríguez

(1995) en su trabajo de estandarización, amplían la descripción de este nivel y le dan el nombre de Unidad de Chert y Lodolitas, tomando también a la Quebrada Palmichal como sección de referencia, con descripciones estratigráficas detalladas de cada unidad y estudios palinológicos. Se le asignó edad de Campaniano Santoniano en base a dinoflagelados. Esta unidad perteneciente al Grupo Palmichal es equivalente a la Formación Plaeners (Vergara y Rodríguez 1996)

7.1.2.14 Arenita Intermedia o Conjunto (C)

El nombre de Conjunto (C) fue introducido a la literatura por Ulloa y Rodríguez (1976), levantado en la Quebrada Palmichal, como areniscas cuarzosas, con intercalaciones de limolitas y lutitas grises. La sección de la Quebrada Playonera, descrita por Vergara y Rodríguez (1995) son arenitas de cuarzo de grano medio a grueso en capas medias a gruesas, friables, denominadas Arenita Intermedia, que se encuentran en contacto neto con la lodolitas infrayacentes. Se reporta Palinomorfos asociación *Andalusiella polymorpha*, *A. mauthei*, *Senegalinium bicavatum*, *S. laevigatum* del Maastrichtiano superior (Vergara y Rodríguez 1995). Correlacionable con la secuencia Arenisca de Labor, Los Pinos y Arenisca Tierna en la sección Alto el Volador (Vergara y Rodríguez 1995).

Discusión: Nombre propuesto como Conjunto C, para el Cuadrángulo K-12 por Ulloa y Rodríguez (1976), cuya sección tipo es en la quebrada Palmichal, de cuyo estratotipo se tiene una descripción generalizada. Vergara y Rodríguez (1995) detallan esta unidad lito y bioestratigráficamente en la sección de la Quebrada Playonera, asignándole una edad de Maastrichtiano superior con base en estudios palinológicos. Esta unidad se correlaciona litológica y cronológicamente con las Formaciones Arenisca de Labor, Pinos y Arenisca Tierna.

7.1.2.15 *Lodolitas Superiores o Conjunto (D)*

Introducido originalmente por Ulloa y Rodríguez (1976) como Conjunto (D) en la Quebrada Palmichal, descrito como Lutitas negras intercaladas con limolitas silíceas, arcillosas y lentes de caliza. Vergara y Rodríguez (1995) la describen en detalle en la sección Caño Blanco, dándole el nombre informal de Lodolitas superiores, conformadas por lodolitas gris oscuro intercaladas con arenitas, con ocurrencia de Dinoflagelados de edad Maastrichtiano superior. Se correlacionan con la Formación Socha Inferior (Guerrero y Sarmiento 1996) y con la Formación Guaduas (Vergara y Rodríguez 1995, Figura 24). El espesor de esta unidad es de 40 m en la sección tipo y de 15m en la sección Caño Blanco (Vergara y Rodríguez 1995).

Discusión: La primera referencia del termino Conjunto D fue hecha por Ulloa y Rodríguez (1976) quienes proponen la sección tipo en la Quebrada Palmichal y describen la unidad de manera generalizada. Vergara y Rodríguez (1995) le asignan el nombre de Lodolitas Superiores en una sección detallada por la Quebrada Caño Blanco, pero no se definen claramente los contactos de base y techo argumentando que el contacto inferior está cubierto y el superior fallado. Con respecto a la edad, determinada por la ocurrencia de dinoflagelados, se le asigna Maastrichtiano superior.

7.1.2.16 *Arenita Superior o Conjunto (E)*

El nombre de Conjunto (E) fue introducido a la literatura por Ulloa y Rodríguez (1976), levantado en la Quebrada Palmichal, descrito como areniscas cuarzosas y conglomerados con cantos de cuarzo. Posteriormente Vergara y Rodríguez (1995) describen a detalle en la Quebrada Playonera cada conjunto y le dieron el nombre informal de Arenita superior, compuesto de areniscas de grano fino a medio intercaladas con lodolitas negras, la unidad termina con capas muy gruesas de

arenita fina laminada. Los datos palinológicos de polen y esporas estudiados para la unidad arrojan una edad e Paleoceno inferior. Ulloa y Rodriguez (1976) correlacionan cronológicamente la parte superior del Grupo Palmichal con la Arenisca de El Morro de Van der Hammen (1957), que esta datada palinológicamente como edad Maastrichtiano-Paleoceno inferior.

Discusión: El termino Conjunto D fue dado por Ulloa y Rodriguez (1976) en la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, cuya sección la Quebrada Palmichal tiene una descripción generalizada. Vergara y Rodriguez (1995) le asignan el nombre de Arenita superior y detallan la unidad lito y bioestratigráficamente en la Quebrada Playonera, asignándole una edad de Paleoceno inferior en base en estudios realizados en polen y esporas.

Recomendaciones: El análisis de estas unidades informales permite llegar a la conclusión de que, a pesar de haber sido descritas por varios autores, no se les ha dado un rango más alto, como el de Formación. Por lo cual sería conveniente correlacionar litológica y cronológicamente estas unidades con las pertenecientes al Grupo Guadalupe para poder extender su uso hacia el área de estudio, y posiblemente para el Piedemonte Llanero. Se recomienda no emplear esta división del Grupo Palmichal en el área.

7.1.2.17 *Formación Guaduas*

Nombre propuesto por primera vez con respecto al Valle del Guaduas por Hetner (1892), quien describe unos estratos lodolíticos y carbonosos que suprayace el Guadalupe. Hubach (1951) referido en Guerrero y Sarmiento (1996), nombra en la parte baja del Sinclinal de Guaduas. El nombre de esta unidad procede de la población de Guaduas situada en el borde Occidental de la Cordillera Oriental sobre la carretera Bogotá-Honda (De Porta 1974).

Sarmiento (1994), referido por Guerrero y Sarmiento (1996), restringen la extensión geográfica a la parte central de la Cordillera Oriental, pero esta también ha reconocida en la parte Oriental, en el Anticlinal de Tierra Negra en la Plancha 229 Gachalá (Terraza et al. 2013) y en cercanías a San Luis de Gaceno (Guerrero y Sarmiento 1996). Según el trabajo de Hubach (1951) la localidad tipo para la Formación Guaduas en la Sabana de Bogotá está en Guatavita.

En la carretera de Santa María a San Luis de Gaceno, la Formación Guaduas está representada geomorfológicamente por una depresión entre las arenitas del Guadalupe Superior y las de la Formación Socha inferior, constituida por la zona inestable de derrumbes y flujos de escombros que se encuentran inmediatamente al E cruzando la Quebrada San Antonio (Guerrero y Sarmiento 1996). En la Plancha 229 se caracteriza por un valle estrecho que aflora como una franja angosta en dirección N30°-40°E sobre la ladera oriental de la Cuchilla de Pacho Nieto (229:E12, F12) (Terraza et al., 2013).

Sarmiento y Guerrero (2000) recolectan en la parte inferior de la Formación Guaduas de la localidad de Sutatausa, contenido palinoflorístico, cuya asociación corresponde con edad Maastrichtiano tardío. Terraza et al. (2013) recolectaron muestras en la ladera Oriental de la Cuchilla Pacho Nieto, donde se obtuvo recobro palinológico de Esporas y Polen de edad Maastrichtiano.

Por su posición estratigráfica es correlacionable con la parte media y superior del Grupo Palmichal del Borde Llanero (Ulloa y Rodriguez 1979). En el Piedemonte Llanero el espesor que se correlaciona con la Formación Guaduas estaría en la base del último conjunto del Grupo Palmichal (Guerrero y Sarmiento 1996). Vergara y Rodriguez (1997) ubican estratigráficamente a la Formación Guaduas como el tope del Grupo Guadalupe y afirman que esta corresponde con la parte más inferior de la Formación Guaduas en el sector de Bogotá, y la Formación Socha inferior a la parte superior de la Formación Guaduas del sector de Bogotá.

