



## **“CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE TRES (3) SECCIONES ESTRUCTURALES ADMISIBLES EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SUESCA Y SOGAMOSO, CUENCA DE LA CORDILLERA ORIENTAL”**

### **RESUMEN**

El área de la consultoría para la elaboración de tres (3) secciones estructurales admisibles, en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, Cuenca de la Cordillera Oriental, hace parte además de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Casanare, y tiene una extensión aproximada de 1176699.278 ha.

Para cumplir con el objetivo, se planteó el cubrimiento de 25 a 38 sectores con un área total de 608 km<sup>2</sup> para realizar el control cartográfico a escala 1:25.000. La metodología desarrollada en el terreno para cubrir el área programada, fue realizar el control cartográfico de los corredores de las tres secciones o transectas estructurales en toda su extensión. El itinerario llevado a cabo para la verificación de la cartografía geológica y adquisición de nueva información comenzó en la transecta sur o Transecta 1 (Carmen de Carupa - San Luis de Gaceno), recorrida en sentido Oeste-Este, desde el municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca) hasta el municipio de San Luis de Gaceno (Boyacá), pasando por sectores de los municipios de Ubaté, Guachetá, Cucunubá, Lenguaque, Hato Grande, Chocontá, Villapinzón, Mchetá (Cundinamarca), Tibirita, Guateque, Sutatenza, Somondoco, Almeida, Macanal, Santa María, Chivor y San Luis de Gaceno (Boyacá). Luego se emprendió el recorrido por la transecta central o Transecta 2 (Sutamarchán- Ururía), también en sentido Oeste-Este, desde el municipio de Sutamarchán (Boyacá) hasta el caserío de Tiliana, unos 3 ó 4 Km al este de Ururía (Boyacá), pasando por los sectores de los municipios de Villa de Leiva, Sáchica, Cucaita, Samacá, Boyacá, Jenesano, Ramiriquí, San Antonio, Rondón, Zetaquirá, Berbeo, Miraflores y Páez. Por último, se recorrió la transecta norte o Transecta 3 (Gámbita-Pajarito), pero en sentido Este-Oeste, desde el municipio de Pajarito (Boyacá) hasta el municipio de Gámbita (Boyacá), pasando por los sectores de los municipios de Toquilla (Insp. de Policía), Soriano (Insp. de Policía), Aquitania (otrora Pueblo Viejo), Hirva (Insp. de Policía), Llano de Alarcón (vereda), Tota, Cúitiva, Iza, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Duitama, Paipa y Palermo (Insp. de Policía).

Este control cartográfico, permitió verificar que la sucesión estratigráfica que aflora en el área de la consultoría, además de depósitos cuaternarios, corresponde a rocas paleozoicas, jurásicas, cretácicas, paleógenas y neógenas, que según la literatura geológica representan:



- Las rocas más antiguas corresponden a depósitos de ambientes marinos de aguas someras (Grupos Quetame y Farallones), a depósitos de ambiente marino somero a terrestre cercano a la playa (Formación Cucho).
- Las rocas jurásicas representan planicies costeras drenadas por corrientes de alta energía (Formación Palermo), abanicos aluviales (Formación Montebel), corrientes trenzadas y planicies de inundación (Formación La Rusia).
- Las primeras facies registradas del Cretácico corresponden a depósitos de arenitas, lodolitas y conglomerados en ambientes deltaicos (formaciones Arcabuco, Los Medios, Batá, y parte más inferior de la Formación Tibasosa), seguidas por deposición de lodolitas en ambientes marinos marginales que registran la trasgresión marina (formaciones Cumbre, Ritoque y Lutitas de Macanal) y por deposición de carbonatos de plataforma marina de aguas someras (Formación Rosablanca y parte media de la Formación Tibasosa). Después acumulación de lodolitas de ambiente marino tranquilo a marino con corrientes activas (Formación Paja) y desarrollo de ambientes de deposición arenosos deltáicos dominados por olas (Fm. Arenisca de Las Juntas). Posteriormente, la acumulación de lodos en fondos marinos profundos agitados ocasionalmente por corrientes (Grupo de San Gil, Formación Fómeque y parte superior de la Formación Tibasosa) y el desarrollo de facies fluviátiles y deltaicas (parte inferior de la Formación Une).
- Las primeras rocas del Cretácico superior registran ambientes marinos tranquilos con corrientes activas -lumaquelas- (parte media de la Formación Une y Formación Churuvita), seguidos por ambientes deltaicos y litorales (partes superiores de las formaciones Une y Churuvita). Luego se registra el depósito de lodolitas y limolitas oscuras con algunas capas de cuarzoarenitas glauconíticas, en un ambiente marino de aguas tranquilas por debajo de la acción de las olas a marino profundo (formaciones Simijaca, La Frontera, San Rafael, gran parte de la Formación Chipaque). Posteriormente se establecen condiciones marinas más someras -plataforma media con sedimentación relativamente agitada- (Formaciones Conejo y parte superior de la Formación Chipaque). Las rocas del Grupo Guadalupe, de la Formación Los Pinos, de la parte inferior de la Formación Guaduas, y de gran parte del Grupo Palmichal, registran en general depósitos de sistemas regresivos y transgresivos con desarrollo de ambientes de planicie aluvial y costera a transicional y plataforma somera.
- Las primeras rocas del Paleógeno, representan arcillas depositadas en planicies aluviales y costeras parálicas (parte superior de la Fm. Guaduas).

Le siguen depósitos fluviales meandriformes y trenzados (formaciones Cacho y Areniscas de Socha, y la parte más superior del Grupo Palmichal). Luego se registra la acumulación de facies de planicie aluvial costera con predominio de depósitos de inundación y de pantano sobre depósitos canales (formaciones Bogotá, Arcillas de Socha y Arcillas de El Limbo). Posteriormente, aparecen depósitos de fluviales trenzados (formaciones Regadera y Picacho) con posible progradación de arenas deltaicas de grano grueso a conglomerático (Formación Arenisca de El Limbo). El último registro del Paleógeno en el área de estudio corresponde a depósitos de barras litorales en mares interiores ricos en hierro y depósitos de planicie costera lodosa (Formación Concentración) y a la acumulación de depósitos de ambiente marino lagunar con influencias deltaicas que se prolonga hasta comienzos del Neógeno (Formación San Fernando).

- El registro del Neógeno corresponde a rocas volcánicas andesíticas y riolíticas y posteriormente acumulación de gravas, arenas y lodos y arcillas de abanicos y planicies aluviales (Formación Tilatá).

La observación comparada de las tres secciones estructurales admisibles construidas, permite reconocer dos regiones estructurales diferentes:

De las fallas de Chivor y el Cedral-Romazal hacia el oriente, una región caracterizada por escamas imbricadas de basamento, dispuestas a lo largo de fallas subverticales, que se antepone a un prisma caracterizado por cabalgamientos, imbricación de pliegues y grandes pliegues con planos axiales subhorizontales.

De las fallas mencionadas hacia occidente otra región estructural conformada esencialmente por plegamientos amplios y suaves, y fallas inversas enraizadas en el basamento. Esta región se puede dividir en tres sectores aproximadamente paralelos entre si y dispuestos en dirección Suroeste-Noreste:

- Un sector occidental, al occidente de la falla de Soapaga que exhibe un patrón de fallas vergentes al Sureste, que incluye la falla de inversión de Boyacá y la falla de inversión? de Nemocón.
- Un sector oriental, con un patrón estructural vergente al Noroeste, localizado al oriente de las fallas de Gámeza (sección estructural 3), Rondón Occidental (sección estructural 2), y Don Alfonso (sección estructural 1).
- Un estrecho sector central dispuesto entre los dos sectores anteriores convergentes. Esta disposición espacial ocasiona que el sector central, comprimido entre las estructuras convergentes, se pliegue en estrechos y alargados sinclinales y sus anticlinales correspondientes, y descienda estructuralmente.



Adicionalmente es de mencionar aquí, que en las secciones estudiadas no hay evidencia clara de la ocurrencia de plegamiento por flexión de falla, que las fallas no muestran grandes desplazamientos ni planos muy inclinados, así como tampoco hay indicios de la ocurrencia de despegues en las unidades apropiadas del Cretácico inferior.

Las áreas con mejores condiciones para la prospección de hidrocarburos son, de sur a norte y de occidente a oriente:

- En la sección estructural-1:
  - Anticlinal de Guachaneca limitado por las fallas de Cucunubá (al occidente) y Nemocón (al oriente); a pesar de ser una estructura pequeña, involucra en profundidad a rocas de la Formación Churuvita.
  - El bloque yacente de la falla de Suesca.
  - El segmento triangular hundido, limitado por las fallas de Machetá (al occidente) y de "Don Alfonso" (al oriente).
  - El sector altamente deformado y fallado, comprendido entre las fallas de Santamaría y Tesalia.
  
- En la sección estructural-2:
  - El sector comprendido entre la falla de Chivatá "Occidental", la falla de Chivatá "Oriental" y la "falla de Rodríguez".
  - El segmento triangular hundido, limitado por las fallas de Rodríguez (al occidente) y de Jenesano (al oriente).
  - El bloque yacente (*subthrust*) de la falla de Soapaga.
  - El bloque yacente (*subthrust*) de la falla de "Rondón Oriental".
  
- En la sección estructural-3:
  - Los bloques yacentes de las fallas de Boyacá y Chivatá, que involucran en profundidad a la Formación Une.
  - El sector triangular limitado por la convergencia de las fallas de Soapaga (al occidente) y Firavitoba (al oriente).
  - El Anticlinal de Iza limitado por las fallas de Gámeza (al occidente) y de "San Miguel" (al oriente).





## 1 INTRODUCCIÓN

El **FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO – FONADE** en cumplimiento del convenio **196040** suscrito con la **AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH**, después de proceso de selección, firmó el contrato No. 2071564 con **GEOSEARCH LTDA**, para la realización del proyecto "CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE TRES (3) SECCIONES ESTRUCTURALES ADMISIBLES EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SUESCA Y SOGAMOSO, CUENCA DE LA CORDILLERA ORIENTAL".

### 1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL CONTRATO

Elaboración de tres (3) secciones estructurales admisibles en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, Cuenca de la Cordillera Oriental.

### 1.2 OBLIGACIONES PARTICULARES

- Recopilación, evaluación e integración de la información geológica de superficie y de subsuelo (incluyendo información sísmica y de pozos disponible del área), y obtención de las imágenes o productos de sensores remotos para interpretación.
- Interpretación preliminar de las imágenes o productos de sensores remotos e integración de la información geológica disponible.
- Planeación de las actividades de campo. Elección de mínimo 25 y máximo 38 sectores de control cartográfico (con un área total de 608 km<sup>2</sup>), a escala 1:25.000 en los corredores de las transectas estructurales, que permitan comprobar en campo la información mostrada en los mapas.
- Verificación de campo. En ésta se utilizaron herramientas convencionales como martillos, brújulas, lupas, localizadores satelitales (GPS's con precisión de 3 y 6 m), distanciómetro, cintas métricas, cámaras digitales y demás elementos habituales en el trabajo de campo.
- Integración del trabajo de campo con la interpretación preliminar e interpretación completa de las imágenes.
- Producción de un (1) mapa geológico integrado del área de estudio a escala 1:100.000.
- Elaboración de tres (3) mapas geológicos a escala 1:50.000 a lo largo de las transectas estructurales.



- Interpretación de 270.829 Km de líneas sísmicas.
- Construcción de tres (3) secciones estructurales admisibles en escala 1:50.000.
- Análisis estructural a partir de la cartografía geológica y las secciones sísmicas.
- Postulación de un modelo de evolución estructural.
- Identificación de áreas de interés para la prospección de hidrocarburos.
- Elaboración del Informe Final.

### 1.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de la consultoría se encuentra localizada dentro de la Cuenca de la Cordillera Oriental, en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Casanare, con una extensión aproximada de 1176699.278 ha (**Figura 1**).

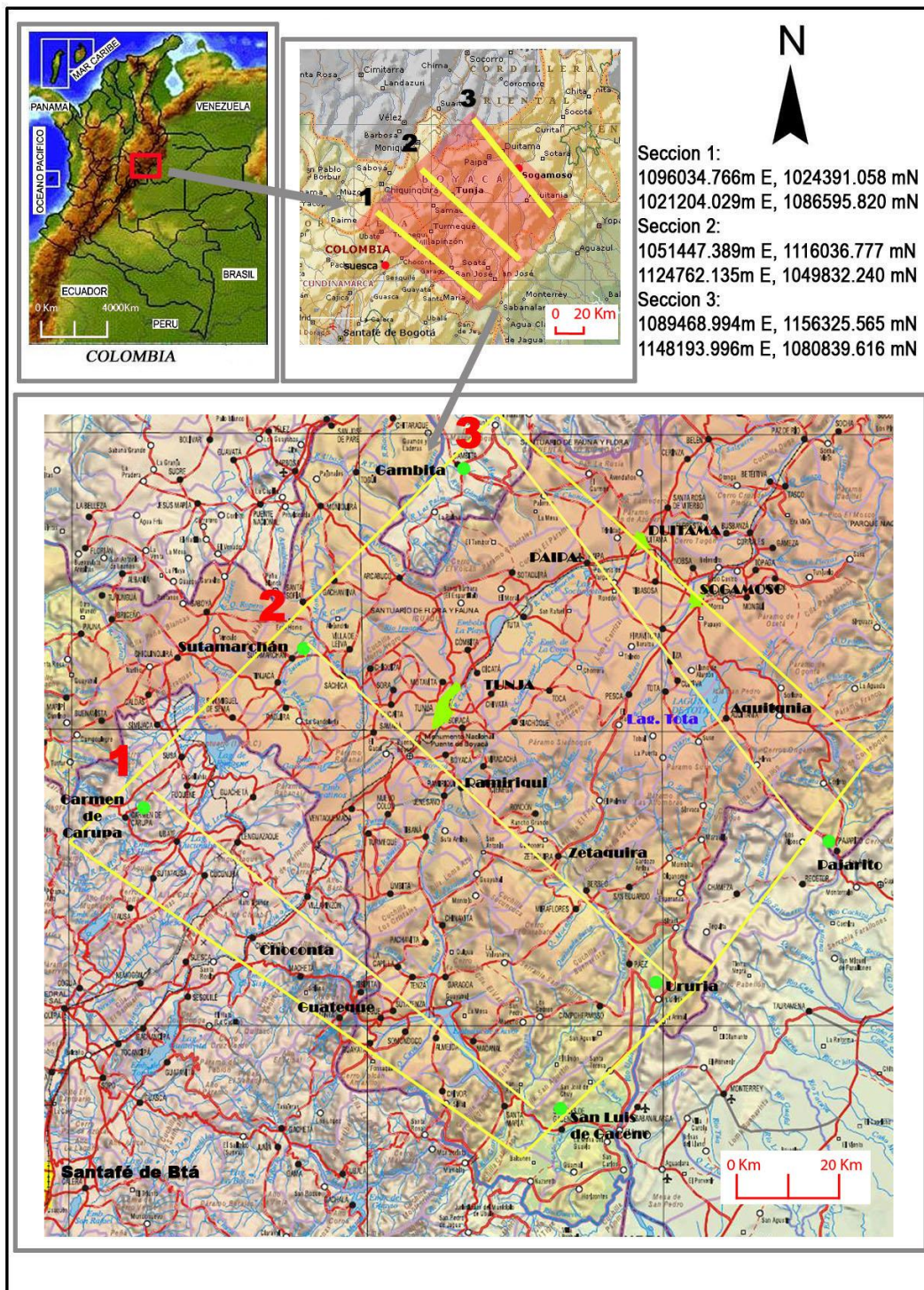
En las **Tablas 1 y 2**, se relacionan las coordenadas Magna Sirgas de los vértices del polígono y de las secciones estructurales respectivamente.

**Tabla 1.** Coordenadas planas del polígono del área de estudio

PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
A	1.088.743,473	1.161.389,746
B	1.162.015,916	1.093.971,573
C	1.126.913,750	1.047.409,059
D	1.093.094,379	1.014.923,541
E	1.004.817,800	1.076.648,470

**Tabla 2.** Coordenadas de las secciones estructurales

SECCIÓN	COORDENADAS			
	INICIAL		FINAL	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
1	1.089.468,99	1.156.325,57	1.148.194,00	1.080.839,62
2	1.051.447,39	1.116.036,78	1.124.762,14	1.049.382,24
3	1.021.204,03	1.086.595,82	1.096.034,77	1.024.391,06



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio.



## 2 METODOLOGÍA

Los trabajos se llevaron a cabo siguiendo la metodología indicada por la ANH, correspondiente al numeral 5 del anexo técnico de los términos de referencia.

A fin de optimizar la adquisición de los datos, el procesamiento de la información y la calidad de los resultados, el proyecto se realizó en dos fases (adquisición y procesamiento), desarrolladas con contacto permanente con el supervisor del contrato por parte de la ANH, el Geólogo Andrés Julián Lozano González, a quien se le entregaron oportunamente los informes de avance requeridos. Estos informes fueron: 1) Programa de seguridad industrial, 2) Programa de trabajos, inversiones, insumos y personal, 3) Planeación de actividades de la fase de campo, 4) Informe de actividades de campo, 5) Informe de Avance (terminado el trabajo de campo).

Para el desarrollo del proyecto se contó con la participación de los geólogos de GEOSEARCH LTDA: Fabio Colmenares, Ana Milena Mesa, Jairo Roncancio, Pablo Pedraza, Milton Vargas, Sonia Alvarado, Jhoamna Romero, Felipe Vargas, María Cecilia Ruiz y Oscar Romero. También participó el PhD. Fernando Etayo Serna, como asesor científico en paleontología y estratigrafía, quien estuvo a cargo de las revisiones en campo de las localidades con los mayores problemas estratigráficos y del estudio de las muestras de microfósiles colectados (amonitas y bivalvos), labores necesarias como soporte para la interpretación de las secciones estructurales admisibles.

### 2.1 FASE DE ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 2.1.1 Preparación

Antes del trabajo de campo se realizaron las siguientes actividades:

- Compilación y análisis de la información geológica existente del área de estudio: mapas geológicos publicados por el Ingeominas (**Tabla 3**), columnas estratigráficas y reportes técnicos. Adquisición de planchas topográficas del IGAC -a escala 1:100.000 y 1:25.000- (**Tabla 4**). La información digital de subsuelo (información sísmica y de pozos) e informes técnicos, fue suministrada por la ANH en formato digital (**Tabla 5**).
- Interpretación preliminar de imágenes de sensores remotos. Durante esta actividad, se revisó un mosaico de imágenes LANDSAT de propiedad de Geosearch Ltda, pero debido a la baja resolución y alta nubosidad que presentaba, se utilizó únicamente como herramienta para la detección de sectores con problemas estructurales.





- Determinación de los sectores de control cartográfico (a escala 1:25.000), en los corredores de las transectas estructurales. La elección de estos sectores, acordada con el supervisor del contrato, se hizo con base en la revisión de la información geológica y topográfica, y la integración de la interpretación preliminar de las imágenes de sensores remotos.
- Conformación y distribución de los equipos de trabajo de campo.
- Preparación de la logística y los materiales técnicos para las labores de terreno (bases, transporte, personal auxiliar, etc.).

**Tabla 3.** Mapas geológicos del Ingeominas

Mapa	Autor
Mapa Geológico del Cuadrángulo K11, Zipaquirá	McLaughlin y Arce, 1975
Mapa Geológico del Cuadrángulo, K12 Guateque	Ulloa, Camacho, Escovar, <i>et al.</i> , 1975
Geología de la Plancha 170 - Vélez	Ulloa y Rodríguez, 1978
Geología de la Plancha 171 - Duitama	Renzoni y Rosas, 1967
Geología de la Plancha 172 - Paz de Río	Ulloa, Rodríguez y Rodríguez, 2003
Geología de la Plancha 190 - Chiquinquirá	Fuquen y Osorno, 2005
Geología de la Plancha 191 - Tunja	Renzoni, Rosas, Etayo, <i>et al.</i> , 1998
Geología de la Plancha 192 - Laguna de Tota	Ulloa, Rodríguez y Escovar, 1998
Geología de la Plancha 209 - Zipaquirá	Montoya y Reyes, 2003
Geología de la Plancha 211 - Tauramena	Ulloa, Rodríguez, <i>et al.</i> , 1983

**Tabla 4.** Planchas topográficas del IGAC

TRANSECTA 1	TRANSECTA 2	TRANSECTA 3
<b>PLANCHA 190</b>	<b>PLANCHA 190</b>	<b>PLANCHA 171</b>
190-III-B, D	190-II-B, D	171-I-B, D
190-IV-C	<b>PLANCHA 191</b>	171-II-A, C, D
<b>PLANCHA 209</b>	191-I-A, C, D	171-IV-A, B, C, D
209-I-B	191-III-A, B, C, D	<b>PLANCHA 172</b>
209-II-A, B, C, D	191-IV-C	172-III-C
209-IV-B, D	<b>PLANCHA 210</b>	<b>PLANCHA 191</b>
<b>PLANCHA 210</b>	210-I-B	191-II-B
210-I-C	210-II-A, B, C, D	191-II-D
210-III-A, C, D	210-IV-B, D	<b>PLANCHA 192</b>
<b>PLANCHA 229</b>	<b>PLANCHA 211</b>	192-I-A, B, C, D
229-I-A, B, D	211-I-C	192-III-A, B, C, D
229-II-A, C	211-III-A, C	192-IV-A, C
		<b>PLANCHA 211</b>
		211-I-B

**Tabla 5.** Información digital suministrada por la ANH

CANTIDAD	MEDIO	CONTENIDO
1	CD	Documentos de pozos y técnicos del área de la Cordillera Oriental
1	DVD	Originales - Armados - Editados - Imágenes Direccional - Sísmica de Pozo
2	DVD	Información de Proceso Libre - Imágenes - SEG Y UKO
1	DVD	Información de Proceso Confidencial IMG & SEG Y
11	DVD	Información de Campo Libre:
		#1. Línea BRLA-1995-01 (DOC - SEG Y UKO)
		#2. Línea 22BRLA-1995-12 - BPSB-1998-03 (SEG Y)
		#3. 22BRLA-1995-14 - 23BRLA-1996-12A - ME-1981-02/03 - ME-1992-1100 (SEG Y)
		#4. LA-1994-04/05 - LA-1995-13 (SEG Y)
		#5. ME-1992-2080/2050 - S-1978-22 - ST-1989-08 (SEG Y)
		#6. LA-1995-11 - ST-1989-08/11 - STEU-1988-02 (SEG Y)
		#7. ME-1994-960 - SUESCA-78 - S-1978-11/12 - S-1978-22 (SEG Y)
		#8. T-1993-1100/1180/1280/1440/1490 (SEG Y)
		#9. ST-1989-15 - TN-1992-02 (SEG Y)
		#10. TUEU-1988-06/10/12 (SEG Y)
#11. T-1993-1310/1650 - TN-1992-01 (SEG Y)		
1	DVD	Información de Campo Confidencial DOC - SEG Y UKO
3	DLT	FORMATO SEG D
		#1. ME-1992-1100 - ME-1992-2010 - MVI-1997-920 - MVI-1997-1855
		#2. 41BRTN-2003-01
		#3. 23BRLA-1996-09 - 23BRLA-1996-16 - 23BRLA-1996-05
14	DVD	FORMATO SEG Y
		#1. ME-1992-1100 (1 DVD)
		#2. ME-1992-2010 (1 DVD)
		#3. MVI-1997-920 (2 DVD)
		#4. MVI-1997-1855 (1 DVD)
		#5. 41BRTN-2003-01 (3 DVD)
		#6. 23BRLA-1996-09 (2 DVD)
		#7. 23BRLA-1996-16 (2 DVD)
#8. 23BRLA-1996-05 (2 DVD)		

## 2.1.2 Trabajo de campo

### 2.1.2.1 Itinerario

El itinerario realizado para la verificación de la cartografía geológica y adquisición de nueva información (a escala 1:25.000) a lo largo de las transectas 1, 2 y 3, para la elaboración de las secciones estructurales admisibles, fue el siguiente:



- Transecta 1 (Carmen de Carupa - San Luis de Gaceno): se recorrió en sentido Oeste-Este, desde el municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca) hasta el municipio de San Luis de Gaceno (Boyacá), pasando por sectores de los municipios de Ubaté, Guachetá, Cucunubá, Lenguaque, Hato Grande, Chocontá, Villapinzón, Machetá (Cundinamarca), Tibirita, Guateque, Sutatenza, Somondoco, Almeida, Macanal, Santa María, Chivor y San Luis de Gaceno (Boyacá).
- Transecta 2 (Sutamarchán- Ururía): se recorrió en sentido Oeste-Este, desde el municipio de Sutamarchán (Boyacá) hasta el caserío de Tiliana, unos 3 ó 4 Km al este de Ururia (Boyacá), pasando por los sectores de los municipios de Villa de Leiva, Sáchica, Cucaita, Samacá, Boyacá, Jenesano, Ramiriquí, San Antonio, Rondón, Zetaquirá, Berbeo, Miraflores y Páez.
- Transecta 3 (Gámbita-Pajarito): se recorrió en sentido Este-Oeste, desde el municipio de Pajarito (Boyacá) hasta el municipio de Gámbita (Boyacá), pasando por los sectores de los municipios de Toquilla (Insp. de Policía), Soriano (Insp. de Policía), Aquitania (otrora Pueblo Viejo), Hirva (Insp. de Policía), Llano de Alarcón (vereda), Tota, Cuítiva, Iza, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Duitama, Paipa y Palermo (Insp. de Policía).

#### 2.1.2.2 Verificación de campo

La verificación de la cartografía geológica, a escala 1:25.000, se ejecutó en toda la extensión de cada una de las transectas programadas, con un corredor de dos (2) Km de ancho (1 Km a lado y lado de cada transecta), considerando que lo más apropiado y metódico para lograr la construcción de las tres (3) secciones estructurales admisibles, es la toma de datos estructurales de extremo a extremo de cada transecta. Además se verificaron otros sectores, por fuera de los corredores mencionados, importantes para la interpretación de las secciones estructurales.

Las actividades realizadas durante la verificación de campo fueron:

- Identificación de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, con base inicialmente en la nomenclatura de los mapas geológicos base de la cartografía.
- Descripción de las unidades litoestratigráficas, que incluye: tipo litológico (rocas siliciclásticas y calcáreas), geometría interna, geometría externa, tipo de contacto, forma y espesor de las capas, granulometría, redondez, calibrado, contenido de matriz, contenido de cemento, porosidad visual, grado de bioturbación, contenido fósil, color y composición.





- Medición de elementos estructurales como: superficies de estratificación (rumbo y buzamiento), superficies de falla, superficies axiales de pliegues, superficies de foliación y de cizalla. Se tomaron al menos 1.500 datos estructurales, lo que arroja una densidad promedio de 2,47 datos por km<sup>2</sup>.
- Ubicación de los datos estructurales en los mapas topográficos del IGAC (a escala 1:25.000), georreferenciados con el sistema de coordenadas con origen Magna Sirgas.
- Registro fotográfico de las características estructurales más relevantes.
- Muestreo selectivo, para determinaciones bioestratigráficas, indicando el propósito de la muestra (P = paleontología, MP = micropaleontología, PAL = palinología). Las muestras colectadas fueron debidamente empacadas, marcadas y almacenadas.

#### 2.1.2.3 Levantamiento de secciones estratigráficas

En lugares donde la información era insuficiente para conocer el espesor de algunas unidades estratigráficas, se realizaron las siguientes actividades:

- Medición del espesor de algunas secciones estratigráficas, con apoyo en poligonal y GPS, y representación de las características litoestratigráficas en columnas generalizadas, a escala 1:1.000.
- Registro fotográfico de las características litoestratigráficas más importantes.
- Muestreo selectivo, para determinaciones bioestratigráficas, indicando el propósito de la muestra (P = paleontología, MP = micropaleontología, PAL = palinología). Las muestras colectadas fueron debidamente empacadas, marcadas y almacenadas.

## 2.2 FASE DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la información consistió en la integración de la información de la fase de preparación con la información de las fases de trabajo de campo, interpretación completa de las imágenes de sensores remotos y análisis de información de algunas líneas sísmicas y pozos.

### 2.2.1 Procesamiento y Análisis de la información de campo

Para el procesamiento y análisis de la información de campo, se trabajó con formatos de listados de las estaciones de campo con su respectiva descripción y



localización, de registros fotográficos que ilustran los sectores de control cartográfico (resaltando los principales rasgos geológicos encontrados), de muestras (listados de muestras colectadas en actividades de cartografía y estratigráficas, con su respectiva localización), de gráficos de los levantamientos estratigráficos (con su respectiva descripción y poligonal), y se generó una descripción preliminar de la estratigrafía de los sectores de control cartográfico.

### 2.2.2 Interpretación completa de imágenes de sensores remotos

Para lograr la interpretación completa de las imágenes de sensores remotos, la ANH suministró para esta fase del proyecto, imágenes de satélite Radar, Spot y Landsat, las cuales se georreferenciaron en la oficina de Geosearch Ltda y permitieron la generación de dos mosaicos: 1) Radar+Landsat Blanco y Negro (BN) y 2) Spot+Landsat Red, Green, Blue (RGB). Geosearch Ltda, adicionalmente adquirió un número suficiente de fotografías aéreas en el IGAC (**Tabla 6**), para cubrir cada sección estructural con un corredor de 10 km de amplitud (5 km a cada lado de las secciones), y para cubrir otros sectores de control cartográfico, fuera del área de los corredores, importantes para la generación de los productos finales.

**Tabla 6.** Fotografías aéreas del IGAC

<b>SOBRE</b>	<b>VUELO</b>	<b>ESCALA</b>	<b>AÑO</b>	<b>CONSECUTIVO</b>
S-1197	M-1285	1:60000	1964	28611-28614
S-30784	C-1996	1:41900	1981	12-15
S-31577	C-2066	1:21000	1982	127-121
S-32646	C-2177	1:21800	1985	0-5
S-32647	C-2177	1:22370	1985	33-37
S-32651	C-2177	1:31000	1985	110-113
S-32653	C-2177	1:30000	1985	156-159
S-32742	C-2184	1:36000	1985	42-45
S-32743	C-2184	1:36000	1985	61-63
S-33328	C-2239	1:31000	1986	152-156
S-33595	C-2258	1:29000	1986	229-234
S-33598	C-2259	1:31000	1986	00-04
S-34466	C-2324	1:38000	1987	116-118
S-34538	C-2331	1:23000	1988	55-63
S-35000	C-2369	1:30000	1989	44-40
S-36263	C-2471	1:30000	1992	109-116
S-36264	C-2471	1:30000	1992	122-129
S-36268	C-2471	1:30000	1992	179-181
S-36269	C-2471	1:30000	1992	185-183
S-36534	C-2500	1:32000	1992	176-174



S-36759	C-2519	1:42000	1993	25-28
S-36782	C-2522	1:40000	1993	251-255
S-36805	C-2524	1:49000	1993	214-218
S-36806	C-2524	1:43000	1993	264-269
S-36806	C-2525	1:43000	1993	250-253
S-36808	C-2525	1:41000	1993	18-22
S-36809	C-2525	1:41000	1993	40-42
S-36810	C-2525	1:42000	1993	64-68
S-36871	C-2534	1:36800	1993	16-24
S-36878	C-2534	1:33500	1994	221-226
S-36882	C-2534	1:24800	1994	333-338
S-37078	C-2558	1:36000	1995	38-41
S-37081	C-2558	1:42700	1995	97-105
S-37082	C-2558	1:35000	1995	126-128
S-37132	C-2562	1:40000	1995	163-167
S-37155	C-2564	1:38000	1995	165-169
S-37415	C-2566	1:42800	1995	110-104
S-37427	C-2581	1:44920	1995	120-116
S-37428	C-2581	1:46520	1995	124-131
S-37429	C-2581	1:45000	1995	140-134
S-38462	C-2669	1:42450	2000	88-90
S-38464	C-2669	1:41200	2000	130-133
S-40803	C-2803	1:46500	2007	179-177
S-40805	C-2803	1:42800	2007	250-252, 264-266
S-40806	C-2805	1:40800	2007	5-7
S-40807	C-2804	1:39760	2007	55-57
S-40808	C-2804	1:40480	2007	62-64, 75-80
S-40809	C-2804	1:40000	2007	106-111, 129-131
S-6435	R-932	1:19000	1982	118-133

### 2.2.3 Información de líneas sísmicas y pozos

La información de secciones sísmicas y pozos (relacionadas en la **Tabla 4**), estaba destinada a utilizarse para representar la configuración estructural desde la superficie hasta donde la calidad de la información lo permitiera y se enfocaría en la definición de posibles estructuras potencialmente almacenadoras de hidrocarburos. Sin embargo, de manera oportuna en una reunión de avance del proyecto, se informó lo siguiente:

La información sísmica de soporte fue suministrada originalmente en cintas DLT en formato SEG-D, el cual no es apropiado para su manejo, en consecuencia se solicitó a la ANH su conversión a formato SEG-Y, lo cual tomó un tiempo considerable, que obviamente incidió en el avance del proyecto. Adicionalmente,



tras repetidos intentos para abrir los nuevos archivos, intentos que demandaron un tiempo considerable -usando diferentes métodos y software, estos no pudieron ser cargados ni visualizados en ningún sistema porque no poseen los datos básicos requeridos para visualizar una línea sísmica 2D. Por otra parte, el tamaño de los archivos es anormalmente alto para líneas sísmicas 2D ya que cada archivo tiene igual o mayor tamaño que el correspondiente a un cubo 3D, lo cual obviamente dificulta su manejo generando gran pérdida de tiempo.

En cuanto a las imágenes suministradas como archivos pdf, se mencionó que en este formato no es posible subirlas a los programas de interpretación. Por otra parte, la calidad de las líneas sísmicas suministradas era muy pobre para poder utilizarlas eficazmente en la obtención de una interpretación geológica regional confiable.

De los 34 archivos suministrados cuatro (4) presentaban daños y no se pudieron abrir (ME-1981-03-MIG, ME-1992-1100-MIG, TN-1995-1350-MIG y TN-1995-1350-STACK); otros siete correspondían a líneas sísmicas a lo largo del rumbo (strike lines), los cuales podrían haber sido útiles si se hubiera podido realizar su amarre con las líneas correspondientes perpendiculares a la dirección estructural (dip lines).

De las 23 imágenes restantes, 12 líneas no permitían su interpretación debido a la mala calidad, algunas estando repetidas (41 BRTN-2003-01-MIG, 41 BRTN-2003-01-MIG, 41 BRTN-2003-01-MIG, 41 BRTN-2003-01-STACK, RC-1996-08-MIG, RC-1996-08-MIG, RC-1996-08-STACK, RC-1996-08-STACK, RC-1997-23-MIG, RC-1997-23-MIG, RC-1997-23-STACK, RC-1997-23-STACK). Las otras 11 líneas podrían ser interpretadas -pero debido a su corta longitud, el volumen de información que aportarían sería muy reducido, y en consecuencia de poco valor significativo para su uso en la elaboración de los cortes estructurales, razón por la que fueron descartadas.

#### **2.2.4 Conclusiones de la fase de procesamiento de la información**

- La descripción de la estratigrafía de los sectores de control cartográfico (generada durante la etapa de análisis y procesamiento de la información de campo) y la interpretación completa de imágenes de sensores remotos, permitió evidenciar numerosas inconsistencias de orden cartográfico, estratigráfico y estructural en cada una de las planchas base de cartografía geológica, tanto en los corredores estudiados como en las regiones próximas. Esta situación quedó registrada en el Acta No. 1 (fecha el 27 de febrero de 2008), mediante la cual se acordó entre la supervisión de la ANH y GEOSEARCH LTDA: 1) Entregar los anexos impresos en una escala menos detallada y de fácil uso, pero el archivo digital correspondiente con la escala indicada en el contrato y con todos los detalles que se llegasen a omitir en la

versión impresa. 2) Presentar la cartografía, resaltando la generada en este proyecto, y en un segundo plano, mostrar la cartografía básica existente (principalmente del Ingeominas).

- La información de subsuelo (líneas sísmicas y pozos), la cual demandó para su análisis de un lapso de tiempo considerable y que resolvería en gran medida estas inconsistencias, no fue utilizada debido a su inapropiada calidad, a que el volumen de información que aportaría sería muy reducido, y por lo tanto de poco valor significativo en la elaboración de las secciones estructurales admisibles. Este inconveniente quedó registrado en el Acta No. 2 fechada el 31 de marzo de 2008. En consecuencia, GEOSEARCH LTDA recurrió a la información de los Pozos Bolívar-1, Tamauka-1, Tunja-1, Cormichoque-1, Manzanos-1 y Suesca Norte-1, y de las líneas sísmicas T-93-1490, LA-94-04, LA-94-05 y 22BRLA-95-10, para la construcción de las secciones estructurales. Además, para suplir la información de subsuelo, le propuso a la ANH trabajos adicionales para identificar y definir correctamente algunas unidades litoestratigráficas aflorantes a lo largo de las transectas, determinar correctamente sus relaciones espaciotemporales y por lo tanto la geometría de las estructuras, con el objeto de elaborar las secciones estructurales admisibles con la información más confiable posible. Estos trabajos adicionales, involucraron la participación del asesor experto en Paleontología y Estratigrafía -Ph. D. Fernando Etayo Serna- y consistieron en general en: 1) Revisar la cartografía geológica en algunas localidades específicas de las 3 transectas recorridas. 2) Realizar análisis bioestratigráficos precisos basados en unos 150 microfósiles: 90 colectados selectivamente en la etapa de campo original del contrato y 60 propuestos a coleccionar en la etapa de campo adicional del contrato.

### **2.2.5 Productos entregables**

Los productos finales resultantes de la integración completa de la información se entregan, junto con el informe final, al Banco de Información Petrolera – BIP, según el manual de entrega vigente. La entrega incluye dos (2) copias impresas del informe técnico final (texto y anexos) y dos (2) copias en formato digital en medio óptico (CD o DVD), con la información en formatos pdf, ASCII, shape files, canvas, autocad y tiff.

Los capítulos principales del informe final son:

- Estratigrafía Física.
- Caracterización bioestratigráfica, mediante amonitas y bivalvos, de las formaciones cretácicas observadas en las secciones estructurales admisibles entre el sector Suesca – Sogamoso.



- Cronoestratigrafía de las unidades litoestratigráficas utilizadas en las transectas.
- Geología Estructural.
- Áreas prospectivas.
- Conclusiones y Recomendaciones.

En los cuatro primeros capítulos, se citó al final de cada uno las referencias bibliográficas respectivas utilizadas para su descripción, con el fin de que el lector tenga acceso rápido al origen de la información, más aún si tiene algún interés particular.

Los anexos son:

Anexo 1. Un (1) mapa geológico compilado: Ingeominas y Geossearch Ltda (a escala 1:150.000).

Anexo 2. Esquemas estratigráficos del área de estudio: Anexos 2.1 a 2.7

Anexo 3. Columnas estratigráficas de algunas unidades (a escala 1:1.000): Anexos 3.1 a 3.17

Anexo 4. Poligonales esquemáticas de las columnas estratigráficas: Anexos 4.1 a 4.17

Anexo 5. Relación de estaciones (formatos de campo).

Anexo 6. Relación de muestras: ordenamiento de muestras de roca colectadas para determinaciones bioestratigráficas, debidamente relacionadas, marcadas, empacadas y almacenadas, para su entrega a la ANH. La marcación incluye el propósito de la toma: P=paleontología, MP=micropaleontología y PAL=palinología.

Anexo 7. Archivo digital de registro fotográfico de los sectores de control cartográfico y de las localidades donde se medieron secciones estratigráficas.

Anexo 8. Análisis paleontológicos: Anexos 8.1 a 8.4

Anexo 9. Estructuras principales de las secciones estructurales.

Anexo 10. Mapas geológicos (3), a escala 1:50.000, a lo largo de las secciones estructurales con amplitud de 5 Km a lado y lado de cada sección, con sus respectivas secciones estructurales admisibles (3) hasta el basamento económico (sub-Cretácico), a escala 1:50.000, con base en los mapas geológicos realizados, en la interpretación de imágenes de sensores remotos y en la información de algunos pozos cercanos.

Anexo 11. Un (1) mapa estructural a escala 1:200.000 con la síntesis de los elementos estructurales de primer orden (ejes de pliegues y trazos de fallas principales) con su respectiva nomenclatura.

Anexo 12. Mapa Imagen Satelital a escala 1:150.000 con resolución espacial mínima de 50 m (tamaño máximo del píxel: 50m).

Anexo 13. Cuatro (4) pósteres.

Anexo 14. Presentación técnica (archivo ppt y pdf).



### 3 ESTRATIGRAFÍA FÍSICA

#### 3.1 NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA

En la Cuenca de la Cordillera Oriental de Colombia han surgido nomenclaturas estratigráficas diferentes, en buena parte como consecuencia de estudios geológicos locales relativamente independientes, pero en gran parte también por la existencia de regiones con desarrollos de facies diferentes. Estas nomenclaturas estratigráficas se observan en los **Anexos 1 y 2**.

El objetivo de este estudio es la elaboración de tres secciones estructurales admisibles, a partir del control cartográfico (a escala 1:25.000) a lo largo de los corredores de las tres transectas estructurales respectivas en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso. En consecuencia, la estratigrafía física consiste en la descripción específica de las unidades litoestratigráficas aflorantes en estos corredores, para lo cual se tomó como base las nomenclaturas estratigráficas utilizadas en los mapas geológicos publicados por el Ingeominas y relacionados en la **Tabla 3**. Cada una de estas nomenclaturas fue examinada con el fin de cotejar su adecuación a las normas de la Guía Estratigráfica Internacional y no con el propósito de unificar nombres estratigráficos pues esto sería una tarea para estudios estratigráficos y bioestratigráficos detallados. La nomenclatura estratigráfica adoptada en la presente consultoría se muestra en el **Cuadro 1** (adjunto al **Anexo 1**). Esta sucesión estratigráfica corresponde a rocas paleozoicas, jurásicas, cretácicas, paleógenas y neógenas, y depósitos cuaternarios (depósitos glaciares, terrazas, depósitos lacustres, abanicos aluviales, depósitos coluviales y depósitos aluviales) que se describen sucintamente en el **Cuadro 2** (adjunto al **Anexo 1**).

En algunos casos, se describen unidades con terminologías litoestratigráficas informales que reúnen dos nombres estratigráficos (en sentido lateral o vertical), debido a que durante el trabajo de campo se observaron interdigitaciones que impidieron su separación cartográfica. Los nombres de las unidades que se interdigitan en sentido lateral van conectados mediante guión, por ejemplo "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura"; cuando las unidades aparecen superpuestas sus nombres van unidos mediante la conjunción copulativa "y", que expresa el sentido consecutivo de las unidades litológicas nombradas, por ejemplo "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna".

La descripción de la sucesión litoestratigráfica del área de estudio se hace con base en el **Cuadro 1**, es decir, primero se describe las unidades que en términos generales afloran en la **zona occidental** del área de estudio: en la zona de los mapas geológicos base 209-Zipacquirá, 190-Chiquinquirá, 191-Tunja (parte W) y 171-Duitama, y posteriormente se describe las unidades que se presentan en la **zona oriental** del área: en la zona de los mapas geológicos base K-12 Guateque,



211-Tauramena, 191-Tunja (parte E), 171-Duitama (parte más SE) y 192-Laguna de Tota. No obstante lo anterior, es necesario precisar que debido a que hay unidades comunes en estas dos zonas, estas unidades se describen una sola vez y en el capítulo de la zona occidental. Las unidades litoestratigráficas comunes son: las formaciones Une, Lidita Superior, Arenisca Dura, Plaeners, Los Pinos, Arenisca de Labor, Arenisca Tierna y Guaduas.