Sarmiento (1994) propone que el desarrollo de la Formación Guaduas alcanza su mayor desarrollo hacia el occidente. Reporta que en el sinclinal de Checua – Lenguazaque el espesor llega a 1100 m, experimentando al oriente un cambio rápido de espesor de tal manera que en el Sinclinal de Tunja, es de 800m, en la localidad tipo 700m, en el sinclinal de Sueva de 450m y en el borde llanero su equivalente se encuentra en la case del Grupo Palmichal, donde el espesor correlacionable es menor de 80 m.

Discusión: Su primera referencia se remonta a Hetner (1892), definida por Hubach (1951) como Formación. De Porta (1974) define su localidad tipo al Occidente de la Cordillera Oriental en la Carretera Bogotá-Honda. Su extensión geográfica ha sido restringida al sector Occidental pero también ha sido reconocida en la parte oriental, sector de San Luis de Gaceno. La Formación presenta una disminución de su espesor hacia el Oriente, presentando 80m en el Piedemonte Llanero en cercanías a San Luis de Gaceno. Sarmiento (1994) levanta una sección estratigráfica de la unidad donde se hacen descripción de su composición, textura y estructura interna en la zona carbonífera de Tierra Negra, cerca de la carretera Bogota-Zipaquira, Guerrero y Sarmiento (1996) levantan una sección semidetallada en cercanías de San Luis de Gaceno, estableciendo como contacto superior la Formación Socha inferior y contacto inferior la Formación Arenitas de San Luis de Gaceno. Las secciones nombradas no han sido propuestas como estratotipo de la unidad.

Sarmiento (2000) le da una edad a la Formación Guaduas de Maastrichtiano superior y Terraza et al (2013) asignan una edad e Maastrichtiano. La unidad se ha correlacionado con la parte alta del Grupo Palmichal en el Piedemonte Llanero, se concluye un rango de edad del Maastrichtiano superior al Paleoceno. La información de la Formación Guaduas es abundante y actualmente ha sido cartografiada en la Plancha 229 Gachalá. Su nombre ha sido de amplio uso debido a su interés económico.

Recomendaciones: Se recomienda seguir usando el termino Formación Guaduas para el área de Medina – San Luis de Gaceno, teniendo en cuenta que se va a encontrar con un espesor mucho menor que en la cuenca de la Cordillera Oriental. Se sugiere que esta unidad no se incluya como parte del Grupo Palmichal, ni del Grupo Guadalupe, esta formación es independiente.

7.1.2.18 *Arenisca del Morro*

Nombre propuesto originalmente por Van Der Hammen (1957) referido en Van Der Hammen (1960), su localidad tipo es al Oeste de la Población del Morro, considerada como un conjunto de areniscas a veces guijarrosas. Vergara y Rodriguez (1997) identificaron esta unidad en la sección Quebrada Playonera como Subitoarenitas, litoarenitas, con altos contenidos de cuarzo policristalino y en la sección Caño Blanco como Subarcosa, y litoarenita, extremadamente inmaduras. Análisis palinológicos de las lutitas de la formación indican edad Maastrichtiano superior (Van Der Hammen 1960).

La parte inferior de la arenisca de El Morro corresponde con la Formación Guaduas del área de Sogamoso, la parte inferior con la formación Socha inferior de la Región de Sogamoso (Van Der Hammen 1960). También se correlaciona con la unidad informal Arenita superior de Vergara y Rodriguez (1995) o Conjunto E de Ulloa y Rodriguez (1976) en la parte alta del Grupo Palmichal.

Discusión: Considerada por Van Der Hammen (1975) como un conjunto de areniscas a veces guijarrosas, cuya localidad tipo es al Oeste de la Población de Morro. Vergara y Rodriguez (1996) levantan una columna estratigráfica semidetallada en la Quebrada Playonera, donde se hace su respectiva descripción composicional y textural, pero no es considerada como el estratotipo de la unidad, este no está definido. No se especifica la extensión areal de esta unidad, ya que no está cartografiada y no están descritos sus límites estratigráficos. Con base en

análisis palinológicos se le da una edad de Maastrichtiano superior. Correlacionada con la parte inferior de la Formación Guaduas.

Recomendaciones: A pesar de que Vergara y Rodriguez (1997) levantan una sección de esta unidad para el Piedemonte Llanero, le falta definición, ya que no es empleada en mapas del Servicio Geológico, ni en otros artículos. Es un término que se ha correlacionado con otras unidades pero no se ha especificado con cual y en qué sector. Lo que está claro es que corresponde a la parte superior del Cretácico superior, probablemente haciendo parte de la Formación Guaduas es su parte más alta. Resulta inadecuado continuar usando este nombre en el futuro y se recomienda hacer una revisión para establecer su posición cronoestratigráfica y relacionarla con certeza con una unidad mejor definida. La edad asignada es de Maastrichtiano.

7.1.2.19 Gachetá

Descrita como shales, arcillolitas y limolitas con delgadas intercalaciones arenosas, provenientes de corazones del Subsuelo del departamento del Meta (Morales, 2010), descripción que hace parte de la integración de la geología de los Llanos Orientales. Cediell (2012 Vol7) muestra un esquema donde esta unidad aparece en el rango de edad Turoniano –Conaciano.

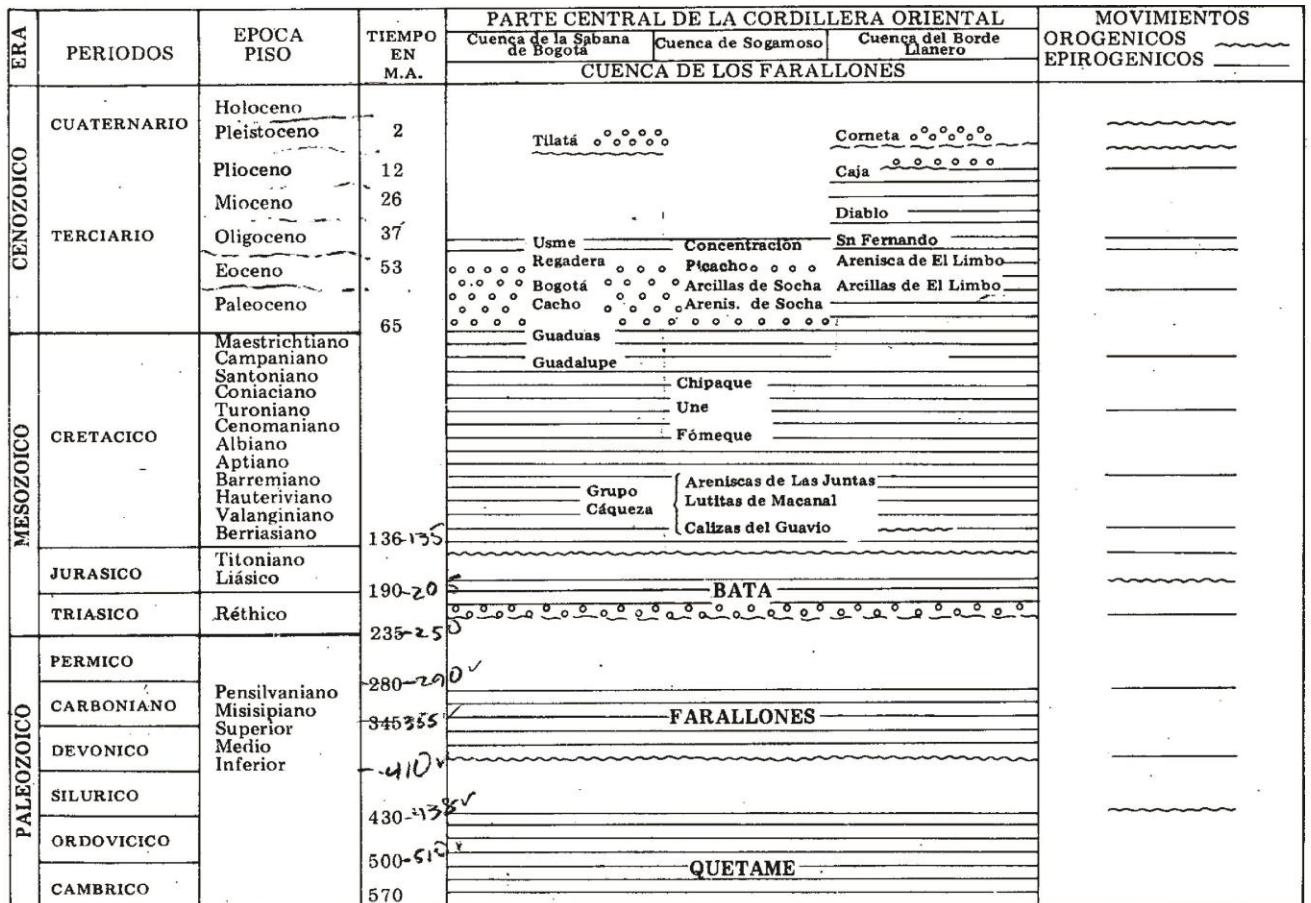
Moreno y Velásquez (1993) levantan una sección estratigráfica en la carretera Sogamoso – Aguazul en el borde E de la Cordillera Oriental, donde describen esta unidad como lutitas grises oscuras con intercalaciones menores de arenitas de poco espesor. Estos autores la ubican estratigráficamente sobre la Formación Une e infrayacente al Grupo Guadalupe, asignándole una edad de Santoniano tardío a Maastrichtiano temprano. Se correlaciona litológica y cronológicamente con la Formación Chipaque.