Los numerales utilizados en la descripción de cada unidad, se basaron en los utilizados en el "Catalogue of South African Lithostratigraphic Units" (SACS, 2003). Estos numerales son: 1) Referencia Original, 2) Proponente del nombre, 3) Derivación del nombre, 4) Área tipo, 5) Cronoestratigrafía, 6) Descripción geológica, 7) Litología, 8) Límites y contactos, 9) Reseña histórica, 10) Subdivisión, 11) Aspectos regionales y 12) Localidad tipo y estratotipo. Dentro de la descripción de cada uno de estos numerales, se respetó los textos de otros autores (señalados entre comillas), a pesar de que presentasen algún error gramatical o que no se hubiesen ajustado al código estratigráfico internacional. Es decir, si éstos escribieron indistintamente el nombre de otros autores en mayúsculas y minúsculas, ó conjunto y Conjunto, ó Formación y Fm.; en ninguno de estos casos se alteró en este informe su descripción original. Sin embargo, en la mayoría de los casos de manera oportuna se señaló el error con los términos: *sic.* ó *sic. lapsus calami.*

Para el numeral de litología, la descripción de las características de las unidades litoestratigráficas se basó en algunas secciones estratigráficas medidas, descritas y representadas en columnas estratigráficas generalizadas a escala 1:1.000 (**Tabla 7, Figura 2, y Anexos 3.1 a 3.17**). Las mediciones de estas secciones se hizo con apoyo en GPS y poligonales (**Anexos 4.1 a 4.17**), y los espesores resultantes se utilizaron como criterio en la selección de los espesores empleados en la elaboración de las secciones estructurales. En el caso de las unidades que no fueron medidas, se recurrió a la descripción litológica realizada en estaciones de campo (**Anexo 5**). En ambos casos (secciones estratigráficas y estaciones de campo) se coletaron muestras para determinaciones bioestratigráficas (**Anexo 6**) y se registró con fotografías digitales las características litológicas y los rasgos estructurales más significativos de las unidades (**Anexo 7**).

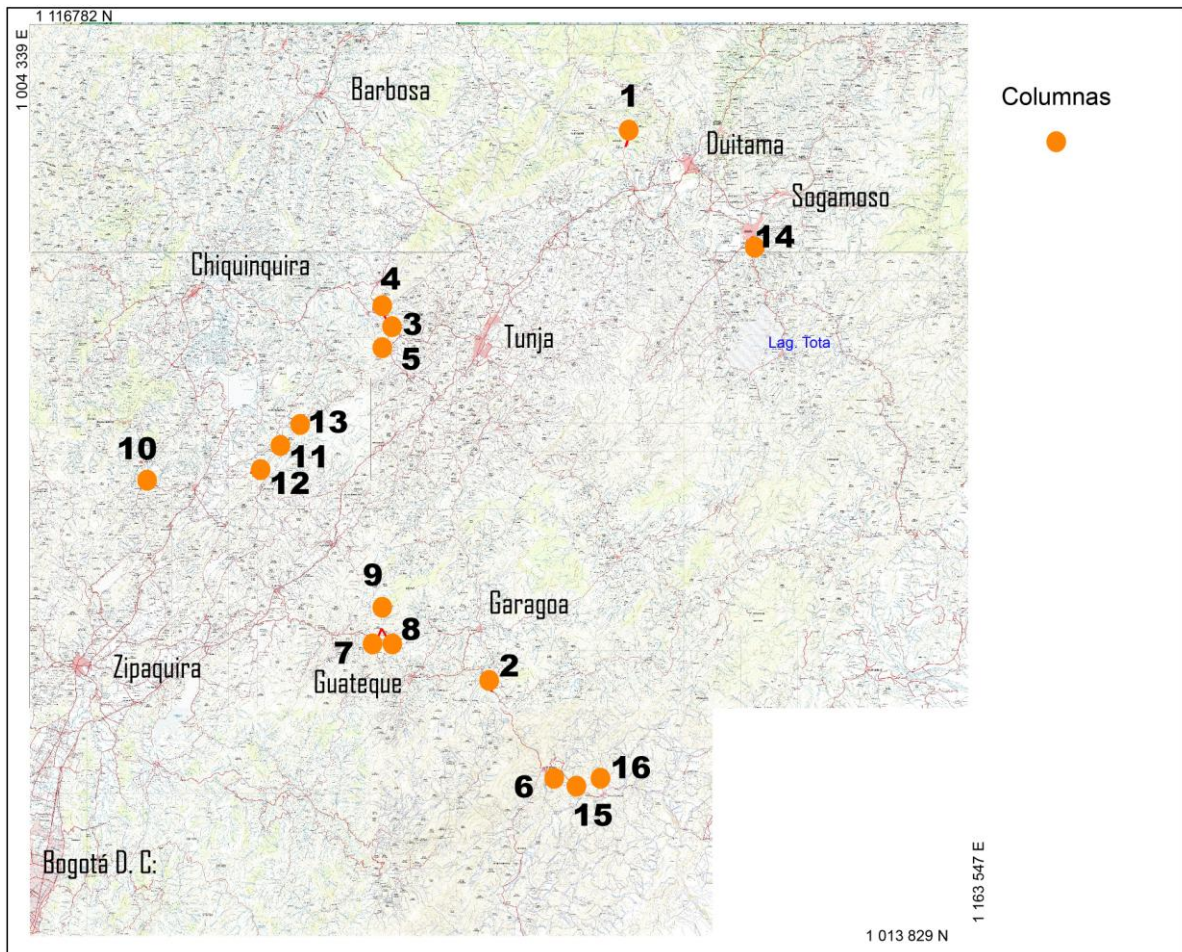
**Tabla 7.** Secciones estratigráficas medidas en este estudio

TRANSECTA	SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA	COORD. INICIALES		COORD. FINALES		UNIDAD	ESP. (m).
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
1	El Cairo (Anexo 3.17)	1.099.486	1.027.656	1.099.290	1.027.844	Formación Arenisca de El Limbo.	235
1	Aguacaliente (Anexo 3.16)	1.095.591	1.027.096	1.096.447	1.025.822	Formación Arcillas de El Limbo.	210 (cubierto, calculado)
						Grupo Palmichal.	847



3	Loma Peñalisa (Anexo 3.15)	1.126.983	1.121.254	1.127.089	1.122.786	Formación Picacho.	118
						Formación Arcillas de Socha.	218 (?)
						Formación Areniscas de Socha.	131
1	Vda Peñas - Vda San Antonio (Anexo 3.14)	1.047.504	1.088.978	1.048.737	1.088.565	Formación Bogotá.	457 (casi competamente cubierto).
1	Guachetá – Falda de Molino (Anexo 3.13)	1.043.474	1.086.466	1.044.123	1.084.913	Formación Guaduas.	1127
1	Loma El Peñón - Loma La Ramada Alta (Anexo 3.12)	1.038.811	1.081.302	1.041.815	1.080.919	Formación Cacho.	73
						Formación Guaduas.	1127 (cubierto, calculado)
						"Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna".	91
						Formación Plaeners.	244 (alto % cubierto)
						Formación Lidita Superior.	106
1	Tibirita – Soatama (Anexo 3.11)	1.062.055	1.056.309	1.061.435	1.056.558	"Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna".	155
						Formación Plaeners.	193
						Formación Arenisca Dura.	54
						Parte superior de Formación Chipaque.	161 (parcial)
1	Tibirita – Machetá (Anexo 3.10)	1.061.259	1.052.443	1.059.194	1.053.389	Formación Chipaque.	350
						Formación Une.	730 (parcial)
1	Tibirita - Laguna de Tibirita (Anexo 3.9)	1.062.266	1.052.605	1.062.107	1.053.683	Formación Une.	503
1	Alto de La Burra - Santa María (Anexo 3.8)	1.092.243	1.027.276	1.092.921	1.027.296	Formación Fómeque.	388 (alto % cubierto).
1	El Volador – El Dátil (Anexo 3.7)	1.081.290	1.042.850	1.079.618	1.045.643	Formación Areniscas de Las Juntas	689
						Formación Lititas de Macanal.	965 (parcial)
2	San Rafael (Anexo 3.6)	1.062.218	1.103.522	1.062.366	1.103.245	Formación San Rafael.	133
1	Ubaté – Carupa (Anexo 3.5)	1.020.584	1.080.764	1.020.124	1.081.383	Formación La Frontera.	68
						Formación Simijaca.	438 (posiblemente repetido)
2	Qda Churuvita – Puente Samacá (Anexo 3.4)	1.061.951	1.109.781	1.063.471	1.107.412	Formación Churuvita.	525

2	Sáchica – Puente Samacá (Anexo 3.3)	1.061.951	1.109.781	1.063.184	1.107.314	Grupo de San Gil.	1065
						Formación Paja.	755
2	Sáchica (Anexo 3.2)	1.061.587	1.109.813	1.061.780	1.109.577	Formación Ritoque	161
3	Palermo – Paipa (Anexo 3.1)	1.105.297	1.140.145	1.104.807	1.138.537	Formación Arcabuco.	657
						Parte sup. de la Formación La Rusia.	264 (parcial)



**Figura 2.** Localización de las secciones estratigráficas medidas en este estudio.



### 3.2 REGISTRO LITOESTRATIGRÁFICO EN LA ZONA OCCIDENTAL DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SUESCA Y SOGAMOSO

#### 3.2.1 Formación Palermo (Jurásico?)

##### 3.2.1.1 Referencia original

Renzoni, G., 1981: Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, 24 (1967), No. 2: 31-48.

##### 3.2.1.2 Proponente del nombre

Renzoni (1981), es el primero en utilizar el nombre de la unidad.

##### 3.2.1.3 Derivación del nombre

El nombre Palermo proviene de la población homónima (ver Renzoni, 1981, *op. cit.*, p. 47).

##### 3.2.1.4 Área tipo

Renzoni (1981), señala los alrededores de la población de Palermo (Departamento de Boyacá).

##### 3.2.1.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Palermo infrayace a la Formación Montebel, formando el núcleo del Anticlinal de Arcabuco.

En el presente estudio no se realizaron determinaciones bioestratigráficas en muestras de esta unidad y no se conoce algún reporte de fósiles encontrados en la Formación Palermo. Renzoni (1981, p. 37), sugiere que esta unidad sea mesozoica.

En virtud del principio de Walter: si la Formación Montebel con granulometría fina, corresponde al Jurásico en este trabajo, la Formación Palermo con granulometría gruesa podría corresponder también al **Jurásico**.

En la columna 1 (levantada por Carlos Ospina Guzmán) del trabajo de Renzoni, la Formación Palermo representa el Triásico?-Jurásico.



### 3.2.1.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Renzoni (1981), escribe: "la parte más baja que aflora por el Río Huertas entre Palermo y Gámbita está constituida por un conglomerado con guijos de areniscas rojas de pocos metros de espesor y por un nivel de 50 m de shales negros. La parte restante, que aflora subiendo de Palermo por la Quebrada Las Varas, consta de una sucesión de areniscas de grano fino a medio con tintes rojizos, verdosos y violáceos hasta el techo".

#### Espesor

Renzoni (1981), calcula un espesor de 530 m, este valor corresponde a un dato parcial, debido a que no aflora la base de la unidad. En las secciones estructurales elaboradas en el presente estudio, se adoptó un espesor de 720 m para la unidad.

### 3.2.1.7 Litología

#### Descripción:

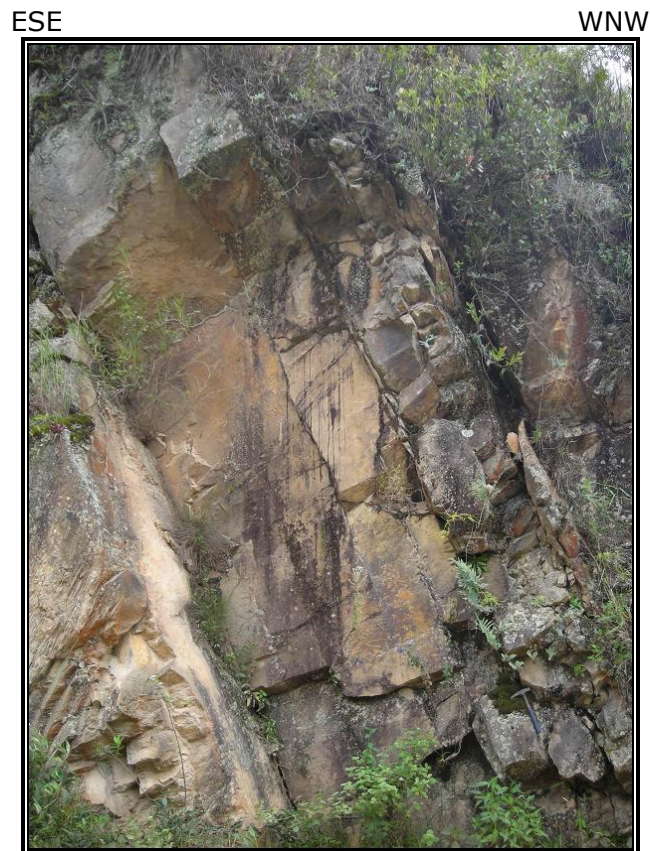
Los afloramientos revisados en el presente estudio se localizan en los carretables Paipa – Palermo – Gámbita, Palermo – Vereda El Carmen y Palermo – Escuela Curial. La unidad presenta hacia la parte inferior aflorante (vía Palermo-Gámbita), secuencias granodecrecientes de capas gruesas y muy gruesas, lentiformes, en la base son conglomerados matrizsoportados, con clastos subredondeados a subangulares, polimícticos (cuarzo y líticos sedimentarios -algunos verdes-), en una matriz lodo-arenosa de grano fino de color morado, con cemento calcáreo, al tope gradan a limolitas calcáreas de color morado, con fragmentos líticos.

El resto de la sucesión está representada por interposiciones gruesas y delgadas de arenitas, lodolitas y arcillolitas; las arenitas son cuarzosas y sublíticas, predomina el grano fino y muy fino, pero algunos niveles son de grano grueso (**Foto R191**), son lodosas, cementadas, moscovíticas, de color gris, pardo amarillo y rosado, en capas medianas a gruesas, subtabulares y lentiformes, ocasionalmente con laminación inclinada de bajo ángulo; las lodolitas y arcillolitas son silíceas y muy localmente calcáreas, de color gris oscuro, gris verdoso, rojizo, morado y crema, moscovíticas, ocasionalmente con nódulos arcillosos oxidados, subtabulares, en capas gruesas y medianas, subtabulares (**Foto R189**), algunos niveles contienen restos vegetales y conchostracos (*Estherias*).



Génesis:

No han sido publicados estudios acerca del medio de acumulación de la Formación Palermo; sin embargo, de los afloramientos estudiados en el presente estudio, se observaron secuencias granodecrescentes de conglomerados y arenitas separadas por sedimentitas finas de tonalidades oscuras, en ocasiones con restos vegetales y localmente calcáreas se puede inferir un ambiente de planos costeros drenados por corrientes de relativa alta energía.



**Foto R191.** Estación R191: Vía Palermo – Gámbita. Capas medianas a muy gruesas, subtabulares, de arenitas cuarzosas sublíticas de grano muy fino, con moscovita, color crema, al tope arenitas de grano medio a grueso, color crema, líticas, con moscovita. Formación Palermo.

Otros aspectos:

En la única localidad en donde se conocen afloramientos de la formación es en los alrededores de la población de Palermo.

### 3.2.1.8 Límites y contactos

#### Límite inferior:

No se conoce la naturaleza del límite inferior de la Formación Palermo debido a que no aflora.

#### Límite superior:

Renzoni (1981, p. 37), solo menciona que la Formación Palermo subyace a la Formación Montebel.



**Foto R189.** Estación R189: Vía Palermo – Cerro Buenavista. Capas muy gruesas, subtabulares, de lodolitas silíceas y calcáreas al tope, de color gris a gris oscuro, contienen nódulos ferruginosos, lentes de arenitas y restos vegetales. Formación Palermo.

### 3.2.1.9 Reseña histórica

El nombre de la unidad fue empleado por primera vez por Renzoni (1981) y es esa la única publicación en donde se describe esta unidad.

### 3.2.1.10 Subdivisión

No se conocen reportes de subdivisiones de la Formación Palermo.





### 3.2.1.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad en el sector noroccidental de la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), en los alrededores de la Inspección Departamental de Policía de Palermo (plancha 171-Duitama); las exposiciones de esta unidad se hallan sobre el carreteable que comunica a los municipios de Paipa y Gámbita, donde la Formación Palermo aflora desde 5 km al oeste hasta 2 Km al sureste de Palermo; también aflora en los carreteables que saliendo de Palermo se dirigen al noreste hacia la Vereda El Carmen y al sur hacia la Escuela de Curial.

#### Variación lateral:

No han sido reportadas variaciones laterales de esta formación.

#### Correlación:

Renzoni (1981, p. 37) menciona "La Formación Palermo corresponde a una parte baja del "middle shaly member" de la Formación Girón según Langenheim (*op. cit.*)".

### 3.2.1.12 Localidad tipo y estratotipo

Debido a que no aflora el límite inferior de la Formación Palermo, ningún autor ha propuesto un estratotipo para esta unidad.

## **3.2.2 Formación Montebel (Jurásico)**

### 3.2.2.1 Referencia original

Trumpy (1943: "Precretaceous of Colombia" en Geol. Soc. Am., Bull. 54 (9) p. 1299) como "Montebel Series", según Navas (1968, en Julivert *et al.*, Lexique Stratigraphique, Amerique Latine, Colombie (première partie) - Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque et intrusions d'âge Mésozoïque-Tertiaire, Centre National de la Recherche Scientifique, 5(4a): 1-651. Paris. p. 405).

### 3.2.2.2 Proponente del nombre

Trumpy (1943: "Precretaceous of Colombia" en Geol. Soc. Am., Bull. 54 (9) p. 1299) como "Montebel Series", posteriormente este mismo autor (1949, "Geology of Colombia" Geol. Rep. No. 23323 p.19) lo denomina "Montebel formation", Hubach (1957, en Ingeominas 1994, "Compilación de los Estudios Geológicos



oficiales de Colombia” Tomo XVII p. 1 - 166, como edición facsímil: “Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia”, 1994, p.66), utiliza la expresión “Formación Montebel” para referirse a la misma secuencia descrita por Trumpy.

### 3.2.2.3 Derivación del nombre

El nombre Montebel proviene del lugar del mismo nombre que se encuentra por la carretera Duitama – Charalá (ver Hubach, 1957 en Ingeominas 1994, p. 66).

### 3.2.2.4 Área tipo

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p.66) menciona que “La Formación Montebel está bien expuesta en el flanco W de la Serranía de Arcabuco, entre la cima y el descenso de la carretera Duitama-Charalá”.

### 3.2.2.5 Cronoestratigrafía

Esta unidad en el área de la Transecta 3, suprayace a la Formación Palermo y subyace a la sucesión de arenitas y conglomerados que conforman la Formación La Rusia.

Trumpy (1949, p. 19) menciona que esta unidad contiene Estherias y algunos bivalvos (*Phaenodesmia peruana* Jaworski) los cuales fueron considerados por Olsson de edad Triásica.

Navas (en Julivert *et al.*, 1968, *op. cit.*, p. 406) señala que Bock en 1953 le asignó una edad correspondiente al Rhético, con base en la identificación de estherias (*Howellisaura columbianus*).

Langenheim (1960, p. 116 y 118) dice refiriéndose a la “MONTEBEL ASSEMBLAGE” de los afloramientos entre Duitama y Charalá: “...more generally tend to indicate Jurassic rather than Rhaetic age.”. En el presente trabajo concordamos además con la opinión de Bürgl (1964) de considerar la posición cronoestratigráfica de estos afloramientos como **Jurásico**.

En el presente estudio no se realizaron determinaciones bioestratigráficas en muestras de esta unidad, pero se observaron fósiles de conchostracos, restos vegetales y ostrácodos que merecen ser estudiados en detalle.



### 3.2.2.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 66) indica que Trumpy (1943) escribió que la Formación Montebel está "compuesta por esquistos arcillosos negros, en parte macizos, de varios cientos de metros de grueso que contienen restos de plantas, estherias y pequeños gastrópodos".

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 66), en su trabajo Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia, describe que la "parte baja consiste de una alternancia de arcosa gris acero y limolita micácea"... continua: "Gradualmente siguen encima limolitas gris oscuras y negras con arenisca fina y siltita, con helechos mecerados, cicadáceas, equisetales, coníferas, estherias, ostrácodos y moluscos de agua dulce".

#### Espesor

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 66) señala que "R.L. Langenheim (1954), considera el espesor en 1400 m".

Renzoni (1981, p. 37), reporta un espesor de 406 metros en la Quebrada Las Varas, cerca al camino que conduce de Paipa a Palermo.

Báez y Sánchez (2003 p. 28 - 29) midieron 710 m de espesor total para la Formación Montebel en el flanco noroeste del Sinclinal de Los Medios.

En este estudio a partir de la cartografía geológica de la Transecta-3 se calculó el espesor de la Formación Montebel en 955 m.

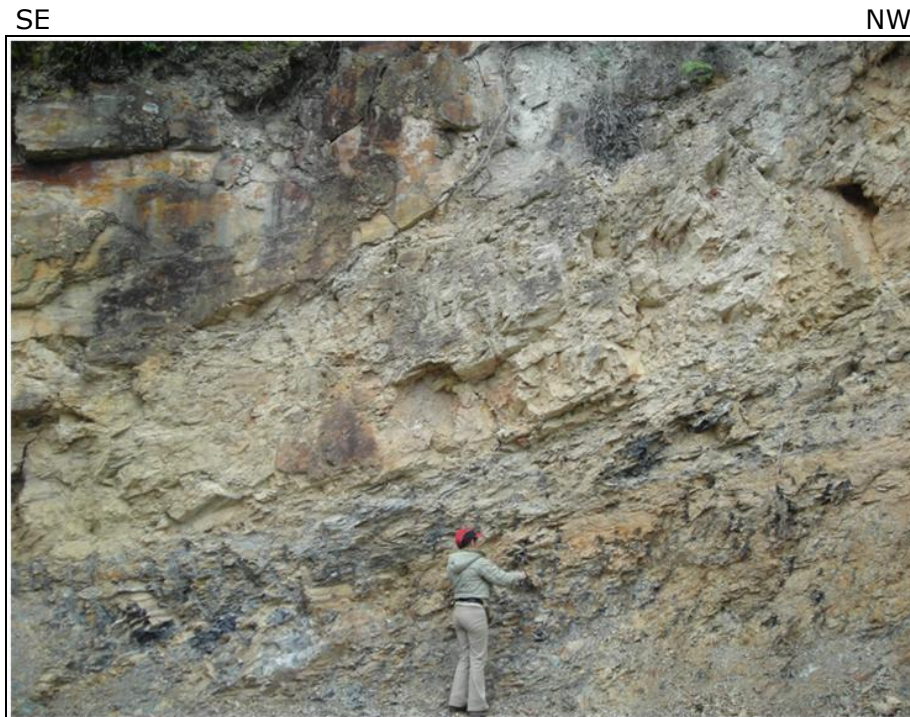
### 3.2.2.7 Litología

#### Descripción:

Los afloramientos revisados de la unidad se encuentran principalmente en los carretables Paipa–Palermo–Gámbita, Palermo–Vereda El Carmen y Palermo–Cerro El Guamal. La unidad presenta hacia la parte inferior paquetes de capas medianas a gruesas de arenitas lodosas de grano fino a muy fino, algunas moscovíticas, de color gris pardo y rosado, con interposiciones de capas medianas y delgadas con laminación plana paralela a subparalela, de lodolitas y arcillolitas (**Foto R208**), localmente caoliníticas, de color gris y crema, contienen lentes y láminas de arenitas de grano muy fino, localmente con restos vegetales (**Foto R187**) y conchas (conchostracos?). En algunos sectores la predominan las

arcillolitas y lodolitas con delgadas interposiciones de arenitas oxidadas (**Foto S17**).

El resto de la sucesión está representada por secuencias levemente granodecrecientes de arenitas subfeldespáticas y sublíticas de grano fino, aunque algunos estratos presentan arenitas de grano grueso con gránulos y guijos flotantes de cuarzo y líticos sedimentarios en la base, presentan buen contenido de matriz lodosa (localmente son wackas), cemento ferruginoso, color amarillo verdoso y púrpura, moscovita diseminada, calibrado pobre y porosidad baja, en capas medianas a muy gruesas, subtabulares, con laminación ondulada no paralela e inclinada de muy bajo ángulo y difusa (**Foto J143a**); separadas por niveles de lodolitas arcillosas verdosas, con restos vegetales carbonizados y moscovita diseminada.



**Foto R208a.** Estación R208: Desvío carretera Palermo – Cerro El Guamal. Sucesión de lodolitas grises, carbonosas, con restos de plantas, se interponen capas gruesas de cuarzoarenitas de grano fino, cementadas, con moscovita y restos vegetales. Formación Montebel.





**Foto R187.** Estación R187: Vía Palermo – Duitama, Vda. El Carmen. Capas medianas a gruesas, subtabulares, de lodolitas color gris pardo con abundantes restos vegetales bien preservados, y arenitas de grano muy fino color gris pardo a verdoso. Detalle de resto vegetal. Formación Montebel



**Foto S17.** Estación S17: Vía Paipa – Palermo. Interposiciones de capas gruesas a delgadas de arcillolitas carbonosas, de color gris oscuro y arenitas de grano fino, de color crema amarillo por oxidación.

Génesis:

Mojica, Kammer & Ujueta (1996, p. 9), indican: "Las facies continentales vulcanogénicas y de capas rojas, además de algunos conjuntos oscuros también continentales (ej. Formaciones Bocas, Montebel), cubren un 90% de los afloramientos jurásicos conocidos en el país".

De acuerdo con la figura 2.6 de Sarmiento (2001, p. 16-17) la Formación Montebel podría corresponder a depósitos de abanico aluvial y areniscas y lodolitas fluviales.

Báez y Sánchez (2003 p. 29) interpretan que la Formación Montebel se acumuló en sistemas fluviales anastomosados, con desarrollo de canales someros y zonas de llanuras de inundación.

Otros aspectos:

Las exposiciones de la Formación Montebel se restringen a los flancos del Anticlinal de Arcabuco.



**Foto J143a.** Estación J143: Vía Paipa – Palermo. Capas medianas y gruesas, lentiformes, con laminación inclinada muy difusa de arenitas muy lodosas (wackas) de grano muy fino, de color amarillo y púrpura por oxidación. Formación Montebel.



### 3.2.2.8 Límites y contactos

La definición de los límites de la Formación Montebel es relativamente fácil debido a que la litología principalmente lodolítica de esta unidad, se diferencia de las unidades infra- y suprayacente que corresponden a cuerpos de arenitas y sobresalen en el relieve.

#### Límite inferior:

Renzoni (1981, p. 37), indica que la Formación Palermo subyace a la Formación Montebel, sin especificar el tipo de contacto.

Pulido (1979: "Geología de las planchas 135 San Gil, y 151 Charalá; Departamento de Santander". Boletín Geológico Ingeominas, 23 No. 2 p. 51) reporta que "La Formación Montebel descansa aparentemente en discordancia sobre rocas volcánicas, sin embargo y de acuerdo a las observaciones de Vargas, *et al.* (1981), en el Cuadrángulo I-13, donde rocas volcánicas atraviesan parte de esta formación y los silos de roca similar en la zona de estudio, hacen pensar que este contacto sea intrusivo".

#### Límite superior:

Renzoni (1981, *op. cit.*, p. 37), solo menciona que la Formación Montebel subyace a la Formación La Rusia.

Pulido (1979, *op. cit.*, p. 51) indica: "Le suprayace la Formación la Rusia y al norte se pone en contacto fallado con la Formación Girón (sincrónica con la Formación La Rusia)".

### 3.2.2.9 Reseña histórica

El nombre Montebel fue empleado por primera vez por Trumpy (1943, p. 1299) con el nombre de "Montebel series"; luego ese mismo autor (Trumpy 1949, p. 19) la define como "Montebel formation"; posteriormente Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 66) utiliza el término "Formación Montebel" para definir la secuencia de varios cientos de metros de esquistos negros, que contienen restos de plantas, estherias y pequeños gasterópodos, que infrayacen la "Arenisca de Arcabuco". Langenheim (1959 y 1960) incluye esta secuencia dentro de la Formación Girón; la primera columna estratigráfica publicada de la unidad fue levantada por Ospina (en Renzoni, 1981) quienes denominaron la sucesión basal de conglomerados, calizas y lodolitas como Formación Palermo.





### 3.2.2.10 Subdivisión

No han reportado subdivisiones de la Formación Montebel.

### 3.2.2.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 66), indica que está bien expuesta en el flanco W de la Serranía de Arcabuco, entre la cima y el descenso de la carretera Duitama – Charalá, abajo del sitio Montebel.

Pulido (1979, p. 51) mencionan: “la Formación Montebel aflora en la esquina sureste de la Plancha 151, (H-12), formando un núcleo anticlinal que se desarrolla hacia el suroeste dentro del Cuadrángulo J-12”.

En el área de estudio esta unidad únicamente aflora en la Transecta 3 (Plancha 17-Duitama), se reconoce en la carretera Duitama – Charalá, al W del Páramo de La Rusia entre la Vereda El Carmen y la Escuela El Venado; en la carretera Palermo – Paipa en la Vereda Peña Amarilla al sureste de Palermo y en el sector El Guamo 6 Km al oeste de Palermo; y en el carretable que comunica a la Vereda El Carmen con la población de Palermo entre el Alto los Alpes y la Escuela El Carmen.

#### Variación lateral:

La Formación Montebel es un cuerpo lodolítico homogéneo; no han sido reportadas, ni se observaron en campo variaciones laterales de esta unidad; sin embargo, hay variaciones grandes en el espesor que pasa de 400 m en la Quebrada Las Varas (Ospina en Renzoni, 1981) a 1400 m (Langenheim, 1954 en Ingeominas, 1994), o 1600 m en la Transecta 3 (Geosearch Ltda, este estudio, a partir de cartografía geológica y secciones estructurales).

#### Correlación:

Langenheim (1960, p. 101) señala: “Entonces, la correlación del miembro medio de la sección de Arcabuco y el miembro medio de la sección de la garganta de Lebrija, no es factible en términos de la evidencia derivada de los conjuntos de plantas fósiles, porque el conjunto de Lebrija es claramente Pensilvaniano superior y no puede ser más joven que el Permiano. Por consiguiente las capas de la cordillera de Arcabuco que antes se consideraron como la facies oriental de la formación Girón, se asignan ahora a la formación Montebel”.



### 3.2.2.12 Localidad tipo y estratotipo

La única columna estratigráfica publicada de la Formación Montebel fue levantada por Ospina (en Renzoni 1981) en la localidad de la Quebrada Las Varas, cerca del camino que de Paipa conduce a Palermo. En esta sección el autor describe: "100 m de shales negros alternando con limolitas gris-verduscas; 40 m de shales negros; 200 m de limolitas ocre a rojizas con intercalaciones de areniscas arcillosas grises, blancuzcas y ocre (este nivel está un poco cubierto); siguen 66 m de limolitas gris oscuras con restos de vegetales y lamelibranquios (Esterias?) y de intercalaciones de areniscas feldespatomícáceas (según determinación de la Sección de Petrología del Servicio Geológico Nacional), grises, rojizas y veduscas".

### 3.2.3 Formación La Rusia (Jurásico medio a superior?)

#### 3.2.3.1 Referencia original

Renzoni, G., 1981: Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, 24 (1967), No. 2: 31-48.

#### 3.2.3.2 Proponente del nombre

Renzoni (1981, p. 38) indica: Se ha escogido este nombre para una sucesión de capas que aflora en el Páramo de La Rusia".

#### 3.2.3.3 Derivación del nombre

Este nombre proviene del páramo homónimo localizado entre Duitama (Departamento de Boyacá) y Charalá (Departamento de Santander).

#### 3.2.3.4 Área tipo

Páramo de La Rusia, cerca a la carretera Duitama - Charalá.

#### 3.2.3.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio la Formación La Rusia se encuentra por encima de la Formación Montebel y por debajo de la Formación Arcabuco.

Renzoni (1967, p. 38) menciona que "de la edad solo se puede decir que pertenece a un Jura post-Lias superior", es decir, en la terminología geocronológica moderna correspondería sin mayor precisión al intervalo **Jurásico medio a superior**.



### 3.2.3.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 185) resumen la litología en un cuerpo basal de arenitas conglomeráticas de colores blanco y verde, y la parte restante constituida por arenitas de grano fino a veces conglomeráticas de colores verde, blanco y rojo, con interposiciones de limolitas y arcillolitas de colores rojo y verde.

#### Espesor

Renzoni (1981, p. 38) reporta que el espesor total de esta unidad en el Páramo de la Rusia es de 682 m; mientras que por el camino que de la población de Palermo conduce al municipio de Paipa mide 344 m.

Báez y Sánchez (2003 p. 25 - 26 y 30 - 32) midieron dos columnas estratigráficas de la Formación La Rusia en los flancos del Sinclinal de Los Medios, obteniendo valores de 590 m en el flanco noroeste y 625 m en el flanco sureste.

Durante este estudio se midió el espesor estratigráfico de la parte superior de la Formación la Rusia por la carretera que comunica a Paipa con Palermo (Departamento de Boyacá), este intervalo corresponde a 264 m. En las secciones estructurales se calculó en 670 m el espesor de la unidad.

### 3.2.3.7 Litología

Al norte de Paipa (Transecta-3) se midió la parte superior de la Formación La Rusia con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Palermo-Paipa (**Anexo 3.1**). La descripción litológica de esta formación se realiza principalmente con base en las observaciones logradas en el levantamiento estratigráfico y se complementa con las observaciones realizadas en los afloramientos encontradas en los carreteables Duitama - Charalá y Palermo - Gámbita.

#### Coordenadas de la poligonal Palermo-Paipa (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.105.297	N: 1.140.145
Finales:	E: 1.104.757	N: 1.138.548

#### Descripción:

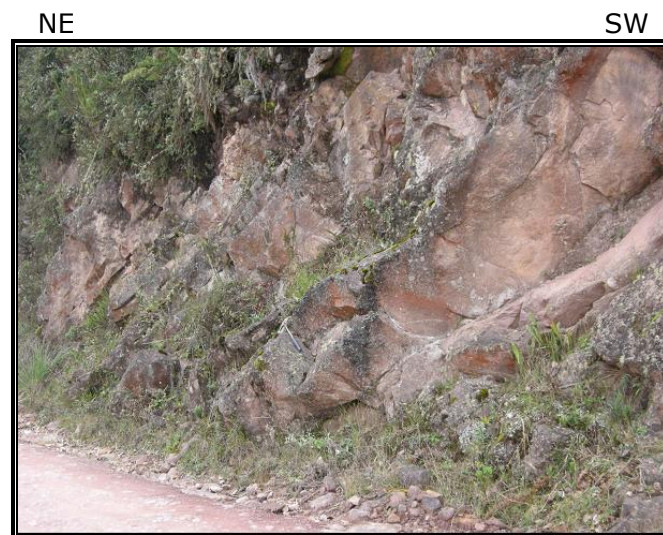
En la columna estratigráfica se aprecia una superposición de secuencias granodecipientes, constituidas por capas gruesas y muy gruesas, subtabulares y

lentiformes, con contactos netos ondulados a irregulares y laminación inclinada de bajo ángulo y difusa, son arenitas sublíticas de grano grueso a conglomerático en la base y medio a fino al tope, con matriz lodosa, cemento silíceo y localmente ferruginoso, pobremente calibradas, de color púrpura a marrón y en ocasiones gris verdoso (**Foto PP1**).

Hacia el tope de la sucesión se observa en la base de los estratos cuerpos de conglomerados poligénicos matrizsoportados con guijos y gránulos de fragmentos sedimentarios y cuarzo, gradan a arenitas feldespáticas y sublíticas de grano medio, con matriz lodosa, cemento silíceo y ferruginoso, de color púrpura, con baja porosidad y pobremente calibradas (**Foto PP3**).

En el sector de El Venado y el Río Tolota, cerca de la carretera Duitama–Charalá, se observan exposiciones de capas gruesas y muy gruesas, subtabulares a lentiformes, de secuencias granodecipientes de arenitas cuarzosas y sublíticas, de grano muy grueso a conglomerático, mal seleccionado, de color amarillo a crema, con minerales negros y verdes; se interponen arenitas de grano muy fino moradas, con minerales verdes, gránulos flotantes de cuarzo y moscovita; se reconocen conglomerados basales, matriz soportados, polimícticos, con venas de cuarzo.

Sobre la carretera Duitama-Charalá, en el sector del Páramo de la Rusia, aflora hacia la parte superior de la unidad una sucesión de arenitas muy finas, limosas, de color gris oscuro, moscovíticas, en capas medianas a gruesas, subtabulares, con contactos netos ondulados, contienen moldes de conchostracos.

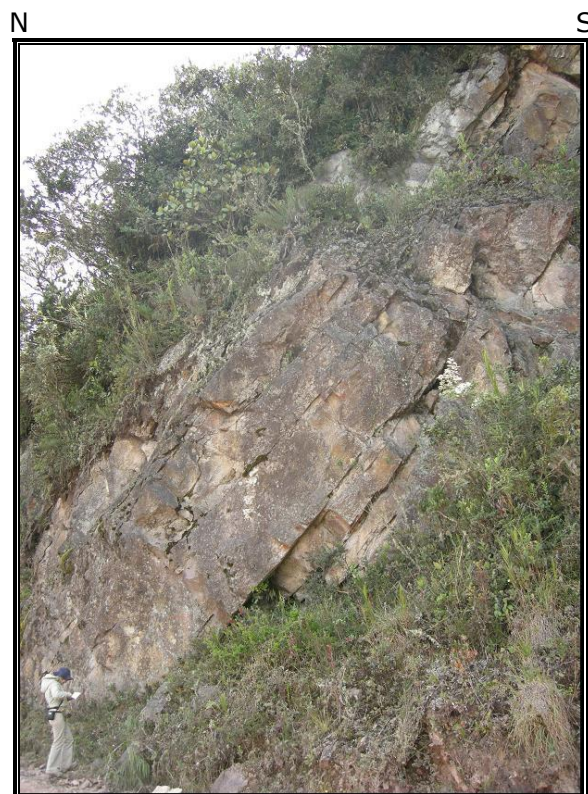


**Foto PP1.** Sección estratigráfica Palermo-Paipa: Capas gruesas a muy gruesas, lentiformes y cuneiformes, con contactos ondulados y laminación inclinada, de conglomerados poligénicos matrizsoportados en la base, gradan a arenitas sublíticas y subfeldespáticas de grano medio a conglomerático hacia el tope. Formación La Rusia.

Génesis:

No han sido publicados estudios de los medios de acumulación de la Formación La Rusia; sin embargo, de la sección estratigráfica descrita y de los afloramientos estudiados en el presente estudio, se observaron secuencias granodecrecientes de conglomerados y arenitas de tonalidades rojizas y verdosas, separadas por sedimentitas finas de tonalidades rojizas, muy ocasionalmente con restos vegetales, de estas litologías se puede interpretar para la unidad un ámbito de acumulación de origen continental representado por la superposición de corrientes especialmente trenzadas, con sus respectivos planos de inundación.

Báez y Sánchez (2003 p. 26 – 27 y 32 - 33) interpretan un ambiente de abanicos aluviales para la columna estratigráfica del flanco sureste del Sinclinal de Los Medios y un ambiente de sistemas fluviales trenzados con el posible desarrollo de planicies de corrientes trenzadas, junto con flujos de detritos y depósitos de inundaciones rápidas para el flanco noroeste del Sinclinal de Los Medios.



**Foto PP3.** Sección estratigráfica Palermo-Paipa: Capas gruesas a muy gruesas, lentiformes y cuneiformes, con contactos netos y laminación inclinada difusa, de secuencias granodecrecientes constituidas por arenitas sublíticas conglomeráticas en la base y arenitas sublíticas de grano medio al tope. Formación La Rusia.

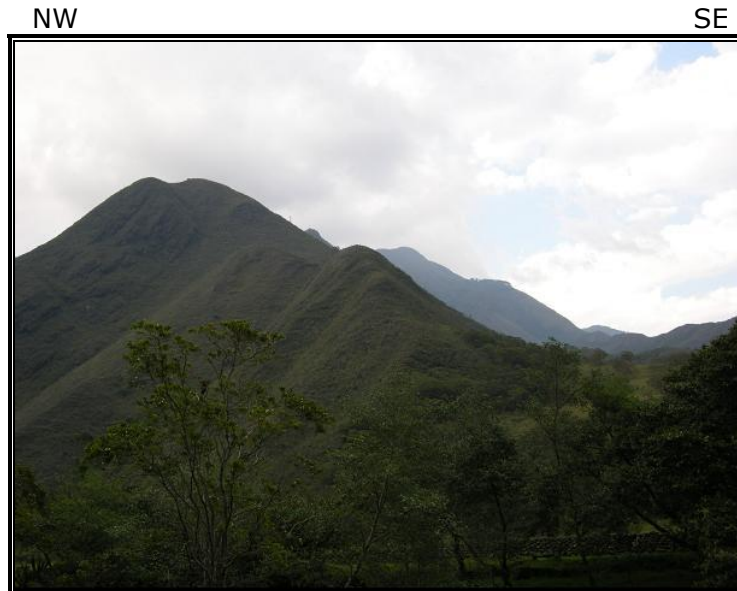


Otros aspectos:

En el único sector en donde aflora la Formación La Rusia es en los flancos del Anticlinal de Arcabuco y en el cierre norte del Sinclinal de los Medios.

3.2.3.8 Límites y contactos

La definición del límite inferior de la Formación La Rusia es relativamente fácil debido a que esta unidad está constituida principalmente por arenitas y conglomerados, y contrasta con la secuencia lodolítica de la infrayacente Formación Montebel (**Foto J151**); el límite superior es menos notorio y se sitúa al iniciar la sucesión de arenitas cuarzosas pertenecientes a la Formación Arcabuco.



**Foto J151.** Estación J151: Panorámica Noroeste – Sureste de la expresión morfológica de la secuencia de conglomerados y arenitas de la Formación La Rusia en la carretera Palermo-Gámbita.

Límite inferior:

La Formación La Rusia suprayace a la Formación Montebel, el contacto se marca donde aparece la sucesión de arenitas conglomeráticas basales de la Formación La Rusia.

Límite superior:

En la sección estratigráfica descrita en la carretera Palermo-Paipa, el límite superior de la unidad se definió, en el metro 264 del levantamiento (E:



1.105.634, N: 1.140.248), que es el punto en dónde aparece una secuencia levemente granodecreciente de arenitas de grano grueso en la base y grano medio al tope, con matriz lodosa, cemento silíceo y en ocasiones ferruginoso, de color púrpura, en capas lentiformes y cuneiformes, gruesas y muy gruesas, con contactos netos ondulados y laminación inclinada difusa, de la base de la Formación Arcabuco.

#### 3.2.3.9 Reseña histórica

El nombre de la unidad fue empleado por primera vez por Renzoni (1981) y es esa la única publicación en donde se describe esta unidad.

#### 3.2.3.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación La Rusia.

#### 3.2.3.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Renzoni (1981, p. 38) reconoció esta unidad "en el Páramo de La Rusia (1-d y 2-d) por el carretable que conduce a las torres transmisoras del Ejército Nacional..." y luego escribe "más al sureste por el camino que de Palermo conduce a Paipa...".

En el área de estudio, se observaron afloramientos de esta unidad en la transecta-3 en los siguientes sectores de la plancha 171-Duitama: 1) En la carretera Palermo - Paipa (Departamento de Boyacá), a unos 8 Km al norte de Paipa. 2) Por la carretera Duitama (Departamento de Boyacá) - Charalá (Departamento de Santander), un Km al oeste de la Escuela el Venado, por la vía y en Río Tolota. 3) En la carretera Palermo - Gámbita, a unos 7 Km al oeste de la población de Palermo.

##### Variación lateral:

Renzoni (1981, p. 38) luego de comparar los espesores y límites de las secciones del Páramo de La Rusia y del camino Palermo-Paipa, interpreta un acuñamiento de la Formación La Rusia hacia el sur.

##### Correlación:

Renzoni (1981, p. 38), indica que esta unidad corresponde al Girón Superior de Langenheim (1958).



Las tres unidades del Jurásico mencionadas (formaciones Palermo, Montebel y La Rusia) podrían ser correlacionables con las rocas del Grupo Girón que afloran en la parte oeste del "Macizo de Santander" y en el Macizo de Floresta. En consecuencia, en las secciones estructurales de la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia) y transecta-3 (Gámbita-Pajarito) se interpretó un cuerpo litológico como Grupo Girón identificado con el código nomenclatural Jg.

#### 3.2.3.12 Localidad tipo y estratotipo

Renzoni (1981, p. 38) menciona "Se ha escogido este nombre para una sucesión de capas que afloran en el Páramo de La Rusia (1-d y 2-d) por el carreteable que conduce a las torres transmisoras del Ejército Nacional (véase columna 1, Plancha 2), consta de 55 m basales de arenisca conglomerática blanca y verde; 92 m de alternancia de arenisca verde fina con arenisca conglomerática verdusca; 100 m de alternancia de arenisca verde fina con arenisca conglomerática blanca, y lentes de arcilla hacia la parte alta; 89 de arenisca conglomerática blanca con intercalaciones de arenisca conglomerática de color rojo; 256 m de arenisca conglomerática y arenisca fina de color rojo; estas capas presentan estructuras internas tipo estratificación entrecruzada; 90 m de areniscas de varios colores intercaladas por limolitas rojas y verdes. El espesor promedio de los estratos, a lo largo de toda la formación, es superior al metro. El espesor total es de 682 m. No se encontraron fósiles".

### 3.2.4 Formación Arcabuco (Comienzos del Cretácico)

#### 3.2.4.1 Referencia original

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, Lexique Stratigraphique, Amerique Latine, Colombie (première partie) - Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque et intrusions d'âge Mésozoïque-Tertiaire, Centre National de la Recherche Scientifique, 5(4a): 1-651. Paris. P. 158) indica que es Scheibe E. A., 1938., Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental. *Est. Geol Paleont. Cord. Orient. Col.*, parte 1ª, p. 15 (Arenisca de Arcabuco), Bogotá.

#### 3.2.4.2 Proponente del nombre

Según Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 60) y Julivert (en Julivert *et al.*, *op. cit.*, 1968, p. 158) el autor es A. A. Olsson (Según Taborda, 1952) aunque podría ser E. A. Scheibe (1938, p. 15).

Renzoni (1981, p. 38), al respecto menciona: "El nombre y rango de formación fueron escogidos por A. A. Olsson para indicar las areniscas que afloran en el Río Pómeca...".



#### 3.2.4.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad se deriva de la Sierra de Arcabuco y de la población del mismo nombre.

#### 3.2.4.4 Área tipo

Julivert (1968, en Julivert *et al.*, 1968, p. 159), indica que la localidad tipo es la Sierra de Arcabuco en los departamentos de Boyacá y Santander.

#### 3.2.4.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arcabuco infrayace a la Formación Los Medios en el Sinclinal de Los Medios, y a las formaciones Ritoque y Rosablanca en el Anticlinal de Arcabuco; y suprayace a la Formación La Rusia.

No se conoce reporte de fósiles en esta unidad. Scheibe (1938, en Julivert *et. al.*, 1968, p. 159), creía que las Areniscas de Arcabuco formaban parte del Piso de Girón.

Julivert (1968, p.159) anota: "La Formación Arcabuco no está ligada al Jurásico (Girón) sino al Cretácico aunque puede ser algo anterior. Dada la ausencia de fósiles su edad debe establecerse con base en las faunas halladas en las capas que le superponen". Más adelante relaciona que al NW de la Sierra de Arcabuco han encontrado un nivel de lutitas y por encima en la carretera Arcabuco-Barbosa un nivel de calizas, de lo que deduce: "Estos niveles superiores han dado faunas valanginianas y hauterivianas (Bürgl, 1954; Hubach, 1957 b). Con base en estas faunas se ha considerado que la Formación Arcabuco puede tener una edad del Jurásico superior".

Debido a la ausencia de contenido fósil en la Formación Arcabuco, las edades postuladas para esta unidad han sido establecidas con base en equivalencias faciales con las unidades litoestratigráficas similares. Openheim (1940) le asigna una edad cretácea y Trumpy (1943:1301) da una edad jurásica a estas sedimentitas (Galvis-García y Rubiano-Ortíz, 1985, p. VII-2).

En este estudio se ha aceptado la edad **comienzos del Cretácico**, por comparación con el depósito de la Formación Los Santos (ver Etayo-Serna y Rodríguez, 1985).



### 3.2.4.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Renzoni (1981, p. 38), escribe: "La formación está constituida por capas de arenisca cuarzosa blanca con intercalaciones de shales rojos que a veces llegan a formar niveles de 10 a 50 m de grueso".

Etayo-Serna (en Miller and Etayo-Serna, 1972, en: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 1979, p. 383) describe una secuencia de arenitas cuarcíticas blancas a amarillentas, de grano medio a grueso, fuertemente cementadas, las arenitas ocurren en capas de más de dos metros de espesor, con estratificación cruzada; son comunes las estratificaciones de shale rojo de espesor variable y localmente se encuentran conglomerados.

#### Espesor

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 60) calcula un espesor expuesto de 800 m para la unidad.

Etayo-Serna (en Miller and Etayo-Serna, 1972, p. 383) estima el espesor de la unidad en su sección tipo entre 600 y 800 m.

Pulido (1979, p. 56) cita una columna estratigráfica medida por J. M. Royero en junio de 1977 en la Quebrada La Caisa al sureste de la población de Coromoro (Plancha 151-Charalá), en este sitio la unidad tiene un espesor de 340 m; más adelante Pulido (*op. cit.*, p. 58) menciona que el espesor en la Región sur de Los Cobardes se estima en 1.600 m.

Renzoni (1981) en la memoria del Cuadrángulo J-12 Tunja, acerca del espesor comenta: "su espesor varía: la calculamos (columna 2, Plancha 2) superior los 600 m en Arcabuco (4-a), comprobamos (columna 1, Plancha2) que mide 520 m en el camino entre Palermo y Paipa (3-c y 3-d), calculamos (columna 3, plancha 2) que tiene unos 300 m entre Paipa y los Medios (3-d)".

Galvis & Rubiano (1985) con base en las columnas que levantaron de los diferentes miembros que conforman la unidad obtuvieron los siguientes espesores:

- Miembro Caisa: 136 m en el Río Pómecca y 168 m en el Río Iguaque.
- Miembro Iguaque: 169 m en el Río Iguaque
- Miembro Cane: 140 m en el Río Pómecca, 389 m en el Río Iguaque, 48 m en la sección entre Villa de Leiva y Chíquiza y 105 m en la Quebrada Caisa.
- Miembro San Marcos: 3 m en el Río Pómecca y 21 m en el Río Iguaque.
- Miembro del Techo: 65 m en el Río Pómecca.





En este trabajo en la columna estratigráfica Paipa-Palermo, esta unidad tiene un espesor total medido de 657 metros y en las secciones estructurales se tomó un espesor de 630 - 812 m.

#### 3.2.4.7 Litología

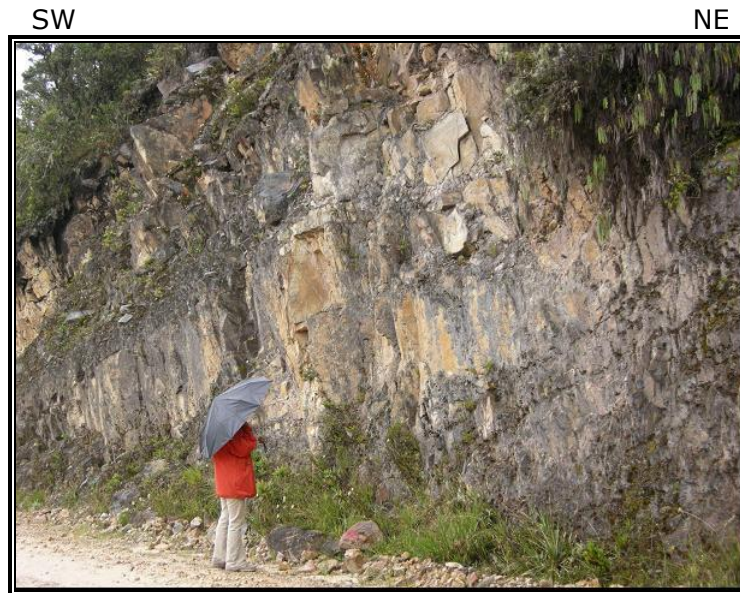
En la Transecta-3 al norte de Paipa sobre la vía que conduce a Palermo se realizó el levantamiento estratigráfico de la Formación Arcabuco a escala 1:1.000 (**Anexo 3.1**). La descripción litológica de esta formación se realiza principalmente con base en las observaciones logradas en el levantamiento estratigráfico y se complementa con las observaciones realizadas en los afloramientos encontradas en los carretables Duitama – Charalá y Palermo – Gámbita, y en el Río Tolota al oeste de la Vereda El Venado.

##### Descripción:

En la columna estratigráfica se aprecia en el tramo inferior con un espesor de 166 metros consiste en una superposición de secuencias levemente granodecrecientes, conformadas por capas gruesas y muy gruesas, subtabulares, cuneiformes y lentiformes, con contactos netos ondulados y laminación inclinada, de cuarzoarenitas y arenitas sublíticas de grano grueso en la base y fino al tope, en la base se distinguen gránulos y guijos finos de cuarzo, con matriz lodosa, localmente cemento silíceo, calibrado moderado, de color gris claro a amarillo claro, presentan baja porosidad.

El tramo intermedio está constituido por 390 metros de capas medianas y gruesas, lentiformes y subtabulares, con contactos netos planos y ondulados, macizas o con laminación inclinada difusa; de cuarzoarenitas de grano grueso a fino, angular a subredondeado, matriz lodosa, algunas friables, calibrado pobre a moderado, porosidad media, color gris claro y amarillo, contienen trazas de moscovita y óxidos de hierro (**Foto PP5**).

El tramo superior presenta un espesor aproximado de 101 metros y está conformado por secuencias granodecrecientes de capas medianas a muy gruesas, lentiformes a cuneiformes, con contactos netos ondulados y laminación inclinada de bajo ángulo, son cuarzoarenitas de grano grueso a conglomerático en la base y de grano medio al tope, con gránulos flotantes de cuarzo, con matriz lodosa, cemento silíceo y ocasionalmente ferruginoso, localmente friables, calibrado moderado, de color claro, pardo amarillo y en rojizo en algunos sectores, porosidad media a baja (**Foto PP7**); se interponen lentes medianos de lodolitas arenosas de color gris verdoso claro.



**Foto PP5.** Sección estratigráfica Palermo-Paipa: Capas muy gruesas, lentiformes y subtabulares, con contactos netos y laminación inclinada de muy bajo ángulo, de secuencias granodecrecientes conformadas por cuarzoarenitas de grano grueso en la base y grano medio al tope. Formación Arcabuco.



**Foto PP7.** Sección estratigráfica Palermo-Paipa: Vista de cantera bastante fracturada y deformada, capas medianas y muy gruesas, subtabulares de cuarzoarenitas de grano medio. Formación Arcabuco.

En el sector del Río Tolota a unos 8 km al noroccidente de la Escuela El Venado, se observan secuencias granodecrecientes de arenitas cuarzosas y muy rara vez sublíticas de grano grueso a fino, con escasa matriz lodosa, algunas cementadas, muy ocasionalmente con cemento calcáreo, color gris claro o pardo amarillo a rojizo, calibrado moderado y porosidad alta, en capas delgadas a muy gruesas, lentiformes a subtabulares, con contactos levemente ondulados y laminación inclinada de bajo ángulo y tangencial a la base; se interponen lentes delgadas de arenitas lodosas o wackas de grano fino, de color rojizo claro (**Foto J162**).

Sobre la carretera Palermo-Gámbita en el cañón del Río Huertas, aparecen sobre la carretera y en río, varios afloramientos de arenitas sublíticas a cuarzosas de grano grueso a medio, en secuencias granodecrecientes, con matriz lodosa (5-10%), cemento silíceo, calibrado pobre a moderado, baja porosidad, color púrpura, pardo amarillo o pardo rojizo, en la base de los estratos contienen intraclastos lodosos; se presentan en capas medianas a muy gruesas, lentiformes a cuneiformes, con laminación inclinada de muy bajo ángulo y difusa.



**Foto J162.** Estación J162: Sucesión de cuarzoarenitas de grano grueso en la base y fino al tope, en capas gruesas y muy gruesas, lentiformes, con laminación inclinada de bajo ángulo y tangencial a la base. Formación Arcabuco.

#### Génesis:

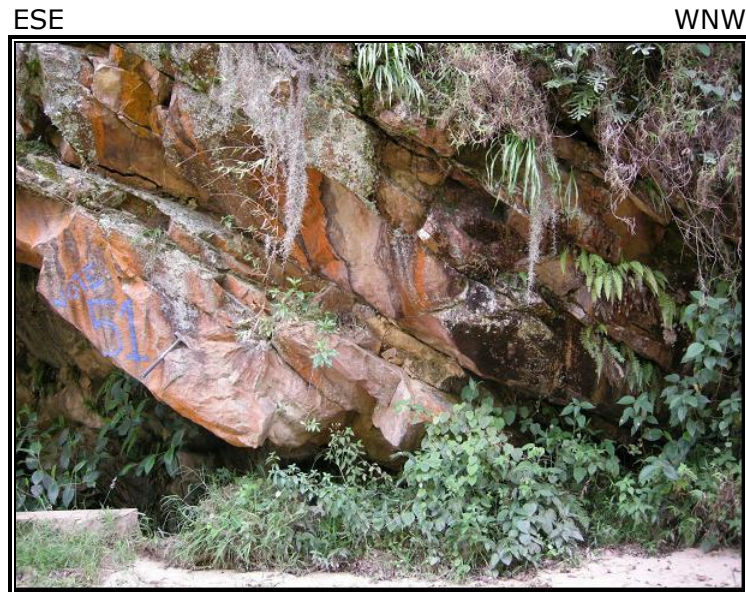
Pulido (1979, p. 60) de acuerdo con las características litológicas, texturales y estructuras internas (calcos de carga), interpreta "depósitos de ambiente marino



cercanos a la línea de playa; aunque en algunas áreas pudo tener aportes continentales importantes”.

Renzoni (1981, p. 38) refiriéndose al Miembro de Techo comenta: “Por sus características litológicas consideramos que con este miembro se cierra el dominio de sedimentación continental,…”.

Galvis y Rubiano (1985, p. VII-9 a VII-15) hacen una detallada interpretación paleoambiental de las facies de la unidad en donde concluyen: “La Formación Arcabuco es una megasecuencia de sedimentitas que fueron depositadas por un sistema paleofluvial comprendido entre los subambientes de corriente trenzada (desarrollada en la parte distal de un abanico aluvial) y una llanura deltáica de desarrollo incipiente con un subambiente interpuesto entre ellos de corriente meandriforme cuya sinuosidad era progresivamente más alta corriente abajo”. Separadamente para los cinco miembros litoestratigráficos interpretaron de base a tope los siguientes ambientes: Depósitos de barras de canal de corriente trenzada (Miembro Caisa), depósitos de Llanura de inundación (Miembro Iguaque), depósitos de orillal en corrientes meandriformes (miembros Cane y San Marcos) y depósitos de llanura deltáica (Miembro del Techo).



**Foto J150.** Estación J150: Secuencias granodrecientes de arenitas sublíticas de grano grueso en la base y cuarzarenitas de grano medio y fino al tope, en capas medianas a muy gruesas, lentiformes, con laminación inclinada de bajo ángulo y difusa. Formación Arcabuco.



Otros aspectos:

En algunos sectores se ha cartografiado como "Miembro del Techo de la Formación Arcabuco" una sucesión de areniscas de grano fino y lodolitas rojizas, pero esta unidad no es continua lateralmente.

3.2.4.8 Límites y contactos

Límite inferior:

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 160) señala que en la carretera Virolín-Duitama, la Formación Arcabuco descansa discordantemente sobre el Grupo Girón. Sin embargo, Pulido (1979, p. 58) señala que este contacto es aparentemente concordante.

En la columna estratigráfica Paipa-Palermo el límite con la infrayacente Formación La Rusia es neto y concordante; se sitúa en el metro 264 del levantamiento (E: 1.105.634, N: 1.140.248), que es donde aparece una secuencia levemente granodecreciente de cuarzoarenitas de grano grueso en la base y grano medio al tope, con matriz lodosa, cemento silíceo y en ocasiones ferruginoso, de color púrpura, en capas lentiformes y cuneiformes, gruesas y muy gruesas, con contactos netos ondulados y laminación inclinada difusa, de la base de la Formación Arcabuco.

Límite superior:

Pulido (1979, p. 58) escribe: "Por otra parte infrayace inconformemente unas veces con los estratos de la Formación Cumbre y de igual manera con la Formación Rosablanca.

Renzoni (1981, p. 38) escribe: "La cubre concordantemente un miembro de 83 m (Jart), descrito en afloramientos sobre la carretera Arcabuco-Moniquirá (3-a), formado por areniscas rojas con matriz arcillosa prevalecientes en la mitad inferior y shales rojos prevalecientes en la mitad superior".

En la columna estratigráfica Paipa-Palermo el límite superior de la Formación Arcabuco con la suprayacente Formación Los Medios se encuentra parcialmente cubierto pero está representado por un cambio notorio en la morfología, ya que pasa de un relieve abrupto y escarpado a un relieve suave, se sitúa en el metro 921 de la columna con coordenadas E: 1.104.781, N: 1.138.559; la naturaleza del contacto es neto y concordante y se marca en la base de un paquete de lodolitas arenosas de color verdoso que reposa sobre el último estrato de cuarzoarenitas de grano medio a grueso.





#### 3.2.4.9 Reseña histórica

Etayo-Serna (1968, p. 56-58) bajo el título "Comentarios Histórico-nominales" realiza un análisis muy concreto de la historia y de la evolución de la terminología empleada para referirse a la secuencia hoy denominada como Formación Arcabuco. El nombre Arcabuco fue empleado por primera vez por Olsson (Según Taborda 1952, Ingeominas, 1994, p. 60); Scheibe (1938, en Navas *op. cit.*, p. 158) hace la primera descripción bajo el nombre Arenisca de Arcabuco.

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 60-61) redefine la unidad bajo el nombre Formación Arcabuco y la describe como "areniscas cuarzosas cuarcíticas, de color claro con ocasionales pintas rojas, de grano fino hasta medio", Julivert (1958, en Navas 1968) ha señalado la presencia de algunos conglomerados. Pulido (1979, p. 55-60) escribe de la Formación Arcabuco en las planchas 135-San Gil y 151-Charalá y Renzoni (1981, p. 38) la describe en el Cuadrángulo J-12 Tunja.

#### 3.2.4.10 Subdivisión

Renzoni (1981, p. 38) distingue sobre la carretera Arcabuco-Moniquirá un miembro superior de 83 m de espesor al que llama "Miembro de Techo", este intervalo consiste en "areniscas rojas con matriz arcillosa prevaecientes en la mitad inferior y shales rojos prevaecientes en la mitad superior". Galvis y Rubiano (1986, p. VII-2) dividen la Formación Arcabuco en cinco miembros con sus respectivos hipoestratotipos, de base a techo son: 1) Miembro Caisa, 2) Miembro Iguaque, 3) Miembro Cane, 4) Miembro San Marcos y 5) Miembro de Techo.

#### 3.2.4.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 60 – 61) localiza esta unidad en el sector de Arcabuco (carretera Arcabuco-Moniquirá), en el Páramo del Almorzadero, en el lado W de la carretera Málaga-Chitagá y posteriormente concluye: "La formación no ha merecido estudios extensos; pero parece ser frecuente en la Serranía de Arcabuco y posiblemente esté presta en la Serranía de Los Llorigués, al W (*sic.*) del valle del Suárez".

Galvis y Rubiano (1985, Fig. 1, p. VII-3) muestran la distribución de La Formación Arcabuco entre Moniquirá al oeste y Paipa al este, desde Villa de Leiva y Sáchica (Departamento de Boyacá) al sur hasta la Quebrada La Caisa (Departamento de Santander) al norte; en esta área la unidad hace parte de las siguientes estructuras regionales: Anticlinal de Oiba, Anticlinal de Arcabuco y Sinclinal de Los Medios.



Mendoza (1985, Fig. 2, p. IX-4) en un mapa de distribución de la Formación Cumbre, localiza a la Formación Arcabuco al oeste de los municipios de Bolívar y Jesús María (Departamento de Santander) en las siguientes estructuras: Anticlinal de Portones, Sinclinal de la Belleza y Anticlinal de Pradera.

En el área del presente estudio se reconoció la unidad en los siguientes sectores:  
1) En la transecta-2 al norte de los municipios de Villa de Leiva y Sáchica (Departamento de Boyacá) en el cierre del Anticlinal de Arcabuco (Plancha 191-Tunja). 2) En la transecta-3 (Plancha 171-Duitama) sobre la Carretera Paipa-Palermo entre 3 y 8 Km al norte del municipio de Paipa (Departamento de Boyacá), en el cañón del Río Tolota desde 1 Km al oeste de la Escuela El Venado hasta el sitio La Princesa (Departamento de Santander) y por la carretera Palermo-Gámbita y el Río Huertas a unos 8 Km al oeste de Palermo en la Vereda El Palmar.

#### Variación lateral:

Renzoni (1981, p. 38) menciona "La presencia de del Miembro del Jart solo en unas áreas, unida al adelgazamiento de la formación que hasta llega a desaparecer sobre el cercano Macizo de Floresta, en dirección este-sureste, prueba un periodo de erosión post-Arcabuco o no depositación en esta misma dirección; es probable que en esta desaparición haya jugado un papel importante la Falla de Boyacá".

#### Correlación:

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 158-160) escribe: "Sin pretender establecer una correlación detallada, la Formación Arcabuco se correlaciona con una parte del Grupo Cáqueza aunque no se puede precisar con cual; sobre esto anota: "es de señalar de todos modos que en la región de Bogotá el Grupo Cáqueza no presenta por debajo de la Arenisca de Cáqueza ningún nivel detrítico comparable a la Formación Arcabuco". Más adelante añade: "La correlación con la sucesión en la Mesa de Los Santos presenta también algunos problemas. En la Mesa de Los Santos la base del Cretáceo la constituye un nivel detrítico (Formación Tambor de un espesor comprendido entre 120 y más de 200 m; sobre la Formación Tambor se encuentra un nivel calcáreo y margoso al que se ha llamado Formación Rosa Blanca por encima de ella se encuentra la Formación Paja (o La Paja), que consta de lutitas con yesos y en la que se ha encontrado fauna barremiana y aptiana. La Formación Rosa Blanca, aunque menos fosilífera ha sido atribuida al Hauteriviano. En cuanto a la Formación Tambor, la ausencia de faunas impide cualquier atribución que no esté fundada en la posición estratigráfica; con esta base se ha atribuido al Tambor una edad del Hauteriviano inferior o del Valanginiano".



Etayo- Serna (1968, p. 56-58) menciona como varios autores han correlacionado a la Formación Arcabuco con las formaciones Girón y Tambor; así como también ha sido erróneamente correlacionada con las formaciones Rosablanca y Une.

#### 3.2.4.12 Localidad tipo y estratotipo

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 160) reseña: "La sección tipo se ha situado en la angostura del Río Pomeca, recorrida por la carretera de Barbosa a Tunja. La sección tipo se encuentra remontando el Pomeca desde la población de Arcabuco hasta unos 7,5 km aguas arriba (Hubach, 1957 b, p. 60). La Sierra de Arcabuco es estructuralmente un anticlinal cuyo eje se hunde hacia el SW (Julivert, 1958 b), el Río Pomeca corta transversalmente este anticlinal pero no llega a hacer aflorar la base del Arcabuco. La base de esta formación, debe aflorar al NW de la sección tipo, en la región entre Virolín y Duitama (Julivert, 1958 b, fig. 2) aunque esta región no ha sido estudiada estratigráficamente con detalle".

### 3.2.5 Formación Los Medios (Valanginiano inferior?)

#### 3.2.5.1 Referencia original

Renzoni, G., 1981: Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, 24 (1967), No. 2: 31-48.

#### 3.2.5.2 Proponente del nombre

Renzoni (1981, p. 39).

#### 3.2.5.3 Derivación del nombre

El nombre Los Medios proviene de la vereda homónima (ver Renzoni, 1981, p. 47).

#### 3.2.5.4 Área tipo

Renzoni (1981), señala el área de Los Medios (Departamento de Boyacá).

#### 3.2.5.5 Cronoestratigrafía

Renzoni (1967), la ubica: "entre la Formación Arcabuco y la parte inferior de nuestra Formación Paja (Kimp)"; más adelante añade: "se puede interpretar la Formación Los Medios como vestigio de un depósito local antes de la invasión marina hauteriviana sobre toda el área".



En el presente estudio se colectaron muestras paleontológicas en dos localidades fosilíferas (muestras SgFES72P y SgFES74P) con contenido fósil que permiten ubicar a la Formación Los Medios en el **Valanginiano inferior?** (ver anexo paleontológico).

### 3.2.5.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 186), la definen como un conjunto de limolitas que contienen restos de equínidos, en la localidad tipo aflora un miembro conglomerático inferior que pasa lateralmente a arenitas y se acuña hacia el occidente.

#### Espesor

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 186), mencionan que su espesor oscila entre 100 y 150 m.

En las secciones estructurales se escogió un espesor de 200 m para la Formación los Medios.

### 3.2.5.7 Litología

Los afloramientos revisados en el presente estudio se localizan sobre el carretable Paipa – Palermo (Departamento de Boyacá).

#### Descripción:

La Formación Los Medios presenta en su parte inferior una sucesión de secuencias granodecrescentes en capas gruesas, subtabulares, con laminación inclinada de bajo ángulo y tangencial a la base, de conglomerados matriz soportados de gránulos y guijos, polimícticos, pobremente a moderadamente seleccionados, subredondeados, la matriz es de arenita de grano muy grueso a conglomerático (**Foto S4**); hacia el tope gradan gradan a arenitas conglomeráticas cuarzosas y arenitas sublíticas de grano fino, de color gris claro, contienen moscovita y óxidos de hierro.

Hacia la parte superior la secuencia es más arenosa, son capas subtabulares y lentiformes, gruesas y muy gruesas en la base y medianas al tope (**Foto R166**), con laminación inclinada de bajo ángulo muy difusa; de arenitas de grano grueso a conglomerático en la base y fino a muy fino al tope, son friables, de color gris claro y amarillo claro, moderadamente calibradas, contienen lentes de conglomerados de gránulos y guijos finos de cuarzo y líticos (**Foto J134**).



**Foto S4.** Estación S4: Detalle de conglomerados matrizsoportados, con guijos redondeados de cuarzo y líticos sedimentarios principalmente, en matriz de arenitas sublíticas levemente oxidadas. Formación Los Medios.

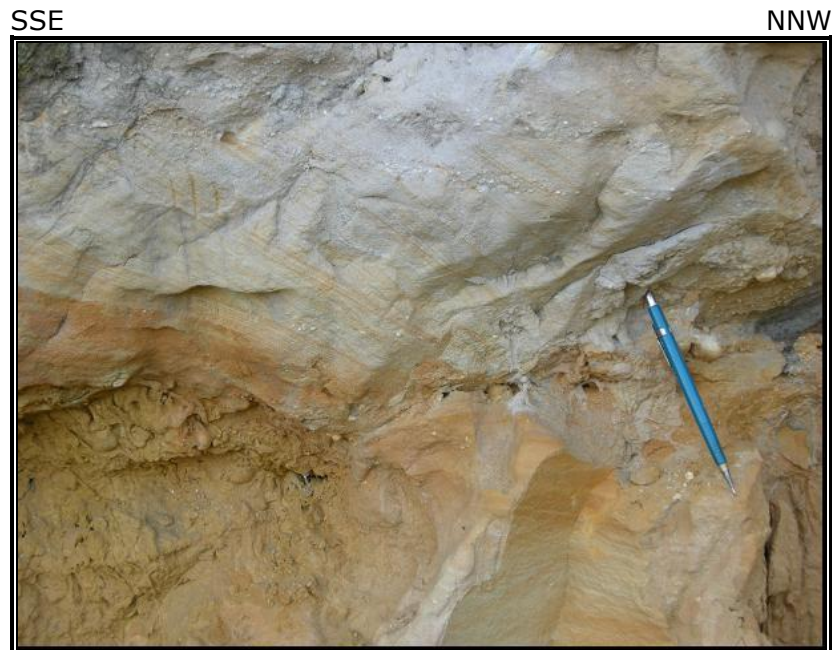
Génesis:

No se han realizado estudios acerca de la génesis de la Formación Los Medios.



**Foto R166.** Estación R166: Afloramiento en la carretera Paipa- Palermo, se observan capas gruesas y lentiformes de arenitas de grano grueso en la base y capas medianas y lentiformes de cuarzoarenitas de grano fino hacia el tope. Formación Los Medios.





**Foto J134.** Estación J134: Capas gruesas y subtabulares, con laminación inclinada de cuarzoarenitas de grano medio, contienen lentes de conglomerados de gránulos y guijos finos. Formación Los Medios.

Otros aspectos:

Esta unidad solo ha sido identificada en el Sinclinal de Los Medios.

3.2.5.8 Límites y contactos

Límite inferior:

Renzoni (1981, p. 40), solo menciona que la Formación Los Medios yace sobre la Formación Arcabuco, sin especificar la naturaleza del contacto.

En la columna estratigráfica Paipa-Palermo el límite inferior de la Formación Los Medios con la infrayacente Formación Arcabuco se sitúa en el metro 921 de la columna con coordenadas E: 1.104.781, N: 1.138.559; este límite es neto y concordante, se encuentra en la base de un paquete de lodolitas arenosas de color verdoso que reposa sobre el último estrato de cuarzoarenitas de grano medio a grueso.



#### Límite superior:

El límite superior con la suprayacente Formación Ritoque no se observó aflorando en campo debido a la naturaleza lodolítica-limolítica de estas unidades, pero se asume concordante.

#### 3.2.5.9 Reseña histórica

El nombre de la unidad fue empleado por primera vez por Renzoni (1981). Posteriormente Etayo-Serna *et al.* (1986), en el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, relacionan la definición original de la unidad.

#### 3.2.5.10 Subdivisión

Renzoni (1981, p. 40), la divide en dos miembros a los que denominó Miembro conglomerático Inferior y Miembro limolítico superior.

#### 3.2.5.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Los Medios únicamente aflora en el Sinclinal de los Medios, se reconoce desde los alrededores del municipio de Sotaquirá al suroeste hasta la Quebrada Chorro Blanco al noreste.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad en el sector noroccidental de la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), sobre la carretera que comunica a las poblaciones de Paipa y Palermo (plancha 171, Duitama); la Formación Los Medios hace parte del Sinclinal de Los Medios, los afloramientos de la unidad se hallan sobre el carretable que comunica a los municipios de Paipa y Palermo, se localizan al norte de Paipa a unos 2-3 Km (sector Cerro Marcura) y 9-11 Km (Vereda Los Medios).

#### Variación lateral:

Renzoni (1981, p. 40), determina un acuñamiento hacia el occidente del Miembro conglomerático inferior.

#### Correlación:

Renzoni (1981, p. 37) refiriéndose al conjunto limolítico que superyace a la Formación los Medios comenta: "Este tercer conjunto es correlacionable con base en la litología con la Formación Ritoque. De aceptar esta correlación se puede interpretar la Formación Los Medios como vestigio de un depósito local antes de



la invasión marina hauteriviana sobre toda el área. De no aceptarla, queda la posibilidad de interpretar la Formación los Medios y el conjunto superpuesto como una facies local de la Formación Ritoque”.

#### 3.2.5.12 Localidad tipo y estratotipo

Renzoni (1981, p. 40) y Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 186), mencionan como sección tipo la sección de la carretera Paipa-Palermo, en esta localidad describen al Miembro conglomerático inferior como: “capas de conglomerado (con guijos de arenisca cuarzosa similar a la de la Formación Arcabuco), de arenisca conglomerática y de limolitas (con restos de equínidos) con un espesor de 120m aproximadamente. La parte conglomerática pasa lateralmente a arenisca. No se encontraron amonitas”. Más adelante definen el Miembro limolítico superior así: “60 m de limolitas con restos de equínidos”.

### 3.2.6 Formación Cumbre (Berriasiano?-Valanginiano inferior)

#### 3.2.6.1 Referencia original

Renzoni, G., 1981: Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, 24 (1967), No. 2: 31-48.

#### 3.2.6.2 Proponente del nombre

Renzoni (1981, p. 38).

#### 3.2.6.3 Derivación del nombre

Reyes *et al.* (2006), escriben “El nombre de la sección tipo proviene del sitio La Cumbre, por la carretera Arcabuco-Moniquirá, en la plancha 171 Duitama”.

#### 3.2.6.4 Área tipo

Renzoni (1981, p. 39), señala la carretera Arcabuco-Moniquirá (Departamento de Boyacá).

#### 3.2.6.5 Cronoestratigrafía

Renzoni (1967, p. 39), anota que Formación Cumbre infrayace a la Formación Arcabuco y está cubierta por la Formación Rosablanca; este autor menciona que no se encontraron amonitas, pero infiere una edad valanginiana para la unidad.

Etayo-Serna (1968, p.14) refiriéndose al equivalente nivel de Areniscas grises y shales negros piritosos, escribe: “Haas (1960, p. 4) menciona *Leptoceras*



*ubalaense* Haas *possibly near Villa de Leyva*, forma que se considera del Valanginiano inferior; dicho fósil provendría quizá de este nivel”.

Etayo-Serna (1972, p. 383) la asigna tentativamente al Valanginiano inferior.

Gaona (2001, p. 156), con base en determinaciones paleontológicas de moluscos bivalvos, le asigna una edad Berriasiano?-Valanginiano inferior para la Formación Cumbre.

En el presente estudio no se realizaron determinaciones bioestratigráficas en muestras de esta unidad; sin embargo, se acepta la edad **Berriasiano?-Valanginiano inferior** postulada por Gaona (2001, p. 156).

### 3.2.6.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Pulido (1979, p. 60), la define como un: “conjunto de areniscas grises oscuras con estatificación entrecruzada, alternando con shales negros piritosos...”.

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-1) menciona que se compone principalmente de tres litofacies: 1) arenitas gris oliva, 2) limolitas y arcillolitas blancuzcas a negruzcas, y 3) limolitas rojas. Este autor identifica en la localidad tipo ocho segmentos, que de base a techo son: Segmento A: alternancia de capas arcillosas y arenosas; Segmento B: arenitas con estratificación ondulosa predominante y flaser; segmentos C y D: arenitas lodosas y arcillas caoliníticas; Segmento E: lodolitas oscuras con alto contenido fosilífero (bivalvos, gasterópodos y restos de peces); Segmento F: alternancia de lodolitas rojas oscuras y areniscas grises verdosas; Segmento G: areniscas cuarcíticas de grano fino, con estratificación interna inclinada; Segmento H: shales negros fosilíferos y areniscas de grano fino.

#### Espesor

Renzoni (1981, p. 39), expone que presenta variaciones de espesor, siendo de 129 m en la localidad tipo, de unos 30 a 50 m en La Vega, al norte de Sotaquirá y al norte y noreste de Gámbita y de varios centenares de metros en el área de Confines-Charalá.

Pulido (1979, p. 60), coincide en las diferencias de espesor de la unidad en las diferentes localidades en donde se encuentra expuesta; en la memoria de la Planchas 151 Charalá indica que en el Anticlinal de Cerro Negro estima un espesor no mayor de 150 m, mientras que en el Anticlinal de Virolín pueden ser 80 m, en la región de Contratación el espesor varía entre 100 m al sureste de



Contratación y cerca de 40 m sobre la Quebrada La Chimera, mientras que al norte en la Plancha 135 San Gil, la unidad solo alcanza a unos 10 m.

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-1), reporta un espesor aproximado de 137 m en su sección tipo.

### 3.2.6.7 Litología

#### Descripción:

Las exposiciones de la Formación Cumbre identificadas en este estudio se localizan en el extremo noroccidental de la Transecta-3, al oeste y noroeste de la población de Palermo. La litología que predomina en el área corresponde a lodolitas carbonosas y localmente arenosas, de color gris oscuro a negro, con moscovita diseminada y trazas de yeso, en capas medianas, lentiformes y subtabulares, con contactos netos planos con laminación ondulada paralela y difusa, que conforman paquetes muy gruesos; localmente se observan intercalaciones de capas medianas cuneiformes de arenitas sublíticas de grano fino a muy fino, bien seleccionado, subredondeado, color morado a rojizo, con matriz lodosa, moscovíticas, cortadas por venas rellenas de cuarzo lechoso y con interposiciones de lodolitas arenosa de color gris claro, contienen nódulos milimétricos de óxidos de Fe.

#### Génesis:

Pulido (1979, p. 60-61), en base a sus características litológicas y faunísticas concluye: "la Formación Cumbre pudo depositarse en un ambiente marino, pantanoso, de aguas tranquilas cercanas a la playa".

Etayo-Serna (1978, en: Mendoza, 1985, p. IX-5), interpreta la unidad como "una llanura de mareas mixta, con sedimentos acumulados sobre un antiguo frente deltaico subaéreo fósil".

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-1), realiza un análisis facial detallado de la unidad en su sección tipo, en este estudio concluye que la Formación Cumbre "documenta el avance oscilante hacia el nordeste de la transgresión de comienzos del Cretácico sobre una llanura costera aluvial".

#### Otros aspectos:

Algunos autores (Etayo-Serna, 1972, p. 383, Ulloa y Rodríguez, 1978 y Pulido, 1979, p. 60) mencionan la geometría lenticular de la unidad.





Reyes et al. (2006, Geología del Cinturón Esmeraldífero Occidental Planchas 169, 170, 189 y 190, p. 21) mencionan que en el flanco occidental del Anticlinal de Portones, los afloramientos de la Formación Cumbre "son de poca extensión y se encuentran como escamas tectónicas relacionadas a cabalgamientos con rumbo general N-S".

### 3.2.6.8 Límites y contactos

Los límites de la Formación Cumbre son relativamente fáciles de identificar en campo, debido a que esta unidad está constituida principalmente por sedimentitas finas que en el terreno forman relieves bajos y contrastan fácilmente con la morfología más escarpada de las unidades infrayacente y suprayacente. En el presente estudio no se observaron los límites de la unidad, ya que se encontraban cubiertos en las localidades visitadas.

#### Límite inferior:

Renzoni (1981, p. 39), señala "Yace concordantemente sobre el techo de la Formación Arcabuco (Jart)".

Etayo-Serna (1972, p. 383), informa que la Formación Cumbre descansa concordantemente sobre la Formación Arcabuco.

Ulloa y Rodríguez (1978), en la Reseña explicativa de la Plancha 170-Vélez, consignan que en el área del flanco oriental del Anticlinal de Portones (cuadrícula A) y en el núcleo del Anticlinal de Sabanagrande, la Formación Cumbre reposa en contacto discordante sobre la Formación Arcabuco.

Pulido (1979, p. 60), anota: "La Formación Cumbre en la región de Contratación descansa en discordancia angular a la Formación Arcabuco, en ángulo que varía entre 80° y 0°".

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-5), dice: "En su contacto inferior la Formación Cumbre es concordante con la Formación Areniscas de Arcabuco".

#### Límite superior:

Renzoni (1981, p. 37), solo menciona que la Formación Cumbre está cubierta por la Formación La Rosablanca.

Etayo-Serna (1972, p. 383), reporta que la unidad está cubierta concordantemente por la Formación Rosablanca.

Ulloa y Rodríguez (1978), en la Reseña explicativa de la Plancha 170-Vélez, escriben que en el área de Sabanagrande, la Formación Rosablanca descansa concordantemente sobre la Formación Cumbre.

Pulido (1979, p. 60-61), expresa simplemente que el contacto con la Formación Rosablanca es de carácter normal.

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-5), escribe: "El contacto superior es transicional a la suprayacente Formación Rosablanca".

#### 3.2.6.9 Reseña histórica

Etayo-Serna (1968, p.14), denomina "Areniscas grises y shales negros piritosos" a un nivel cartografiable que puede ser excluido de la infrayacente Formación Arcabuco y de la suprayacente Formación Rosablanca; el nombre de la unidad fue empleado por primera vez por Renzoni (1981) para el área del Cuadrángulo J-12 Tunja; posteriormente Etayo-Serna (1972, p.383) acepta esta definición para el flanco oeste del Anticlinal de Oiba (o Careperro); Pulido (1979, p. 60-61) la identifica en algunos sectores de las planchas 135 San Gil y 151 Charalá; finalmente Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds.), hace una descripción detallada y un análisis facial de la sección tipo.

#### 3.2.6.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Cumbre. Sin embargo, Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds. p. IX-1), para la descripción de la unidad en la sección tipo, la dividió en ocho segmentos (A – H).

#### 3.2.6.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds., Fig. 2, p. IX-4), en un mapa de distribución de la Formación Cumbre, la localiza en los siguientes sectores: 1) al oeste de los municipios de Bolívar y Jesús María (Departamento de Santander) en las siguientes estructuras: Anticlinal de Portones, Sinclinal de la Belleza y Anticlinal de Pradera; 2) al norte de la población de La Aguada (Departamento de Santander), en el Anticlinal de los Cobardes; 3) en la zona que se extiende desde Arcabuco y Sotaquirá (Departamento de Boyacá) al sur hasta el este de la población de Oiba (Departamento de Santander) en el norte, en donde la unidad hace parte de las siguientes estructuras: Anticlinal de Oiba, Anticlinal de Arcabuco, Anticlinal de Virolín y Anticlinal de Cerro Negro. Cf. Etayo-Serna *et al.* (2003).



Los afloramientos encontrados durante la fase de campo del presente estudio se localizan en el extremo noroccidental de la Transecta-3, en las siguientes localidades de la Plancha 171-Duitama: sobre el carreteable Palermo – Gámbita, al oeste de la Escuela El Venado, al norte del Río Tolota entre el sitio La Gardenia y el Alto del Gaque; en el carreteable Palermo – Gámbita, a unos 10 a 12 km al oeste de Palermo al sur del Río Huertas; y en el carreteable que conduce a la Laguna El Palmar y a la vereda del mismo nombre, a unos 8 a 10 Km al noroeste de Palermo.