Discusión: La unidad no ha sido descrita ampliamente en los trabajos referenciados, no hay estratotipo y solo esta descrita en un área muy pequeña. No se especifica cuál es su extensión y la edad asignada es dudosa, no está basada en algún estudio paleontológico, solo relaciones estratigráficas con las unidades adyacentes. Se concluye una edad en el rango de Cenomaniano - Santoniano.

Recomendaciones: De acuerdo con lo anterior esta unidad presenta características litológicas similares a la Formación Chipaque, y su rango de edad concuerda para la parte alta de esta. Se recomienda el abandono del termino Formación Gacheta porque no cumple con los requisitos estratigráficos para considerarse como formal, en su lugar se recomienda usar el nombre de Formación Chipaque.

A continuación se presentan algunos esquemas de secciones estratigráficas de la Cordillera Oriental, Piedemonte Llanero y Llanos Orientales, propuestas por diferentes autores.

Figura 11. Sección estratigráfica esquemática de las unidades de la parte central de la Cordillera Oriental.

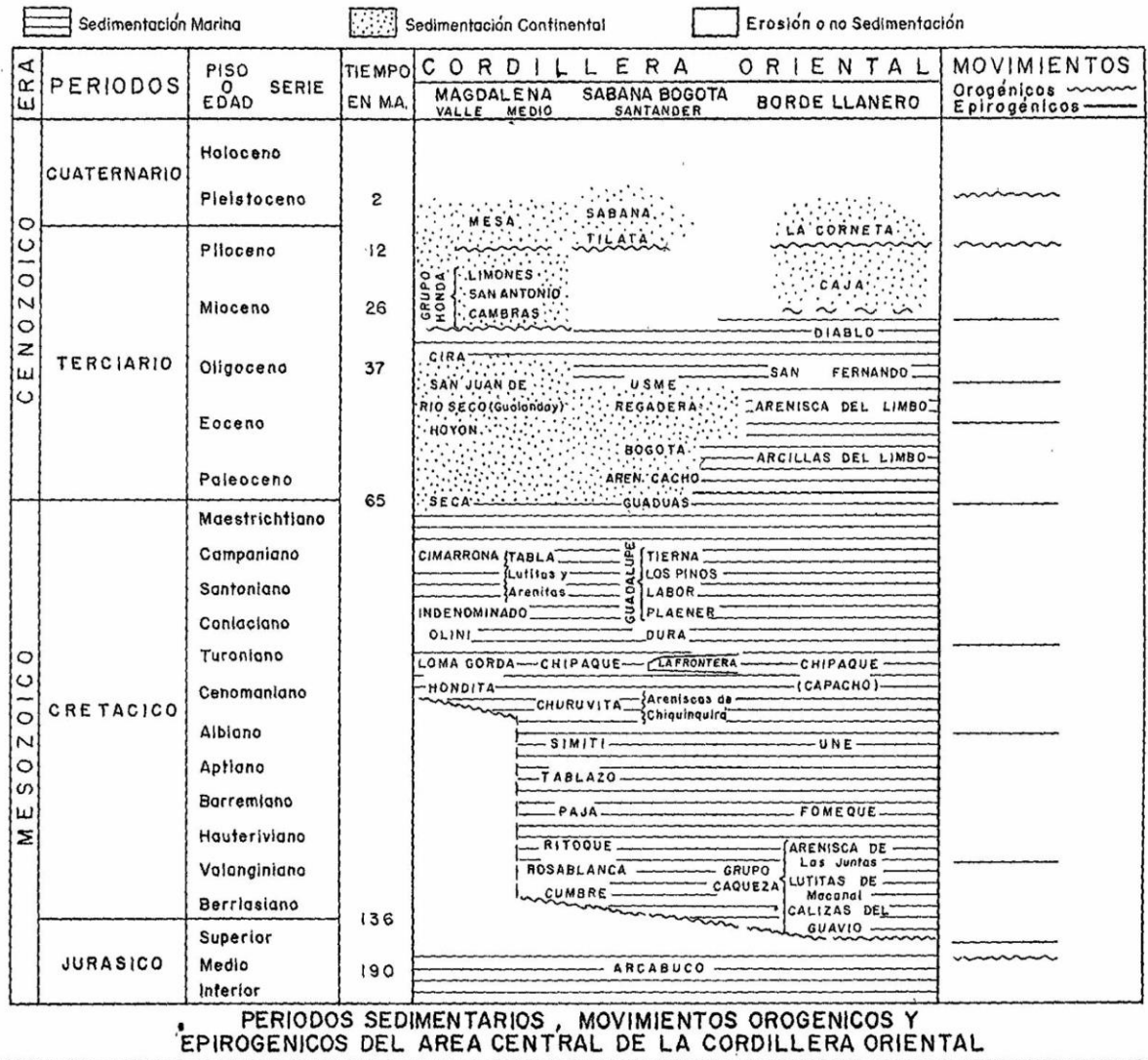


Sedimentación Marina
 Sedimentación Continental
 Erosión o no depósito
 Discordancias
 Disconformidades

FIG. 17. PERIODOS SEDIMENTARIOS Y MOVIMIENTOS OROGENICOS Y EPIROGENICOS PARTE CENTRAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Fuente: Ulloa y Rodríguez, 1975.

Figura 12. Sección estratigráfica de referencia área central de la Cordillera Oriental.



Fuente: Ulloa y Rodriguez, 1979.

Figura 13. Cuadro de Correlación de Formación Cretácicas Terciarias en superficie y en el subsuelo.