#### Variación lateral:

Varios autores (Renzoni, 1981, p. 39, Etayo-Serna, 1972, p. 383, Ulloa y Rodríguez, 1978 y Pulido, 1979, p. 60), mencionan que las variaciones en el espesor de la unidad se deben a su geometría lenticular.

#### Correlación:

Etayo-Serna (1972, p. 384), con base en las relaciones estratigráficas regionales la correlaciona con la base de la parte superior del Grupo Cáqueza.

Gaona (2001, p. 156), concluye: “La homotaxia de los bivalvos de las formaciones Cumbre, Batá y Lutitas de Macanal, permite interpretar que estas unidades son aproximadamente coetáneas...”.

#### 3.2.6.12 Localidad tipo y estratotipo

Renzoni (1981, p. 38-39), propone como sección tipo el descenso de la carretera Arcabuco-Moniquirá (Departamento de Boyacá) en el flanco occidental del Anticlinal de Oiba (o Careperro). En esta sección fue descrita por el autor así: “consta de: 21 m de areniscas grises oscuras a verdes alternando con shales negros (se observaron estructuras internas tipo estratificación entrecruzada); siguen 108 m de shales grises oscuros a negros, piritosos, con restos de vegetales y a veces con lamelibranquios y gasterópodos, intercalados por capas de arenisca gris verdosa a negra (la parte alta está un poco cubierta); no se encontraron amonitas”.

Mendoza (1985, en: Etayo-Serna y Laverde eds., Fig. 2, p. IX-3), la localiza “entre los kilómetros 47 y 52.1; puntos identificados por las coordenadas planas: X: 1.136.400, Y: 1.062.200, X: 1.138.025, Y: 1.060.175, localizables sobre la Plancha 171-III-A, escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC”.



### 3.2.7 Formación Rosablanca (Berriasiano?-Hauteriviano inferior)

#### 3.2.7.1 Referencia original

Wheeler (1929 en Julivert *et al.*, 1968, p. 486) como "Formación Rosa Blanca".

#### 3.2.7.2 Proponente del nombre

"En 1929, O.C. Wheeler (Tropical Oil Company) dio el nombre y el rango a una sucesión de calizas que afloran en el Río Sogamoso aguas arriba del cerro Tablazo" Renzoni (1981, p. 39).

#### 3.2.7.3 Derivación del nombre

Según Morales *et al.* (1958, p.648) el nombre deriva del Cerro Rosa Blanca, a unos 5 Km al Norte del ángulo Noreste de la Concesión De Mares. En: (Julivert *et al.*, 1968, p. 487)

#### 3.2.7.4 Área tipo

Julivert *et al.* (1968, p. 487): "El área de distribución de la Formación Rosa Blanca se sitúa en la región septentrional del Valle Medio del Magdalena y en la región de Mesas y Cuestas".

#### 3.2.7.5 Cronoestratigrafía

Las calizas de la formación Rosablanca descansan casi directamente sobre las Areniscas de Arcabuco, Etayo-Serna (1968 b, p. 14), e infrayacen a la Formación Ritoque. Según fauna colectada en la parte transicional superior de las calizas, en la región del río Cane, Bürgl (1954, p. 11) le asigna una edad valanginiana. Etayo-Serna (1968b, p.16) asigna tentativamente una edad Valanginiano superior, considerando la posibilidad de que la edad de los "shales negros y areniscas grises" sea Valanginiano inferior y teniendo en cuenta la probable edad Hauteriviano inferior de la formación Ritoque; sin descartar que la formación Rosablanca también pueda representar una zona no precisada del Hauteriviano inferior.

Etayo-Serna (1964, p. 41), menciona que la edad de la Formación Rosablanca abarca quizá desde el Valanginiano (superior?), al Hauteriviano en la localidad tipo y hasta el Aptiano al norte del Valle Medio, variando probablemente también hacia el Este en edad.

Alfonso-Pava (1985, p. XVI-2), sitúa la base de la Formación Rosablanca en la Región de La Mesa de Los Santos, en el lapso Berriasiano – Valanginiano inferior.



En este estudio no se colectó material paleontológico de esta unidad; sin embargo, se ha aceptado la edad **Berriasiano?-Hauteriviano inferior**.

### 3.2.7.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Morales *et al.* (1955 en Hubach, 1957: "Contribución a las unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p.143) describen la Formación Rosa Blanca como una unidad que "se compone de calizas duras, gris azules, de textura gruesa, macizas y fosilíferas, con estratos margosos que traspasan a calizas negras, arcillosas de textura muy fina en la parte alta".

#### Espesor

Según Etayo-Serna (1972, p.384), la variación en el espesor de la Formación Rosablanca es atribuida al tectonismo durante su depositación, teniendo un espesor medido de 148 m a lo largo de la carretera Arcabuco – Moniquirá, 20 m cerca a la cresta del Anticlinal de Oiba, 100m en el Río Cane y 20m sobre el flanco del Anticlinal de Arcabuco en la Quebrada Ritoque.

Un espesor de 425 m medidos en el río Sogamoso y 125 m en la quebrada El Ayal, Santa Sofía, Boyacá. (Etayo – Serna, *et al.* 1986, p. 192); en el cañón del Río Sogamoso, al W de la Mesa de Los Santos Zamarreño De Julivert, 1963, en Julivert *et al.*, (1968, p. 487), indica un espesor de 318 m.

En Reyes *et al.* (2006, p. 24), se calcula como mínimo un espesor de 1000 m (incompleto), para la Formación Rosablanca, que pueden ser apreciados en los cañones formados por el río Minero y quebrada Guas.

### 3.2.7.7 Litología

#### Descripción:

En este estudio la Formación Rosablanca no fue observada. Sin embargo, de Etayo-Serna, *et al.* (1986, p. 192) se puede tomar que la unidad está "constituida predominantemente por calizas de color gris oscuro; la parte inferior presenta dolomitas y grainstones de oolitos, ostracodos e intraclastos. La parte intermedia consiste en micritas y biomicritas y la parte superior contiene arenitas mixtas y lodolitas calcáreas con interestratificaciones de shales calcáreos negros".





### Génesis:

En una sucesión de 318 m de espesor, estudiada en el cañón del Río Sogamoso, al W de la Mesa de Los Santos (Zamarreño De Julivert, 1963, en: Julivert T *et al.*, 1968, p. 487), se dividió la sucesión en una serie de niveles petrográficos, "dichos niveles ponen de manifiesto que las condiciones de depósito no fueron constantes. La porción basal se caracteriza por tener depósitos de facies evaporita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depósito. El resto de la sucesión se deposita en un medio abierto y poco profundo en que alternan las condiciones de tranquilidad y agitación". Julivert *et al.*, (1968, p. 487).

Cardozo-Puentes y Ramírez-Quiroga, (1985, p.1), reconocieron tres macrosecuencias faciales para la Formación Rosablanca en el área de Villa de Leiva – Gámbita e identificaron depósitos de ambiente supramareal, intermareal y un ámbito marino somero, submareal (plataforma sublitoral). Deducen una plataforma marina poco profunda, muy amplia y con pendiente muy suave hacia el Occidente.

### Otros aspectos:

Según Etayo-Serna (1968, p. 21), la Formación Rosablanca se reconoce al noroccidente de Villa de Leiva por el Río Cane, donde afloran calizas estratificadas en capas gruesas que le dan color amarillento al paisaje, pero que en roca fresca son grises.

#### 3.2.7.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

"A lo largo de la carretera Arcabuco – Monquirá, la Formación Rosa Blanca descansa concordante sobre la formación Cumbre, pero hacia la cresta del anticlinal de Oiba, yace inconforme directamente sobre la formación Arcabuco. Esta relación es también observada en la Quebrada Ritoque." Etayo-Serna (1972, p. 384).

Según Reyes *et al.* (2006, p.24) "Al suroeste de La Belleza, sobre el flanco oriental del Anticlinal de Portones (170:E2-E3), el límite inferior de la unidad es inconforme angular con la Formación Arcabuco, mientras que sobre el flanco occidental (170:E2) es concordante con la Formación Cumbre".



### Límite superior:

"El contacto con la suprayacente Formación Ritoque es en todos los casos gradacional." Etayo-Serna (1972, p. 384).

Según Reyes et al. (2006, p.24) "Al oeste y suroeste de Florián (170:F2-F3), el límite superior es concordante-transicional con la Formación Ritoque, mientras que en el área restante de estudio, este límite puede ser concordante-neto o concordante-transicional rápido con la Formación Furatena y Paja".

#### 3.2.7.9 Reseña histórica

Existe una descripción detallada realizada por Etayo-Serna, (1968b, p. 58) y sus anotaciones son:

"Aunque en el área de Villa de Leiva aflora el nivel que se va a considerar, para estudiar su desarrollo histórico – nominal es preciso partir del norte, en la región Arcabuco y Moniquirá. La primera cita de estos niveles calcáreos la da GROSSE (1930, p.426) cuando dice: "Así como entre Arcabuco y Moniquirá está intercalado en la parte inferior del piso (piso de Villeta), un horizonte cerrado de calizas grises a oscuras de unos 75m. de espesor, siguiendo hacia el pendiente del piso solamente bancos de calizas aisladas de cuando más algunos metros de espesor". Luego HUBACH (1931, p. 90) señala también en esta región: "... gruesos horizontes de caliza del piso de Villeta (parte inferior)". Posteriormente SCHEIBE (1938, p.21) dice: "Únicamente en pocos sitios se ha encontrado en los estratos inferiores de Villeta (veáse p.24) un grueso horizonte de 50 y más metros de espesor, v. gr. al oeste de Vélez, entre Arcabuco y Moniquirá, entre Leiva y Sáchica...". Sin embargo el primer autor que habla de la Formación Rosablanca en la región de Arcabuco es DICKEY (1941, p. 1794), quien la observó descansando sobre el "Girón" (=F. de Arcabuco). Posteriormente BÜRGL (1954 a, p.12), sin mencionar el nombre Rosa Blanca, correlaciona las calizas que afloran en el cañón de la quebrad Ritoque con la F. Rosa Blanca al sur de Bucaramanga. En trabajo anterior (ETAYO-SERNA, 1964) no se tuvo en cuenta esta consideración, dado que el autor mencionado no indica claramente esta unidad en su columna estratigráfica (ver *op. cit.*, figs. 2,3). Finalmente CHENEVART (1963, p. 912-913) considera dentro de la F. Rosa Blanca tres porciones: la inferior de ella atribuida por dicho autor a cambio de facies respecto de la F. Arcabuco (=Tambor). Tal concepción de CHENEVART no parece tener bases por lo menos en la región de Villa de Leiva, donde se puede observar el translape sucesivo de las unidades claramente cretáceas sobre las A. de Arcabuco."

En estudios posteriores Julivert *et al.*, (1968, p. 487) hace las siguientes consideraciones: "La Formación Rosa Blanca ha sido cartografiada por toda la



Región de Mesas y Cuestas, donde aflora ampliamente (Julivert, 1958a, 1958b). Su estratigrafía detallada ha sido estudiada en una sucesión que tiene 318m de potencia situada en el cañón del Río Sogamoso, al W de la Mesa de Los Santos (Zamarreño De Julivert, 1963)."

#### 3.2.7.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Rosablanca.

#### 3.2.7.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

"Este elemento destacado de la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (Departamento de Santander) se reconoce al noroccidente de Villa de Leiva por el río Cane (...), afloran en el cañón de la quebrada Ritoque frente a la Loma de La Yesera (...)." Etayo-Serna (1968 a, p.21).

Según Julivert *et al.*, (1968, p. 487), "el área de distribución de la Formación Rosa Blanca se sitúa en la región septentrional del Valle Medio del Magdalena y en la región de Mesas y Cuestas"

##### Variación lateral:

La Formación Rosablanca, está constituida por sedimentos de plataforma, cuyo grano aumenta a medida que avanza en dirección Oriental. Etayo-Serna (1968b, p.16).

##### Correlación:

La Formación Rosablanca cronológicamente se correlaciona con la Formación Lutitas de Macanal, definida en el área del Cuadrángulo K-12, Guateque. Ulloa y Rodríguez (1978).

#### 3.2.7.12 Localidad tipo y estratotipo

"La localidad típica es la del río Sogamoso, entre 1 y 1.5 Km aguas arriba de la aldea de Tablazo. Se compone de calizas duras, gris azules, de textura gruesa, macizas y fosilíferas, con estratos margosos que traspasan a calizas negras, arcillosas de textura muy fina en la parte alta". Morales *et al.* (1955, en Ingeominas 1994, p.143).



### 3.2.8 Formación Ritoque (Valanginiano)

#### 3.2.8.1 Referencia original

Etayo-Serna (1968b, p.16), como "Limolitas grises inferiores (Formación Ritoque)".

#### 3.2.8.2 Proponente del nombre

El nombre fue propuesto por Etayo-Serna (1968 a, p.21), para capas que tienen por localidad tipo la quebrada de dicho nombre.

#### 3.2.8.3 Derivación del nombre

El nombre deriva de la Quebrada Ritoque, afluente del Río Samacá, al Sureste de Villa de Leiva, en la región del Anticlinal de Arcabuco.

#### 3.2.8.4 Área tipo

La Región de Villa de Leiva – Chíquiza y la región del Río Cane, Etayo-Serna (1968b, p.16).

#### 3.2.8.5 Cronoestratigrafía

Según Etayo-Serna (1968b, p. 16), esta unidad descansa al occidente (Río Cane) sobre las calizas de la Formación Rosablanca; se apoya directamente sobre las areniscas de Arcabuco en la región de Villa de Leiva – Chíquiza.

Según Ballesteros y Nivia (1985, p.3) "Las sedimentitas de la Formación Ritoque reposan sobre arenitas del tope de la Formación Arcabuco en las secciones estratigráficas del Cerro San Marcos y las quebradas La Colorada y Chíquiza" y subyacen arcillolitas del Miembro inferior de la Formación Paja, en todas las secciones estratigráficas levantadas por estos autores.

La edad de esta formación ha sido considerada por Bürgl (1954a, p. 12) como del Valanginiano, Dietrich (1938) y Scheibe (1938, p. 16) le asignan una edad Barremiano.; Etayo-Serna (1968b, p.18) considera que bioestratigráficamente representa el Hauteriviano inferior". Huber (1978 en Ballesteros y Nivia, 1985, p.3) "con base en determinaciones paleontológicas de Wiedmann, asegura haber ubicado el tiempo de depósito de la Formación Ritoque durante el lapso Berriasiano – Valanginiano", Reyes et al. (2006, p.26), considera que la Formación Ritoque podría abarcar el lapso Valanginiano tardío-Hauteriviano? o corresponder al Valanginiano tardío.



Los datos bioestratigráficos del presente estudio (ver anexo paleontológico), permiten indicar que la ubicación cronoestratigráfica de la Formación Ritoque es **Valanginiana** (muestras SgJ130P, SgJ135P, SgJ136P, SgS1P y SgS2P).

### 3.2.8.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

“Aparecen como nivel que orla el núcleo del Anticlinal de Arcabuco por ambos flancos; destacan al occidente constituyendo el núcleo del Anticlinal de Careperro al sur del río Cane”. “Consta este nivel en su parte inferior de alternancia de limolitas con calizas lumaquéticas lenticulares en bancos de 30 a 50cm. de espesor, especialmente al E. del Anticlinal de Arcabuco; en el flanco occidental del Anticlinal la sucesión está constituida especialmente por limolitas grises micáceas, con tonos rojizos por meteorización, en alternancia con areniscas de grano fino o arcillolitas. Hacia el occidente, en la región del río Cane, parece ocurrir cierta transición con las calizas infrayacentes, así mismo aparece hacia su parte inferior más arcillolítico.” Etayo-Serna (1968b, p.16-17).

“Es común la presencia de fósiles de bivalvos, amonitas, equínidos, serpúlidos, foraminíferos, así como también icnofósiles”. Ballesteros y Nivia (1985, p.3).

#### Espesor

Etayo-Serna(1968 a, p.21) menciona que La Formación Ritoque “Orla inmediatamente el núcleo del Anticlinal de Arcabuco por ambos flancos; sobre el flanco oriental consta de 70m de limolitas o arcillolitas en alternancia con calizas lumaquéticas, mientras que sobre el flanco occidental predominan las limolitas con algunas intercalaciones de areniscas de grano muy fino, presentando 110m aproximadamente de espesor”.

Ballesteros y Nivia (1985, p.3), mencionan que “La Formación Ritoque en su sección tipo por la quebrada Ritoque, al SE de Villa de Leiva, consiste en una secuencia homogénea de 157 m de espesor.”

En este estudio, al E del Municipio de Sáchica (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 161m de la unidad.

### 3.2.8.7 Litología

Al E del Municipio de Sáchica, Boyacá (Transecta 2), se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación Ritoque, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Sáchica (**Anexo 3.2**).





La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 0 y el m 161, de la sección mencionada.

Coordenadas de la poligonal Sáchica (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.061.587 N: 1.109.813  
Finales: E: 1.061.780 N: 1.109.577

Descripción:

De base a techo la unidad presenta capas gruesas, subtabulares a lentiformes de cuarzoarenitas limosas de grano muy fino, cementadas, de color gris verdoso, interpuestas con limolitas moscovíticas, silíceas, localmente calcáreas; capas delgadas y lentiformes de arenitas lodosas, de grano muy fino, cementadas, lodolitas limosas grises, con interposiciones de arenitas limosas de grano muy fino, cementadas, grises y moscovíticas, se interponen lentes delgados y medianos, de arenitas calcáreas de grano muy fino, cementadas y micáceas, se reconocen restos de equinodermos; capas delgadas y lentiformes de lodolitas y limolitas silíceas, grises verdosas, lodolitas limosas y limolitas lodosas silíceas grises; se interponen lentes delgados y nódulos de limolitas silíceas y ocasionalmente calcáreas, grises, contienen fragmentos de conchas; capas medianas, lentiformes, con contactos ondulados, de calizas lodosas con abundantes moldes y fragmentos de conchas de bivalvos; capas gruesas y muy gruesas, lentiformes, con contactos levemente ondulados y laminación ondulada no paralela bioturbada; de arenitas lodosas de grano muy fino a fino, cementadas, micáceas, de color gris a gris verdoso, con interposiciones de niveles de limolitas silíceas, grises oscuras. **Foto J130b.**

La Formación Ritoque también aflora hacia la parte occidental de la Transecta 3, sobre la carretera Paipa-Palermo en donde forma el núcleo del Sinclinal de Los Medios y en el extremo noroccidental de la transecta en los alrededores de la Laguna El Palmar; en estos sectores la secuencia es muy similar, corresponde a paquetes muy gruesos y homogéneos de lodolitas arcillosas y levemente arenosas de color amarillo claro a pardo verdoso, contienen trazas de moscovita, restos vegetales carbonizados y fragmentos de erizos, ostras, trigonias y otros bivalvos localmente se interponen capas medianas a gruesas, subtabulares y lentiformes, con contactos ondulados y laminación ondulada no paralela de arenitas lodosas de grano fino a muy fino, matriz lodosa (10%), color pardo rojizo, con buen contenido de moscovita, baja selección y porosidad, con restos vegetales carbonizados y conchas de bivalvos.

WSW

ENE



**Foto J130b.** Estación J130b. Carretera Villa de Leiva – Sáchica. Capas medianas a gruesas, subtabulares a lentiformes, de limolitas grises silíceas, con bivalvos y amonitas, presentan interposiciones de lentes de limolitas calcáreas. Formación Ritoque.

### Génesis:

Etayo-Serna (1968b, p.17) reconoce dos hechos fundamentales en las rocas de la Formación Ritoque: el adelgazamiento que sufren en dirección oriente, que los determina como sedimentos acumulados en márgenes de altos topográficos y una mayor acción dinámica en el medio sedimentario hacia el oriente.

Etayo-Serna (1978 en Ballesteros y Nivia, 1985, p. 3) “plantea la idea de interpretar la unidad como depositada en una bahía somera de aguas tranquilas y cálidas donde se acumularon limos en una entrante costanera desarrollada después o contemporáneamente con el final de la sedimentación de las calizas de la Formación Rosablanca”.

Ballesteros y Nivia (1985, p. 13), consideran que “los sedimentos de la Formación Ritoque se originaron como una cinta de facies heterópicas, coetáneas, genéticamente relacionadas, que comprende de oriente a occidente la facies terrígena (sección tipo de la Formación Ritoque), la facies mixta o de transición y la facies de carbonatos”, infiriendo una “sedimentación en una plataforma amplia, somera, irregular, con una ligera inclinación hacia el occidente”.

Otros aspectos:

Según Etayo-Serna (1968, p. 21), la Formación Ritoque por meteorización adquiere un color rosado característico.

3.2.8.8 Límites y contactos

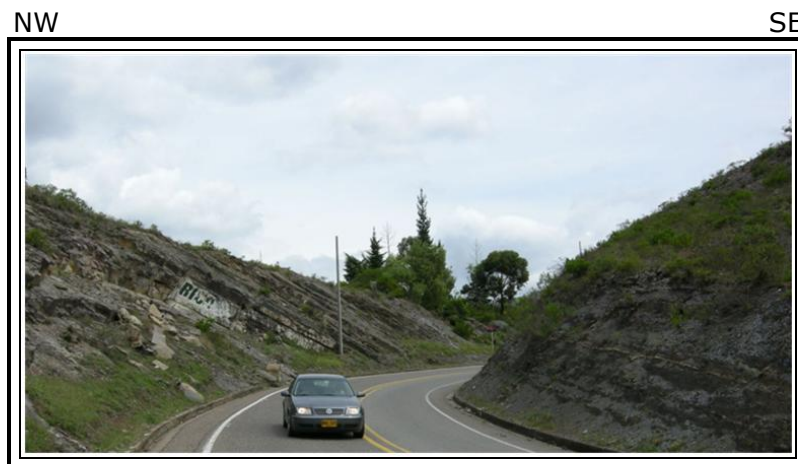
Límite inferior:

Según Etayo-Serna (1968b, p.16) La Formación Ritoque descansa al occidente (río Cane) sobre las calizas de la Formación Rosablanca y directamente sobre las areniscas de Arcabuco en la región de Villa de Leiva - Chíquiza.

Según Renzoni (1981, p. 39) la Formación Ritoque "Yace concordantemente sobre la Formación Rosablanca en el área noroccidental, sobre la Formación Cumbre en los alrededores de Arcabuco y sobre la Formación Arcabuco en la serranía homónima".

Según Reyes *et al.* (2006, p.26), el límite inferior con la Formación Rosablanca es concordante transicional.

En este trabajo el contacto entre la Formación Ritoque y la infrayacente Formación Los Medios, en la Transecta 3 (Gámbita-Pajarito), Plancha 171 – Duitama, por la carretera que conduce de Paipa a Palermo, se encuentra cubierto, pero se asume que es concordante, al igual que al noroeste de Palermo, en la Vereda El Palmar, donde la unidad descansa sobre la Formación Cumbre.



**Foto J55b.** Estación J55b. Contacto. Formación Ritoque – Formación Paja. Capas delgadas a gruesas, tabulares y lentiformes, de arenitas finas, de color gris, separadas por niveles delgados de limolitas grises, que corresponden a la Formación Ritoque (a la izquierda), infrayacendo a una secuencia monótona de shales de color gris oscuro a negro, de la Formación Paja (a la derecha). Vía a Sáchica.



### Límite superior:

El límite superior con la Formación Paja es concordante y aparentemente neto, Reyes et al. (2006, p.26). La Formación Ritoque limita concordantemente en su parte superior con la Formación La Paja (en Moniquirá y Villa de Leiva). Ballesteros y Nivia (1985, p.1). **Foto J55b.**

#### 3.2.8.9 Reseña histórica

La historia del reconocimiento de esta unidad esta resumida en Ballesteros y Nivia (1985, p.3), y sus anotaciones son:

“Estas rocas fueron mencionadas inicialmente por Scheibe (1938:16) como “pizarras arenoso-arcillosas” y por Dietrich (1938:105) que las asignó al Barremiense; luego Bürgl (1954:12), quien se refirió a una “alternancia de arcillas duras y oscuras y de areniscas arcillosas carmelitas”, a las que les asignó una edad Valanginiano medio a superior y en cuanto a su ambiente de depósito consideró que se desarrollaron en un mar somero que se volvía progresivamente más profundo, permitiendo la ocupación por diferentes tipos de organismos. Etayo-Serna (1968 a) propuso el nombre de Formación Ritoque y la asignó bioestratigráficamente al Hauteriviano inferior”. “Huber (1978) con base en determinaciones paleontológicas de Wiedmann, asegura haber ubicado el tiempo de depósito de la Formación Ritoque durante el lapso Berriasiano – Valanginiano o todavía más antiguo, y propone además el ámbito de prodelta como el ambiente de su depósito. Igualmente sugiere con la de las calizas de la Formación Rosablanca, de tal manera que las calizas no yacen bajo la Formación Ritoque sino por el contrario, se presentan intercaladas con los estratos de Ritoque”.

Con respecto a la Nomenclatura Standard del Valle Medio del Magdalena, Renzoni (1981, p. 39), aclara que la Formación Ritoque “quedó probablemente incluida en el concepto original de la Formación Paja tal como aflora en las zonas meridionales a la localidad típica (...); sin embargo, en nuestro concepto representa un desarrollo de facies, propio del área en cuestión en tiempos hauterivianos, (...). Por esta razón, además que por la diferencia litológica con el subyacente y el suprayacente, creamos esta nueva formación conservando el nombre de Formación Paja a la sucesión de shales negros, depositados en parte en ambiente euxínico, que ocurren hasta la base del la Formación San Gil inferior.”

### 3.2.8.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Ritoque.

### 3.2.8.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Ritoque aflora en la región de Villa de Leiva – Chíquiza (**Foto S6**), ocurre alrededor del Anticlinal de Arcabuco por ambos flancos y destaca al occidente constituyendo el núcleo del Anticlinal de Oiba al sur del río Cane. Etayo-Serna (1968b, p.16)

Ballesteros y Nivia (1985, p.3), reconocen las sedimentitas de la Formación Ritoque en el Cerro San Marcos y las Quebradas Ritoque, La Colorada, Chíquiza, La Sicha y Gautoque, en el área de Villa de Leiva - Moniquirá, (Boyacá).



**Foto S6.** Sección estratigráfica Sáchica. Vista regional del contacto entre la Formación Paja (a la derecha) y la Formación Ritoque (a la izquierda), en la región de Villa de Leiva-Chíquiza.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad: En la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia), Plancha 191 – Tunja, por la carretera que conduce desde el Puente Samacá a Sáchica (Boyacá) y en la Transecta 3 (Gámbita-Pajarito), Plancha 171 – Duitama, por la carretera que conduce de Paipa a Palermo y al NW de Palermo en la Vereda El Palmar, en los alrededores de la Laguna El Palmar. **Foto J164.**





**Foto J164.** Estación J164. En primer plano, depósitos lacustres, en segundo plano la Formación Ritoque y al fondo sobresale, la Formación Arcabuco. Laguna El Palmar.

#### Variación lateral:

Según Ballesteros y Nivia (1985, p.13), La Formación Ritoque disminuye su espesor hacia el oriente, lo que evidencia un alto topográfico en la zona continental que delimita la cuenca de depósito por el costado oriental.

Ballesteros y Nivia (1985, p.1), reconocen que la Formación Ritoque presenta en el área de Villa de Leiva – Monquirá, “un cambio facial en sentido este – oeste; de una facies terrígena a otra de carbonatos, con una litología mixta interpuesta”.

#### Correlación:

Según Renzoni (1981, p. 39), La Formación Ritoque “se correlaciona, con base en la fauna, con una parte de la Formación Tibasosa”.

#### 3.2.8.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo es la Quebrada Ritoque, al Sureste de Villa de Leiva. Sobre el flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco consta de limolitas o arcillolitas en alternancia con calizas lumaquéticas; en el flanco occidental predominan las limolitas con algunas intercalaciones de areniscas de grano muy fino. Etayo-Serna (1968 a, p.21).



### 3.2.9 Formación Paja (Hauteriviano inferior – Aptiano superior)

#### 3.2.9.1 Referencia original

Wheeler, O. C., 1929. Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama and La Paz Formations near the Eastern part of De Mares Concesion. Informe Geológico Ecopetrol, 37: 18 p.

#### 3.2.9.2 Proponente del nombre

O. C. Wheeler (1229).

Wheeler, O. C., 1929. Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama and La Paz Formations near the Eastern part of De Mares Concesion. Informe Geológico Ecopetrol, 37: 18 p.

#### 3.2.9.3 Derivación del nombre

Según Julivert *et al.*, (1968, p. 423) “El nombre deriva de la Quebrada Paja, afluente del Río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente”.

#### 3.2.9.4 Área tipo

“La extensión geográfica de esta formación es la parte norte del Valle Medio del Magdalena y la Región de Mesas y Cuestas” Julivert *et al.* (1968, p. 487).

Etayo-Serna (1968 a, p.22), hace la siguiente anotación: “La formación Paja de la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (Departamento de Santander), está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades.”

#### 3.2.9.5 Cronoestratigrafía

Según Etayo-Serna (1968 a, p. 22), La formación Paja, está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades. a) Lutitas negras inferiores consideradas bioestratigráficamente como Hauteriviano superior; b) Arcillolitas abigarradas que abarcan bioestratigráficamente desde el Barremiano inferior hasta el Aptiano superior en parte y c) Arcillolitas con nódulos huecos que representan bioestratigráficamente el Aptiano superior en parte.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (ver anexo paleontológico), permiten indicar que la edad de la unidad en el área de estudio representaría el **Hauteriviano inferior - Aptiano superior** (muestras SgJ174P, SgJ172P, SgJ170P, SgFES70aP, SgFES70bP, SgJ057P, SgJ058P, SgFES67P, SgFES65P, SgJ055P, SgR122P, SgR139P, SgJ105P, SgJ106P, SgJ140P, SgJ142P, SgJ145P,



SgJ146P, SgJ148P, SgJ113P, SgJ114p, SgJ127P, SgJ119P, SgJ127P, SgJ125P, SgJ151P, SgJ159P, SgJ082P, SgPS1P, SgPS2P SgPS3P, SgPS4P, SgPS5P y SgPS6P).

### 3.2.9.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna (1968 a, p.22), comienza su descripción de la unidad con: "La Formación Paja de la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (Departamento de Santander), está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades."

- a) "Lutitas negras inferiores. Se extienden al noroccidente de la región estudiada ocupando en el mapa el área más destacada del núcleo del Anticlinal de Oiba. Su espesor varía entre 340 y 380 m. A lo largo de la carretera Sáchica-Puente Samacá, los 120m. inferiores son shales o arcillolitas negras con algunas intercalaciones arenosas especialmente hacia el yacente; siguen luego 65 m. integrados por shales negros arenosos con intercalaciones de areniscas arcillosas, que parecen representar los extremos de un grueso lentejón de areniscas manifiesto al norte de Villa de Leiva, en la región de Arcabuco. Los 165 m. superiores están constituidos por shales o arcillolitas, negras o rojizas por oxidación".
- b) "Arcillolitas abigarradas. En el mapa aparecen al occidente, y constituyen parte del núcleo del Anticlinal de Oiba; dominan el extremo norte del Sinclinal de Villa de Leiva; al oriente del núcleo del Anticlinal de Arcabuco se extienden como una franja que desprende al sur de Sáchica. Según la poligonal por la carretera Sáchica – Puente Samacá su espesor es de 480m. A grandes rasgos se diferencian 2 segmentos; el inferior, aproximadamente con 57 m. de espesor presenta numerosas intercalaciones arcilloso – arenosas con 35 cm. de espesor promedio cada una, según la sección por la carretera, el segmento restante o superior presenta interestratificaciones de yeso actualmente en explotación."
- c) "Arcillolitas con nódulos huecos. Se extienden notablemente al occidente de la región estudiada y constituyen el respaldo alomado de las poblaciones de Tinjacá, Sutamarchán y Sáchica; por el oriente se dirigen como franja paralela a la dirección general nororiental de las capas del núcleo del Anticlinal de Arcabuco; dan coloración marrón al paisaje. Son arcillolitas grises abigarradas de rojo a amarillo, con numerosos nódulos elipsoidales huecos de hasta 20 cm. de diámetro máximo. Presentan intercalaciones arcillosas blancas lustrosas. Hacia el techo devienen micáceas. Aproximadamente 80 m. de espesor; al occidente, en apariencia presentan



mayor espesor, pero esto se debe en parte a la extensa superficie que ocupan sus capas suavemente onduladas.”

### Espesor

El espesor varía entre 125 y 625 m, en la sección tipo según Pulido (1979, p.65); este mismo autor, reporta un espesor de 722m, en una sección estratigráfica medida entre Suaita y Gámbita.

Según Etayo-Serna (1968 a, p.22), La formación Paja, está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades. a) Lutitas negras inferiores con un espesor que varía entre 340 y 380m.; b) Arcillolitas abigarradas con un espesor de 480m y c) Arcillolitas con nódulos huecos con un espesor aproximado de 80m.

En este estudio, al este del municipio de Sáchica (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 755 m para la Formación Paja.

### 3.2.9.7 Litología

Al E del Municipio de Sáchica, Boyacá (Transecta 2), se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación Paja, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Sáchica - Puente Samacá (**Anexo 3.3**). La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 5 y el m 755, de la sección mencionada.

### Coordenadas de la poligonal Sáchica - Puente Samacá (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.061. 951 N: 1.109.781  
Finales: E: 1.063. 471 N: 1.107.412

### Descripción:

La Formación Paja presenta a la base una secuencia de shales lodosos silíceos, de color gris oscuro a negro y gris claro por alteración, algunos carbonosos y moscovíticos, contienen impresiones mal preservadas de amonitas deformadas, y concreciones calcáreas con restos mal preservados de amonitas, nódulos oxidados huecos y nódulos de limolita, algunos con pirita, es común observar buenas cantidades de yeso diseminado y en venilla, se interponen lentes delgados a gruesos de lodolitas, limolitas silíceas, arenitas calcáreas de grano muy fino y arenitas ferruginosas de grano muy fino, gran parte de esta secuencia de shales se encuentra deformada y fracturada (**Foto PS3**). Se interponen en esta secuencia algunas capas delgadas, lentiformes conectadas y subtabulares, de arenitas lodosas de grano muy fino a fino, de color gris rojizo a gris claro,

cementadas, calcáreas, algunas micáceas, con niveles de algas y venillas de calcita, y capas gruesas lentiformes de limolitas silíceas, de color gris claro a pardo (**Foto PS4**).



**Foto PS3.** Az. 55°. Sección estratigráfica Sáchica – Puente de Samacá. Nivel de lodolitas limosas micáceas (shales), contienen concreciones delgadas y hacia el tope lentes delgados de limolitas calcáreas y calizas (especialmente micritas).

Un nivel intermedio de interposiciones de capas medianas y gruesas, lentiformes de arenitas ferruginosas de grano fino, lodosas, color pardo a rojizo con lodolitas arenosas, lodolitas arcillosas silíceas y niveles homogéneos de shales arcillosos calcáreos y silíceos, algunos carbonosos, de color gris claro y gris pardo, oscuros a negros (**Foto PS 7**), estas capas contienen concreciones, algunas septarias, centimétricas y decimétricas en raros casos métricas de limolitas ferruginosas, con núcleos piritosos y concreciones micríticas grises con amonitas (**Foto PS 10**); se interponen lentes delgadas a gruesas de arenitas lodosas ferruginosas y calcáreas y micritas de color gris pardo; es común observar impresiones de amonitas, venillas milimétricas de calcita, yeso diseminado y en venas centimétricas y nódulos huecos de limolita ferruginosa.





**Foto PS4.** Az. 65°. Sección estratigráfica Sáchica – Puente de Samacá. Nivel de capas medianas, subtabulares y lentiformes de limolitas síliceas oxidadas, contienen concreciones micríticas y venas de calcita.



**Foto PS7.** Az. 63°. Sección estratigráfica Sáchica – Puente de Samacá. Interposiciones medianas a gruesas, lentiformes de arenitas ferruginosas de grano fino y lodolitas arcillosas síliceas con niveles de nódulos ferruginosos y concreciones micríticas fosilíferas.

Un nivel superior deformado, fracturado y oxidado, de shales arcillosos síliceos, de color gris oscuro en roca fresca y gris muy claro a amarillo claro en roca meteorizada, contiene impresiones de amonitas y bivalvos deformados; hacia el tope la secuencia es más carbonosa y se interponen lentes delgadas de limolitas síliceas grises, muy oxidadas, con nódulos limosos silicificados y nódulos

ferruginosos huecos; contienen concreciones ferruginosas decimétricas y concreciones micríticas con amonitas, se observan venas de calcita y de yeso (**Fotos PS11 y J059**), y estructuras biogénicas (**Foto R142a**).

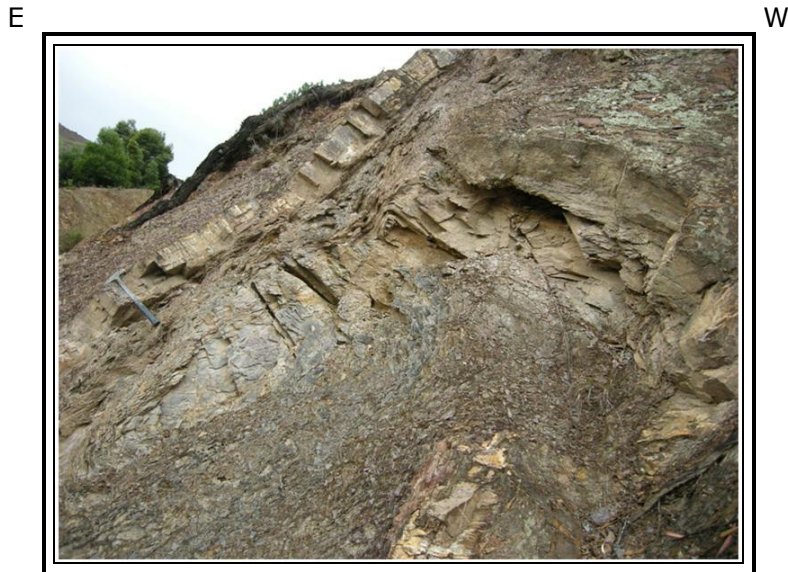


**Foto PS10.** Az. 275°. Sección estratigráfica Sáchica – Puente de Samacá. Sucesión de lodolitas arcillosas síliceas con niveles de concreciones micríticas fosilíferas, al tope lentes delgados de limolitas calcáreas.



**Foto PS11.** Az. 45°. Sección estratigráfica Sáchica – Puente de Samacá. Afloramiento bastante deformado y replegado de shales arcillosos síceos de color gris a gris oscuro, contienen nódulos y concreciones micríticas, generalmente fosilíferas.





**Foto J059.** Az.195, Estación J059: Nivel replegado y fallado de lodolitas silíceas y carbonosas, grises oscuras a negras, con interposiciones de lentes medianos de arenitas calcáreas rojizas. Carretera Puente Samacá – Sáchica.



**Foto R142a.** Estación R142: Vía Sáchica – Sutamarchán, desvío Cuchilla Las Lajas. Capas delgadas y medianas de arcillolitas y lodolitas color gris claro, blanco y morado a rojizo, con abundante mica moscovita y abundantes nódulos arcillosos ferruginosos, redondos, se reconocen gasterópodos, amonitas y estructuras biogénicas. Formación Paja.

La Formación Paja aflora también en los alrededores del municipio de Sotaquirá, en este sector se reconoce el aumento de interposiciones de niveles arenosos especialmente en la parte inferior de la sucesión, por lo que algunos autores han



denominado a este intervalo como Miembro Arenoso de la Formación Paja (Ospina en Renzoni, 1981); estos niveles arenosos aumentan en espesor y en número hacia el norte y están conformados por arenitas de cuarzo, de grano fino a medio, hialino, de color crema - amarillento a rojizo, moscovíticas, con restos fragmentarios de materia vegetal carbonizada.

#### Génesis:

Según Etayo-Serna (1968 b, p.19-30), La formación Paja, está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades. a) Lutitas negras inferiores, para las cuales plantea "la posibilidad de sedimentación tranquila en medio reductor, con escasa circulación de fondo que impidió el desarrollo de vida bentónica" b) Arcillolitas abigarradas, para las cuales plantea actividad dinámica que produjo transporte con dirección general aproximada oriente - occidente en una región probablemente no muy profunda, posteriormente el ámbito sedimentario sufrió intermitentemente restricción en su comunicación con el mar libre, lo que aumentó la salinidad, alternaron con los tiempos de restricción momentos de mayor comunicación en que actuaron corrientes que barrieron el fondo marino causando concentraciones locales de formas pequeñas, así como distribución irregular de formas de mayor tamaño. Probablemente el movimiento superficial del agua trajo por flotación desde el occidente formas de reptiles en descomposición; y c) Arcillolitas con nódulos huecos para las cuales plantea condiciones batimétricas para el ámbito sedimentario análogas a las de las capas yesíferas infrayacentes, difiriendo de éstas simplemente en que por eliminación de las condiciones favorables para la precipitación de carbonato cálcico o de yeso; el fondo tuvo aireación, pero por su naturaleza blanda solo permitió el desarrollo de vida de organismos particulares.

#### Otros aspectos:

La Formación Paja morfológicamente está representada por colinas, algunas de las cuales son explotadas para la minería de yeso. Etayo-Serna (1979, p.386).

#### 3.2.9.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

El contacto inferior con la infrayacente formación Ritoque es concordante. (Etayo, 1979, p.386).

En la sección estratigráfica Sáchica - Puente Samacá el límite con la infrayacente Formación Ritoque es neto y concordante; se sitúa en el metro 5 del levantamiento (E: 1.061.979, N: 1.109.784), donde aparece una secuencia de lodolitas limosas físlas y shales silíceos de color gris oscuro a negro, con venillas



de yeso y calcita e interposiciones de lentes delgados de limolitas calcáreas y micritas, correspondientes a la base de la Formación Paja, las cuales suprayacen capas lentiformes conectadas de arenitas lodosas de grano muy fino, algo calcáreas de la Formación Ritoque (**Foto PS2**).

#### Límite superior:

El contacto superior de la Formación Paja con el Grupo San Gil es gradacional (Etayo, 1979, p.386).

En la sección estratigráfica Sáchica – Puente Samacá, el límite superior de la Formación Paja con el suprayacente Grupo de San Gil, se sitúa en el metro 755 de la columna con coordenadas E: 1.062.301, N: 1.108.599; la naturaleza del contacto es transicional y se marca en la base de un paquete de shales carbonosos negros y lodolitas micáceas de color gris claro con lentes delgados y nódulos centimétricos de limolitas oxidadas.

#### 3.2.9.9 Reseña histórica

Existe una descripción detallada realizada por Etayo, (1968b, p. 59) y sus anotaciones son:

“Las capas que descansan sobre las Areniscas de Arcabuco, incluyendo la F. Ritoque, fueron consideradas por los autores subsiguientes a Hettner (1892) como “Esquistos de Villeta”. Scheibe (1938, p. 21) habla de “Estratos o Piso de Villeta”. Hubach (1955, columna) considera estas capas como parte de la “Formación Villeta”. En artículo anterior (Etayo-Serna, 1964) se indicó la prolongación cartográfica que hacia el sur de la localidad típica hacían Taborda (1952) y Julivert (1958, p. 37, figs. 2-3) de la Formación Paja; y exceptuando el tenue cambio de facies señalado por Julivert entre la Mesa de Los Santos y Mogotes (basado aparentemente en la presencia de yeso y grandes concreciones), esta unidad parece continuarse hacia el sur con unas mismas características litológicas pero cada vez su edad sería más antigua en tal dirección. El uso del término Formación Paja para estas capas en el área que se estudia, aparece implícitamente en el trabajo de Chenevart (1963).”

#### 3.2.9.10 Subdivisión

Etayo-Serna (1968 a, p.22), comienza su descripción de la unidad con: “La formación Paja de la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena (Departamento de Santander), está representada en la región de Villa de Leiva por tres unidades.” a) Lutitas negras inferiores b) Arcillolitas abigarradas y c) Arcillolitas con nódulos huecos.





Forero *et al.* (1985, p.3), dividieron el "miembro arcillolitas abigarradas" en cinco segmentos, "teniendo como criterio el contenido y abundancia de intercalaciones calcáreas, de yeso y de fósiles".

Renzoni (1981, p. 40), reconoce un "Miembro arenoso de la Formación Paja (Kimpa)" y sus anotaciones son:

"A partir de Arcabuco y Togüí (2-a), se observó, en la mitad inferior del Kimp la aparición de capas de arenisca blancuzca, que aumenta en número y espesor hacia el norte y forman niveles como los representados en la columna 1, levantada en afloramientos sobre la carretera Gámbita - Vado Real (fuera del cuadrángulo, al norte). Estos niveles de arenisca que se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos, llegan a formar en esta última localidad un conjunto de 293m que llamamos Miembro arenoso de la Formación Paja (Kimpa). El Miembro yace sobre la Formación Ritoque y por debajo de 300m de shales negros a su vez cubiertos por la Formación San Gil inferior. Se estima que este miembro sea un desarrollo facial local de la parte baja de nuestra Formación Paja."

Pulido (1979, p. 63), en su estudio Geología de las Planchas 135 San Gil y 151 Charalá, Departamento de Santander, consideró necesario dividir la unidad en dos miembros: "Miembro Inferior Arenoso" y "Miembro Superior Arcilloso".

### 3.2.9.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Paja está expuesta en la parte N del Valle Medio del Magdalena (Departamento de Santander), en la región de Villa de Leiva y alrededores y al oriente del Anticlinal de Arcabuco.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad: En la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia), Plancha 191 - Tunja, por la carretera que conduce desde el Puente Samacá a Sáchica (Boyacá).

#### Variación lateral:

En una sección estratigráfica de la Formación Paja, medida sobre la carretera entre los municipios de Suaita y Gámbita, Departamento de Santander, descrita por Royero (1977, en Pulido, 1979, p. 65-66); se midieron 722 m de espesor para la Formación Paja, espesor que varía con respecto a los citados para la sección tipo y la región de Villa de Leiva. Pulido (1979, p. 66), anota: "el Miembro inferior no se observó al norte del área de estudio, mientras que al sur, en la región de Confines - Charalá se desarrolla ampliamente alcanzando un espesor



de 700 m. El Miembro superior aflora a lo largo de toda la región de estudio, presentando espesores que varían entre 100 y 380 m.”

La mitad inferior de la Formación Paja contiene a partir de Arcabuco y Togüi, interposiciones de niveles arenosos; estos niveles aumentan en número y en espesor hacia el Norte (parte occidental de la Transecta 3), en donde este intervalo ha sido denominado como Miembro arenoso de la Formación Paja (Ospina en Renzoni, 1981).

#### Correlación:

La Formación Paja es correlacionable con parte del Grupo Villeta y parte del Grupo Cáqueza, también con la Formación Fómeque al oriente de la Sabana de Bogotá. Etayo-Serna (1972, p. 387)

Ulloa y Rodríguez (1978), correlacionan esta formación con la parte inferior a media del Tibú – Mercedes, Tibasosa, Arenisca de Las Juntas y parte inferior del Fómeque.

#### 3.2.9.12 Localidad tipo y estratotipo

“Quebrada La Paja, en su desembocadura al río Sogamoso, donde está típicamente expuesta” (Hubach, 1957, en Ingeominas, 1994 p. 141).

### **3.2.10 Grupo de San Gil (Aptiano superior – Albiano medio)**

#### 3.2.10.1 Referencia original

Hubach (E.), 1953 en Julivert *et al.*, (1968, p. 493). – Condiciones geológicas de las variantes de carretera en la región de Arcabuco-Barbosa-Oiba, Dptos Santander y Boyacá. Serv. Geol. Nal., informe 952 (inédito), (Conjunto San Gil), Bogotá.

#### 3.2.10.2 Proponente del nombre

“Hubach (1953 en Julivert *et al.*, 1968, p. 494), emplea el término Conjunto de San Gil, para designar un nivel de caliza, arenisca calcárea y esquistos, (...)”.

El nombre fue establecido por Hubach, “para rocas que afloran en la región de San Gil (Departamento de Santander) y que prolonga cartográficamente (1953) hasta la región de Villa de Leiva”, Etayo-Serna (1968 a, p.22-23). Primitivamente llamado “conjunto” y elevado a la categoría de Grupo por Etayo-Serna (1968 a, p.22).



### 3.2.10.3 Derivación del nombre

El nombre deriva del municipio de San Gil (Departamento de Santander).

### 3.2.10.4 Área tipo

La región de San Gil (Departamento de Santander) y la región de Villa de Leiva (Departamento de Boyacá). Hubach (1953 en Etayo-Serna 1968 a, p.22-23).

“Topográficamente la formación se expresa en los cinchos como los que se ven encima de San Gil, en la carretera de San Gil a El Socorro y en el talweg del río Suarez desde Galán hasta Chima.” Hubach (1955c en Julivert *et al.* 1968, p. 494).

### 3.2.10.5 Cronoestratigrafía

Etayo-Serna (1968b, p. 30-37), dividió el Grupo de San Gil en dos Formaciones: Formación San Gil Inferior y Formación San Gil Superior, a su vez la Formación San Gil Inferior, se dividió en cuatro segmentos (A, B, C y D), la fauna colectada en el segmento A, correspondería al Aptiano Superior y la de los segmentos B y D, es asignada al Albiano. La formación San Gil Superior, fue dividida por el mismo autor en dos segmentos (A y B), la fauna colectada es asignada al Albiano medio.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), permiten indicar que la ubicación cronoestratigráfica del Grupo de San Gil es **Aptiano superior – Albiano medio** (muestras SgR135P, SgFES68P, SgJ175P y SgJ085P).

### 3.2.10.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna (1968b, p. 30), dividió el Grupo de San Gil en dos Formaciones: Formación San Gil Inferior y Formación San Gil Superior.

Existe una descripción detallada realizada por Etayo, (1968a, p. 23) y sus anotaciones para la Formación San Gil Inferior son: “Para mejor estudio de esta formación se ha dividido en cuatro segmentos. Segmento inferior A, lo constituyen 140m. de arcillolitas grises, arenosas y muscovíticas, abigarradas de rojo o amarillo por oxidación, con nódulos arcillosos de hasta 5 cm. de diámetro, algunos perfectamente esféricos, otros irregulares. (...) estratigráficamente arriba de lo descrito, intercalaciones de areniscas arcillosas micáceas. Segmento B, aproximadamente 200m. de espesor, consta de calizas macizas, arenosas, fosilíferas, a veces fuertemente cristalizadas, en bancos de hasta 90 cm. de

espesor, en alternancia con arcillolitas o limolitas micáceas. El segmento C está integrado por 25m. de areniscas cuarzosas grises, de grano fino, compactas, muscovíticas, en bancos de hasta 1,50m. de espesor intercaladas con shales grises oscuros. El segmento D o superior, con espesor de 125m., consta de alternancia de bancos calcáreos de hasta 50cm. de espesor, oscuras, muy micáceas y a veces oxidadas, de grano fino a medio, con algunas drusas tapizadas por cuarzo.”

Renzoni (1981, p.41), describe una sucesión de 325 m, por la carretera Vado Real – Santa Ana, correspondientes a la Formación San Gil Inferior, “compuesta por caliza, arenisca calcárea y shales negros y arenisca en una parte intermedia y por arenisca, calizas y shales negros en un parte superior. Se trata de la sucesión que Hubach llamó Conjunto San Gil. ”

Para la Formación San Gil Superior, Etayo-Serna, (1968a, p. 23), anota: “(...); para su estudio se divide esta formación en dos segmentos. El segmento inferior A, con 230 m de espesor consta de lutitas con frecuentes intercalaciones de arenisca o de caliza; a lo largo de la carretera se contó 24 capas visibles de arenisca con espesor promedio de 86cm. cada una. El segmento superior con 390m. presenta neto predominio de shales oscuros, frecuentemente con nódulos arcillosos de hasta 10cm. de diámetro, elipsoidales; con cuatro intercalaciones de *areniscas calcáreas*, con espesor promedio de 1,36 m. cada una. Algunas capas se acuñan.”

Renzoni (1981, p. 41), describe la Formación San Gil Superior, por la carretera Vado Real – Santa Ana, como “un conjunto de shales negros, con intercalaciones de arenisca, de unos 200m aproximadamente. Se trata de la sucesión que Hubach llamó Conjunto San Gil Superior (...).”

### Espesor

Etayo-Serna (1968b, p.31-33), dividió la Formación San Gil Inferior, en cuatro segmentos (A, B, C y D). Al segmento A, le asigna un espesor de 140m, al segmento B, 190m de espesor, al segmento C, 25m de espesor y al segmento D, 125m de espesor, para un espesor total de 480m. El mismo autor dividió la Formación San Gil Superior, en dos segmentos (A y B), el segmento A, tiene un espesor de 230 m y el segmento B 390 m, para un espesor total aproximado de 620m.

En este estudio, al E del Municipio de Sáchica (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 1065 m para el Grupo de San Gil.



### 3.2.10.7 Litología

Al E del Municipio de Sáchica, Boyacá (Transecta 2), se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico del Grupo de San Gil, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Sáchica – Puente Samacá (**Anexo 3.3**). La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 755 y el m 1820, de la sección mencionada.

#### Coordenadas de la poligonal Sáchica - Puente Samacá (origen Bogotá):

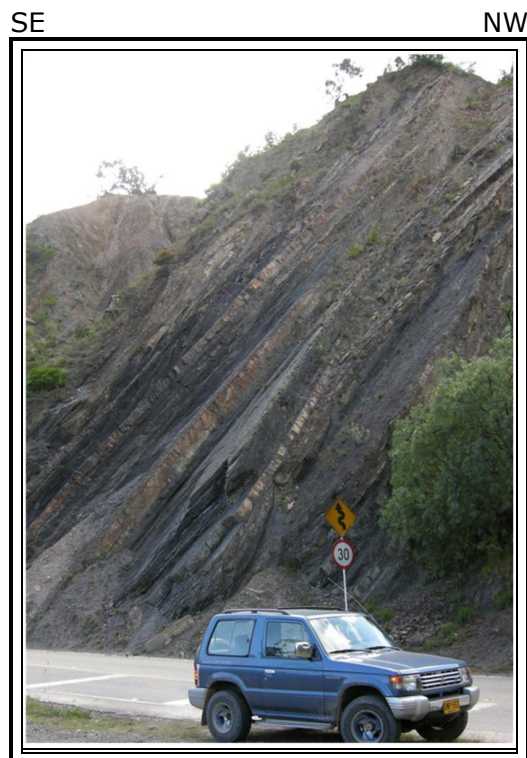
Iniciales: E: 1.061. 951 N: 1.109.781  
Finales: E: 1.063. 471 N: 1.107.412

#### Descripción:

El Grupo de San Gil, en su parte inferior, está constituido a la base por una secuencia de capas medianas a muy gruesas de shales carbonosos, shales arcillosos silíceos y lodolitas silíceas, de color gris a gris oscuro, con interposiciones de lodolitas limosas micáceas, lentes delgados de limolitas oxidadas y algunas interposiciones de lentes gruesos de arenitas lodosas de grano muy fino, estas capas contienen abundante moscovita diseminada, nódulos esféricos centimétricos lodosos y concreciones decimétricas de arenitas de grano fino, con pirita fina diseminada, se reconocen amonitas, gasterópodos y estructuras biogénicas. Un nivel intermedio constituido por capas medianas a muy gruesas, subtabulares a lentiformes conectadas de arenitas lodosas de grano muy fino a fino, moscovíticas, de color gris a verde, cementadas, con nódulos limosos y venas de yeso y calcita, estas arenitas se encuentran separadas por niveles gruesos de shales arcillosos grises oscuros, localmente con bivalvos y nódulos limosos; hacia el tope de este nivel se reconoce una sucesión potente de shales arcillosos silíceos, de color gris oscuro. Un nivel superior constituido a la base por capas gruesas de lodolitas arenosas moscovíticas, calcáreas, de color gris, que contienen concreciones arenosas y calcáreas, por encima de estas capas se reconocen calizas bioclásticas rojizas, en capas gruesas, con abundante contenido de conchas de bivalvos y ostras, cortadas por venillas de calcita, interpuestas con capas gruesas y muy gruesas de arenitas lodosas, de grano muy fino a fino, cementadas, color gris claro a verdoso, con concreciones arenosas de tamaño decimétrico con moldes de bivalvos, gasterópodos, ostras y fragmentos de huesos. Al tope interposiciones de paquetes gruesos de shales arcillosos, algunos moscovíticos y carbonosos, de color gris oscuro y capas gruesas de arenitas lodosas, de grano muy fino, con cemento calcáreo, color púrpura a gris verdoso, con venas de calcita, conchas de ostras, bivalvos y espículas de equinodermos.



El Grupo de San Gil en su parte superior está constituido hacia la base por capas medianas a gruesas, subtabulares y lentiformes de arenitas líticas a sublíticas de grano fino, color gris verdoso, moscovíticas, localmente fosilíferas, interpuestas con niveles gruesos de capas delgadas de lodolitas arenosas y lodolitas grises oscuras a verdosas, moscovíticas, bioturbadas, localmente con restos carbonizados y capas delgadas y medianas de shales silíceos, moscovíticos, algunos carbonosos, de color gris oscuro a negro, con concreciones ferruginosas y venillas de yeso e interposiciones de lentes delgados a gruesos de limolitas rojizas y arenitas calcáreas finas, con conchas de bivalvos y venillas de calcita. Hacia el tope una sucesión de shales silíceos, algunos carbonosos y lodolitas negras carbonosas, en capas delgadas a medianas, con lentes delgados de limolita, con abundante yeso diseminado y lentes gruesos de arenitas lodosas, calcáreas, sublíticas, con venas de calcita, trazas de glauconita y localmente concreciones septarias; esta sucesión presenta frecuentes interposiciones de calizas bioclásticas negras, con abundantes conchas de bivalvos, algunas contienen amonitas mal preservadas, e interposiciones de limolitas y arenitas calcáreas y sublíticas, de grano muy fino a fino, negras, con abundantes moldes de bivalvos, venas de calcita, localmente glauconita y concreciones de limolitas silíceas.



**Foto J100.** Estación J100: Nivel de interposiciones delgadas a gruesas lentiformes y subtabulares de limolitas silíceas negras, con niveles arenosos duros, muy cementados, se interponen también shales y lodolitas carbonosas, al tope calizas terrígenas. Carretera Pte. Samacá – Sáchica.

En el extremo occidental de la Transecta 2, en el sector comprendido entre los municipios de Villa de Leiva-Sáchica-Sutamarchán, se reconocen afloramientos del Grupo de San Gil en donde predominan niveles gruesos de lodolitas yesíferas y moscovíticas, localmente arenosas, con fragmentos de bivalvos y concreciones decimétricas limolíticas, con núcleos calcáreos y macizos; se interponen lentes medianos e irregulares de calizas bioclásticas alteradas, de color pardo amarillo a rojizo, con conchas finas y orientadas de ostras y bivalvos, en ocasiones se observan lodolitas caoliníticas de color gris claro a blanco y shales arcillosos micáceos.



**Foto R136b.** Estación R136: Capas gruesas y muy gruesas, subtabulares de calizas lumaquéllicas, color gris oscuro a negro, con venas centimétricas a decimétricas de calcita y cuarzo, al tope de las capas se observan ondulitas de corriente Grupo de San Gil.

#### Génesis:

Según Etayo-Serna (1968b, p. 34), el segmento inferior A de la Formación San Gil Inferior, respecto al conjunto infrayacente, destaca por su contenido arenoso y por el aumento en la riqueza de moluscos; lo que indica el progresivo establecimiento de la zona nerítica, la cual quedó definida durante la sedimentación de las capas calcáreas del segmento B; a partir del segmento C, hubo constantes aportes detríticos. Intermitentemente hubo fondo agitado e inestable. Por lo tanto, estos sedimentos se habrían acumulado sobre una plataforma progresivamente más móvil.



Para la Formación San Gil Superior, Etayo-Serna (1968b, p. 37), interpreta un ámbito sedimentario con restricción progresiva en cuanto a aireación del fondo, produciendo condiciones reductoras que cesaron intermitentemente para dar margen a vida bentónica. En el tiempo de sedimentación del segmento superior de la Formación ceden las condiciones anteriores y comienza especialmente hacia el oriente, la influencia de una zona fuente de clásticos cuarcíticos.

#### Otros aspectos:

La Formación San Gil Superior se caracteriza por formar escarpes que contrastan con los valles que representan a la infrayacente Formación Paja y a la parte inferior de la suprayacente Formación San Gil Superior.

#### 3.2.10.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

El contacto inferior con la infrayacente Formación Paja es gradacional. Etayo-Serna (1972, p. 387).

En la sección estratigráfica Sáchica – Puente Samacá, el límite inferior del Grupo de San Gil con la infrayacente Formación Paja, se sitúa en el metro 755 de la columna con coordenadas E: 1.062.301, N: 1.108.599; la naturaleza del contacto es transicional y se marca en la base de un paquete de shales carbonosos negros y lodolitas micáceas de color gris claro con lentes delgados y nódulos centimétricos de limolitas oxidadas.

##### Límite superior:

El contacto superior con el suprayacente Grupo Churuvita es concordante. Etayo-Serna (1972, 387).

#### 3.2.10.9 Reseña histórica

Etayo-Serna (1968b, p.59-60), quien dividió el Grupo de San Gil en dos Formaciones: Formación San Gil Inferior y Formación San Gil Superior, realizó una descripción detallada y sus anotaciones para la Formación San Gil Inferior son:

“HUBACH (1955, columna) considera como Conjunto de San Gil lo que someramente define en su columna estratigráfica compendiada de la región de Oiba, Barbosa, Arcabuco, con la descripción siguiente: “Caliza y esquisto arcilloso; Arenisca calosa”, respectivamente, de yacente a techo. (...). HUBACH había empleado anteriormente este término en Santander (1953, inf. 952).



Cartográficamente HUBACH (1955, mapa) extiende esta unidad casi hasta Sutamarchán; a esta unidad también da expresión cartográfica JULIVERT (1958, fig.2), y corresponde con algún cambio de facies a la Formación Calizas del Tablazo.”

Para la Formación San Gil Superior, Etayo-Serna (1968b, p.60), anota: “En la misma columna HUBACH (op.cit.) describe arriba de las capas anteriores “Esquistos arcillosos franjeados, piríticos. Arenisca Arcillosa”. Aunque tal descripción es somera abarca los principales caracteres que se ha señalado de las capas denominadas *Conjunto lutítico oscuro*. JULIVERT (1958, fig.3) señala estas capas sin denominarlas, aproximadamente con igual distribución cartográfica que la dada por HUBACH (op.cit.).”

#### 3.2.10.10 Subdivisión

Etayo-Serna (1968b, p.30-37), dividió el Grupo de San Gil en dos Formaciones: Formación San Gil Inferior y Formación San Gil Superior, a su vez la Formación San Gil Inferior, fué dividida en cuatro segmentos (A, B, C y D) y la Formación San Gil Superior, en dos segmentos (A y B).

#### 3.2.10.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Julivert *et al.* (1968, p. 494), hace la siguiente anotación: “esta formación aflora junto a San Gil (al S de Bucaramanga) y se corta a la salida de esta población por la carretera que va a Barichara. La Caliza de San Gil se encuentra bien representada por todo el Valle de Suarez, (...)”

Etayo-Serna (1968b, p. 31), en su descripción de la Formación San Gil Inferior, anota: “Se manifiesta como respaldo occidental franjeado del Anticlinal de Oiba; se reconoce formando el Sinclinal de Leiva – Ráquira y estructuras adyacentes hacia el oriente; su expresión morfológica es el contrafuerte que define estas estructuras desde Sáchica hasta Tinjacá. Al oriente constituye franja que corre paralelamente al margen oriental del núcleo del Anticlinal de Arcabuco.”

Para la Formación San Gil Superior, Etayo-Serna (1968b, p. 34), anota: “Aflora en el flanco occidental del Anticlinal de Oiba; en la región meridional del Sinclinal de Leiva-Ráquira, y se extiende como franja que enrumba paralelamente al flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco”.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad: En la Transecta-2 (Sutamarchán- Ururia), Plancha 191 – Tunja, por la carretera que conduce desde el Puente Samacá a Sáchica (Boyacá).



### Variación lateral:

En las secciones estratigráficas levantadas en el área de la Transecta-2 en carretera Puente de Samacá- Sáchica (Etayo-Serna, 1968 y Geosearch Ltda., 2008) y en el área de la Transecta-3 sobre la carretera Vado Real-Santa Ana (Ospina en Renzoni, 1981), se nota una disminución en el espesor de las unidades que conforman el Grupo de San Gil hacia el norte.

### Correlación:

La Formación San Gil Inferior, se correlaciona con parte de la Formación Tibasosa y la Formación San Gil Superior se correlaciona con parte de la Formación Tibasosa y con parte de la Formación Une, Renzoni (1981, p.41).

La Formación San Gil Inferior puede corresponder a la Caliza de Tablazo del Valle Medio del Magdalena, mientras que la Formación San Gil Superior se correlaciona con el Shale de Simití, también de la región del Magdalena Medio. Etayo-Serna (1972, p.388).

#### 3.2.10.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo es cerca al municipio de San Gil (Departamento de Santander). Etayo-Serna (1972, p.387)

### **3.2.11 Formación Churuvita (Cenomaniano)**

Esta es la unidad inferior del "Grupo Churuvita". El nombre del grupo fue propuesto por Etayo-Serna (1968b, p. 38), quien, en el área de Villa de Leiva lo dividió, en dos formaciones denominadas Formación Churuvita y Formación San Rafael.

En este estudio se observó el Grupo Churuvita en la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera que conduce de Ramiriquí a Rondón; plancha 191-Tunja; y en la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), cerca a Firavitoba, en inmediaciones de la carretera que conduce desde este municipio a Tibasosa; en la vía que conduce de El Lago Sochagota a Duitama y por la carretera Paipa - Duitama, plancha 171-Duitama. En estos sectores no se diferenciaron las formaciones Churuvita y San Rafael, por lo tanto se cartografió, como **Grupo Churuvita**.





#### 3.2.11.1 Referencia original

Etayo-Serna, F., 1968. Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Boletín Geológico, Universidad Industrial de Santander. 21:19-32, 4 figs. 1 tab., 1 mapa. Bucaramanga, Colombia.

#### 3.2.11.2 Proponente del nombre

El nombre de la Formación Churuvita fue propuesto por Etayo-Serna (1968 a, p.23) para describir un conjunto alternante de calizas, areniscas y lutitas.

#### 3.2.11.3 Derivación del nombre

El nombre deriva de la Quebrada Churuvita, tributario del Río Samacá, Etayo-Serna (1972, p.388), que fluye sobre el eje del Sinclinal de Churuvita.

#### 3.2.11.4 Área tipo

Esta formación "aflora en el flanco occidental del Anticlinal de Oiba y forma el contrafuerte meridional del Sinclinal de Leiva-Ráquira, cubriendo los vértices noroccidental y suroccidental de las hojas Leiva y Ráquira respectivamente. Al oriente se extiende constituyendo ancha franja replegada que corre paralela al rumbo general del Anticlinal de Arcabuco." Etayo-Serna (1968b, p.38).

#### 3.2.11.5 Cronoestratigrafía

Para la datación de estas capas, Etayo-Serna (1968b, p.41), tuvo en cuenta especialmente la fauna de cefalópodos de las capas infra y suprayacentes asignando a la Formación Churuvita una edad cenomaniana especialmente. Un ejemplar de *Venezolicerias*, recolectado por C. E. Acosta, al sureste del convento de La Candelaria, fue situado estratigráficamente hacia la base de la formación Churuvita, considerando que probablemente representaría el Albiano superior. Etayo-Serna (1968b, p.41).

Según fauna recolectada por Caicedo (2005, p.36), en la sección tipo, la Formación Churuvita abarcaría casi todo el Cenomaniano, con el límite Albiano – Cenomaniano, en la parte inferior del Miembro Inferior y el límite Cenomaniano – Turoniano en la parte superior del Miembro Superior.

Gaona (2004, en Caicedo, 2005, p.37) considera "que los niveles donde abunda el bivalvo *Afrogyra africana* (Lamarck) en el Miembro Superior de la Fm Churuvita y en la base de la Fm Simijaca, permiten reconocer el Cenomaniano superior en la región de Villa de Leiva."



Los datos bioestratigráficos del presente estudio (ver anexo paleontológico), permiten situar a la Formación Churuvita en el **Cenomaniano** (muestras SgFES20P, SgFES21P, SgFES22P, SgFES23P y SgM14P).

### 3.2.11.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna (1968b, p. 38-40), dividió el Grupo Churuvita en dos formaciones, Formación Churuvita y Formación San Rafael, a su vez la Formación Churuvita fue dividida en 3 segmentos (A, B y C).

El inferior A, consta de "areniscas grises, cuarzosas, muscovíticas, con tamaño de grano fino, estratificadas en bancos gruesos, en algunos de los cuales puede observarse estratificación cruzada". Etayo-Serna (1968b, p.38). En la descripción de este segmento, Etayo-Serna (1968b, p.38), contó 24 bancos de areniscas con espesor promedio de 1.78m; 7 capas calcáreas con espesor promedio de 14.28 cm; las capas restantes corresponden a intercalaciones arcillolíticas o limolíticas.

El segmento B, "presenta bancos lumaquéllicos calcáreos o calcáreo-arcillosos, en alternancia con arcillolitas o limolitas, y areniscas cuarzosas de grano angular a subangular, con hojuelas de muscovita, y gruesamente estratificadas. Las arcillolitas presentan frecuentemente numerosos nódulos arcillosos que no sobrepasan los 5 cm. de diámetro. Las areniscas se presentan en 19 bancos con 92cm. de espesor promedio cada uno, y los bancos lumaquéllicos en número de 27, tienen espesor promedio de 71 cm. cada uno."

El segmento superior C "presenta alternancia de arcillolitas o limolitas con bancos macizos de arenisca de grano fino y medio, y con bancos calcáreos macizos; se contó 28 capas de arenisca con espesor promedio de 2.26m. de espesor cada una y 23 bancos calcáreos con espesor promedio de 1.80 m cada uno."

#### Espesor

Etayo-Serna (1968b, p. 38-40), para el segmento A de la Formación Churuvita, reporta 100m de espesor aproximado, para el segmento B, 73 m de espesor y para el segmento C, 225m (incompleto).

Terraza (2004, en Caicedo, 2005, p.31), asigna un espesor de 411 m, medidos en la carretera Chiquinquirá – Sutamarchan y 413 m medidos en la sección San Miguel de Sema, estas secciones "corresponden a los segmentos C, D y E de la Arenisca de Chiquinquirá y que corresponden a los miembros inferior, medio y superior de la Fm Churuvita respectivamente." Caicedo (2005, p.24).



Terraza y Tchegliakova (2005, p.42), consideran que la Formación Areniscas de Chiquinquirá, está conformada por 5 segmentos y asignan a la unidad un espesor que oscila entre 780-884 m.

En este estudio, se considera como espesor de la Formación Churuvita el medido por Caicedo (2005, p.24), en la sección tipo de la unidad, que corresponde a 508m.

### 3.2.11.7 Litología

Al E del Municipio de Sáchica, Boyacá (Transecta 2), se revisó en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación Churuvita, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Quebrada Churuvita – Puente Samacá (**Anexo 3.4**). La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 173.5 y el m 690, de la sección mencionada.

#### Coordenadas de la poligonal Churuvita - Puente Samacá (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.061. 951 N: 1.109.781  
Finales: E: 1.063. 471 N: 1.107.412

#### Descripción:

En la sección estratigráfica Quebrada Churuvita – Puente Samacá, la Formación Churuvita en su parte inferior consta de intercalaciones de capas de arenitas con capas de lodolitas, con predominio de las primeras. Las arenitas son de grano muy fino a medio, algunas corresponden a arenitas lodosas, color gris, contienen moscovita y glauconita, afloran en bancos, presentan fósiles especialmente de bivalvos, escasos equinodermos y espinas de peces. Las lodolitas son de color gris claro a oscuro, con laminación planoparalela, se observan sucesiones espesas de shales negros.

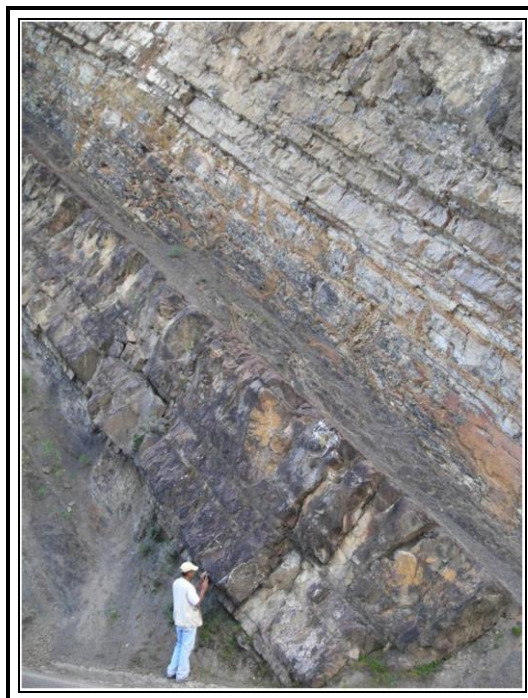
Un nivel intermedio, constituido por intercalaciones de capas de lodolitas, arenitas y lumaquelas arenosas. Las lodolitas son de color gris claro a oscuro, con laminación planoparalela. Las arenitas son de grano medio a muy fino, de color gris, con glauconita y moscovita, presenta fósiles de bivalvos y escasas madrigueras horizontales y verticales. Las lumaquelas corresponden a capas de packstones arenosos, con fósiles especialmente de bivalvos. **Foto J98**

La Formación Churuvita en su parte superior, está constituida por intercalaciones de capas de arenitas, lodolitas y calizas arenosas. Las arenitas son de grano medio a muy fino, contienen glauconita y moscovita, se presentan en sucesiones grano y estratocrecientes, contienen fósiles de bivalvos, con escasas madrigueras

horizontales y verticales. Las lodolitas son de color gris claro a oscuro y las calizas corresponden a packstone y wackestones. **(Foto R131a).**



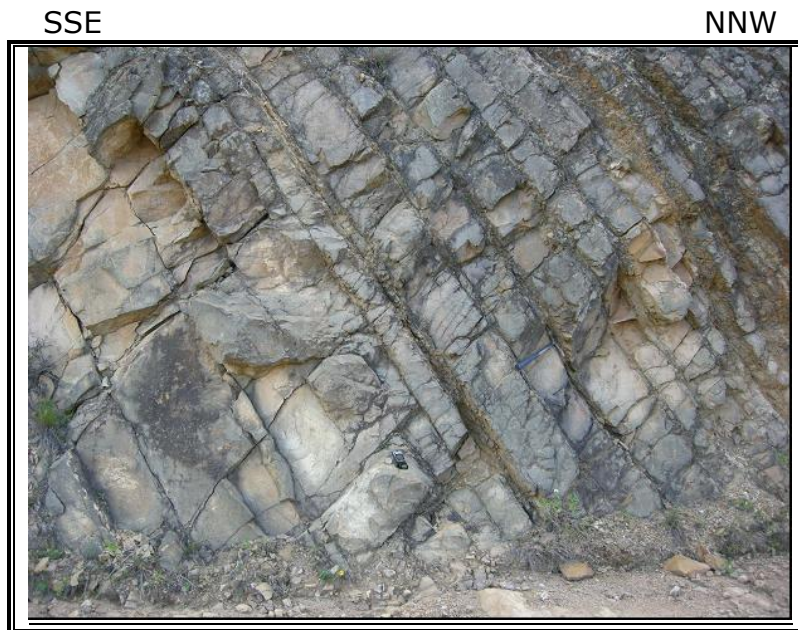
**Foto J98** Estación J98: Interposiciones de capas gruesas y muy gruesas subtabulares de arenitas sublíticas de grano fino, color gris, al tope calizas lumaquéllicas de color pardo oscuro, se interponen niveles de shales grises.



**Foto R131a.** Estación R131: Capas muy gruesas de lumaquelas, de color gris oscuro, y capas delgadas a muy gruesas de arenitas calcáreas de grano muy fino, color gris oscuro, se interponen paquetes gruesos a muy gruesos de shales grises oscuros. Carretera Puente Samacá – Sáchica. Formación Churuvita.



Sobre un carreteable que comunica a los municipios de Samacá y de Sáchica, se observa una sucesión estrato adelgazante y grano decreciente de arenitas cuarzosas de grano fino a muy fino, cementadas, con glauconita, moscovita y acumulaciones de conchas desarticuladas de bivalvos y ostras al tope de los estratos, en capas tabulares y subtabulares, con contactos netos y laminación ondulada; se interponen niveles medianos a gruesos en el tope de lodolitas y shales arenosos, silíceos, de color gris oscuro, moscovíticos, bioturbados.



**Foto J78.** Estación J78: secuencia estrato adelgazante y grano decreciente de capas subtabulares, gruesas a medianas, de arenitas cuarzosas de grano medio a fino, al tope con interposiciones de lodolitas arenosas de color gris. Formación Churuvita en el carreteable Samacá- Sáchica.

#### Génesis:

Etayo-Serna (1968b, p.55), hace las siguientes consideraciones: "El desarrollo de una facies arenosa (Segmento A. F. Churuvita) seguido por una facies calcáreo – arcillosa con *Exogyra squamata* (segmento B) revela el establecimiento de condiciones de fondo propicias para el desarrollo de un bentos rico en lamelibranquios y equinodermos, amén de la existencia de corrientes activas oriente-occidente que contribuyeron al desarrollo lenticular de los niveles lumaquéllicos; la facies deviene luego calcáreo-arenosa (segmento C) para cambiar a lutítica. La facies lutítico-arenosa subsiguiente con incremento arenoso hacia la parte superior es reflejo de condiciones sedimentarias con algunos momentos de menor comunicación con el mar libre."





Otros aspectos:

"Etayo-Serna (1968) plantea un rápido aumento en el espesor de todas las unidades cretácicas que afloran en el área de Villa de Leiva (incluyendo a la Fm. Churuvita) y lo asocia a una subsidencia continua aunque sin grandes variaciones respecto a la profundidad inicial en el mar." Caicedo (2005, p.31).

3.2.11.8 Límites y contactos

Límite inferior:

El contacto de la Formación Churuvita con el infrayacente Grupo de San Gil es concordante en algunas localidades y en otras es transicional. Etayo-Serna (1972, p.388)

El contacto entre las Formaciones San Gil Superior y Churuvita es un contacto neto. Caicedo (2005, p.22). El trazo del contacto entre el Grupo de San Gil y la Formación Churuvita, se hace en donde predominan las capas de arenitas sobre las capas de lodolita. Caicedo (2005, p.22).

Límite superior:

La relación de la Formación Churuvita con la suprayacente formación San Rafael es concordante. Etayo-Serna (1972, p. 388).

"El contacto entre las Formaciones Churuvita y San Rafael, es neto; separando rocas de cuarzoarenitas con intercalaciones de lodolita laminada del tope de la Fm Churuvita y lodolitas laminadas con intercalaciones de calizas micríticas del tope de la Fm San Rafael. Desde el punto de vista del contenido de lodolita, debido a que la Fm Churuvita, presenta mayores intercalaciones de lodolita laminada al tope de la unidad, un contacto transicional entre las dos unidades podría ser planteado; sin embargo, el contacto se define como neto y se traza en el tope de la arenita más alta de la Fm Churuvita." Caicedo (2005, p.22).

En la sección estratigráfica San Rafael (**Anexo 3.6**), levantada en este estudio, el límite superior de la Formación Churuvita con la suprayacente Formación San Rafael, se sitúa en el metro 6,5 de la columna con coordenadas E: 1.062.229, N: 1.103.509; la naturaleza del contacto es neto y se marca en la base de una sucesión de shales lodosos grises, que suprayacen a arenitas cuarzosas de grano fino a medio, de color gris a amarillo, pertenecientes a la Formación Churuvita.



### 3.2.11.9 Reseña histórica

El nombre Formación Churuvita, fue propuesto por Etayo-Serna (1968 a, p.60), "para las capas que afloran entre las estaciones 36-45 de la poligonal por la carretera Sáchica – Puente Samacá. Consta esta formación de tres miembros: el inferior arenoso, el intermedio lumaquético y el superior constituido por bancos macizos, calcáreos o arenosos, con predominio de estos últimos. (...). Tanto HUBACH (1955, mapa) como JULIVERT (1958 b) han cartografiado esta capas al oriente de la región de Chiquinquirá (occidente de Tinjacá – Sutamarchan)."

### 3.2.11.10 Subdivisión

Etayo-Serna (1968b, p.38), dividió el Grupo Churuvita en dos formaciones, Formación Churuvita y Formación San Rafael, a su vez la Formación Churuvita fue dividida en 3 segmentos (A, B y C).

### 3.2.11.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Esta formación "aflora en el flanco occidental del Anticlinal de Oiba y forma el contrafuerte meridional del Sinclinal de Leiva-Ráquira, cubriendo los vértices noroccidental y suroccidental de las hojas Leiva y Ráquira respectivamente. Al oriente se extiende constituyendo ancha franja replegada que corre paralela al rumbo general del Anticlinal de Arcabuco." Etayo-Serna (1968b, p.38).

En general esta formación aflora en la región de Villa de Leiva; al oriente de la región de Chiquinquirá (Boyacá) y entre los Municipios de Ubaté y Carmen de Carupa (Cundinamarca).

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Churuvita: 1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera que conduce de Ubaté a Sutatausa; por la carretera que conduce de Ubaté a Carmen de Carupa (Cundinamarca) y por la Vereda Patera, cerca a la Laguna de Cucunuba; planchas 209-Zipaquirá y 190-Chiquinquirá 2) En la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia), por la carretera que conduce de Puente Samacá a Sáchica y por la carretera que conduce de Samacá a Sáchica, planchas 190-Chiquinquirá y 191-Tunja.

#### Variación lateral:

En general la formación cambia de facies hacia el oeste donde es más arenácea y se adelgaza hacia el norte. Etayo-Serna (1979, p.388).



Según Caicedo (2005, p.22), la "Fm (*sic.*) Churuvita pierde hacia el oeste su carácter calcáreo, mientras que la parte alta de la Fm (*sic.*) San Gil Superior contiene cuerpos arenosos cada vez más gruesos, generando así un contraste morfológico abrupto a partir de la base del cuerpo arenítico de la parte alta de la Fm (*sic.*) San Gil Superior, gracias al contraste litológico con la parte inferior de la misma unidad."

#### Correlación:

La Formación Churuvita se correlaciona, en parte con las formaciones Une y Chipaque del oriente de la Sabana de Bogotá. Etayo-Serna (1972, p. 389).

Caicedo (2005, p. 38), plantea la correlación litológica entre los segmentos D y E de la Arenisca de Chiquinquirá, con los Miembros Medio y Superior de la Fm Churuvita, respectivamente y anota: "La diferencia más notoria entre los dos sectores, es la disminución en cantidad y espesor, de las capas de conchas en el sector de Chiquinquirá (Terraza, 2004), lo cual podría estar relacionado con la menor disponibilidad de conchas en el medio de depósito."

#### 3.2.11.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo de la Fm Churuvita es la carretera Puente Samacá – Sáchica, desde la estación 35 hasta la estación 45, Etayo-Serna (1968 a, p. 23), esta carretera corresponde a un tramo de la actual carretera que de Tunja conduce a Chiquinquirá en el Departamento de Boyacá.

### **3.2.12 Formación San Rafael (Turoniano inferior alto al Turoniano superior)**

Esta es la unidad superior del "Grupo Churuvita". Arriba se mencionó que el nombre del grupo fue propuesto por Etayo-Serna (1968b, p. 38). También se anotó que por la carretera que conduce de Ramiriquí a Rondón (transecta-2), y cerca a Firavitoba, en la vía El Lago Sochagota-Duitama y por la carretera Paipa-Duitama (transecta-3), no se diferenciaron las formaciones Churuvita y San Rafael, por lo que se cartografiaron como **Grupo Churuvita**.

#### 3.2.12.1 Referencia original

Etayo-Serna, F., 1968. Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Boletín Geológico, Universidad Industrial de Santander. 21:19-32, 4 figs. 1 tab., 1 mapa. Bucaramanga, Colombia.



### 3.2.12.2 Proponente del nombre

El nombre de la Formación San Rafael fue propuesto por Etayo-Serna (1968 a, p.24) para describir a las capas que afloran en su localidad tipo, en la quebrada que nace 200 m al sur del Chircal San Rafael. Etayo-Serna (1979, p. 7).

### 3.2.12.3 Derivación del nombre

El nombre deriva de la quebrada que nace al sur del Chircal San Rafael.

### 3.2.12.4 Área tipo

Esta formación "aparece al oriente del Anticlinal de Arcabuco; constituye el núcleo del Sinclinal de Churuvita." Etayo-Serna (1968b, p.42).

### 3.2.12.5 Cronoestratigrafía

Sobre la edad de esta unidad, Sánchez-Quiñonez y Tchegliakova (2005, p.99), anotan: "La edad de la Formación San Rafael se ha determinado como Turoniano con microfósiles (Etayo-Serna 1968 a, b; Villamil, 1996; Feldmann *et al.* 1999). Con foraminíferos planctónicos, amonitas e inocerámidos Villamil & Arango (1998) la asignan al Turoniano temprano, en los primeros metros de la base de la Formación San Rafael, en la Sección Tipo."

Los fósiles colectados durante la fase de campo del presente estudio (anexo paleontológico), permiten ubicar cronoestratigráficamente la Formación San Rafael en el **Turoniano inferior alto a Turoniano superior** (muestras SgSR2P, SgSR3P, SgR132P, SgJ072P, SgJ074P, SgJ096P, SgFES24P, SgFES1P y SgFES2P: las dos últimas se colectaron en la unidad cartografiada como **Grupo Churuvita**).

### 3.2.12.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna (1968b, p. 42-43), dividió esta formación, en A) "Conjunto de shales grises con bancos calcáreos hacia la base" y en B) Limolitas silíceas. El primero (A), lo estudió en dos secciones: en la quebrada Aposentos y en la quebrada que nace al sur del Chircal San Rafael (Localidad Tipo). En la Sección de la quebrada Aposentos, la unidad fue dividida en dos segmentos, el segmento inferior A, que "consta de intercalaciones calcáreas delgadas y arrosariadas, como paso gradual al conjunto calcáreo-arenoso infrayacente". Este segmento contiene concreciones calcáreas, algunas hasta de 80 cm, amonitas y lamelibranquios. Etayo-Serna



(1968b, p. 42). Y el segmento superior B "constituido casi exclusivamente por shales." Etayo-Serna (1968b, p. 42).