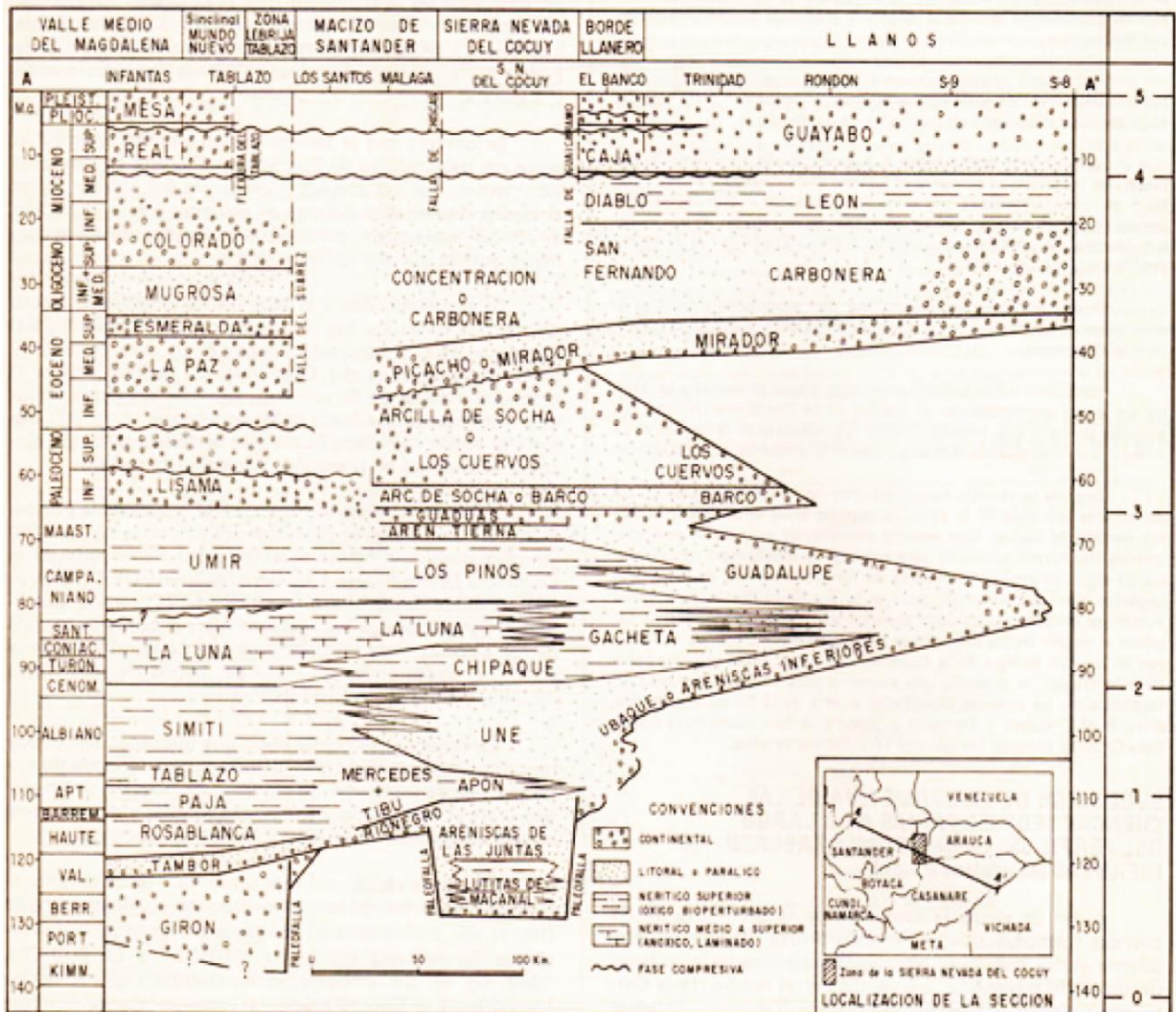


FIG. 2. Cuadro de correlación cronoestratigráfica de las formaciones cretácicas y terciarias conocidas en superficie o en el subsuelo a lo largo del perfil S8-Cocuy - Tablazo - Infantas. (Basado en trabajos regionales citados en FABRE, 1984, cuadro 1).

Fuente: Fabre, 1984.

Figura 14. Sección estratigráfica del Cretácico y Terciario.

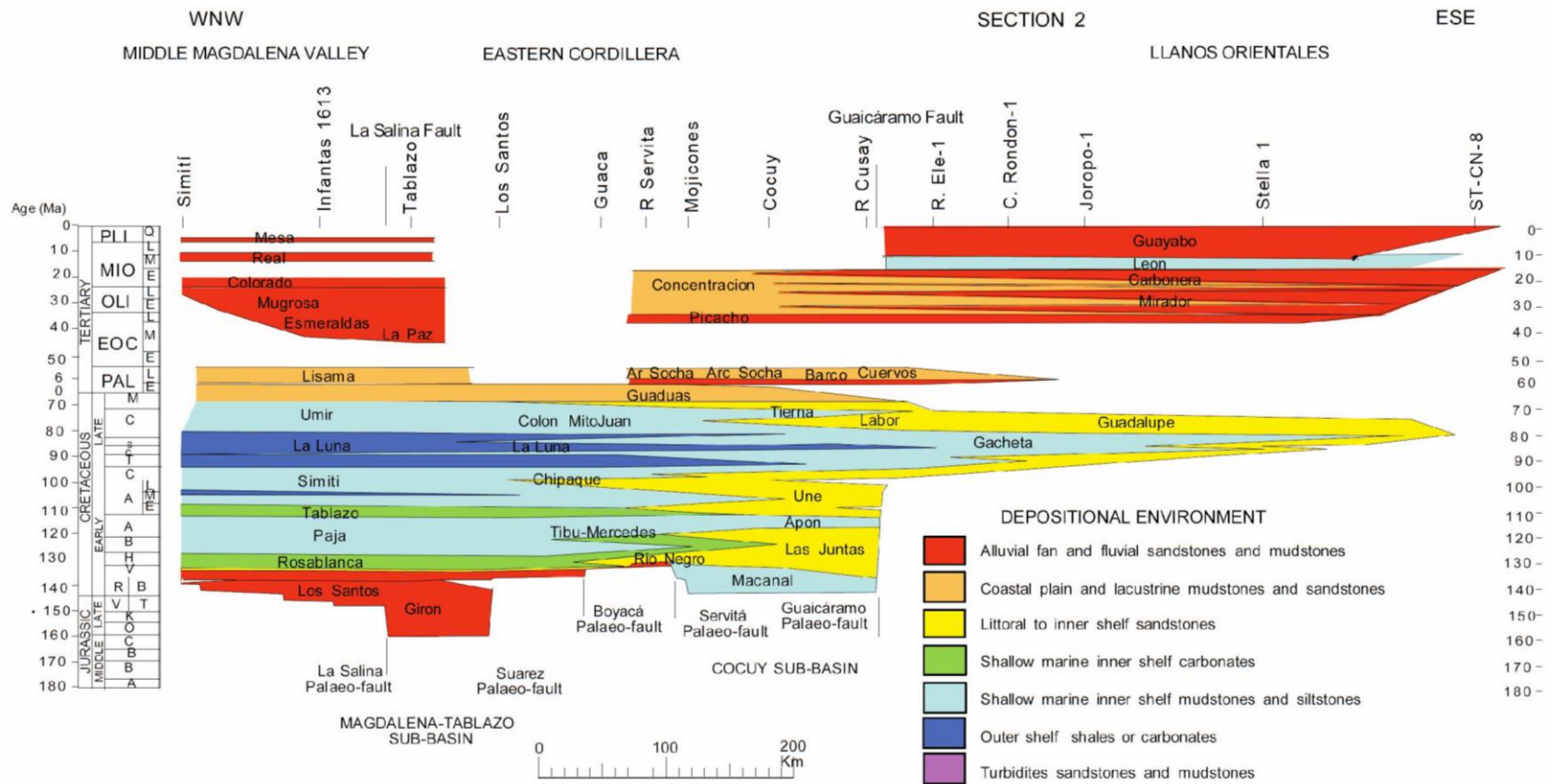
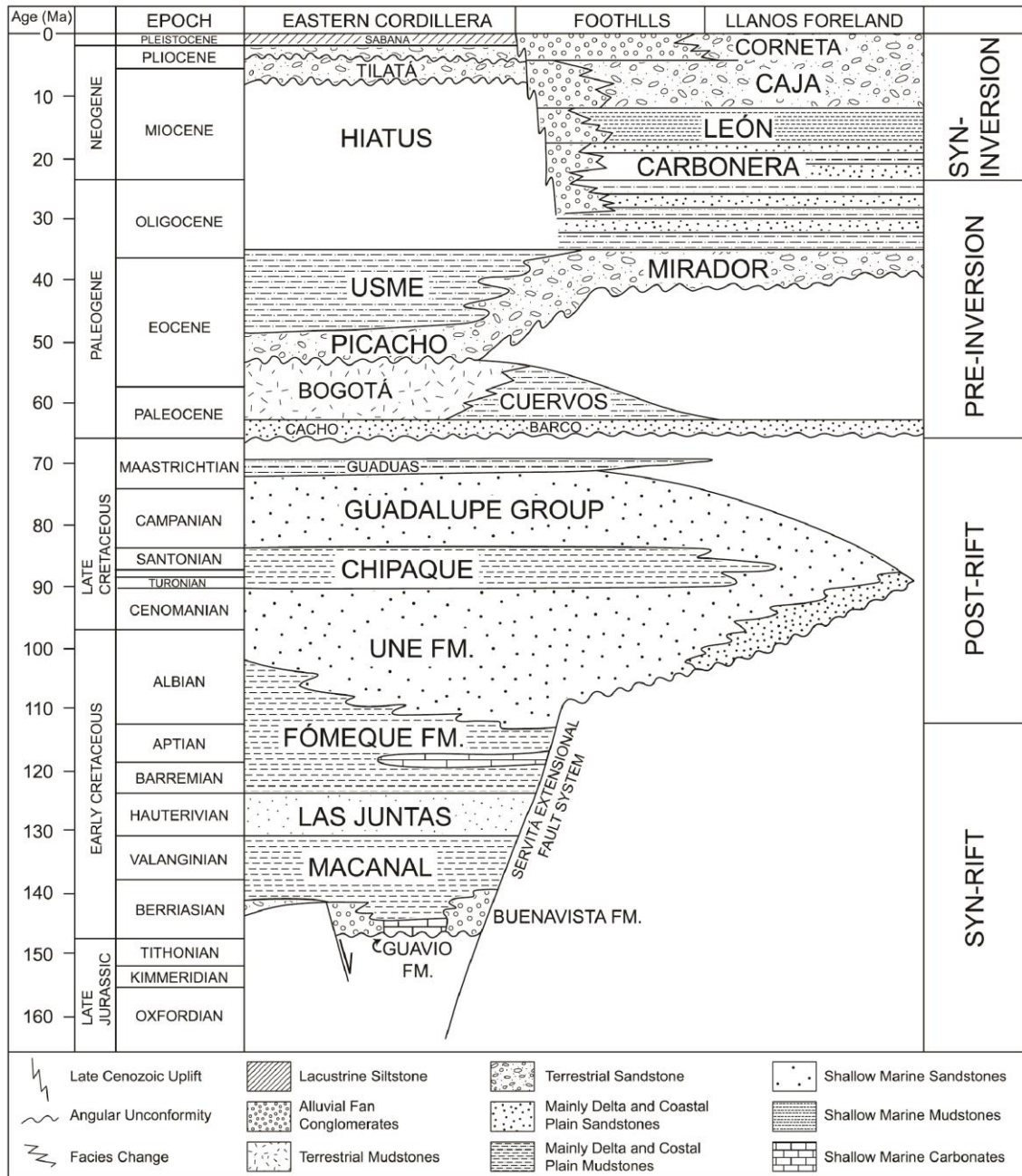