Las limolitas silíceas (B), "afloran junto con la parte A infrayacente y forman además franja delgada alrededor del flanco oriental del Anticlinal de Vélez-Casablanca. Su mejor afloramiento se halla detrás del Chircal San Rafael, donde fue medido así: dos conjuntos de capas silíceo-limolíticas con 7 y 3 m de espesor, respectivamente, separados por 4 m de shales grises oscuros. La estratificación de las capas limolíticas oscila entre 3-20 cm; son silíceas especialmente en puntos determinados. Tanto en el conjunto inferior como en el superior suele encontrarse amonitas aplastadas (*Hoplitoides?*)."

En Etayo-Serna (1968 a, p.24), se describe esta formación, en la localidad tipo, 200 m al occidente del Chircal San Rafael, de la siguiente manera: "consta de dos segmentos. El inferior A, lo constituyen aproximadamente 60 m de shales negros, con bancos calcáreos, presentándose estos especialmente hacia el yacente. El segmento superior B, consta de limolitas silíceas estratificadas en lechos de 3 a 20 cm de espesor; hacia la parte superior presenta una intercalación de 3 m de shales negros; (...)."

#### Espesor

En la sección de la quebrada Aposentos el segmento inferior A, tiene un espesor de aproximadamente 17 m y el segmento superior B, aproximadamente 45 m, para un total de 62 m. Etayo-Serna (1968 b, p.42).

En la sección Chircal San Rafael, el segmento inferior A, tiene 60 m de espesor y el segmento superior B, 14 m, para un total de 74 m. Etayo-Serna (1968 a, p.24).

En este estudio se midió en la sección estratigráfica San Rafael un espesor de 133 m para la unidad.

#### 3.2.12.7 Litología

Al sureste del Municipio de Sáchica, Boyacá (Transecta-2), se revisó en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación San Rafael, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica San Rafael (**Anexo 3.6**). La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 6.5 y el m 139.5, de la sección mencionada.

Coordenadas de la poligonal Churuvita - Puente Samacá (origen Bogotá):



Iniciales: E: 1.062. 218 N: 1.103.522  
Finales: E: 1.062. 392 N: 1.103.182

Descripción:

La Formación San Rafael consta de una sucesión de capas delgadas a muy gruesas, subtabulares y lentiformes de shales lodosos grises, algunos shales y lodolitas arcillosas pardas con restos vegetales carbonizados, escamas de peces y concreciones ferruginosas; se interponen en esta secuencia capas muy delgadas a gruesas de cuarzoarenitas de grano muy fino a medio, con moldes de bivalvos, ostras, gasterópodos y capas delgadas de limolitas arenosas con restos de peces y limolitas silíceas grises con impresiones de amonitas y cangrejos. **(Foto SR5)**. También se interponen lentes delgadas y medianos de calizas lumaquéllicas, de limolitas silíceas y arenitas lodosas con restos de peces (escamas y vértebras).



**Foto SR5.** Sección estratigráfica San Rafael: La mitad inferior corresponde a una secuencia homogénea de capas delgadas y medianas tabulares de limolitas silíceas grises. La mitad superior corresponde a intercalaciones de shales en niveles muy gruesos y gruesos con limolitas silíceas en capas delgadas.

Sobre la carretera Puente de Samacá – Sáchica cerca al puente de la Quebrada Churuvita, se observa un afloramiento bastante replegado y deformado de limolitas silicificadas de color gris a gris pardo, con moscovita diseminada, fracturadas, oxidadas, con impresiones de amonitas deformadas y cangrejos, en capas delgadas y medianas, tabulares y lentiformes, con laminación plana y levemente ondulada, ocasionalmente contienen nódulos ferruginosos.



### Génesis:

Para el "Conjunto de shales grises con bancos calcáreos hacia la base", Etayo-Serna (1968b, p.43) considera que: "El ámbito de sedimentación para las capas inferiores de este segmento tuvo relativa agitación del fondo; en contraste las capas arcillolíticas superyacentes (shales) más ricas en impresiones de *Inoceramus* e impresiones de cefalópodos hablan a favor de un medio mucho más tranquilo y con substrato blando".

### Otros aspectos:

Esta unidad se encuentra afectada por replegamiento. (Etayo-Serna 1968 b, p.42)

### Límites y contactos

#### Límite inferior:

La relación de la Formación San Rafael con la infrayacente Formación Churuvita es concordante. Etayo-Serna (1972, p. 388).

En la sección estratigráfica San Rafael, levantada en este estudio, el límite inferior de la Formación San Rafael con la infrayacente Formación Churuvita, se sitúa en el metro 6,5 de la columna con coordenadas E: 1.062.229, N: 1.103.509; la naturaleza del contacto es neto y se marca en la base de una sucesión de shales lodosos grises, que suprayacen a arenitas cuarzosas de grano fino a medio, de color gris a amarillo, pertenecientes a la Formación Churuvita.

#### Límite superior:

La Formación San Rafael subyace a la Formación Conejo en contacto transicional. Sánchez-Quiñonez y Tchegliakova (2005, p.100).

En la sección estratigráfica San Rafael, levantada en este estudio, el límite superior de la Formación San Rafael con la suprayacente Formación Conejo, se sitúa en el metro 139,5 de la columna con coordenadas E: 1.062.372, N: 1.103.304; la naturaleza del contacto es transicional rápido y se marca donde empiezan a ocurrir capas gruesas de lodolitas grises con interposiciones de arenitas lodosas de grano muy fino, que suprayacen a un segmento de interposiciones gruesas de shales y de limolitas silíceas, laminadas, fracturadas, en capas delgadas, que corresponden a la Formación San Rafael.



### 3.2.12.8 Reseña histórica

Acerca de la Formación San Rafael, Etayo-Serna (1968b, p.61), anota: "Por encima de los niveles arenosos que HUBACH consideró como A. de Une, describió "Esquistos arcillosos y caliza local", que denominó "Conjunto de Chipaque", asignándolo con duda al Cenomaniano. Estas capas podrían corresponder a lo que se ha denominado en el presente trabajo "Conjunto de shales grises con bancos calcáreos hacia la base". El "Conjunto de Chipaque" de Hubach (op.cit) equivale a parte de la Formación Churuvita. La Formación en cuestión sería correlacionable con el "Miembro lidítico calcáreo de la Frontera" (Hubach 1957, en Ingeominas, 1994, p. 41), del cual Royo y Gómez (1940 e, p.211) menciona fauna turoniana.

### 3.2.12.9 Subdivisión

Etayo-Serna (1968b, p. 42-43), dividió esta formación, en A) "Conjunto de shales grises con bancos calcáreos hacia la base" y en B) Limolitas silíceas. El primero (A), lo estudió en dos secciones: en la quebrada Aposentos y en la quebrada que nace al sur del Chircal San Rafael (Localidad Tipo). En la Sección de la quebrada Aposentos, la unidad fue dividida en dos segmentos, el segmento inferior A y el segmento superior B.

En Etayo-Serna (1968 a, p.24), esta formación fue dividida en la localidad tipo, en dos segmentos: el inferior A y el superior B.

### 3.2.12.10 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

"La Formación San Rafael aflora al este de la Serranía de Arcabuco; es expuesta a lo largo del eje del sinclinal de Churuvita y en los dos flancos del Anticlinal de la Loma de Vélez". Sánchez-Quiñonez y Tchegliakova (2005, p.100).

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación San Rafael, en la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia), por la carretera que conduce de Samacá a Sáchica (**Foto R111**), cerca al Chircal San Rafael y a la Quebrada Churuvita, plancha 191-Tunja.

#### Variación lateral:

En el área de trabajo esta unidad mantiene constantes sus características litológicas y el espesor.



**Foto R111.** Estación R111: Vía Samacá – Sáchica, desvío por carretera destapada que conduce a las ladrilleras. Afloramiento plegado y fracturado, son capas delgadas y medianas tabulares, de lodolitas y limolitas silíceas, de color gris claro a crema. Formación San Rafael.

#### Correlación:

Etayo-Serna (1968b, p.61), correlaciona litológicamente a la Fm San Rafael "con el "Miembro lidítico calcáreo de la Frontera" (Hubach, 1957, p.41), (...)."

De acuerdo con Terraza (2004, p. 169), "Cáceres *et al.* (1970) indican que la Formación La Frontera cartografiada en el cuadrángulo L-10-Fusagasugá, es una unidad isópica y coeva con la Formación San Rafael del cuadrángulo J-12-Tunja y Ulloa & Rodríguez (1979, 1991) consideran sinónima la Formación La Frontera de la plancha 190-Chiquinquirá con el conjunto B de la Formación San Rafael del área de Villa de Leyva", y por tanto en su estudio en la región de Chiquinquirá, Terraza (*op. cit.*, p. 167) "cartografió como Formación La Frontera el intervalo litoestratigráfico equivalente a la porción superior o conjunto B de la Formación San Rafael de Etayo-Serna (1968a, b), conjunto equivalente, litológicamente y estratigráficamente, al nivel superior de limolitas silíceas de la Formación La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969) de la región del Tequendama".

En este estudio la parte superior de la sección estratigráfica de la Formación San Rafael, se correlaciona con la Formación La Frontera.



#### 3.2.12.11 Localidad tipo y estratotipo

La quebrada que nace 200 m al sur del Chircal San Rafael a lo largo de la carretera Puente Samacá – Samacá, Etayo-Serna (1972, p.389).

### **3.2.13 Formación Simijaca (Turoniano inferior)**

#### 3.2.13.1 Referencia original

Ulloa y Rodríguez (1979, publicado en 1991: Plancha 190-Chiquinquirá), hacen referencia a este nombre para designar la “sucesión de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas... de Simijaca” (en Terraza 2004, p. 165).

#### 3.2.13.2 Proponente del nombre

El nombre y el rango de la Formación Simijaca fueron propuestos por “Ulloa & Rodríguez (1979, 1991) en la plancha 190-Chiquinquirá” (en Terraza 2004, p. 165).

#### 3.2.13.3 Derivación del nombre

El nombre de esta unidad deriva de la población de Simijaca (Departamento de Cundinamarca), la cual se encuentra al norte de la quebrada donde aflora la sucesión designada para representar la formación propuesta por Ulloa y Rodríguez (1979).

#### 3.2.13.4 Área tipo

Ulloa y Rodríguez (1979) definen en la quebrada Don Lope (sur de Simijaca), la “sucesión de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas” (en Terraza 2004, p. 165). La cabecera municipal de Simijaca está ubicada en el departamento de Cundinamarca, a 2 kilómetros de la carretera nacional que conduce de Ubate a Chiquinquirá, y dista unos 15 km de Chiquinquirá y 136 Km de Bogotá.

#### 3.2.13.5 Cronoestratigrafía

Según Ulloa y Rodríguez (1979) la “sucesión de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas que afloran en la quebrada Don Lope al sur de la población de Simijaca”, constituye la base del Grupo Chipaque (conformado de base a techo por las formaciones Simijaca, La Frontera y Conejo) y se encuentra suprayaciendo a la Arenisca de Chiquinquirá e infrayaciendo a la Formación La Frontera (en Terraza 2004, p. 165). De acuerdo a Fuquen y Osorno



(2005, p. 39) "La Formación Simijaca se encuentra en toda su extensión suprayaciendo las areniscas de la Formación Churuvita, en contacto neto y concordante". En este estudio esta unidad se observó yaciendo concordantemente sobre la Formación Churuvita, y por debajo de la Formación La Frontera.

De acuerdo a Montoya y Reyes (2003, p. 45), en las planchas 208-Villeta (Acosta & Ulloa, 2002) y 246-Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1998), se ha cartografiado a la Formación Simijaca yaciendo bajo la Formación La Frontera y suprayaciendo a las formaciones Hilo, Pacho y Arenisca de Chiquinquirá indistintamente, este "concepto hace entonces que esta formación presente edades hasta el Albiano".

Terraza (2004, p. 166) afirma "si la Formación Simijaca corresponde al conjunto A de la Formación San Rafael del área de Villa de Leyva como lo indica Ulloa & Rodríguez (1979, 1991), y la edad asignada por Etayo (1979) a la Formación San Rafael es Turoniano temprano, por lo tanto la Formación Simijaca abarcaría parte del Turoniano inferior". Fuquen y Osorno (2005, p. 39) reportan que con base en amonitas colectadas en diferentes sectores de la plancha 190, el Dr. Etayo-Serna ha asignado a la Formación Simijaca la misma edad -turoniana- que este autor le asignó al Segmento A de la Formación San Rafael en la región de Villa de Leiva.

Los fósiles colectados durante la fase de campo del presente estudio (anexo paleontológico), permiten ubicar cronoestratigráficamente la Formación Simijaca en el **Turoniano inferior** (muestras SgUC1P, SgFES26P y SgFES27P).

### 3.2.13.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La Formación Simijaca está descrita en Etayo-Serna *et al.* (1986, p.196) como una "sucesión de lodolitas y limolitas de color gris oscuro con delgadas intercalaciones de capas de 5 cm. a 2 m. de espesor, de arenitas de cuarzo con matriz arcillosa. En la parte superior presenta lentejones de calizas".

#### Espesor

Martínez y Vergara (1999, p. 116) midieron pequeños tramos de la Formación Simijaca en la sección Guayabal de Siquima-Bituima (plancha 227) y dan un espesor de 800 m a esta unidad. A partir del levantamiento de una columna en la Vereda Apartadero (Municipio de Ubaté), en la vía Ubaté-Carmen de Carupa, Montoya y Reyes (2003, p. 42) estiman un espesor de 107 m para la Formación Simijaca en la plancha 209-Zipaquirá. Con base en cortes geológicos y observaciones de campo Terraza (2004, p. 166) reporta un espesor entre 40-100 m para esta unidad en la región de Chiquinquirá.



De acuerdo a Fuquen y Osorno (2005, p. 39) "Ulloa & Rodríguez (1991) reportan en la Plancha 190, cuadrícula E5, en la quebrada Don Lope, un espesor de 693 m" y hacen referencia a las diferencias en espesor de la Formación Simijaca citadas en trabajos anteriores.

En este estudio, se midió una sección de la Formación Simijaca en la vía Ubaté-Carupa (a unos 2 km de este municipio) entre las Veredas Hatico de Eneas y La Huerta (**Anexo 3.5**), en la cual el contacto inferior con la Formación Churuvita está cubierto. La sección no completa de la unidad en este sector mide 438 m.

### 3.2.13.7 Litología

En el área de estudio, la Formación Simijaca fue cartografiada en la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno): en cercanías de los municipios de Ubaté (en el Sinclinal de Neusa) y Carmen de Carupa (en el Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá). La descripción litológica aquí presentada de esta unidad se basa en observaciones realizadas al medir la sección estratigráfica Ubaté-Carupa (**Anexo 3.5**), tramo de la poligonal m 0 – m 438.

#### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.020.584	N: 1.080.764
Finales:	E: 1.020.124	N: 1.081.383

#### Descripción:

La Formación Simijaca en la sección levantada, está compuesta por una sucesión espesa de shales limosos, silíceos, de color gris oscuro a negro, con muscovita (**Foto UC1**). En la mitad inferior de la sucesión, estos shales tienen interposiciones desde muy delgadas hasta muy gruesas, subtabulares, de cuarzoarenitas de grano muy fino y fino, color gris claro a marrón (**Foto UC2**), o blanco (**Foto UC3**), con contactos bioturbados, bien cementadas, que contienen calcopirita, moscovita, sulfuros diseminados?, minerales oxidados y algunas restos carbonosos. Localmente se observan estructuras biogénicas verticales y horizontales (epichnia y endichnia), hacia los contactos con los shales. Algunas cuarzoarenitas contienen fragmentos de conchas de bivalvos. En menor proporción se interponen lentes, láminas y capas muy delgadas y medianas, tabulares, de limolitas silíceas, color gris claro, a veces vino tinto, con muscovita.



**Foto UC1** (Sección Ubaté-Carupa). Sucesión muy espesa, monótona, de shales limosos, silíceos, color gris oscuro, con moscovita de la Formación Simijaca. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.



**Foto UC2** (Sección Ubaté-Carupa). Shales limosos, silíceos, color gris oscuro a negro, con interposiciones desde muy gruesas hasta muy delgadas, de cuarzo arenitas de grano muy fino, y niveles muy delgados y medianos tabulares de limolitas silíceas, el color es gris claro. Formación Simijaca. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.

En la mitad superior de la sucesión son importantes las interposiciones rítmicas shales-cuarzoarenitas. Los shales son limosos, de color gris oscuro a negro, a veces carbonosos o con presencia de mica dorada; las cuarzoarenitas son de grano muy fino -a limo, color crema y se disponen en capas delgadas, muy bioturbadas, con icnofósiles en los contactos con los shales y localmente restos

de peces. Dentro de la sucesión de shales, ocurren también interposiciones muy delgadas hasta medianas tabulares, con contactos bioturbados, de cuarzo arenitas de grano fino y muy fino, color gris verdoso, con matriz lodosa y minerales verdes arcillosos; y en menor proporción lodolitas de color negro, que contienen algunos moldes de concreciones centimétricas elongadas.

En el tope de la sucesión, hacia el contacto con la Formación La Frontera, son limolitas lodosas, color marrón claro, con abundantes nódulos de hierro centimétricos, redondeados y elongados (**Foto UC4**).



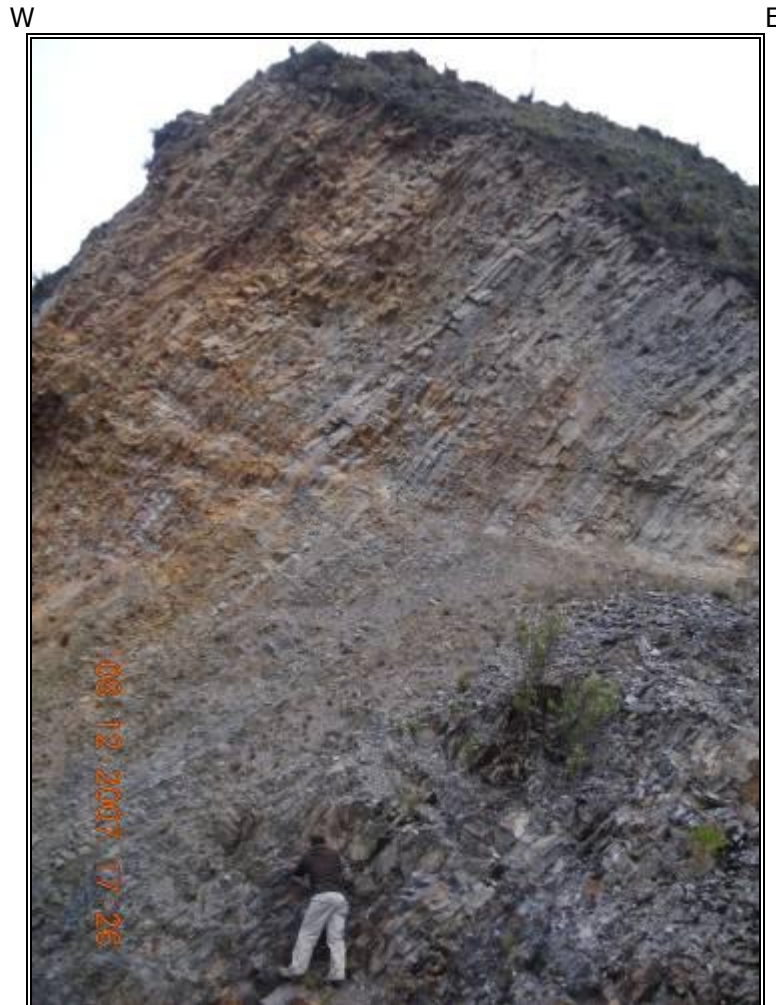
**Foto UC3** (Sección Ubaté-Carupa). Capas muy gruesas y medianas, subtabulares, con contactos bioturbados, de cuarzoarenitas de grano muy fino, de color blanco, de la Formación Simijaca. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.

#### Génesis:

De acuerdo a Montoya y Reyes (2003, p. 46) "la Formación Simijaca se depositó en un ambiente marino de aguas tranquilas por debajo de la acción de las olas". Fuquen y Osorno (2005, p. 39) citan que "La Formación Simijaca es el registro litológico del ascenso global del nivel del mar que se dio en el Turoniano (Cooper *et al.*, 1995)". Martínez y Vergara (1999, p. 126) consideran que las características litofaciales de esta unidad "sugieren un sistema progradante o prodelta cuya parte más proximal estaría representada por las arenitas de la parte superior de la Formación Une del flanco oriental de la Cordillera Oriental"



que sería "equivalente en parte con la Formación Churuvita" del trabajo de Fuquen y Osorno (2005).



**Foto UC4** (Sección Ubaté-Carupa). Limolitas lodosas, color marrón claro, con abundantes nódulos de hierro centimétricos, redondeados y elongados de la Formación Simijaca. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.

Otros aspectos:

En el área de estudio, la Formación Simijaca fue cartografiada únicamente en la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), donde se encuentra formando los Sinclinales de Neusa y de Aposentos-Chiquinquirá. Su posición estratigráfica entre unidades resistentes (formaciones Churuvita y La Frontera) y su litología la convierten en una unidad fácilmente identificable en la cartografía que forma valles o bajos topográficos.





### 3.2.13.8 Límites y contactos

De acuerdo a Terraza (2004, p. 166) "Ulloa & Rodríguez (1979, 1991) describen que la unidad está constituida por una sucesión de lutitas grises oscuras, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, en parte arcillosas, en estratos que varían entre 0,10 y 2 m de espesor y lentejones de caliza en la parte superior".

En la Vereda Apartadero, vía Ubaté-Carmen de Carupa, Montoya y Reyes (2003, p. 45) levantaron una sección estratigráfica y observaron que el contacto superior pasa de capas arcillosas de la Formación Simijaca a capas de limolitas silíceas de la Formación La Frontera, en contacto neto concordante, y que el contacto inferior con la Formación Churuvita es igualmente neto y concordante.

En este estudio, a partir de las observaciones realizadas durante el levantamiento de la sección estratigráfica de la Formación Simijaca en la vía Ubaté-Carupa, se define su límite superior con la Formación La Frontera donde limolitas lodosas color marrón claro pasan en contacto, que parece ser neto concordante, a limolitas carbonosas de color negro (coordenadas E: 1.020.232, N: 1.081.162). El límite inferior con la Formación Churuvita en este sector está cubierto, pero se interpreta como neto concordante.

### 3.2.13.9 Reseña histórica

Ulloa y Rodríguez (1979) definen la Formación Simijaca como la "sucesión de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas que afloran en la quebrada Don Lope al sur de la población de Simijaca" (en Terraza 2004, p. 165). De acuerdo a este último autor "según el concepto original de Ulloa & Rodríguez (1979, 1991), lo que definieron como Formación Simijaca correspondería con la parte inferior de La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969) entre el techo de los "shales indenominados" y la base del "nivel de limolitas silíceas". Guerrero (2002, p. 38) considera que la Formación Simijaca de Ulloa y Rodríguez (1979), es un sinónimo inválido de la parte inferior de la Formación San Rafael de Etayo (1968), el cual a su vez es un sinónimo inválido de la Formación La Frontera. Montoya y Reyes (2003, p. 45) proponen "que se utilice el nombre de Formación Simijaca solo para el intervalo sedimentario turoniano *pars* de litología lodosa y que este limitado en la base y techo por las formaciones Churuvita y La Frontera".

### 3.2.13.10 Subdivisión

No hay subdivisiones.



### 3.2.13.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Simijaca aflora en la parte central de la Cordillera Oriental y en el flanco occidental de la misma, y se restringe al occidente de la Falla de Soapaga, en la plancha 209-Zipacquirá (Montoya y Reyes, 2003). De acuerdo a Terraza (2004, p. 165) "en las planchas 170-Vélez (Ulloa & Rodríguez, 1978a), 189-La Palma (Rodríguez & Ulloa, 1984), 208-Villeta (Ulloa & Acosta, 1993), 227-La Mesa (Ulloa & Acosta, 1997a) y 246-Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1997b) se cartografió con un criterio diferente, puesto que en estas planchas la Formación Simijaca abarca un intervalo estratigráfico mucho más amplio que va desde la base de lo que denominaron Cáceres & Etayo (1969) como "shales ind denominados" (que en el área de estudio corresponde aproximadamente con los segmentos C, D, y E de la Arenisca de Chiquinquirá) hasta la base de la Formación La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969)".

En el área de estudio, la Formación Simijaca fue cartografiada en la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno): en cercanías de los municipios de Ubaté (en el Sinclinal de Neusa) y Carmen de Carupa (en el Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá).

#### Variación lateral:

Terraza (2004, p. 166) refiriéndose a las diferencias en los espesores reportados por varios autores para la Formación Simijaca, considera que pueden deberse, en parte, a que en la cartografía de la plancha 190-Chiquinquirá, hacia el sector NE de la sección tipo, Ulloa y Rodríguez (1979) incluyeron en esta unidad buena parte de la Arenisca de Chiquinquirá, según las observaciones de campo que este autor hizo en esta región. Fuquen y Osorno (2005, p. 39) consideran al respecto que "La gran diferencia entre los diferentes autores permite pensaren dos hipótesis: que las secciones medidas están falladas y duplicadas o que se incluyó en la Formación Simijaca parte de otra unidad por semejanza litológica como puede ocurrir al occidente donde la Formación Churuvita se va haciendo cada vez mas lutítica y menos arenosa".

Con respecto a los rasgos litológicos de esta formación, Terraza (2004, p. 166) describe en la "poligonal Localidad Tipo se observó un conjunto de aproximadamente 3-4 m de espesor compuesto por estratos gruesos a muy gruesos calcáreos que varían desde bioesparitas arenosas hasta arenitas calcáreas fosilíferas, de color gris oscuro, con abundantes conchas de lamelibranchios, que se localizó hacia la base de la formación". De acuerdo a este autor, Ulloa y Rodríguez (1979) describen en la localidad tipo de la Formación Simijaca "lentejones de caliza" que se interponen en la parte superior de la

sucesión de lutitas grises oscuras. En la columna levantada por Montoya y Reyes (2003, p. 42) en la Vereda Apartadero (municipio de Ubaté), estos autores describen una "secuencia monótona constituida por arcillolitas y shales grises, negros, laminados, con intercalaciones de capas delgadas plano paralelas de calizas y areniscas". En este estudio, aunque en la sección estratigráfica medida en la vía Ubaté-Carupa (**Anexo 3.5**), la sucesión de la Formación Simijaca no está completa (poligonal m 0 – m 438) y su límite inferior está cubierto, no se observaron niveles de carbonatos.

#### Correlación:

Montoya y Reyes (2003, p. 45) correlacionan esta unidad con el segmento A definido dentro de la Formación Chipaque en el flanco oriental de la Cordillera Oriental en el área de la plancha 209-Zipaquirá. Ulloa y Rodríguez (1979) consideran que la Formación Simijaca corresponde al conjunto A de la Formación San Rafael del área de Villa de Leyva (Etayo-Serna, 1968) y que constituye la base del Grupo Chipaque, conformado de base a techo por las formaciones Simijaca, La Frontera y Conejo (en Terraza 2004, p. 165). De acuerdo a este autor, en las planchas 189-La Palma (Rodríguez & Ulloa, 1984), 208-Villeta (Ulloa & Acosta, 1993), 227-La Mesa (Ulloa & Acosta, 1997a) y 246-Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1997b) la Formación Simijaca se cartografió desde la base de lo que Cáceres & Etayo (1969) denominaron "shales indenominados" (que corresponde aproximadamente a los segmentos C, D, y E de la Arenisca de Chiquinquirá) hasta la base de la Formación La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969); en la plancha 190-Chiquinquirá (Ulloa y Rodríguez, 1979) hacia el sector NE de la sección tipo, incluyeron dentro de la Formación Simijaca una buena parte de la Arenisca de Chiquinquirá. Este autor señala también que "según el concepto original de Ulloa & Rodríguez (1979, 1991), lo que definieron como Formación Simijaca correspondería con la parte inferior de La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969) entre el techo de los "shales indenominados" y la base del "nivel de limolitas silíceas", y que "Guerrero (2002, p. 38) considera que la Formación Simijaca es un nombre inválido porque es sinónimo de Formación San Rafael de Etayo (1968) en su parte inferior (conjunto A)".

En este trabajo lo que se ha cartografiado como Formación Simijaca se correlaciona con la parte inferior de la Formación Chipaque que aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental y que se restringe al este de la Falla de Soapaga.

#### 3.2.13.12 Localidad tipo y estratotipo

Ulloa y Rodríguez (1979), proponen esta nueva formación para la "sucesión de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas que afloran en la quebrada Don Lope al sur de la población de Simijaca" (en Terraza 2004, p. 165).



### 3.2.14 Formación La Frontera (Turoniano medio a superior)

#### 3.2.14.1 Referencia original

Bürgl y Dumit (1954, p. 32) se refieren al término La Frontera, usado por el Instituto Geológico Nacional y los geólogos del petróleo, para designar el horizonte más alto del Turoniano en la región de Girardot.

#### 3.2.14.2 Proponente del nombre

De acuerdo con Terraza (2004, p. 167) "Cáceres & Etayo (1969) proponen de manera informal (*sic.*) la Formación La Frontera como nueva unidad litoestratigráfica en la región del Tequendama".

#### 3.2.14.3 Derivación del nombre

Terraza (*op. cit.*, p. 167), señala que "presumiblemente el nombre de la unidad" se derive del sitio donde se encuentra un horno de cal (al norte de Albán, Cundinamarca), lugar que "corresponde a una cantera denominada La Frontera, según se deduce de Etayo (1964, p. 23)".

#### 3.2.14.4 Área tipo

La localidad tipo del "miembro de La Frontera" se encuentra al norte del municipio de Albán, occidente de Cundinamarca (Hubach, 1957, en Ingeominas 1994, p. 41), en la región del Tequendama, donde Cáceres y Etayo (1969) describen una sucesión de "shales calcáreos con concreciones amonitíferas que hacia al techo presentan un nivel de limolitas silíceas".

#### 3.2.14.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación La Frontera suprayace a la Formación Simijaca e infrayace a la Formación Conejo.

Bürgl y Dumit (1954, p.32) y Royo y Gómez (1940, p. 211, en Etayo, 1964, p.23) citan una asociación faunística y asignan una edad turoniana a la Formación La Frontera. Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 41) asigna el límite Turoniano-Coniaciano basal a esta unidad. Porta (1965) de acuerdo a las faunas mencionadas previamente y en comparación con la citada por este autor en la Formación Hondita acepta la edad turoniana, y Morales *et al.* (1958, fig. 6) basado en la equivalencia con el "Salto Limestone" habla de una edad Albiano superior-Cenomaniano (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 297). El Dr. Etayo-Serna ha asignado una edad turoniana a las amonitas colectadas por Fuquen y



Osorno (2005, p. 43) en diferentes sectores de la plancha 190 y por Montoya y Reyes (2003, p. 50) en la plancha 209. Terraza (2004, p. 168-169) colectó amonitas provenientes de distintas posiciones estratigráficas dentro de la Formación La Frontera que permiten confirmar su edad Turoniano temprano.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), permiten indicar que la ubicación cronoestratigráfica de la Formación La Frontera es **Turoniano medio a superior** (muestras SgUC2P y SgFES24P).

### 3.2.14.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Bürgl y Dumit (1954, p. 32) se refieren al término La Frontera, para designar el horizonte más alto del Turoniano en la región de Girardot, el cual está constituido por 25 m de "margas arenosas estratificadas en bancos hasta de 50 cm de espesor las cuales contienen caliza arenosa y también algunas capas delgadas de lidita, rica en concreciones calcáreas". Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 41) describe el "miembro de La Frontera" como "el nivel lidítico, algo calcáreo, de la parte baja del Guadalupe Superior". Cáceres y Etayo (1969), proponen una sucesión de "shales calcáreos con concreciones amonitíferas que hacia el techo presentan un nivel de limolitas silíceas" para la nueva Formación La Frontera en la región del Tequendama, la cual "suprayace e infrayace a unidades informales establecidas como "shales indenominados" y "shales grises indenominados", respectivamente" (en Terraza, 2004, p. 167).

#### Espesor

Montoya y Reyes (2003, p. 47) levantaron dos secciones estratigráficas de la Formación La Frontera, una en El Alto de los Caballeros (Vereda La Calera-Ubaté), donde midieron un espesor de 41 m y otra en Albarracín (Ventaquemada), escuela la Jurpa, donde reportan 25 m de espesor para esta unidad. Terraza (2004, p. 168) a partir de cartografía y cortes estructurales en la región de Chiquinquirá, calcula un espesor que oscila entre 70 y 100 m; según este autor, "Ulloa & Rodríguez reportan 67 m de espesor al oeste de Simijaca y 20 m en el área de La Candelaria-Samacá". Fuquen y Osorno (2005, p. 40) midieron un espesor de 35 m en una cantera de la Vereda Corrales (vía Simijaca-Coper).

En este estudio se midió una columna con el apoyo de poligonal y GPS, en la vía que de Ubaté conduce a Carmen de Carupa (a unos 2 km de este municipio) entre las Veredas Hatico de Eneas y La Huerta (**Anexo 3.5**), donde se midió un espesor de 68 m para la Formación La Frontera.





### 3.2.14.7 Litología

En el área de estudio, la Formación La Frontera aflora en cercanías de los municipios de Ubaté (en el Sinclinal de Neusa) y Carmen de Carupa (en el Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá) (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). La descripción litológica aquí presentada de esta unidad se basa en observaciones realizadas al medir su espesor en la sección estratigráfica Ubaté-Carupa (**Anexo 3.5**), tramo de la poligonal m 438 – m 506.

#### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.020.584 N: 1.080.764  
Finales: E: 1.020.124 N: 1.081.383

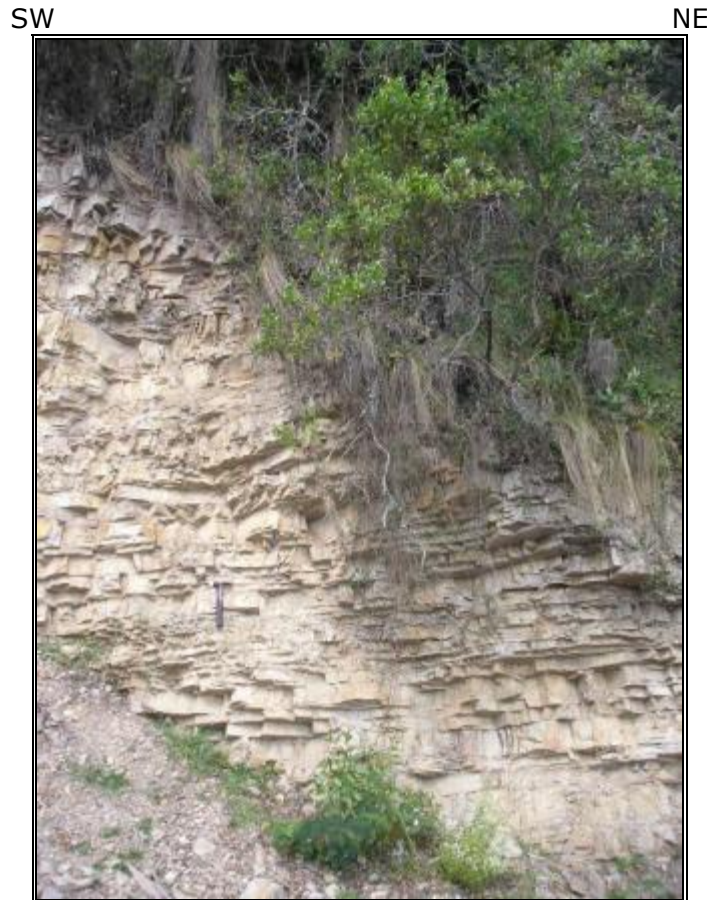
#### Descripción:

La Formación La Frontera en la sección levantada, está constituida esencialmente por limolitas con concentraciones locales de sílice (chert), de color gris oscuro, que ocurren en capas muy delgadas hasta medianas, tabulares, de contactos planos netos, las cuales se interponen con capas muy delgadas de shales silíceos de color gris oscuro. Esta sucesión constituye los tercios medio y superior de la formación en este sector, mientras el tercio inferior está constituido por limolitas silicificadas de color gris claro que se presentan en capas delgadas y muy delgadas, tabulares, las cuales muestran laminación plana paralela fina (**Foto M77**), y en igual proporción por limolitas carbonosas que ocurren en capas delgadas y medianas, tabulares, con contactos netos planos y laminación plana paralela gruesa; algunos niveles contienen moldes de concreciones decimétricas, elongadas (**Foto UC5**) y nódulos ferruginosos centimétricos y decimétricos, redondeados, especialmente hacia la base de la formación, donde se observan también amonitas mal preservadas. Hacia el tope las limolitas son fósiles aunque no silicificadas como ocurre en el tercio inferior de la unidad.

#### Génesis:

Montoya y Reyes (2003, p. 50) citan que “La Formación La Frontera representa una fase transgresiva e indica un periodo de máxima inundación regional y se reconoce en toda la Cordillera Oriental y el Valle del Magdalena. Así mismo corrientes de surgencia ayudaron al enriquecimiento de materia orgánica, que favoreció el desarrollo de foraminíferos planctónicos quillados y existió un aporte importante de sílice probablemente proveniente de vulcanismo que originó la sedimentación de chert y liditas (...)”. De acuerdo a Fuquen y Osorno (2005, p. 44), los niveles que analizaron de esta formación “corresponden a sedimentos eminentemente de grano fino, silíceos, finamente laminados propios de ambientes marinos profundos. El hecho de que casi todas las muestras analizadas

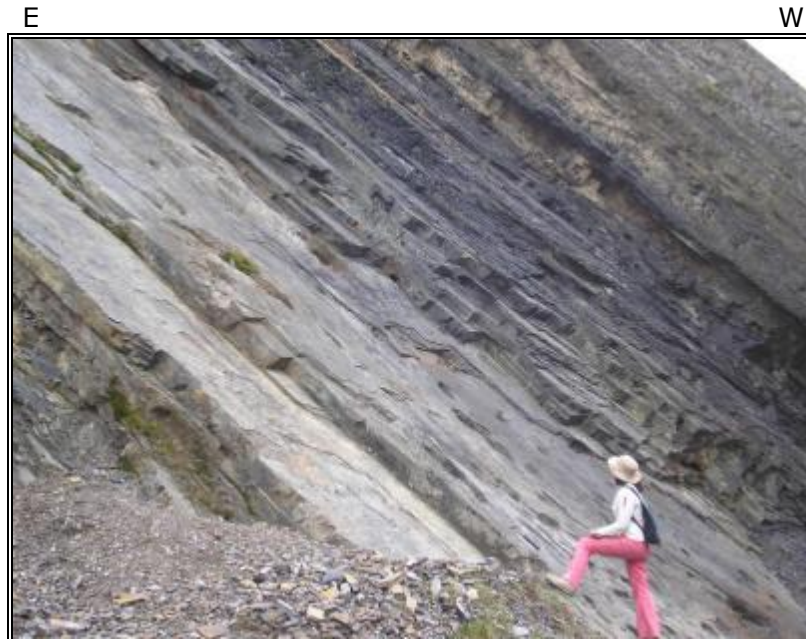
corresponden a chert impuros (porcelanitas) o a sedimentos fosfáticos silicificados, indican una depositación en un ambiente de offshore, con fondos colonizados por organismos bentónicos”.



**Foto M77.** Estación M77: Capas delgadas y medianas tabulares con contactos netos planos, de limolitas silicificadas color gris claro, con algunas interposiciones de chert, y niveles muy delgados y láminas de shales limosos color gris claro y negro. Formación La Frontera (bloque yacente de la Falla de Carupa, al sureste de Carmen de Carupa).

Otros aspectos:

En el área del presente estudio la Formación La Frontera se restringe a la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), donde se encuentra en sentido amplio formando pliegues mayores (Sinclinal de Neusa y Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá). Sus afloramientos corresponden a canteras activas o abandonadas donde se extrae material de recebo (“porcelanita” y chert). Por sus características litológicas esta unidad tiene una expresión morfológica que la convierte en un horizonte guía en la cartografía geológica.



**Foto UC5** (Sección Ubaté-Carupa). Capas delgadas a medianas subtabulares, contactos levemente ondulados, de limolitas silicificadas, limolitas carbonosas y chert, se observan moldes de concreciones elongadas de hasta 50 cm. Formación La Frontera. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.

### 3.2.14.8 Límites y contactos

Cáceres y Etayo (1969), definen la Formación La Frontera en la región del Tequendama como una sucesión de "shales calcáreos con concreciones amonitíferas que hacia el techo presentan un nivel de limolitas silíceas", la cual "suprayace e infrayace a unidades informales establecidas como "shales indenominados" y "shales grises indenominados", respectivamente" (en Terraza, 2004, p. 167).

De acuerdo con Montoya y Reyes (2003, p. 50) en el área de la plancha 209-Zipaquirá "el contacto inferior con la Formación Simijaca es neto y concordante, pasa de una secuencia arcillosa a un intervalo silíceo; el contacto superior con la Formación Conejo es transicional rápido". Terraza (2004, p. 166 y 168) señala que el límite inferior con la Formación Simijaca en la región de Chiquinquirá se encuentra cubierto y que a partir de las observaciones de campo deduce que es concordante, mientras el límite superior con la Formación Conejo "donde fue posible observarlo, se consideró concordante-transicional". En la Vereda Corrales (vía Simijaca-Coper, plancha 190-Chiquinquirá), Fuquen y Osorno (2005, p. 43) observaron "cómo las capas de arcillolitas de la parte superior de la Formación Simijaca pasan a un intervalo de limolitas silíceas de la parte inferior de la Formación La Frontera en un contacto neto y concordante; el contacto con la unidad suprayacente, la Formación Conejo, está marcado en el momento en que



desaparecen las limolitas silíceas y solo aparecen arcillolitas y arenitas en contacto transicional”.

En este estudio, a partir de las observaciones realizadas durante el levantamiento de la sección estratigráfica de la Formación La Frontera en la vía Ubaté-Carupa, se define su límite inferior con la Formación Simijaca donde limolitas lodosas color marrón claro pasan en contacto, que parece ser neto concordante, a limolitas carbonosas de color negro (coordenadas E: 1.020.232, N: 1.081.162). El límite superior con la Formación Conejo se establece donde limolitas con núcleo de chert, de color gris oscuro gradan a limolitas algo fósiles, no silicificadas, de color gris medio, y posteriormente a shales limosos con alta fisilidad, marcando de esta forma un contacto transicional rápido (coordenadas E: 1.020.180, N: 1.081.248).

#### 3.2.14.9 Reseña histórica

Según Terraza (2004, p. 167), Hubach (1931, publicado en 1993) hace referencia al término “La Frontera (N)” en una columna estratigráfica donde se compara la estratigrafía del costado occidental y oriental de la Sabana de Bogotá. Para designar el horizonte más alto del Turoniano en la región de Girardot, Bürgl y Dumit (1954, p. 32) se refieren al término La Frontera, usado por el Instituto Geológico Nacional y los geólogos del petróleo. Hubach (1957, en Ingeominas 1994, p. 41) describe el “miembro de La Frontera” como “el nivel lidítico, algo calcáreo, de la parte baja del Guadalupe Superior”.

De acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 296), Morales *et al.* (1958, fig.6) indican el uso de este término por parte de la compañía Shell en el Valle Medio del Magdalena, en cuya nomenclatura equivale al “Salto Limestone”. “Cáceres & Etayo (1969) proponen de manera informal (*sic.*) la Formación La Frontera como nueva unidad litoestratigráfica en la región del Tequendama” (en Terraza 2004, p. 167).