Figure 2.7: Cretaceous and Tertiary stratigraphic section 2. Location in **Figure 2.2**. Vertical axis represents geological time according to the scale of Gradstein and Ogg (1996), horizontal axis represents present day horizontal distance (km) without palinspastic restoration (after Fabre, 1985, 1987; Villamil 1994; Cooper *et al.*, 1995)

Fuente: Sarmiento, 2001.

Figura 15. Estratigrafía Meso-Cenozoica del flanco este de la Cordillera Oriental.



Fuente: Mora et al., 2006.

Figura 16. Esquema regional de la estratigrafía de la Cordillera Oriental.

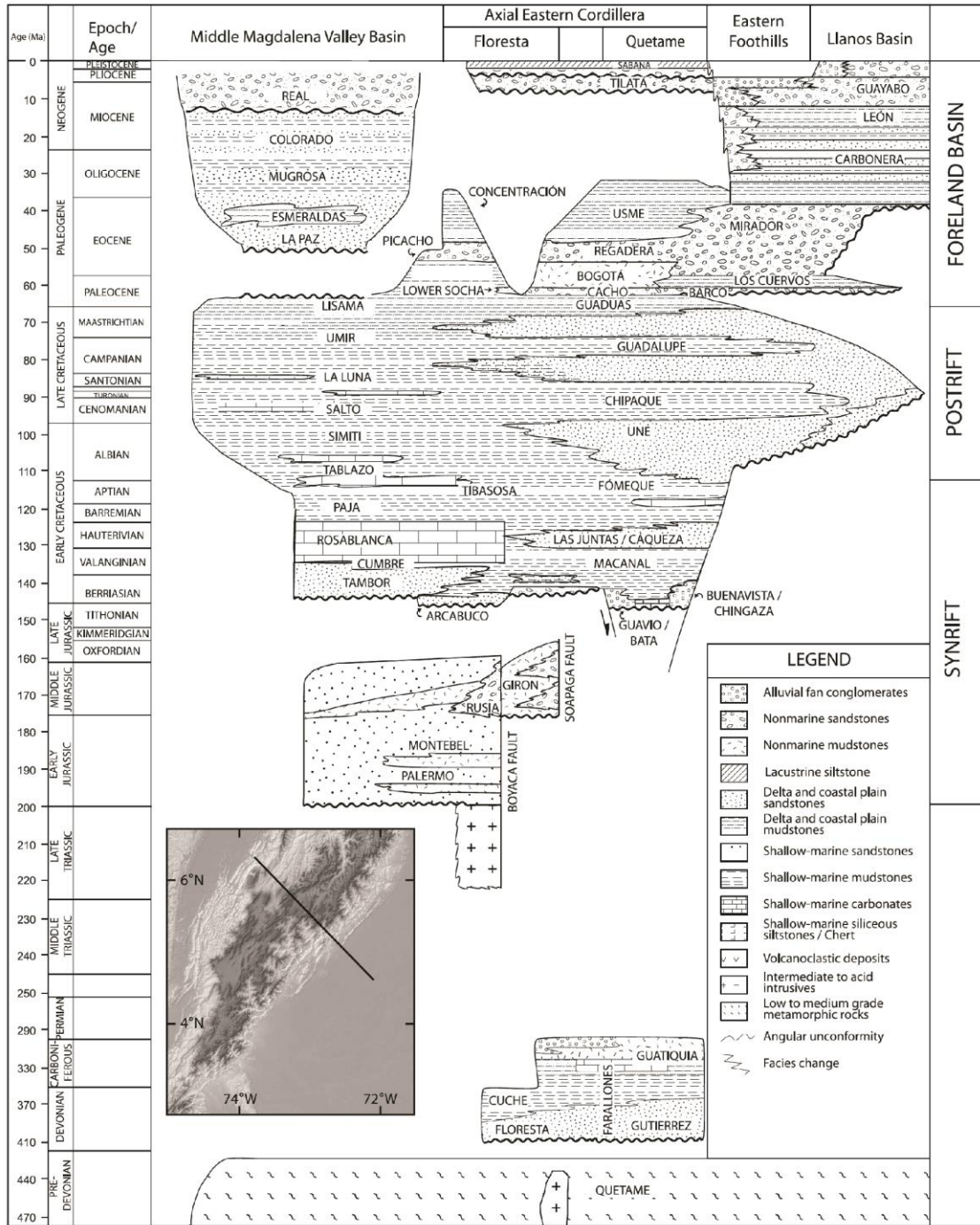
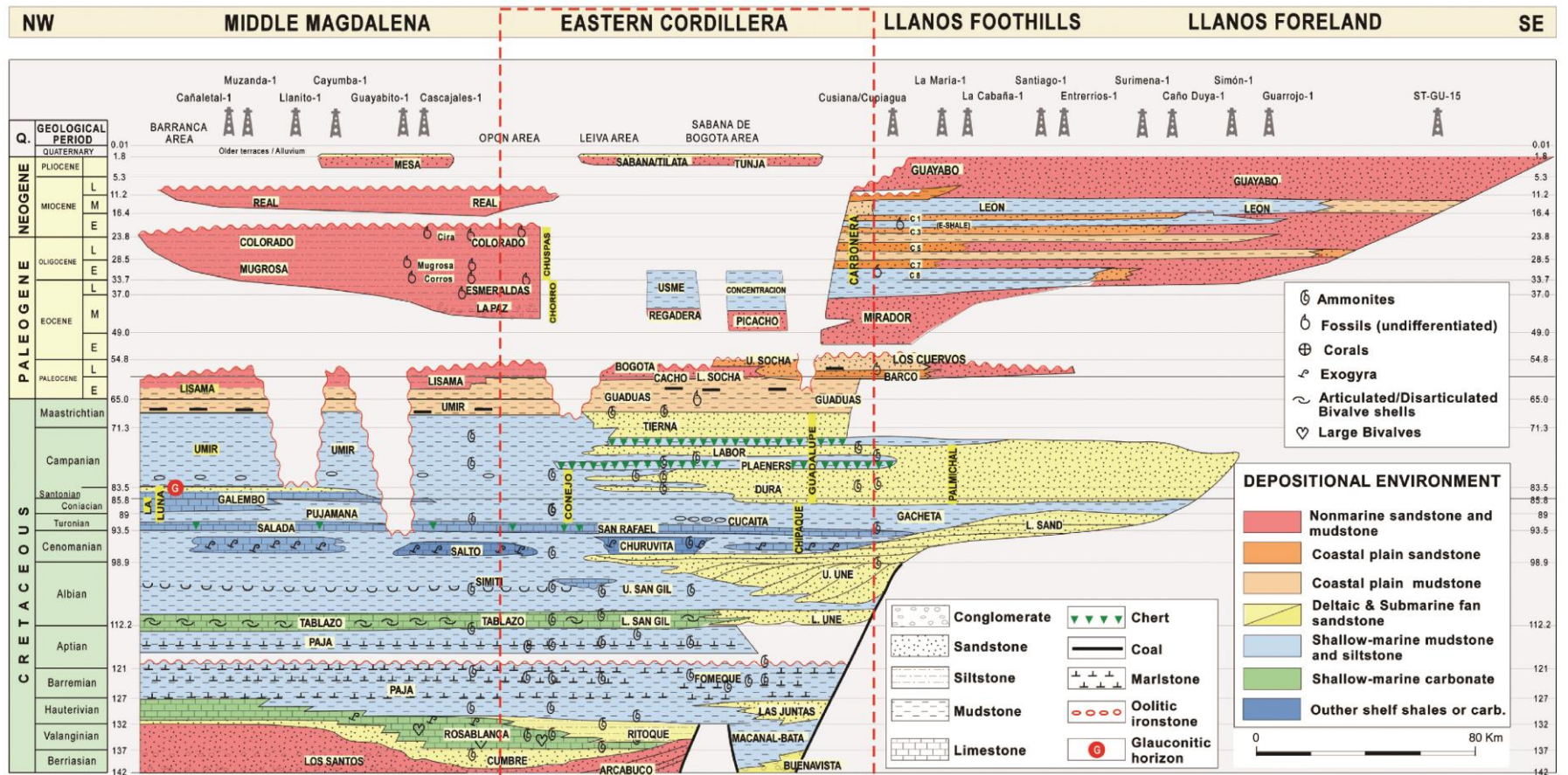