#### 3.2.14.10 Subdivisión

En la columna estratigráfica descrita por Montoya y Reyes (2003, p. 47) en el Anticlinal de Ventaquemada (sector de Albarracín) y en la sección Alto de los Caballeros (Vereda La Calera-Ubaté), estos autores diferencian dos segmentos (“Segmento A” y “Segmento B”) dentro de la Formación La Frontera. Fuquen y Osorno (2005, p. 40) dividen esta unidad en “Segmento A”, “Segmento B” y “Segmento C” en la columna medida por ellos en una cantera de la Vereda Corrales (vía Simijaca-Coper).



### 3.2.14.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación La Frontera se ha reconocido en la Cordillera Oriental, en la parte más meridional del Valle Medio y en el Valle Superior del Magdalena (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p.297). Se ha cartografiado "la Formación La Frontera en el cuadrángulo L-10 (Cáceres *et al.*, 1970) y en las planchas 189-La Palma (Rodríguez & Ulloa, 1984), 208-Villeta (Ulloa & Acosta, 1993), 227-La Mesa (Ulloa & Acosta, 1997a), 246-Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1997b), 170-Vélez (Ulloa & Rodríguez, 1978a), 190-Chiquinquirá (Ulloa & Rodríguez, 1979, 1991)" (Terraza, 2004, p. 167) y 209-Zipacquirá (Montoya y Reyes, 2003).

En el área de estudio esta formación se observa en cercanías de los municipios de Ubaté, Carmen de Carupa (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno).

#### Variación lateral:

Al comparar las descripciones citadas por los autores que han estudiado y medido esta formación en diferentes sectores, podría deducirse una variación importante en el espesor (mencionado previamente), y diferencias en su composición litológica. En la sección descrita por Montoya y Reyes (2003, p. 47) en el Anticlinal de Ventaquemada, el segmento inferior denominado "A" está constituido por "liditas" y el segmento superior "B" lo conforman esencialmente lodolitas, mientras en la sección del Alto de los Caballeros, estos autores reportan que el segmento inferior "A" está formado por calizas y el segmento superior "B" por "liditas" y lodolitas. Fuquen y Osorno (2005, p. 40) en la columna de la Vereda Corrales, describen el "Segmento A" esencialmente limolítico, mientras los segmentos "B" y "C" presentan niveles arenosos interpuestos con arcillolitas y limolitas. En este estudio, el tercio inferior de la formación en la sección levantada en la vía Ubaté-Carupa, está constituido por limolitas silicificadas ("liditas") y limolitas carbonosas, en tanto que los tercios medio y superior lo forman limolitas con núcleo de chert y shales.

#### Correlación:

"En la Cordillera Oriental (sector de Bogotá) se encuentra en la parte superior del Villeta, por encima del *Nivel de Exogyra squamata* y por debajo del Miembro del Raizal de la Formación Guadalupe (HUBACH 1957b, p. 41; BÜRGL 1961a, fig. 22), es decir dentro del antiguo Guadalupe inferior de HUBACH. En el Valle del Magdalena se encuentra por debajo de la Lidita Inferior (BÜRGL & DUMIT 1954, p. 32; PORTA 1965), a la que se llamó también Segunda Lidita lo que llevó a HUBACH (1957b, p. 42) a llamar también "Tercera Lidita" al Horizonte de La Frontera. El Horizonte de La Frontera equivale a la Formación Hondita de PORTA"



(Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p.297).

De acuerdo con Terraza (2004, p. 169), "Cáceres *et al.* (1970) indican que la Formación La Frontera cartografiada en el cuadrángulo L-10-Fusagasugá, es una unidad isópica y coeva con la Formación San Rafael del cuadrángulo J-12-Tunja y Ulloa & Rodríguez (1979, 1991) consideran sinónima la Formación La Frontera de la plancha 190-Chiquinquirá con el conjunto B de la Formación San Rafael del área de Villa de Leyva", y por tanto en su estudio en la región de Chiquinquirá, Terraza (*op. cit.*, p. 167) "cartografió como Formación La Frontera el intervalo litoestratigráfico equivalente a la porción superior o conjunto B de la Formación San Rafael de Etayo (1968a, b), conjunto equivalente, litológicamente y estratigráficamente, al nivel superior de limolitas silíceas de la Formación La Frontera (*sensu* Cáceres & Etayo, 1969) de la región del Tequendama".

En la sección estratigráfica levantada por Montoya y Reyes (2003, p. 50) entre las veredas Gazuca y Mulatos (municipio de Manta), estos autores correlacionan el "Segmento B" de la Formación Chipaque en el flanco oriental de la Cordillera Oriental con la Formación La Frontera.

En este estudio, la Formación La Frontera se correlaciona con la parte superior de la sección estratigráfica de la Formación San Rafael (*sensu* Etayo-Serna, 1968a) medida en el carretable que conduce a el chircal San Rafael y que desprende de la vía Samacá-Ráquira.

#### 3.2.14.12 Localidad tipo y estratotipo

Cáceres y Etayo (1969), definen la Formación Frontera en la región del Tequendama como una sucesión de "shales calcáreos con concreciones amonitíferas que hacia el techo presentan un nivel de limolitas silíceas", la cual "suprayace e infrayace a unidades informales establecidas como "shales indenominados" y "shales grises indenominados", respectivamente" (en Terraza, 2004, p. 167).

### 3.2.15 Formación Conejo (Turoniano a Coniaciano y Santoniano)

#### 3.2.15.1 Referencia original

Renzoni, G., 1981: Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, 24 (1967), No. 2: 31-48; hace referencia a una nueva formación en la página 44, donde describe "una sucesión bien expuesta en el camino que se desprende del carretable Oicatá-Chivatá en la localidad... (5-c)".



### 3.2.15.2 Proponente del nombre

El nombre y el rango de esta unidad litoestratigráfica fueron propuestos por Renzoni (1981, p. 44).

### 3.2.15.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad deriva del Alto El Conejo en la Vereda San Rafael (Renzoni, 1981, p. 44), ubicados en el Departamento de Boyacá.

### 3.2.15.4 Área tipo

Renzoni (1981, p. 44) describe la sucesión de la Formación Conejo “en el camino que se desprende del carretable Oicatá-Chivatá en la localidad de Pontezuela y conduce a la Vereda San Rafael bordeando el Alto El Conejo (5-c)”. Todos los nombres geográficos están ubicados en la plancha geológica del cuadrángulo J-12 Tunja, Boyacá. La localidad tipo se encuentra aproximadamente a 9 kilómetros al noreste de la ciudad de Tunja y a unos 145 kilómetros de Bogotá.

### 3.2.15.5 Cronoestratigrafía

La Formación Conejo yace sobre el Grupo Churuvita y por debajo de la Formación Plaeners (Renzoni, 1981, p. 44). Etayo-Serna (1979, p.7) hace referencia al contacto concordante de esta unidad con limolitas silíceas de la subyacente Formación San Rafael y la suprayacente Formación Plaeners. En este estudio la Formación Conejo se observó yaciendo concordantemente sobre las formaciones La Frontera, San Rafael y el Grupo Churuvita, y por debajo de las formaciones Lidita Superior, Arenisca Dura y Plaeners.

Etayo-Serna (1968, p. 45-47) con base en la asociación de fósiles colectados en niveles de concreciones calcáreas, asignó una edad coniaciana para el Miembro Cucaita, mientras el hallazgo de *Lenticeras baltai* Lisson le permitió asignar edad Santoniano temprano a la parte más superior del intervalo de “Areniscas y Calizas” que subyace a la Formación Plaeners. Fuquen y Osorno (2005, p. 49), reportan que de acuerdo con Terraza (2004, p. 171) tres muestras de amonitas tomadas de la parte inferior de la Formación Conejo representan desde el Turoniano medio hasta el Coniaciano temprano.

Los fósiles colectados durante la fase de campo del presente estudio (anexo paleontológico), sugieren que la Formación Conejo se ubica cronoestratigráficamente entre el **Turoniano y el Santoniano** (muestras SgJ071P, SgR108P, SgFES31P y SgM25P).



### 3.2.15.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La Formación Conejo propuesta para la sucesión expuesta en el camino que bordea el Alto El Conejo, está descrita por Renzoni (1981, p. 44) como sigue: "Sobre un estrato de caliza de 0,80 m que suprayace a shales negros (ricos en Inoceramus) con delgadas intercalaciones limoníticas y calcáreas, siguen 7 m de shales gris oscuros y areniscas bandeadas un poco silíceas, fracturadas en panelitas, que correlacionamos con el nivelito limolítico-silíceo antes mencionado y que colocamos en el techo del Grupo Churuvita; siguen 265 m formados por 7 niveles de arenisca (de 3 a 8 m, formando crestas) intercalados en niveles de shales gris-oscuros a amarillentos en superficie (forman valles). Hacia la parte alta, pueden ocurrir esporádicos estratos de caliza como los observados al oriente del pueblo Boyacá".

#### Espesor

Renzoni (1981, p. 44) reporta para la Formación Conejo un espesor de 273 m en su localidad tipo, y de 154 m para la sucesión que aflora a lo largo del carretable que conduce de Pesca a Toledo. Etayo-Serna (1968, p. 44-46) reporta un espesor total de 370 m para la sucesión de la Formación Conejo que aflora en el sector de Sáchica-Tunja. Montoya y Reyes (2003, p. 59) midieron un espesor de 1022 m en una columna compuesta en los sectores de Ubaté y Lenguazaque.

### 3.2.15.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Conejo se basa en observaciones realizadas durante el trabajo de campo de este estudio. En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno): en cercanías de los municipios de Ubaté (Sinclinal de Neusa), Carmen de Carupa (Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá), Cucunubá (Anticlinal de Guachaneca), norte de Chocontá (Anticlinal de Chocontá); transecta-2 (Sutamarchán-Ururia): en cercanías de Samacá, Puente Boyacá, Boyacá y por la vía que conduce de Ramiriquí a Zetaquirá hasta el punto de desvío hacia Rondón; transecta-3 (Gámbita-Pajarito): al sureste del municipio de Paipa.

#### Descripción:

En el sector del municipio de Carmen de Carupa, la litología predominante son shales y shales limosos, color gris medio o claro, con oxidación parda, verdosa o violeta; contienen niveles de oxidación ferruginosa, abundantes minerales de hierro, conchas de bivalvos (algunos ornamentados), gasterópodos y escamas de



peces. Lodolitas silíceas, a veces arenosas o físilas, de color gris medio o negro, que se disponen en capas muy delgadas tabulares, con contactos planos y laminación plana paralela continua; muestran disolución de foraminíferos, algunas escamas de peces y abundante muscovita; localmente se interponen niveles ferruginosos medianos hasta muy delgados, tabulares. Limolitas silíceas de color gris medio, que ocurren en paquetes medianos con laminación plana paralela. En esta sucesión de shales, lodolitas y limolitas se interponen cuarzoarenitas de grano muy fino, algo lodosas, color gris claro moteado, amarillento, en capas delgadas tabulares a subtabulares, con contactos irregulares bioturbados, algunas contienen restos de peces y foraminíferos bentónicos; arenitas lodosas, algunas carbonosas, de grano fino a muy fino, color blanco grisáceo, ocurren en capas medianas hasta muy gruesas tabulares (**Foto UC6**) a subtabulares, bioturbadas, tienen laminación plana paralela u ondulada discontinua y muscovita; y en menor proporción ocurren arenitas de grano muy fino, fosilíferas (con fragmentos de conchas de bivalvos y gasterópodos).

En el sector de la vereda y escuela Media Luna la sucesión de la Formación Conejo está formada por paquetes muy gruesos de shales silíceos y arcillolitas, interpuestos con capas delgadas y muy delgadas de limolitas claras que contienen restos de peces, y con capas medianas y gruesas de cuarzoarenitas de grano muy fino, bien cementadas (**Foto M25**). Ocurren amonitas, *Inoceramus* de gran tamaño y restos vegetales.

En el área del Anticlinal de Guachaneca, está formada por una sucesión espesa de lodolitas silíceas, color gris claro, con abundantes restos de peces, bivalvos y localmente sulfuros y muscovita. Se interponen capas delgadas y medianas de limolitas arenosas silíceas, y capas medianas hasta muy gruesas, tabulares a subtabulares de cuarzoarenitas de grano muy fino y fino, color blanco o amarillento (**Foto M43**); están cementadas, bioturbadas y contienen matriz lodosa <5% o caolinítica y trazas de glauconita (?).

En el área de Chocontá la unidad es esencialmente arenosa, son cuarzoarenitas de grano fino a medio, en capas desde delgadas hasta muy gruesas, subtabulares o lentiformes, con contactos netos ondulados y laminación ondulada no paralela, lenticular no conectada o inclinada de muy bajo ángulo; están bioturbadas, pobremente cementadas y contienen 5%-10% de matriz lodosa, mica y trazas fosfáticas. Ocurren interposiciones de wackas cuarzosas de grano fino a muy fino, micáceas, con trazas fosfáticas, dispuestas en capas delgadas hasta muy gruesas, tabulares, que muestran laminación plana paralela, lenticular y ondulada paralela y no paralela.



**Foto UC6** (Sección Ubaté-Carupa). Sucesión muy espesa de shales color gris oscuro, se interponen capas muy gruesas tabulares, de cuarzoarenitas de grano muy fino, color blanco grisáceo. Intervalo invertido de la Formación Conejo. Bloque yacente de la Falla de Carupa, al sur-sureste de Carmen de Carupa.

En la Vereda Mochila (municipio de Villapinzón), los afloramientos de la Formación Conejo corresponden a limolitas y lodolitas silíceas, color crema o gris claro, en capas muy delgadas hasta medianas, subtabulares, que contienen abundantes restos de conchas, foraminíferos bentónicos y restos de peces. En esta sucesión finogranular se interponen cuarzoarenitas de grano muy fino color amarillo a ocre, en capas medianas hasta muy gruesas subtabulares, bioturbadas, bien cementadas, con muscovita y pellets, algunas contienen abundantes conchas de bivalvos y vertebras de peces; y arenitas lodosas de grano muy fino, color blanco o gris con tonos violáceo, friables, altamente bioturbadas, localmente con presencia de bivalvos.

En los alrededores de Samacá los tipos litológicos que representan la sucesión son:

1) Cuarzoarenitas de grano fino, color gris claro o amarillento, con matriz lodosa, cementadas, bioturbadas; ocurren en capas gruesas y muy gruesas subtabulares y contienen moscovita, líticos negros y trazas de glauconita.



2) Cuarzoarenitas de grano muy fino, color amarillo ocre, moderadamente friables, en capas delgadas y medianas, con laminación ondulada no paralela e interlaminaciones de lodo, impresiones de amonitas deformadas, moscovita, glauconita, intraclastos lodosos, matriz lodosa 10% y abundantes fosfatos y restos de peces.



**Foto M25.** Estación M25: Interposiciones de shales silíceos y arcillolitas en paquetes muy gruesos, limolitas en capas delgadas y muy delgadas y cuarzoarenitas de grano muy fino, en capas medianas y gruesas, de la Formación Conejo. Vereda (escuela) Media Luna.



**Foto M43.** Estación M43. Formación Conejo: en la mitad inferior del afloramiento, capas muy delgadas tabulares de lodolitas silíceas, color gris oscuro, y en la mitad superior, arenitas lodosas de grano fino, color gris, formando el núcleo del Anticlinal de Guachaneca.



3) Lodolitas arenosas, silíceas, de color pardo a violáceo, a veces carbonosas, con muscovita, conchas de bivalvos, restos de peces, trazas fosfáticas y localmente lentes medianos de arenita, madrigueras horizontales y venillas milimétricas de cuarzo, que ocurren en capas delgadas, lentiformes conectadas, con laminación ondulada y lenticular.

4) Interposiciones de shales en paquetes medianos y gruesos de capas delgadas y de limolitas pardas, con moscovita, escamas, vertebras de peces y restos vegetales carbonizados, en capas medianas subtabulares con contactos ondulados.

5) Interposiciones de shales silíceos, moscovíticos, de color pardo, en capas medianas y de arenitas sublíticas y wackas de grano fino, micáceas, con restos de peces y foraminíferos bentónicos, en capas delgadas y medianas tabulares, con laminación ondulada paralela y lenticular, que ocasionalmente contienen concreciones decimétricas.

6) Interposiciones de wackas de grano fino, color amarillo claro, micáceas, levemente cementadas, en capas medianas y gruesas lentiformes conectadas, con laminación ondulada no paralela, y de lodolitas arenosas micáceas que contienen restos de peces y ocurren en niveles delgados.

7) Interposiciones de wackas sublíticas de grano fino, cementadas, oxidadas, en capas delgadas y medianas lentiformes conectadas, con laminación ondulada no paralela y de lodolitas pardas carbonosas, con escamas de peces y muscovita, que se disponen en paquetes gruesos y muy gruesos.

En la región de Samacá-Villa de Leyva, la sucesión aflorante de la Formación Conejo está formada esencialmente por shales grises oscuros a negros, silíceos, con lentes y nódulos ferruginosos, restos de peces, bivalvos y localmente amonitas, en paquetes muy gruesos, que se interponen con: limolitas silíceas que contienen restos de peces y bivalvos (algunas son lumaquéllicas) y ocurren en capas delgadas, con lodolitas silíceas que contienen nódulos ferruginosos, escamas de peces, bivalvos y ostras, y que se disponen en capas delgadas y medianas que forman paquetes gruesos y muestran laminación plana paralela, y con arenitas de grano muy fino (**Foto R110**), lumaquéllicas, con abundantes bivalvos y ocasionales gasterópodos, en capas delgadas a gruesas. También ocurren lodolitas y limolitas silíceas, color pardo violáceo, carbonosas, con bivalvos y escamas, en capas medianas a gruesas subtabulares, que contienen concreciones ferruginosas centimétricas y métricas (**Foto R108**), algunas con amonitas y cristales de cuarzo y yeso.



**Foto R110.** Estación R110: Paquetes muy gruesos de shales color gris oscuro, interpuestos con capas delgadas a medianas de limolitas y arenitas de grano muy fino. Formación Conejo, vía Samacá – Sáchica, desvío por carretera destapada que conduce a las ladrilleras.



**Foto R108.** Estación R108: Capas medianas a gruesas, subtabulares, de lodolitas y limolitas silíceas, color pardo violáceo, carbonosas, con concreciones ferruginosas centimétricas y métricas, se interponen niveles delgados de shales negros. Formación Conejo, vía Samacá – Sáchica.





### Génesis:

Etayo-Serna (1968, p. 46) con respecto a las acumulaciones irregulares de fósiles y de fragmentos, y al color oscuro de los shales a veces mal laminados que ocurren en el Miembro Cucaita, hace referencia a condiciones de sedimentación marina con relativa agitación e intermitentemente reductoras. Según Fuquen y Osorno (2005, p. 49), la Formación Conejo representa sedimentos siliciclásticos propios de ambientes de plataforma media.

### Otros aspectos:

En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), la Formación Conejo se encuentra en sentido amplio formando pliegues mayores (Sinclinal de Neusa, Sinclinal de Aposentos-Chiquinquirá, Anticlinal de Guachaneca, Anticlinal de Chocontá), y en la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), haciendo parte de pliegues menores.

#### 3.2.15.8 Límites y contactos

Renzoni (1981, p. 44) define la Formación Conejo en su localidad tipo, como la sucesión de 265 m formada por siete niveles de arenisca intercalados en niveles de shales, que yace sobre 7 m de shales gris oscuros y areniscas bandeadas, fracturadas en panelitas, los cuales correlaciona con el techo del Grupo Churuvita, y que a su vez subyace a la Formación Plaeners. Montoya y Reyes (2003, p. 59) en la columna compuesta que midieron en los sectores de Ubaté y Lenguaque, definen el límite inferior de la Formación Conejo en la base de un segmento de arcillolitas grises, laminadas, con intercalaciones esporádicas de capas medias de areniscas, y el techo de la misma en un segmento constituido por capas muy gruesas y medias de areniscas síliceas grises.

En este estudio, en la sección estratigráfica de la Formación San Rafael, medida en el carretable que conduce a El Chircal y que desprende de la vía Samacá-Ráquira, se definió la base de la Formación Conejo donde empiezan a ocurrir capas gruesas de lodolitas grises con interposiciones de arenitas lodosas de grano muy fino, que sobreyacen a un segmento de interposiciones gruesas de shales y de limolitas síliceas, laminadas, fracturadas, en capas delgadas, el cual correspondería al tope de la Formación San Rafael (coordenadas E: 1.062.372, N: 1.103.304). En la columna levantada sobre la vía Ubaté-Carupa, el límite inferior de la Formación Conejo se define donde limolitas con núcleo de chert, de color gris oscuro correspondientes a la Formación La Frontera gradan a limolitas algo fósiles, no silicificadas, de color gris medio, y posteriormente a shales limosos con alta fisilidad, marcando de esta forma un contacto transicional rápido (coordenadas E: 1.020.180, N: 1.081.248).



### 3.2.15.9 Reseña histórica

Renzoni (1981) hace referencia a una nueva formación, donde describe “una sucesión bien expuesta en el camino que se desprende del carreteable Oicatá-Chivatá en la localidad... (5-c)”. El nombre y el rango de la Formación Conejo fueron propuestos por Renzoni (*op. cit.*, p. 44). Dentro de la sucesión aflorante de esta unidad en el sector de Sáchica-Tunja, Etayo-Serna (1968, p. 45-47) reconoce tres intervalos: A (Shales negros), B (Miembro Cucaita) y C (Areniscas y calizas).

### 3.2.15.10 Subdivisión

Etayo-Serna (1968, p. 45-47) divide la sucesión aflorante de la Formación Conejo en el sector de Sáchica-Tunja, en tres intervalos, que de base a techo denominó A (Shales negros), B (Miembro Cucaita, nombre que propuso formalmente para capas que forman el núcleo del Anticlinal de Cucaita) y C (Areniscas y calizas).

### 3.2.15.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Conejo aflora esencialmente en la parte central de la Cordillera Oriental y en el flanco occidental de la misma, y se restringe al occidente de la Falla de Soapaga. Terraza (2004, p. 170) cita “En las planchas 190-Chiquinquirá-sector Sinclinal de Aposentos (Ulloa & Rodríguez, 1978b), 209-Ubaté-sector Sinclinal de Checua-Lenguazaque (Montoya & Reyes, en prensa), 246-Fusagasugá (Ulloa & Acosta, 1997b), 227-La Mesa (Ulloa & Acosta, 1997a), 189-La Palma (Rodríguez & Ulloa, 1994) y 208-Villeta (Ulloa & Acosta, 1993) se ha cartografiado como Formación Conejo al intervalo estratigráfico comprendido entre el techo de la Formación La Frontera y la base de la Formación Arenisca Dura, mientras que en las planchas 191-Tunja (Renzoni *et al.*, 1998), 171-Duitama (Renzoni & Rosas, 1967), 190-Chiquinquirá-sector sinclinales de Guachetá y Guachaneca y 209-Ubaté-sector Sinclinal de Checua-Lenguazaque, se cartografió esta unidad con el concepto original, es decir entre el techo de la Formación San Rafael o La Frontera (*sensu* Ulloa & Rodríguez, 1979, 1991) y la Formación Plaeners”.

En el área de estudio esta formación se observa en cercanías de los municipios de Ubaté, Carmen de Carupa, Cucunubá, norte de Chocontá (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno); en cercanías de Samacá, Puente Boyacá, Boyacá y por la vía que conduce de Ramiriquí a Zetaquirá hasta el punto de desvío hacia Rondón (transecta-2: Sutamarchán-Ururia); al sureste del municipio de Paipa (transecta-3: Gámbita-Pajarito).





### Variación lateral:

Con base en los espesores reportados de la Formación Conejo en las diferentes secciones medidas (Renzoni, 1981, p. 44): 273 m en su localidad tipo y 154 m entre Pesca y Toledo; Etayo-Serna (1968, p. 44-46): 370 m en el sector de Sáchica-Tunja; Montoya y Reyes (2003, p. 59): 1022 m en los sectores de Ubaté y Lenguazaque), puede observarse una disminución del espesor de esta unidad hacia el noreste. Las descripciones litológicas de dichas secciones no muestran variaciones significativas entre sí, excepto que los niveles de caliza descritos por Renzoni (*op. cit.*, p. 44) y Etayo-Serna (*op. cit.*, p. 46) en la parte alta de la formación, no afloran en la sucesión levantada por Montoya y Reyes (*op. cit.*, p. 61) en los sectores de Ubaté y Lenguazaque, quienes reportan la ocurrencia de areniscas en esa parte de la formación.

### Correlación:

La Formación Conejo se correlaciona con la parte alta de la Formación Chipaque que aflora al este de la Falla de Soapaga.

#### 3.2.15.12 Localidad tipo y estratotipo

Renzoni (1981, p. 44) propone esta nueva formación "para la sucesión bien expuesta en el camino que se desprende del carretable Oicatá-Chivatá en la localidad... (5-c)".

#### **3.2.16 Formación Lidita Superior (Campaniano inferior)**

La Formación Lidita Superior en algunos sectores presenta interposiciones de arenitas, con espesores importantes, que sugieren que ésta unidad se interdigita lateralmente con la Formación Arenisca Dura. En este caso, estas dos unidades se agruparon cartográficamente como "**Formación Lidita Superior-Arenisca Dura**".

##### 3.2.16.1 Referencia original

Bürgl y Dumit Tobón (1954, p. 35), en la sección de Girardot-Nariño (Cundinamarca), utilizan el término "primera lidita" para referirse a un "horizonte" de 100 m de espesor, de la parte baja del Campaniano.

##### 3.2.16.2 Proponente del nombre

Navas (en Julivert *et al.*, 1968, p. 377-378), con relación al origen del nombre de la unidad anota: 1) Los autores de la unidad son geólogos de Intercol como



"Upper Chert" (publicado por Petters, 1954). 2) La primera descripción se debe a Bürgl y Dumit Tobón (1954) bajo la forma de "Primera Lidita". 3) "El nombre de Primera Lidita fue modificado por su propio autor por el de Lidita Superior (BÜRGL 1961b)". 4) "La Lidita Superior forma parte del Grupo Olini (...) grupo que se divide en tres niveles (« Lower Chert », « Upper Sandstone Member » y « Upper Chert Member », citados en parte por PETTERS (1954a), o bien Lidita Superior, Nivel de Lutitas y Lidita Inferior (PORTA 1965)."

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 185) al describir de manera resumida las principales unidades litoestratigráficas reconocidas en los "terrenos geológicos de Colombia", registran que la Lidita Superior fue redefinida por Cáceres, C. y Etayo-Serna, F. (1969) como "Formación Lidita Superior".

#### 3.2.16.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad no proviene de algún sitio topográfico. Porta (en Julivert *et al.*, 1968, p. 417) menciona: "Cabe señalar que los nombres de Lidita Superior e Inferior tienen un sentido litoestratigráfico y no petrográfico."

#### 3.2.16.4 Área tipo

Bürgl y Dumit Tobón (1954), en su trabajo "El Cretáceo Superior en la Región de Girardot", utilizan y describen el término "primera lidita" en la sección de Girardot-Nariño (Cundinamarca). El municipio de Girardot se localiza a unos 134 Km de la capital.

#### 3.2.16.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Lidita Superior se encuentra entre la Formación Conejo, sobre la que se apoya, y la Formación Plaeners que se le superpone. Como "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura", subyace a la Formación Los Pinos.

Montoya y Reyes (2003, p. 70) mencionan: "La edad de la Lidita Superior es inferida por la posición estratigráfica de las unidades que la supra e infrayacen; es así como en las localidades de Cucunubá y el Salto (Lenguazaque), se hallaron amonitas en el techo de la Formación Conejo, que permiten asignar una edad Santoniano y que marca el límite entre el Santoniano y Campaniano (Etayo-Serna, comunicación oral). La Formación Plaeners tiene una edad Campaniano Tardío; por amonitas encontradas en la sección del Boquerón del Tausa (Föllmi *et al.*, 1992 en Martínez, 1995); por lo anterior la Lidita Superior estaría confinada al Campaniano temprano."

La Formación Lidita Superior representa el **Campaniano inferior**.



### 3.2.16.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Bürgl y Dumit Tobón (1954, p. 35), emplean el término “primera lidita” para describir “una serie muy uniforme, formada en primer término por liditas que en este lugar son un poco margosas (...) y están estratificadas en capas de 5 hasta 10 cm de espesor; individualmente estas capas tienen un espesor mayor que el de las capas de la segunda lidita del Coniaciano Superior.”.

Porta (en Julivert *et al.* 1968, p. 417) menciona que Porta (1965) redefine el Grupo Olini y describe: “Lidita Superior con un espesor de 50 a 70 m, formada principalmente por cherts carbonáceos y porcelanitas en bancos delgados que alternan con lutitas y shales a veces silíceas.”

#### Espesor

Montoya y Reyes (2003, p. 68 y fig. 36) reportan que en la localidad El Salto (Lenguazaque), se levantó una columna con un espesor de 192 m (N: 1.079.706 y E: 1.044.721).

Durante este estudio, en la transecta-1 se midió un espesor estratigráfico de 106 m de la Formación Lidita Superior por la carretera Ubaté-Lenguazaque (Cundinamarca).

### 3.2.16.7 Litología

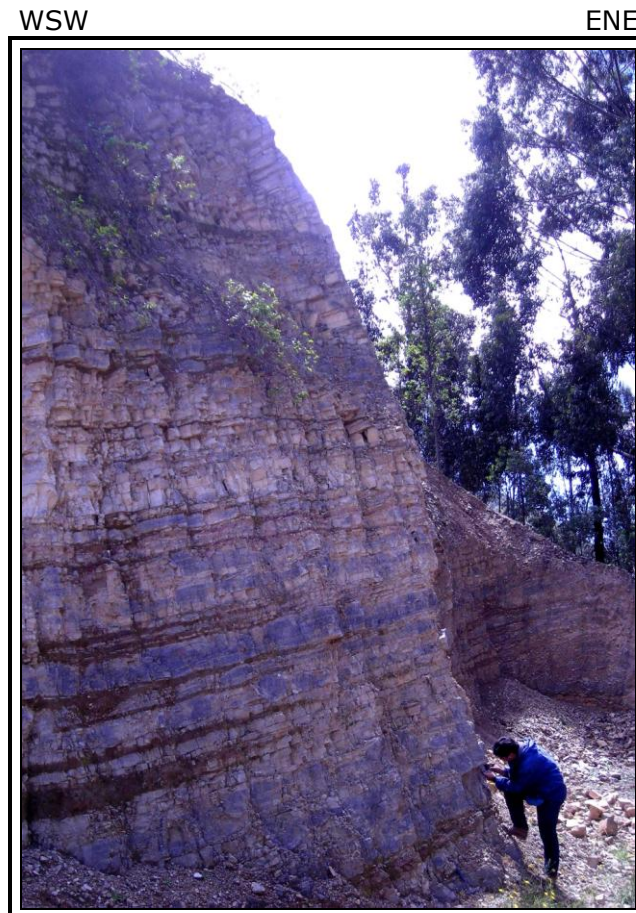
Por la carretera Ubaté-Lenguazaque se midió la sección estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta, con apoyo en poligonal y GPS, y se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (**Anexo 3.12**). La descripción litológica de la Formación Lidita Superior que hace parte de esta sección, se basa en las observaciones logradas, entre el m 46 y el m 152, de esta sección.

#### Coordenadas de la poligonal Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.038.811	N: 1.081.302
Finales:	E: 1.041.815	N: 1.080.919

Descripción:

La parte inferior de la unidad se presentan interposiciones de capas tabulares a subtabulares, muy delgadas, delgadas y medianas, de limolitas silíceas, de color gris claro; cherts de color gris claro y oscuro, y lodolitas silíceas de color crema; separadas por láminas de arcillolitas de color pardo (**Foto PR1**). La parte media consiste en interposiciones de capas tabulares a subtabulares, delgadas a medianas, de chert de color crema y gris claro, y limolitas silíceas grises claras, con laminación plana paralela; separadas por capas muy delgadas y láminas de lodolitas de color pardo. La parte superior de la Formación Lidita Superior está compuesta por capas tabulares, delgadas y medianas, de chert de color gris claro, gris y crema, con laminación plana paralela por color, algunos con partición romboidal ("en panelitas"). Es común en la sección la presencia de foraminíferos bentónicos.



**Foto PR1** (sección Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta, transecta-1). Capas tabulares a subtabulares, muy delgadas, delgadas y medianas, de limolitas silíceas y cherts de color gris claro y oscuro, y lodolitas silíceas de color crema de la Formación Lidita Superior. Flanco occidental del Sinclinal de Checua.



### Génesis:

Montoya y Reyes (2003, p. 70) con relación a la interpretación paleoambiental de la Formación Lidita Superior concluyen: "A partir de las facies superiores de la Formación Conejo,...., se nota un aumento progresivo y rápido en el nivel del mar que da lugar al depósito de las facies de la Formación Lidita Superior. Esta secuencia silíceas representa una sedimentación producto de una máxima inundación del mar, dominado por aguas tranquilas altamente silicificadas y se producen chert y porcelanitas; acompañada posiblemente por corrientes de surgencia debido a la gran cantidad de foraminíferos asociados."

Por semejanza litológica de la Formación Lidita Superior con parte de la Formación La Luna que se describe en la Sierra Nevada del Cocuy, las facies de la primera probablemente se acumularon en una plataforma externa (Cf. Fabre, 1985, fig. 9a).

### Otros aspectos:

La Formación Lidita Superior es una unidad estratigráfica compacta que, por su carácter lidítico, resalta topográficamente formando escarpes y aflora comúnmente con fuertes repliegues e intenso fracturamiento.

#### 3.2.16.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (**Anexo 3.12**), el límite inferior de la unidad se definió en el metro 46 del levantamiento (E: 1.039.038, N: 1.081.343), donde comienza la sucesión de capas subtabulares, muy delgadas hasta medianas, de limolitas silíceas de color gris claro, cherts de color gris claro y oscuro, y lodolitas silíceas de color crema, que resalta y se sobrepone a una sucesión de lodolitas de color gris y crema.

##### Límite superior:

En la sección estratigráfica medida (**Anexo 3.12**), el límite superior de la unidad se definió en el metro 152 del levantamiento (E: 1.039.881, N: 1.081.924), donde termina la sucesión de capas tabulares y subtabulares, delgadas y medianas, de chert gris con laminación plana paralela por color, que subyace a una sucesión de lodolitas de color crema.





### 3.2.16.9 Reseña histórica

Navas (en Julivert *et al.*, 1968, p. 377-378), con relación al origen del nombre de la unidad anota: 1) Los autores de la unidad son geólogos de Intercol como "Upper Chert" y que este nombre fue publicado por primera vez por Petters (1954). 2) La primera descripción se debe a Bürgl y Dumit Tobón (1954) bajo la forma de Primera Lidita y este nombre fue creado para diferenciar esta lidita de otro nivel lidítico situado debajo del anterior, separado del mismo por una sucesión de arcillas arenosas, en parte algo margosas, con algunas intercalaciones de areniscas. 3) "El nombre de Primera Lidita fue modificado por su propio autor por el de Lidita Superior (BÜRGL 1961b). Esta nueva denominación se considera más lógica ya que la numeración (Primera Lidita, Segunda Lidita) se efectuó de arriba abajo y no en la forma usual.". 4) La Lidita Superior forma parte del Grupo Olini.

Porta (en Julivert *et al.*, 1968, p. 416-418) con respecto al Grupo Olini menciona: 1) Es Petters (1954a) quien da a conocer por primera vez el nombre de Grupo Olini al referir a dos de sus miembros varias especies nuevas de foraminíferos y dice que corresponde a la nomenclatura de Intercol en el Valle Superior del Magdalena. 2) El Grupo Olini consta de tres miembros que de abajo arriba son: "Lower Chert", "Upper Sandstone member" y "Upper Chert member". De estos miembros Petters cita los dos últimos, que contienen los foraminíferos que describe. 3) Hubach (1957b, p. 44) se refiere también al Grupo Olini al señalar la fauna descrita por Petters (1954a) y extiende el Grupo Olini por el Valle Superior del Magdalena y por el área de Girardot-Guataquí en la carretera de Nariño-Girardot. 4) "Porta (1965) redefine el Grupo Olini, el cual quedaría en la siguiente forma. El Grupo Olini está formado principalmente por dos niveles silíceos separados por un nivel de lutitas con intercalaciones de arenas. Queda comprendido entre la Formación Loma Gorda en la base y el Nivel de Lutitas y Arenas en el techo. De arriba abajo se encuentran las siguientes unidades: **Lidita Superior** con un espesor de 50 a 70 m, formada principalmente por cherts carbonáceos y porcelanitas en bancos delgados que alternan con lutitas y shales a veces silíceas. – **Nivel de Lutitas**, 65 m, con algunas intercalaciones calcáreas de forma y tamaño variable. – **Lidita Inferior** con capas de cherts carbonáceos y porcelanitas en capas delgadas alternando con lutitas y shales más o menos ricas en sílice."

Cáceres y Etayo-Serna (1969), en su trabajo "Bosquejo geológico de la región del Tequendama", redefinen la unidad como "Formación Lidita Superior" (en Etayo-Serna *et al.*, 1986, p. 185).



### 3.2.16.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Lidita Superior. Montoya y Reyes (2003, p. 68), en la localidad El Salto (Lenguazaque), levantaron una columna estratigráfica de la Formación Lidita Superior, y para mejor descripción la subdividieron en tres segmentos de base a techo: A, B y C.

### 3.2.16.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Con el nombre de Formación Lidita Superior, ha sido reconocido y cartografiado un cuerpo litológico de lodolitas silíceas, chert y algunas areniscas, en áreas de las planchas 190-Chiquinquirá y 209-Zipaquirá. Al respecto véanse respectivamente, los mapas geológicos de Fuquen y Osorno (2005) y Montoya y Reyes (2003). Esta cartografía coincide a grandes rasgos con la repartición de facies de la Fm La Luna en la Cordillera Oriental que ilustra Fabre (1985) en su figura 9a.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad:

- 1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera Ubaté-Lenguazaque (donde se midió la sección Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta), y por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur- Chocontá (**Foto M40**), hasta unos 3 ó 4 Km antes de llegar a la carretera Chocontá-Villapinzón.
- 2) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera Puente Boyacá-Samacá y desde ésta hacia Cucaita (**Foto R126**) y Sáchica.
- 3) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), por las carreteras no pavimentadas Pantano de Vargas-Paipa y Duitama-Corregimiento La Trinidad.

En la transecta-1, por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá (a unos 3 ó 4 Km al oeste de la carretera Chocontá-Villapinzón), la Formación Lidita Superior aflora sobre una zona de topografía suave, zona en la que además se aprecian afloramientos de la Formación Plaeners difícilmente distinguibles de los de la Lidita Superior. En este sector, se agruparon cartográficamente estas dos unidades como "**Formación Lidita Superior y Plaeners**".

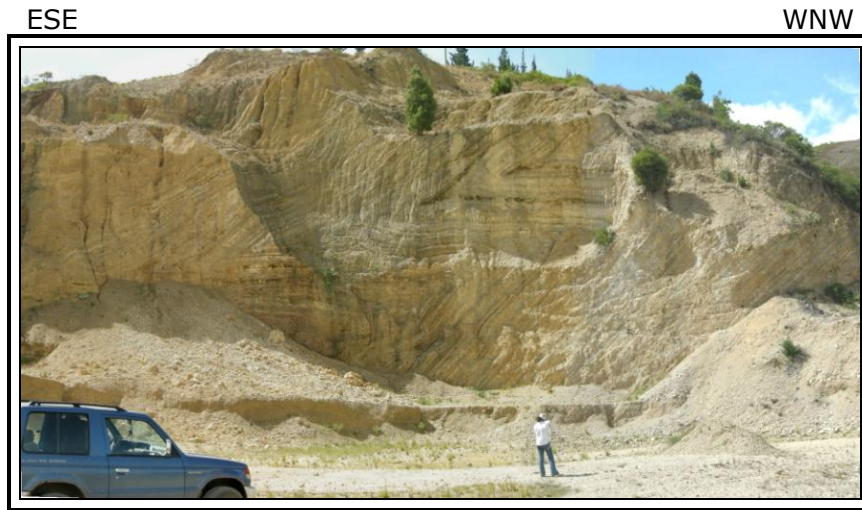


**Foto M40.** Estación M40 (transecta-1): Sucesión espesa, replegada, y en parte invertida, de limolitas silíceas y chert gris, de la Formación Lidita Superior. Cantera en el flanco occidental del Anticlinal de Guachaneca, sobre la vía Cucunubá-El Rhur.



**Foto R46.** Estación R46 (transecta-1, flanco oriental del Anticlinal de Chocontá): Capas tabulares, delgadas, de lodolitas y limolitas silíceas, de color crema a gris claro, con intercalación de capa gruesa de cuarzoarenitas de grano fino, de la Formación Lidita Superior.





**Foto R126.** Estación R126 (transecta-2): Cantera con pliegues en *chevron*, de la Formación Lidita Superior. Se trata de interposiciones de capas tabulares, muy delgadas a medianas de chert gris oscuro, y capas tabulares, delgadas y medianas, de lodolitas, limolitas y arenitas de grano muy fino, de color gris claro, y algunas capas medianas de fosforitas.



**Foto V68.** Estación V68 (transecta-2): Capas tabulares, delgadas a medianas, de liditas y porcelanitas, grises a amarillas, con algunas capas medianas de arenitas fosfáticas amarillas a cremas, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (bloque yacente de la Falla de Chivatá, al sur del municipio de Boyacá).

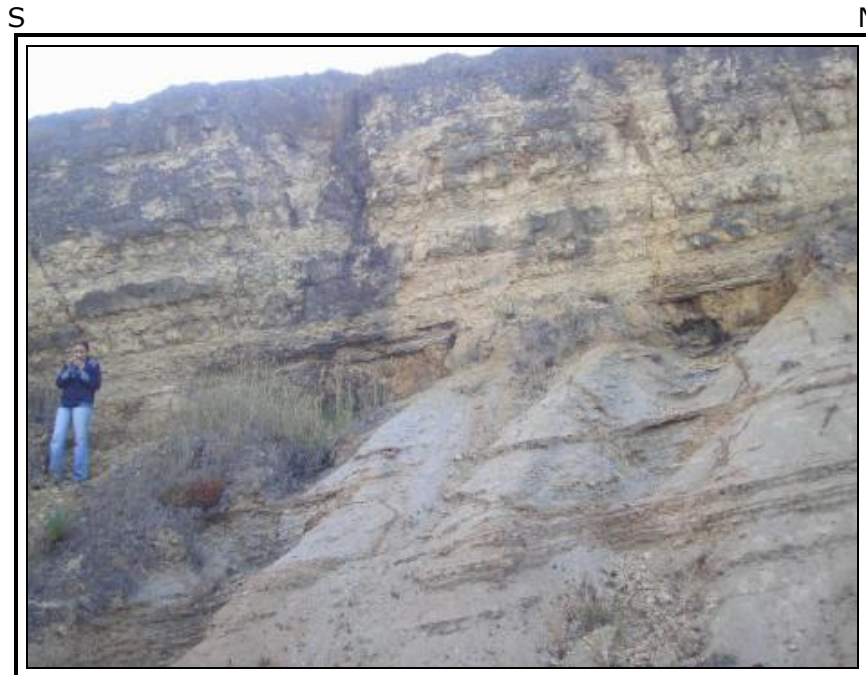
Variación lateral:

La Formación Lidita Superior en algunos sectores de la transecta-2 (por la carretera que conduce desde Puente Boyacá hasta unos 5 ó 6 Km al sureste de Ramiriquí y por la carretera no pavimentada Ramiriquí-Corregimiento de San Antonio –a unos 12 Km al sur-sureste de Ramiriquí) y de la transecta-3 (por la zona norte y sur de la Laguna de Tota, por las respectivas carreteras Aquitania-Iza-Cuítiva y Aquitania-Tota-Cuítiva-Iza, Boyacá), presenta interposiciones de arenitas, con espesores importantes, que sugieren que se interdigita lateralmente con la Formación Arenisca Dura. En consecuencia, en esos sectores estas dos unidades se agruparon cartográficamente como **"Formación Lidita Superior-Arenisca Dura"** (Fotos V68, P123 y M298).