Figure 2. Regional time-stratigraphic plot depicting basin-fill patterns in the Eastern Cordillera and the flanking middle Magdalena Valley and Llanos Basin regions. Inset map shows the location of the line of stratigraphic correlation. Modified from Cooper et al. (1995a), Mora et al. (2006), and Parra et al. (2009).

Fuente: Mora et al., 2010.

Figura 17. Cuadro de correlación estratigráfica, Cordillera Oriental y Piedemonte Llanero. ANH.



Fuente: Sarmiento, 2011.

8 CONCLUSIONES

Del diagnóstico de la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas sedimentarias de la región, se identificaron alrededor de quince propuestas, algunas de las cuales incluyen descripciones completas de las unidades y razones para mantener o abandonar su nombre, otras plantean esquemas estratigráficos regionales y descripciones generalizadas. El Léxico Estratigráfico Colombiano de Julivert (1968) es la base para reconocer la antigüedad de los nombres y su trayectoria en el tiempo. Entre las propuestas con más peso se encuentran los trabajos de Ulloa y Rodríguez (1976), Pérez y Salazar (1978), Vergara y Rodríguez (1995) y las realizadas por campañas del Servicio Geológico Colombiano, como son la Geología de las planchas 228, 229 y del Cinturón Esmeraldífero Oriental, en los cuales se hacen descripciones estratigráficas completas, buscando aclarar la nomenclatura. Sin menos importancia, pero con descripciones generalizadas, están las propuestas de Escovar (1975), Rincón (1982), Fabre (1984), Bartels (1986), Renzoni (1992), Moreno y Velázquez (1993), Sarmiento (1994), INGEOMINAS y Geoestratos Ltda, (2005), Mora (2006) y Sarmiento (2011). Todos los trabajos realizados en la región son sustanciales en el progreso de esta temática, cada uno contribuye al desarrollo de una nomenclatura consolidada.

Los criterios de calificación originalmente propuestos por Muñoz, Sarmiento y Montoya (1993) fueron modificados, buscando precisión a la hora de evaluar cada unidad. Dentro de los ajustes hechos están, la modificación del Módulo 2 Estratotipo, al cual se le asignó un porcentaje de importancia del 60% y se agregó un criterio que califica con un puntaje de 0 a 3 la cantidad de secciones estratigráficas secundarias que pueda tener una unidad. Al Módulo 3 Paleontología, se añadió el criterio “Adquisición de edad por métodos radiométricos”, el cual califica si existen o no dataciones hechas bajo este procedimiento. En este mismo módulo se explicitó la presencia de microfósiles, debido a que en varios trabajos mencionan

el contenido fósil, pero no mencionan el tipo. Debido a que la suma de los porcentajes originales es más de 100%, se modificó el módulo 5 Localidad Tipo, con un porcentaje de importancia del 5%.

Se evaluaron un total de 33 unidades, de las cuales 16 son seleccionadas como en proceso de formalización, representando un 48.5% del total. El otro 51.5% equivalente a 17 unidades, que representa aquellas que se proponen para su abandono.

Las unidades con la información más completa y con trayectoria dentro de la nomenclatura son; Lutitas de Macanal, Arenisca de las Juntas, Fόμεque, Une y Chipaque, las cuales se pueden considerar como formales. Las demás unidades Batá, Chivor, Ubalá, Santa Rosa, Grupo Guadalupe, Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor, Los Pinos, Arenisca Tierna y Guaduas quedan propuestas como en proceso de formalización.

Las unidades Grupo Caqueza, Calizas del Guavio, Formación Caqueza, Arenisca de Caqueza, Arenisca del Raizal, Arenisca de San Antonio, Lodolitas de Aguacaliente, Areniscas de San Luis Gaceno, Arenita inferior, Unidad de Chert y Lodolitas, Arenita intermedia, Lodolitas superiores, Arenita superior, Arenisca de Morro y Gachetá son sugeridas para su abandono y no considerarse en la nomenclatura de la región de Medina - San Luis de Gaceno.

La metodología utilizada en el presente trabajo permitió evaluar objetivamente las unidades adjudicadas a la zona de estudio y evaluar los casos de sinonimia, homonimia, y pseudocorrelación entre dichas unidades. Se tuvieron en cuenta los criterios básicos mencionados por la Guía Estratigráfica Internacional (IUGS International Commission on Stratigraphy, 1994) y el Código Estratigráfico Norteamericano (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigra, 2010) para proponer una nomenclatura fundamentada en la calidad de la información.

Los trabajos fotogeológicos y de campo son indispensables para caracterizar las unidades aflorantes de una región, cada trabajo representa un avance en el conocimiento de la estratigrafía, siendo de gran importancia que sean considerados para la definición final de una unidad.

Como resultado del diagnóstico hecho para las unidades en área de Medina – San Luis de Gaceno, Subcuenca Piedemonte Llanero, se realiza una propuesta para su nomenclatura, como aporte para una futura complementación del Léxico Estratigráfico Colombiano.

Tabla 10. Nomenclatura Sugerida para la Región de Medina - San Luis de Gaceno

PERIODO	EPOCA	EDAD	Nomenclatura Sugerida	
			Región de Medina - San Luis de Gaceno	
Cretácico	Superior	Maastrichtiano Tardío	Guaduas	
		Maastrichtiano Temprano	Grupo Guadalupe	Arenisca Tierna
				Los Pinos
				Arenisca de Labor
				Plaeners
		Campaniano Tardío	Chipaque	Arenisca Dura
		Campaniano Temprano		
		Santoniano		
		Conaciano		
Turoniano				

		Cenomaniano	Une		
		Albiano			
	Aptiano				
	Inferior	Barremiano	Fómeque		
		Hauteriviano	Las Juntas		
		Valanginiano	Lutitas de Macanal		
		Berriasiano	Chivor		
			Batá	Santa Rosa	Ubalá

9 RECOMENDACIONES

Después de hacer el análisis correspondiente a cada unidad, se recomienda para una mayor profundización, se realicen los estudios pertinentes a la caracterización de las 16 unidades propuestas, es decir, completar los estudios estratigráficos y bioestratigráficos, para tener una descripción completa e implantarla en la nomenclatura de la región.

Las unidades del Cretácico en el Piedemonte Llanero son objeto de estudio tanto para entender la geología regional, como la evolución geológica del país, siendo también de gran importancia las unidades Paleógenas y Neógenas. Se recomienda, se realice un estudio de este tipo para dichas unidades, las cuales también presentan problemas de sinonimia, homonimia y de malas correlaciones.

Levantar secciones estratigráficas de referencia en los sectores de San Pedro de Jagua y sus alrededores (Quebrada Colorada), en el flanco Oriental del Sinclinal de Nazareth (Quebradas Calambres, Cuarteles y La Balsa) y en cercanías a la Falla de Guaicaramo sector Aguas Calientes, debido a la poca información conocida de estos sectores que ayudaría a comprobar la continuidad regional de algunas unidades.

Se recomienda seguir usando esta metodología en futuros trabajos que busquen esclarecer la geología de una cuenca o región. Tomando en cuenta que, se hace necesario implementar un componente aleatorio que castigue la puntuación en los casos en que una unidad cumpla con los criterios de la calificación, pero no cumpla con los criterios de formalidad, ya sea, por ser una unidad recientemente nombrada o una unidad con poca acogida por la comunidad científica. Se sugiere probar con

otro tipo de calificación que tenga en cuenta este componente aleatorio y permita discernir entre una unidad formal y una informal. Un ejemplo de este tipo calificación son las Redes Bayesianas o algún tipo modelo probabilístico que se ajuste a este tipo de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

IUGS International Commission on Stratigraphy. 1994. International Stratigraphic Guide (2 ed.). The Geological Society of America.

ACOSTA GARAY, J., & ULLOA MELO, C. E. 2001. Memoria Explicativa, Geología de la Plancha 208 Villeta. INGEOMINAS.

ARIAS TAUTA, A., PULIDO GONZALES, O., & MORA PENAGOS, M. 1990. Geología y Geoquímica del área de Caño Negro - Santa Maria de Bata. INGEOMINAS, Bogotá.

BARTELS, H. 1986. El "Grupo Palmichal" y su relación estratigráfica con el Grupo Guadalupe. Bogotá: Trabajo de Grado No. 146, Universidad Nacional de Colombia.

BUITRAGO, J. A., TERRAZA MELO, R., & ETAYO SERNA, F. 2008. Geología de la Plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano, Geociencias Básicas.

BÜRGL, H. 1958. El Jurásico e Infracretácico del Río Bata, Boyacá. Bogotá: Servicio Geológico Nacional.

BÜRGL, H. 1957. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. INGEOMINAS.

CLAVIJO TORRES, J. 1999. Diagnóstico de las Unidades Terciarias del Cinturón de San Jacinto-Subcuenca de Plato. Proyeto, INGEOMINAS, Bucaramanga.

CLAVIJO TORRES, J. 2008. Tectonoestratigrafía Cretácica del Oriente Colombiano. Material de Clase.

COMISIÓN NORTEAMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA. 2010. Código Estratigráfico Norteamericano. México: Sociedad Geológica Mexicana.

CORREA C, E., & VALLEJOS I, J. 1991. Determinaciones del espesor, con una síntesis litoestratigráfica y estructural, de las diferentes unidades Cretácicas aflorantes en la vía Villavicencio-Santa Fe de Bogotá, en el sector comprendido entre Caqueza y el Boquerón de Chipaque. Santa Fe de Bogotá: Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.

CORREDOR, V. E., TERRAZA MELO, R., & ETAYO SERNA, F. 2015. Memoria Explicativa, Geología de la Plancha 228, Bogotá Noreste. Servicio Geológico Colombiano, Geociencias Básicas, Bogotá.

DE PORTA, J. 1974. Lexico Estratigráfico Colombiano, Volumen V, Fascículo 4b. París.

ESCOVAR REYES, R. 1975. Geología y Geoquímica de las Minas de Esmeralda de Gachalá (Cundinamarca). Bogotá.

ETAYO SERNA, F., SOLÉ DE PORTA, N., DE PORTA, J., & GAONA, T. 2003. The Batá Formation of Colombia is truly Cretaceous, not Jurassic. Journal of South Earth Sciences, 16, 113-117.

ETAYO-SERNA, F., BARRERO LOZANO, D., ESPINOSA BAQUERO, A., GONZÁLES IREGUI, H., ORREGO LÓPEZ, A., BALLESTEROS TORRES, I.,

SARMIENTO ROJAS, L. 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. INGEOMINAS. Publicaciones Geológicas Especiales.

FABRE, A. 1983. La subsidencia de la Cuenca del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia) durante el Cretáceo y el Terciario inferior. Primera Parte: Estudio cuantitativo de la subsidencia. Geología Norandina, 49-61.

GOMÉZ TAPIAS, J., MONTES RAMIREZ, N. E., ARCÁRCEL GUTIÉRREZ, F. A., & CEBALLOS HERNANDEZ, J. A. 2015. Catálogo Dataciones Radiométricas de Colombia en ArcGis y Google Earth. Servicio Geológico Colombiano, Geociencias Básicas, Bogotá D.C.

GUERRA Z, A. 1972. Estudios Geológicos de las Caliza del Guavio, Municipios de Ubalá y Gachalá, Cundinamarca. Sogamoso: INGEOMINAS.

GUERRERO, J., & SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía Física, Palinologica, Sedimentológica y Secuencial del Cretacico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en la Exploracion Petrolera. Geología Colombiana, 20, 3-66.

HUBACH, E. 1931. El Valanginiano como Seccion del Girón, entre Caqueza y Quetame y la probabilidad del comienzo de la Transgresion Andina en Colombia durante el Portalandiano. Ministerio de Minas y Petroleos.

INGEOMINAS, & GEOESTRATOS LTDA. 2005. Levantamiento de informacion estratigrafica y muestreo paleontologic, geoquímico e isotópico en secciones estratigraficas en el terreno del Cretáceo inferior del sector central de la Cordillera Oriental, Seccion Chivor-Boyacá.

JULIVERT, M. 1968. Lexico Estratigrafico Colombiano - Volumen V, Fasciculo 4a. Paris: Union Estratigrafica de Ciencias Geologicas.

MCLAUGHLIN, JR, D. H., & ARCE H, M. 1975. Mapa Geológico del Cuadrángulo Zipaquirá (K-11), Colombia. U.s Geological Survey e Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.

MONTOYA ARENAS, D. M., NUMPAQUE, A., MARTÍN, C., & ALCÁRCEL, F. 2010. Geología de la Plancha 193 Yopal. Servicio Geologico Colombiano. Bogotá

MONTOYA ARENAS, D., & REYES TORRES, G. 2005. Geología de la Sabana de Bogotá. INGEOMINAS.

MONTOYA, D., NUMPAQUE, A., MARTÍN, C., & ALCARCEL, F. 2013. Geología de la Plancha 193 Yopal. Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

MORA, A., PARRA, M., STRECKER, M., KAMMER, A., DIMATÉ, C., & RODRÍGUEZ, F. 2006. Cenozoic contractional reactivation of Mesozoic extensional structures in the Eastern Cordillera of Colombia. TECTONICS, 25, 1-19.

MORALES , C. 2010. Integración de la Cartografía Geológica de los Llanos Orientales: Departamentos del Meta y sector Suroccidental del departamento el Casanare Planchas 248, 249, 250, 251, 252, 267, 268, 269, 270 y 271. INGEOMINAS.

MORENO , J., & VELASQUEZ, M. 1993. Estratigrafía y tectónica en los alrededores del Municipio de Nunchia Departamento de Casanare, Colombia. Tesis de Pregrado Universidad Nacional de Colombia.

MUÑOZ T, F., SARMIENTO P, G., & MONTOYA M, C. 1993. Proyecyo Estandarizacion de la Nomenclatura Estratigráfica de las Cuencas Petrolíferas de Colombia. Fase-I Área Piloto- Pidemonte Llanero. ECOPETROL-ICP, GRUPO SCOUT, INGEOMINAS.

PATIÑO, A., FUQUEN, J., RAMOS, J., PEDRAZA, A., CEBALLOS, L., PINZON, L., TORRES, A. 2011. Cartografía Geologica de la Plancha 247 Cáqueza. Documento, INGEOMINAS.

PATIÑO, A., FÚQUEN, J., RAMOS, J., PEDRAZA, A., CEBALLOS, L., PINZON, L., TORRES, A. 2011. Geología de la Plancha 247 Bogotá Sur Este (Cáqueza) Escala 1: 100.000. INGEOMINAS.

PEREZ, G., & SALAZAR, A. 1978. Estratigrafia y Facies del Grupo Guadalupe. Bogotá. 1-117.

PINTO VALDERRAMA, J., MORA ORTIZ, J., REÁTIGA TARAZONA, G., REY PILONIETA, J., TOLOZA HORMIGA, S., TORRES CORONADO, D., PRIETO RINCÓN, G. 2010. Geología del Piedemonte Llanero en la Cordillera Oriental, Departamentos de Arauca y Casanare. INGEOMINAS, Universidad Industrial de Santander.

PIRAQUIVE BERMUDEZ, A. 2011. Modelamiento Estructural Basado en un Analisis de Deformaciones en el frente del Piedemonte Llanero Cordillera Oriental de Colombia (Segmento comprendido entre Sabanalarga y Aguazul). Universidad Nacional de Colombia.

PULIDO G, O., GÓMEZ V, L., & MARÍN R, P. 1998. Geología de la Plancha 266 Villavicencio. Escala 1:100.000. Servicio Geologico Colombiano.

REGUANT, S., & ORTIZ, R. 2001. Guía Estratigrafica Internacional. Versión Abreviada. Revista de la Sociedad Geológica de España, 14.

RENZONI , G. 1992. Interpretación Fotogeologica de la Plancha 193 - Yopal. INGEOMINAS.

RENZONI, G. 1964. Documento Explicativo Cuadrángulo L-11 Villavicencio .

RENZONI, G. 1964. Geología del Cuadrángulo L-11 Villavicencio. Escala 1:200.000. Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional.

RENZONI, G. 1992. Plancha 193 Yopal. Escala 1:100.000. INGEOMINAS.

RENZONI, G., & ROSAS, H. 1967. Geología de la Plancha 171 Duitama. Escala 1:100.000. INGEOMINAS.

RINCÓN, G. 1982. Petrografía y Paleoambientes de las areniscas del Cretáceo superior - Paleoceno en las áreas de San Luis de Gaceno - Aguacalara. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia.

SARMIENTO PEREZ, G. 1991. Palinología de la Formación Guaduas. Publicaciones especiales. INGEOMINAS, Bogotá.

SARMIENTO ROJAS, L. 2001. Mesozoic Rifting and Cenozoic Basin Inversion History of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. VRIJE UNIVERSITEIT.

SARMIENTO ROJAS, L. F. 2011. Petroleum Geology of Colombia. Volumen 7, Eastern Codillera Basin. ANH.

SARMIENTO, L. F. 2011. Eastern Cordillera Basin, Vol 7. Petroleum Geology of Colombia. ANH.

TERRAZA, R., MONTOYA, D., REYES, G., MORENO, G., FÚQUEN, J., TORRES JAIMES, E., NIVIA GUEVARA, A. 2013. Geología de la Plancha 229 Gachalá. Servicio Geológico Colombiano.

TERRAZA, R., MONTOYA, D., REYES, G., MORENO, G., & FÚQUEN, J. 2008. Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental Planchas 210, 228 y 229. Bogotá D.C. INGEOMINAS.

TORRES, D., REÁLIGA, G., & REY, J. 2010. Geología del Piedemonte Llanero en la Cordillera Oriental, Departamentos de Arauca y Casanare. Columna Estratigráfica Formación Une, Convenio INGEOMINAS - UIS.

ULLOA, C. E., ESCOBAR R, R., & PACHECO, A. H. 1976. Geología de la Plancha 230 Monterrey. Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano.

ULLOA M, C. E., & RODRIGUEZ M, E. 1976. Geología del Cuadrángulo K-13, Tauramena. INGEOMINAS.

ULLOA M, C. E., & RODRIGUEZ M, E. 1983. Geología de la Plancha 211 Tauramena, Escala 1:100000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

ULLOA M, C. E., CAMACHO G, R., & ESCOBAR R, R. 1975. Geología de la Plancha 210 Guateque. Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

ULLOA M, C. E., CAMACHO G, R., & ESCOBAR R, R. 1975. Geología de la Plancha 229 Gachalá. Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.

ULLOA M, C. E., CAMACHO G, R., & ESCOBAR R, R. 1975. Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12, Guateque Colombia. INGEOMINAS, Bogotá.

ULLOA M, C., & RODRIGUEZ M, E. 1979. Geología de las Planchas 170, Veléz, 190 Chiquinquira, Colombia. INGEOMINAS, Bogotá.

ULLOA M, C., RODRIGUEZ M, E., & RENZI, G. 1981. Geología de las Planchas 171 Duitama, 191 Tunja, 211 Tauramena y 230 Monterrey. Cuadrangulos J-12 y K-13. Boletín Geologico, 1-48.

ULLOA MELO, C. E., & RODRIGUEZ MARTINEZ, E. 1976. Geología del Cuadrangulo K-13, Tauramena. INGEOMINAS, Bogotá.

ULLOA MELO, C., & RODRIGUEZ MARTINEZ, E. 1976. Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque. INGEOMINAS, Bogotá.

ULLOA MELO, C., CARO PEÑA, P., & RODRIGUEZ M, E. 1988. Excursión Geológica Bogotá-Villavicencio-Acacias . Bogotá: INGEOMINAS.

ULLOA, C., CAMACHO , G., & ESCOVAR , R. 1975). Cuadrángulo K-12 Guateque. Planchas 210 Guateque - 229 Gachalá. Bogotá.

VERGARA S, L. E., & RODRIGUEZ CH, G. A. 1995. Estandarizacion de la Nomenclatura Estratigrafia - Cretácico superior- Piedemonte Llanero. Bogotá: INGEOMINAS.

VERGARA, L. E., & RODRIGUEZ, G. C. 1997. The Upper Cretaceous and Lower Paleocene of the Eastern Bogotá Plateau and Llanos Thrustbelt, Colombia: Alternative Appraisal to the Nomenclature and Sequence Stratigraphy. Geología Colombiana, 22, 51-79.

VERGARA, L., & RODRIGUEZ, G. 1996. Consideraciones sobre la Petrografía y Diagenesis de los Grupos Guadalupe (Cordillera Oriental y Palmichal (Piedemonte Llanero). *Geología Colombiana*, 21, 41-63.

VILLAMIL, T. 1999. Campanian-Miocene tectonostratigraphy, depocenter evolution and basin development of Colombia and western Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 153, 239-275.