**Foto P123.** Estación P123 (transecta-2): capas tabulares y subtabulares, medianas, delgadas y algunas gruesas, de limolitas y lodolitas silíceas de color gris claro a crema, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (bloque colgante de la Falla de Soapaga, al sureste de Ramiriquí).





**Foto M298.** Estación M298 (transecta-3): Al tope, capas delgadas, tabulares, de arenitas cuarzosas, de color pardo-amarillento, de grano muy fino, ferruginosas y a la base, interposiciones de capas tabulares gruesas, medianas y delgadas, de limolitas de color crema, limolitas ferruginosas, y arenitas blancas de grano muy fino, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (carretera Playa Blanca-Cuitiva).

#### Correlación:

Porta (en Julivert *et al.*, 1968, p. 417) anotó: "Es evidente que siempre que se ha hablado de Primera y Segunda Lidita o bien de Lidita Superior e Inferior refiriéndose al Valle Superior del Magdalena, estos términos se han interpretado en cuanto a su posición estratigráfica en el sentido de PETERS (1954a) y también de HUBACH (1957b); pero no en el mismo sentido al extender estos nombres fuera del área del Magdalena Superior, concretamente en la Sabana de Bogotá (...)." Con respecto al área de estudio, se adopta el término Formación Lidita Superior empleado por Montoya y Reyes (2003, p. 70) y que ellos consideran lito y cronocorrelacionable con la Lidita Superior del Grupo Olini y con la parte superior (intervalo K6c) de la Formación La Luna (Fabre, 1985).

Habría que añadir que si lateralmente la parte superior de la Formación Lidita Superior se interdigita con la Formación Arenisca Dura, estas dos unidades serían cronocorrelacionables. Además, la Lidita Superior estratigráficamente ocupa parte de la posición que ocupa el Grupo Palmichal (*sensu* Ulloa y Rodríguez, 1979) en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno).



### 3.2.16.12 Localidad tipo y estratotipo

El estratotipo de la Formación Lidita Superior podría situarse en la sección de Girardot-Nariño (Cundinamarca), con base en la descripción de Bürgl y Dumit Tobón (1954, p. 31-35).

## 3.2.17 Formación Arenisca Dura (Campaniano inferior)

### 3.2.17.1 Referencia original

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 129), como "Horizonte inferior de areniscas duras", refiriéndose al "horizonte" inferior del "Conjunto superior areniscoso" del "piso del Guadalupe". El autor del término Guadalupe, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 314), fue Hettner en 1892 como *Guadalupestufe & Stufe der Guadalupesichten*.

Hubach en un cuadro anexo ("Columna Estratigráfica en la Cordillera Oriental") al trabajo de Kehrer (1933), denomina "Areniscas duras" a un "Horizonte" del "Conjunto superior del "Piso de Guadalupe" y lo sitúa en el "Cretáceo Superior". Posteriormente Hubach (1957: "Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 39: como edición facsímil "Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia") anota bajo el título de "Grupo de Guadalupe": "Hettner, A., 1892, quien consideraba como "piso" de Guadalupe la parte alta, arenosa del Cretáceo de la Cuenca de Bogotá y en especial los cerros de Guadalupe y Monserrate en Bogotá."

### 3.2.17.2 Proponente del nombre

Ujueta (1963, p. 37) utiliza el término "Arenisca Dura" para el nivel basal de la Formación Guadalupe Superior de Hubach.

Renzoni (1963, p. 67 y 73), en su trabajo al este y sureste de Bogotá, utiliza el nombre "Formación Arenisca Dura" para la unidad inferior del "Grupo Guadalupe"; sin embargo, no hace una proposición formal del nombre y más bien anota en su capítulo de estratigrafía con respecto a los conjuntos de roca hallados: "usaremos para aquellos las denominaciones ya conocidas y que mejor se adaptan.". Más tarde Renzoni (1968, p. 94) utiliza nuevamente el término "Formación Arenisca Dura", para la parte inferior del "Grupo Guadalupe", advirtiendo que se trata de una unidad informal.

Posteriormente, Pérez y Salazar (1978, p. 16) en su trabajo de 1971, "Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe", escriben: "En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al



considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

Formación Arenisca Dura;  
Formación Plaeners;  
Formación Arenisca de Labor;  
Formación Arenisca Tierna."

Enseguida anotan: "Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana."

#### 3.2.17.3 Derivación del nombre

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 131) en su descripción original del "horizonte inferior de areniscas duras", situado a la base del "conjunto superior arenoso" del "piso de Guadalupe", relata: "El horizonte inferior de areniscas duras, el más potente entre los tres horizontes del conjunto superior (dos terceras partes del conjunto superior) consta de areniscas duras, muchas veces cuarcíticas con intercalaciones de esquistos.". Evidentemente, el nombre fue dado a la unidad por sus características litológicas.

#### 3.2.17.4 Área tipo

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 129) comienza su descripción del "PISO DE GUADALUPE" con el subtítulo "ORIENTE DE CUNDINAMARCA Y SABANA DE BOGOTÁ". Enseguida anota: "La apreciación del piso de Guadalupe en esta zona de la Cordillera Oriental....., se facilita gracias a los extensos afloramientos no solo en las pendientes del divorcio de aguas entre la Sabana de Bogotá y los Llanos sino también en la Sabana misma."

#### 3.2.17.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arenisca Dura se observó estratigráficamente por encima de la Formación Chipaque y por debajo de la Formación Plaeners. Cuando se emplea el nombre "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura", ésta reposa sobre la Formación Chipaque y sobre la Formación Conejo y subyace a la Formación Los Pinos.

Etayo-Serna (1964, p. 25) con base en su compilación de fauna reportada por otros autores en el "Miembro del Raizal" (nombre dado a la Arenisca Dura por la Col. Soc. Petr. Geol. Geoph., 1961, en Julivert *et al.*, 1968, p. 475), concluye: "La

edad imprecisa del miembro del Raizal abarcaría desde el coniaciano al campaniano.

En este estudio se colectaron fósiles que sugieren una ubicación cronoestratigráfica para la Formación Conejo entre el Turoniano y el Santoniano (muestras SgJ071P, SgR108P, SgFES31P y SgM25P en anexo paleontológico). Si además se tiene en cuenta que Guerrero y Sarmiento (1996, p. 51) con base en palinomorfos asignaron la "Formación Arenitas de San Antonio" (equivalente a la Formación Arenisca Dura del área de Bogotá) al Campaniano temprano, entonces la Formación Arenisca Dura representaría el **Campaniano inferior**.

### 3.2.17.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 171), describen la Formación Arenisca Dura como "constituida por estratos muy gruesos de arenitas predominantemente cuarzosas, duras, con intercalaciones de limolitas, lodolitas, limolitas silíceas y arcillolitas de colores claros y en capas delgadas. En la parte inferior las arenitas son calcáreas, a veces carbonáceas y localmente contienen lamelibranquios abundantes; algunos estratos de arenitas silíceas contienen foraminíferos."

#### Espesor

Pérez y Salazar (1978, p. 18-23), mencionan en la sección tipo nueve "Conjuntos" de la Formación Arenisca Dura con los siguientes espesores: "Conjunto D1" 90 m, "Conjunto D2" 35 m, "Conjunto D3" 28, "Conjunto D4" 31 m, "Conjunto D5" 41 m, "Conjunto D6" 48 m, "Conjunto D7" 17 m, "Conjunto D8" 88 m y "Conjunto D9" 71 m; para un total de 449 m de espesor.

Baquero (1991, p. 10) en la región de Choachí-Fómeque-Ubaque (Cundinamarca), calculó a partir de la cartografía y de una sección estructural un espesor de 450 m para la Formación Arenisca Dura.

Montoya y Reyes (2003, p. 72) en su estudio geológico de la plancha 209 Zipaquirá, midieron de la unidad: 227 m en la "sección de Suesca" (coordenadas N: 1.057.178 y E: 1.029.867), en el Cerro de la Comunidad, Cundinamarca; 130 m en la "sección de Sutatausa" (N:1.072.793 y E:1.023.994), en el flanco oriental del Sinclinal del Neusa en la vereda Ojo de Agua; y 256 m en la "sección de Mchetá" (N:1.054.683 y E: 1.049.326), en la carretera que conduce del Sisga a Mchetá.

En este estudio, al nor-noroeste de Tibirita (Cundinamarca), se midió un espesor estratigráfico de 54 m de la unidad.



### 3.2.17.7 Litología

Al nor-noroeste de Tibirita (transecta-1) se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación Arenisca Dura, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**). La descripción litológica de esta formación se realiza con base en las observaciones logradas, entre el m 161 y el m 215, de la sección mencionada.

#### Coordenadas de la poligonal Tibirita-Soatama (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.062.055 N: 1.056.309  
Finales: E: 1.061.436 N: 1.056.558

#### Descripción:

De base a techo la unidad presenta capas subtabulares, gruesas, de arenitas lodosas (wackas), fosfáticas, cuarzosas, de grano fino a muy fino, compactas (**Foto TS2**); capas subtabulares y cuneiformes, gruesas, de arenitas lodosas (wackas), de color gris claro a crema, cuarzosas, de grano muy fino, bien calibrado, bioturbadas, con trazas de muscovita; arenitas cuarzosas, de color gris, de grano fino a muy fino, cementadas (compactas), oxidadas y fracturadas, con trazas de fosfatos, algunas con laminación inclinada de bajo ángulo.

#### Génesis:

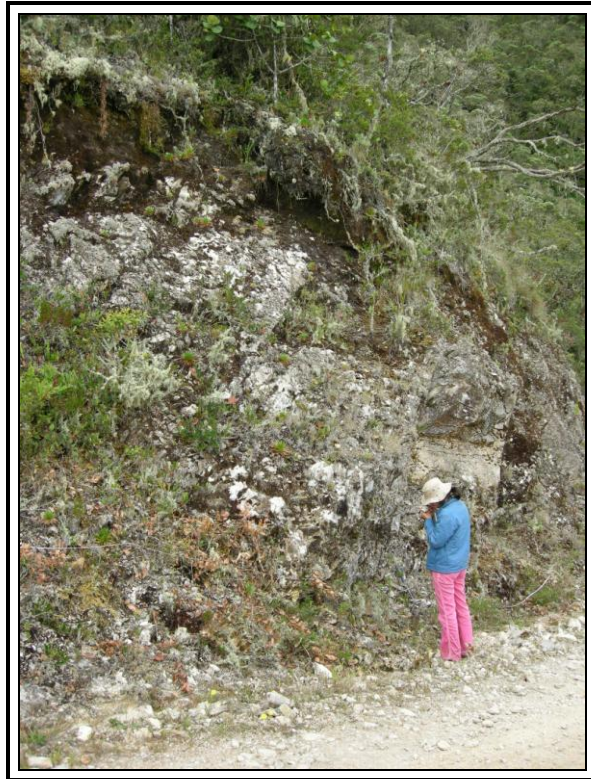
Pérez y Salazar (1978, p. 31), afirman: "la sedimentación de la Arenisca Dura tuvo lugar en un ambiente marino somero (...) o sublitoral (...).".

Salazar (1999 en Montoya y Reyes, 2003, p. 80) interpreta que la Formación Arenisca Dura se depositó en un ambiente de plataforma marina interior a media durante una fase regresiva del mar. Dentro de esta plataforma la variación de facies arenosas totalmente bioturbadas a facies laminadas sugieren una fluctuación de depósito desde el *upper offshore*, a la zona de *transición* y el *lower shoreface*.

#### Otros aspectos:

En el área de estudio, la Formación Arenisca Dura se reconoce por su morfología abrupta (**Foto TM8**), que resalta sobre la morfología de valles que crean las formaciones subyacentes Conejo y Chipaque, y la formación suprayacente Plaeners.





**Foto TS2** (Sección Tibirita-Soatama). Capas subtabulares, gruesas, de wackas cuarzosas de color gris claro a crema, de grano fino a muy fino, de la Formación Arenisca Dura.



**Foto TMS** (Sección Tibirita-Machetá). Morfología abrupta de la base de la Formación Arenisca Dura (en segundo plano), formada por capas subtabulares, muy gruesas, de cuarzoarenitas grises, de grano fino, compactas, superpuestas a shales silíceos grises de la Formación Chipaque (en primer plano).



### 3.2.17.8 Límites y contactos

#### Límite inferior:

Pérez y Salazar (1978, p. 18) describen: "La Formación, constituida por una sucesión de areniscas en bancos muy gruesos con intercalaciones de limolitas, lodolitas, liditas y arcillolitas de colores claros y en capas finas, reposa concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas físciles, grises predominantes, y areniscas arcillosa de la Formación Chipaque."

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), medida en este estudio, el límite inferior de la Formación Arenisca Dura se definió con base en las primeras capas de cuarzowackas fosfáticas que afloran por encima de una secuencia de capas tabulares y lenticulares, delgadas y medianas, de lodolitas y limolitas silíceas, en el metro 161 del levantamiento (E: 1.061.842, N: 1.056.334).

#### Límite superior:

Pérez y Salazar (1978, p. 18) describen: "Suprayaciendo la Arenisca Dura, en sucesión continua y concordante, sigue una secuencia de arcillolitas, arcillolitas silíceas y liditas con escasos y delgados bancos de arenisca que se conoce como Formación Plaeners.

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), el límite superior de la formación se definió con base en las capas de cuarzoarenitas cementadas con laminación inclinada que afloran por debajo de una sucesión de capas subtabulares, delgadas, de lodolitas silíceas, de color gris, micáceas, con interlaminaciones y lentes de arenita; en el metro 215 del levantamiento (E: 1.061.779, N: 1.056.328).

### 3.2.17.9 Reseña histórica

La reseña histórica de la Formación Arenisca Dura es inherente a la reseña histórica del Grupo Guadalupe. De esta última existe una descripción detallada realizada por Pérez y Salazar (1978, p. 14-16) y sus anotaciones son:

"KARSTEN (1858) describió las rocas del Guadalupe sin denominarlas;....Sin embargo, fue HETTNER (1892) el primero en denominar y ubicar estratigráficamente la secuencia como Piso de Guadalupe, comprendido entre el Piso del Villeta a la base y el Piso del Guaduas al techo, con límites estratigráficos imprecisos. En 1926 STUTZER describió la unidad con el rango de formación sin introducir modificaciones apreciables.

No obstante, HUBACH (1931, 1933) considera el Guadalupe bajo la categoría de Piso y lo divide en un conjunto superior con los niveles de Areniscas Tiernas, Plaeners y Areniscas Duras, y un conjunto inferior arcilloso. Estratigráficamente lo ubicó bajo el Guaduas y sobre un nivel calizo que denominó conjunto de Chipaque. Posteriormente el mismo autor (1933, in HUBACH, 1957 a) eleva el Guadalupe al rango de Grupo con dos formaciones, el Guadalupe Superior constituido de base a techo por las Areniscas Duras, los Plaeners y la Arenisca Tierna,..... Más tarde y de manera formal (HUBACH, 1957 b) describe la unidad bajo el rango de formación con los conjuntos típicos introducidos en 1933, el superior constituido por tres horizontes, de base a techo, Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor, y Arenisca Tierna."....

En 1959 BÜRGL propone una nueva nomenclatura estratigráfica para la Formación Guadalupe, constituida de techo a base por la Arenisca Tierna, los Plaeners Superiores, la Arenisca Dura, Plaeners y arcillas, Arenisca no denominada, Plaeners y Areniscas, Primera Lidita, Arenisca no denominada, Plaeners y Areniscas, y Segunda Lidita. En 1961 el mismo autor insinúa como división natural para empezar el Guadalupe en la región de Bogotá la Lidita Inferior o Segunda Lidita. La característica fundamental de la estratigrafía de BÜRGL es que hace coincidir los límites cronológicos con los litoestratigráficos.

En el mismo año (1961) la *Colombian Soc. Petr. Geol. Geoph.* (in JULIVERT, 1968) toma la estratigrafía de BÜRGL (1959, 1961) y con criterios litoestratigráficos más prácticos presenta la siguiente nomenclatura para la sucesión estratigráfica, de techo a base: Tierna Member, Upper Plaeners, Dura Member, Lower Plaeners, que contienen el Upper Chert o Lidita Superior, y Raizal Member, este último correspondiente a la Arenisca Dura de HUBACH. De esta manera se restringió la denominación de Formación Guadalupe para el Guadalupe Superior de HUBACH, criterio que prima actualmente.

De la estratigrafía propuesta por BÜRGL (op. cit.) y su adaptación hecha por la C.S.P.G.G., se advierte la aplicación errónea de la nomenclatura de HUBACH. En la sucesión propuesta por BÜRGL se utiliza, por ejemplo, el mismo nombre para designar porciones estratigráficas diferentes debido a espesores exagerados atribuidos en la Sabana a diferentes conjuntos de la formación (JULIVERT, 1963: 14). La C.S.P.G.G., en la sección de Choachí y de acuerdo con BÜRGL, llama Dura Member a la correspondiente Arenisca de Labor de HUBACH (1957 b).

UJUETA (1961) toma la nomenclatura de HUBACH (1957 b) y la modifica al considerar, dentro del Guadalupe Superior, los Plaeners y la Arenisca de Labor como dos horizontes diferentes.

Más tarde JULIVERT (1962 a, 1962 b, 1963 a, 1968) considera la Formación Guadalupe, en el sentido de la C.S.P.G.G. (1961), con la siguiente nomenclatura informal: de base a techo, Arenisca Dura, nivel de Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna; admite, además, como formal la denominación de Miembro El Raizal (C.S.P.G.G., 1961) para lo que él llama

informalmente Arenisca Dura, y establece una equivalencia nomenclatural entre las dos sucesiones estratigráficas (JULIVERT, 1963: Fig. 3).

RENZONI (1962, 1968) eleva el Guadalupe al rango de Grupo constituido de base a techo por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor y Tierna, según la nomenclatura de HUBACH, que no modifica por considerarla muy arraigada en la literatura geológica del país.

De este esbozo histórico se deduce que en los últimos años se han utilizado simultáneamente tres nomenclaturas diferentes para el Guadalupe: JULIVERT (1968), RENZONI (1968), McLAUGHLIN & ARCE (1969).

Los autores están de acuerdo con el rango de Grupo propuesto por RENZONI (1962) para el Guadalupe Superior de HUBACH (1957). La aceptación como formal de la denominación de Miembro El Raizal (C.S.P.G.G., 1961), según insinuación de JULIVERT (1962-1968), es discutible ya que la unidad no está definida ni descrita claramente y no se da espesor de la sección tipo (JULIVERT, 1968: 475, 476).

En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

- Formación Arenisca Dura;
- Formación Plaeners;
- Formación Arenisca de Labor;
- Formación Arenisca Tierna.

Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana."

#### 3.2.17.10 Subdivisión

Pérez y Salazar (1978, p. 18-23) subdividen, en la sección tipo, la Formación Arenisca Dura en nueve "Conjuntos" ("D1" a "D9").

Montoya y Reyes (2003, p. 72-79) en la plancha 209 Zipaquirá, subdividieron la unidad en los "Segmentos A, B y C" en la "sección de Suesca"; en los "Segmentos A, B y C" en la "sección de Sutatausa" y en los "Segmentos A, B, C, D y E" en la "sección de Machetá".



### 3.2.17.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Fabre (1985, fig. 9a), muestra que las facies de la Formación Arenisca Dura se extendían ampliamente desde el sector de Pajarito, Boyacá (extremo oriental de la transecta-3) hasta la región de la Sabana de Bogotá.

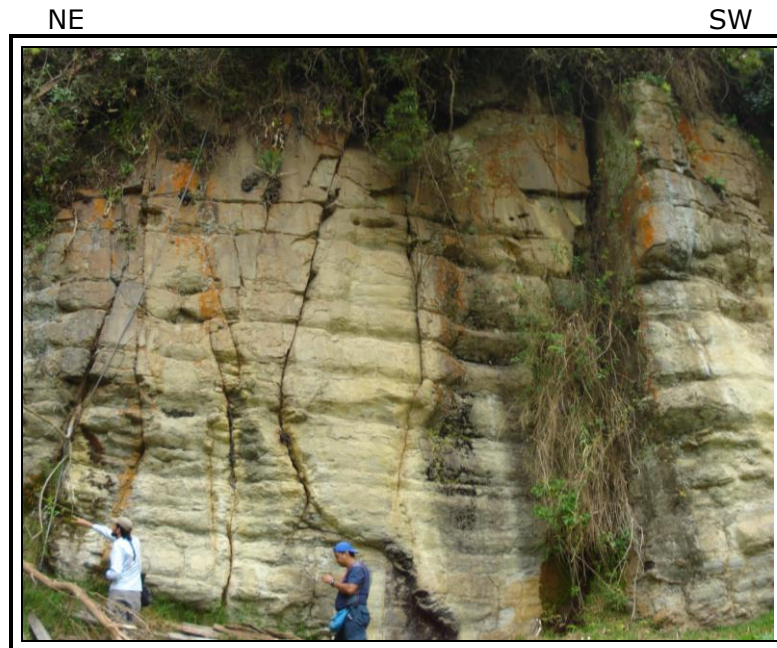
En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad:

1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera no pavimentada Villapinzón-Machetá (Cundinamarca) y por la carretera que conduce de Machetá a Guateque (Boyacá); plancha 209-Zipaquirá.

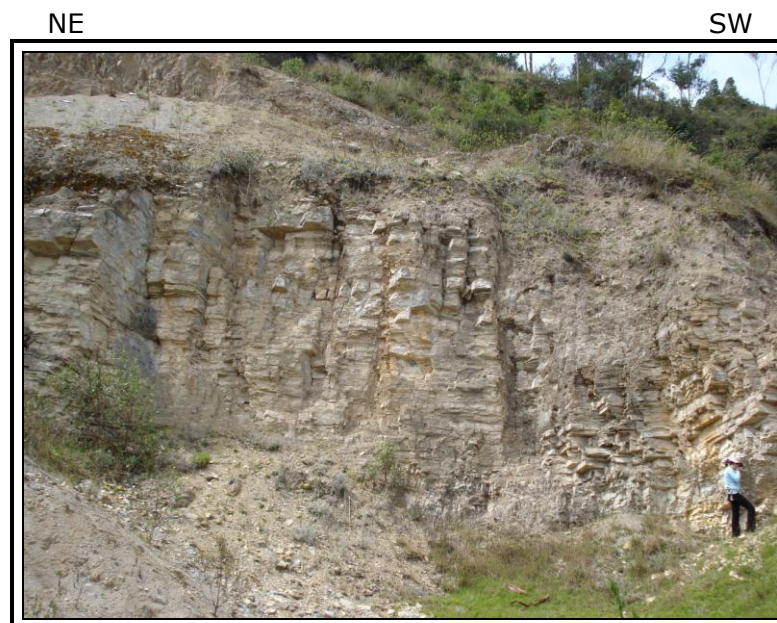
2) En las transectas-2 (Sutamarchán- Ururia) y 3 (Gámbita-Pajarito), respectivamente por la carretera que conduce desde Puente Boyacá hasta unos 5 ó 6 Km al sureste de Ramiriquí y por las carreteras Aquitania-Iza y Aquitania-Tota-Cuítiva-Iza (Boyacá), pero con interposiciones de sedimentitas de la Formación Lidita Superior, que sugieren que estas dos unidades se interdigitan lateralmente. En este caso, como se dijo en la descripción de la Formación Lidita Superior, estas dos unidades se agruparon cartográficamente como **"Formación Lidita Superior-Arenisca Dura"** (Fotos C12, C17 y P102).

3) En la transecta-2, por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (aproximadamente en la mitad del trayecto) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (antes de arribar a San Antonio), hay afloramientos de la Formación Arenisca Dura y de la Formación Plaeners, que muestran interposiciones de arenitas lodosas, cuarzosas, compactas, y limolitas y lodolitas silíceas, compactas, en proporciones y espesores variables que hacen difícil separarlas cartográficamente. En consecuencia se agruparon con el nombre de **"Formación Arenisca Dura y Plaeners"** con un espesor obviamente mayor que el de cada unidad independiente.

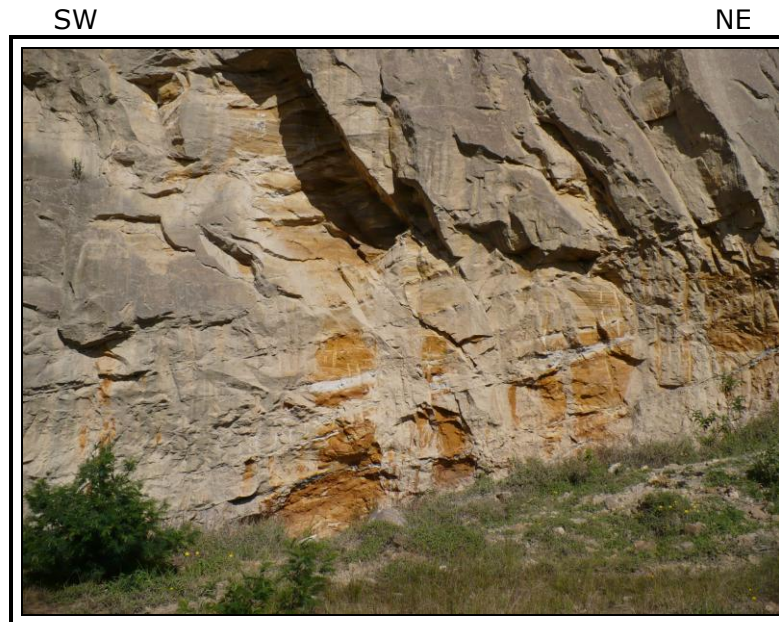




**Foto C12.** Estación C12 (trsecta-2): Arenitas cuarzosas, amarillentas, de grano fino, compactas, con intercalaciones muy delgadas de lodolitas de color gris a crema, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (flanco occidental del Sinclinal de "Soconsaque").



**Foto C17.** Estación C17 (trsecta-2). Capas medianas y delgadas, tabulares a subtabulares, de liditas y lodolitas silíceas de color crema, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (bloque congente de la Falla de Chivatá).



**Foto P102.** Estación P102 (transecta-2): capas tabulares a subtabulares, muy gruesas, de wackas cuarzosas, de color blanco-amarillento, con laminación en artesa, de la "Formación Lidita Superior-Arenisca Dura" (bloque yacente de la Falla de Chivatá, al oeste-noroeste de Ramiriquí).

#### Variación lateral:

Pérez y Salazar (1978, p. 24) describen como una característica especial de la Arenisca Dura, la considerable variación lateral de espesor de algunos conjuntos en los que éstos subdividieron la unidad. Esta unidad, en el área de estudio, disminuye en espesor de oriente a occidente.

Montoya y Reyes (2003, p. 71-72) en un estudio estratigráfico más detallado anotan: "La Formación Arenisca Dura desde la sección tipo (cerros orientales de Bogotá), en dirección Norte y Noreste, presenta variaciones en el espesor, es así como en la sección de Suesca afloran 226 m, en la de Sutatausa 135 m y en la de Machetá 71 m de areniscas y 200 m de liditas, areniscas y arcillolitas. Acompañando estas variaciones en espesores, son también notorias las variaciones litológicas; en las secciones de Suesca y Sutatausa el contenido de arenisca es menor que en la sección tipo; en Suesca, la Formación Arenisca Dura mantiene las características litológicas de la sección tipo, es una secuencia arenosa y aflora un nivel intermedio de 62 m de liditas; en Sutatausa el nivel inferior es silíceo (23 m) y hacia la parte superior está conformada por 107 m de areniscas y en la región de Machetá se destaca la presencia de capas fosfáticas."



### Correlación:

Anteriormente se mencionó que las formaciones Arenisca Dura y Lidita Superior son cronocorrelacionables. La Formación Arenisca Dura a grandes rasgos se crono y litocorrelaciona con parte del Grupo Palmichal que aflora en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). En esta área del piedemonte llanero, Guerrero y Sarmiento (1996, p. 18-19), proponen dividir el Grupo Guadalupe en las unidades Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior y mencionan que la Formación Arenisca Dura del área de Bogotá corresponde al Guadalupe Inferior. Sin embargo ellos (*op. cit.*, p. 20), consideran: "El cambio litológico del Guadalupe Inferior del Piedemonte Llanero es lo suficientemente importante para impedir denominar a la unidad como Formación Arenisca Dura y por lo tanto proponemos formalmente el nombre de Formación Arenitas de San Antonio para esta parte de la sucesión."

Al observar la repartición de las facies principales en la Cordillera Oriental y Los Llanos en la figura 9a de Fabre (1985, p. XIX-16), se interpreta que la Formación Arenisca Dura se cronocorrelaciona con la parte superior ("unidad K6c") de la Formación La Luna.

#### 3.2.17.12 Localidad tipo y estratotipo

Pérez y Salazar (1978, p. 18) escribieron: "La Sección Tipo (Fig.2) que se propone para la Formación Arenisca Dura está situada en la parte W (*sic.*) del área en estudio, frente a Bogotá, por el carreteable al Cerro del Cable, y es hasta ahora la mejor exposición de la unidad en la Sabana de Bogotá y alrededores."

### **3.2.18 Formación Plaeners (Campaniano superior a Maastrichtiano inferior)**

#### 3.2.18.1 Referencia original

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 129), como "Horizonte de plaeners", refiriéndose al "horizonte" medio del "Conjunto superior arenoso" del "piso del Guadalupe". El autor del término Guadalupe, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 314), fue Hettner en 1892 como *Guadalupestufe & Stufe der Guadalupesichten*.

Hubach en un cuadro anexo ("Columna Estratigráfica en la Cordillera Oriental") al trabajo de Kehrer (1933), denomina "Plaeners" a un "Horizonte" del "Conjunto superior del "Piso de Guadalupe" y lo sitúa en el "Cretáceo Superior".

Posteriormente Hubach (1957: "Contribución a las unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 39: como edición facsímil "Compilación de



los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia”) anota bajo el título de “Grupo de Guadalupe”: “Hettner, A., 1892, quien consideraba como “piso” de Guadalupe la parte alta, arenosa del Cretáceo de la Cuenca de Bogotá y en especial los cerros de Guadalupe y Monserrate en Bogotá.”.

### 3.2.18.2 Proponente del nombre

Renzoni (1963, p. 67 y 74), en su trabajo al este y sureste de Bogotá, utiliza informalmente el nombre “Formación Plaeners” para la unidad media del “Grupo Guadalupe”. Más tarde Renzoni (1968, p. 94) utiliza nuevamente el término “Formación Plaeners”, para la parte media del “Grupo Guadalupe”, advirtiendo que se trata de una unidad informal.

Posteriormente, Pérez y Salazar (1978, p. 16) en su trabajo de 1971, “Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe”, escriben: “En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

Formación Arenisca Dura;  
Formación Plaeners;  
Formación Arenisca de Labor;  
Formación Arenisca Tierna.”

Enseguida anotan: “Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana.”.

### 3.2.18.3 Derivación del nombre

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 443), con relación a la evolución histórica del término escribe: “El nombre de Plaeners fué introducido por HETTNER (1892, p. 16) si bien no con el carácter de unidad estratigráfica sino para describir un tipo de facies caracterizadas por materiales consistentes, sobre todo silíceos, y finamente estratificados. Por otra parte HETTNER, y más adelante E.A. SCHEIBE (1938) aplican a veces este nombre a capas pertenecientes a niveles distintos a lo que para HUBACH constituye la unidad estratigráfica denominada Plaeners. Así en la p. 28, SCHEIBE (1938) dice que en el tercio inferior del Guadalupe “predominan las pizarras arcillosas gris... que encierran bancos de... y rocas silíceas pronunciadamente estratificadas y quebradizas, = Plaeners silíceos (vease Lám. A, fig. 2...)”....”. Hubach (1957, p. 101) hace una descripción similar de los Plaeners así: “formados de cintas planas y paralelas de liditas arcillosas, margosas y puras (vulgarmente “piedra panelita”)”.



#### 3.2.18.4 Área tipo

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 129) comienza su descripción del "PISO DE GUADALUPE" con el subtítulo "ORIENTE DE CUNDINAMARCA Y SABANA DE BOGOTÁ". Enseguida anota: "La apreciación del piso de Guadalupe en esta zona de la Cordillera Oriental....., se facilita gracias a los extensos afloramientos no solo en las pendientes del divorcio de aguas entre la Sabana de Bogotá y los Llanos sino también en la Sabana misma."

#### 3.2.18.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Plaeners descansa sobre las formaciones Lidita Superior (**Foto M48**) y Arenisca Dura, y subyace a las "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna" (**Foto M25A**).

Etayo-Serna (1964, p. 26 y 37) cita fauna en el "Nivel de Plaeners" reportada por Bürgl en 1955, y anota que este autor la considera del "maastrichtiano inferior" (*sic.*).

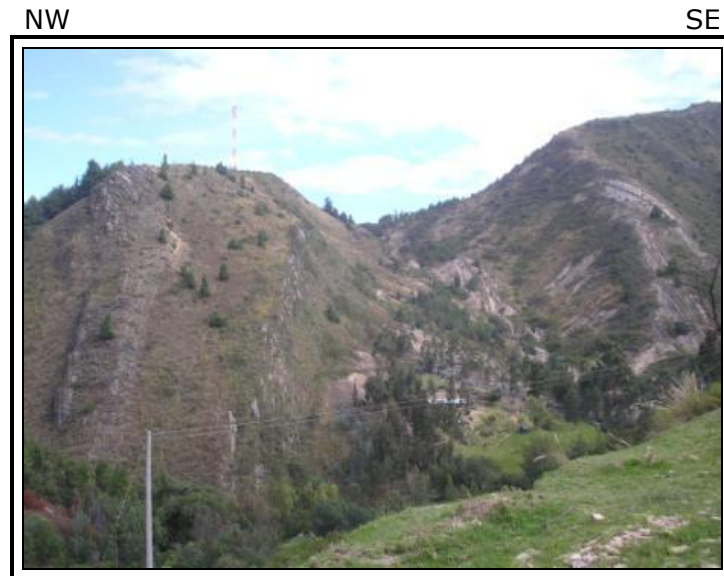
Pérez y Salazar (1978, p. 36) reportan que, al norte de Usaquén (Bogotá), a unos 15 m por debajo de la Arenisca de Labor se colectó *Ostrea tecticosta* GABB, *Orthocarstenia cretácea* (CUSHMAN) & *Orthocarstenia clarki* (CUSHMAN & CAMPBELL). Luego escriben: "DIANA GUTIÉRREZ (comunicación escrita, 1973) afirma que *Ostrea tecticosta* está presente en la fauna de "Breviarca A" de BÜRGL (1957) de edad Maastrichtiano inferior,.... Considera además los foraminíferos *O. cretácea* & *O. clarki* comunes en las capas del Cretáceo más superior de Colombia, Campaniano-Maastrichtianas (Tablas inéditas de BÜRGL).".

Montoya y Reyes (2003, p. 84) citan: "La edad de la Formación Plaeners según Föllmi et al. (1992 en Vergara y Rodríguez, 1997), con base en amonitas de la región de Tausa, es Campaniano Superior a Maastrichtiano temprano.".

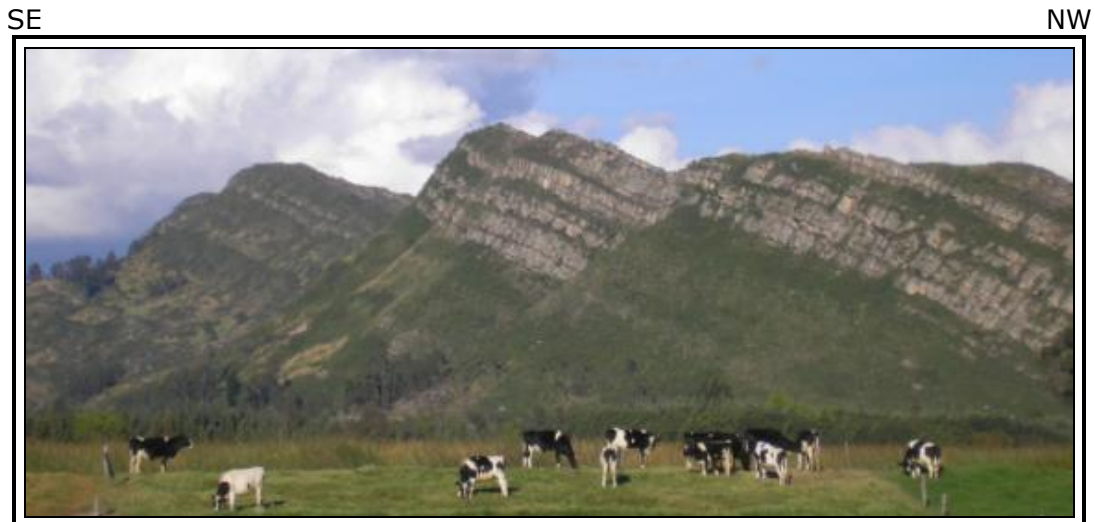
Guerrero y Sarmiento (1996, p. 51), asignan con base en palinomorfos la "Formación Lodolitas de Aguacaliente" (equivalente a la Formación Plaeners del área de Bogotá) al Campaniano tardío.

La Formación Plaeners se ubicaría cronoestratigráficamente entre el **Campaniano superior y el Maastrichtiano inferior**.





**Foto M48.** Estación M48 (transecta-1): Contacto Formación Plaeners (izquierda) y Formación Lidita Superior (derecha), la sucesión esta invertida formando el flanco occidental del Anticlinal de Guachaneca, al este del municipio de Cucunubá.



**Foto M25A** (transecta-1). Panorámica de la Peña La Media Luna (Vereda Media Luna), Formación Plaeners en la parte baja y "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna" en la parte alta del filo.

### 3.2.18.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 191), describen la Formación Plaeners como constituida por "interestratificaciones delgadas de limolitas silíceas, porcelanitas y



arcillolitas silíceas, en general de colores claros: blanco, gris o pardo rojizo claro; contiene algunas capas delgadas de arenitas de grano fino.”

### Espesor

Pérez y Salazar (1978, p. 34), mencionan que el espesor total de la formación en la sección tipo es de 73 m.

Montoya y Reyes (2003, p. 81) en su estudio geológico de la plancha 209 Zipaquirá, midieron de la unidad 187 m en el Boquerón de Tausa (coordenadas N: 1.066.247 y E: 1.021.739), en la vía que conduce a Ubaté, Cundinamarca.

Fuquen y Osorno (2005, p. 60) en su estudio geológico de la plancha 190-Chiquinquirá, hacia el sureste del municipio de Guachetá levantaron una sección estratigráfica sobre la carretera a las minas de carbón la cual dio un espesor de 223 m.

Durante este estudio se midió el espesor estratigráfico de la Formación Plaeners (en la transecta-1), al nor-noroeste de Tibirita (Cundinamarca), el cual fue de 193 m, y por la carretera que conduce de Ubaté a Lenguazaque (Cundinamarca) que dio 244 m.

### 3.2.18.7 Litología

La sección más completa medida en este estudio de la Formación Plaeners, es la que se midió con apoyo en poligonal y GPS al nor-noroeste de Tibirita. Esta sección se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), la cual es la base para la descripción litológica de la unidad, entre el m 215 y el m 408.

#### Coordenadas de la poligonal Tibirita-Soatama (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.062.055	N: 1.056.309
Finales:	E: 1.061.436	N: 1.056.558

#### Descripción:

La sucesión estratigráfica de la Formación Plaeners, se puede subdividir en tres intervalos:

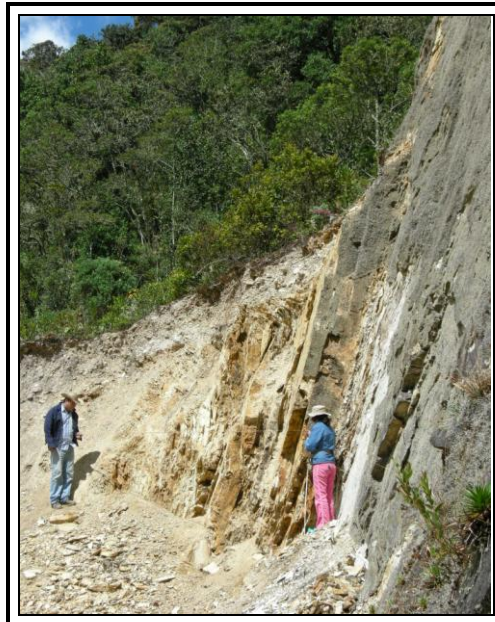
#### *Intervalo inferior (m 215 – m 281):*

Lodolitas silíceas, a veces limosas, de color gris y gris a pardo, micáceas, con láminas y lentes de arenita, con foraminíferos bentónicos y trazas de fosfatos, a

veces oxidadas, dispuestas en capas delgadas con laminación ondulada paralela (**Fotos TS3 y TS4**). Presentan algunas intercalaciones de shales grises y capas lenticulares, delgadas, de arenitas de grano fino.



**Foto TS3** (Sección Tibirita-Soatama). Capas subtabulares, delgadas, de lodolitas silíceas grises, de la Formación Plaeners.



**Foto TS4** (Sección Tibirita-Soatama). Capas subtabulares, delgadas y medianas, de lodolitas silíceas grises, de la Formación Plaeners.



*Intervalo medio (m 281 – m 368):*

Intervalo homogéneo de shales grises, con foraminíferos bentónicos abundantes, fosfatos, restos de peces y trazas de moscovita; dispuestos en capas medianas y delgadas, lentiformes, con contactos netos y laminación ondulada y lenticular paralela. Presenta intercalaciones de capas tabulares, medianas, con laminación ondulada paralela, de arenitas cuarzosas, grises, de grano fino, cementadas.

*Intervalo superior (m 368 – m 408):*

Compuesto por capas tabulares y lentiformes, gruesas, medianas y delgadas, con laminación ondulada, de arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas), grises y blancas, de grano fino y muy fino, bioturbadas, con láminas carbonosas; con intercalaciones de capas tabulares, delgadas y medianas, con laminación paralela, de lodolitas y shales grises (**Fotos TS5 y TS6**).



**Foto TS5** (Sección Tibirita-Soatama). Interposiciones de capas tabulares, delgadas y medianas de lodolitas grises y arenitas amarillentas, de grano fino, de la Formación Plaeners.



**Foto TS6** (Sección Tibirita-Soatama). Interposiciones de capas tabulares, delgadas y medianas de arenitas de color gris-pardo, de grano fino y lodolitas grises, de la Formación Plaeners.

#### Génesis:

Pérez y Salazar (1978, p. 37), afirman con relación a la Formación Plaeners: "su facies corresponde a un ambiente de llanuras de lodo formadas por corrientes de marea que transportan sedimentos finos sobre la costa y los depositan en las partes más someras, en donde las corrientes son débiles (...).".

Montoya y Reyes (2003, p. 84), en el área de la plancha 209 Zipaquirá, interpretan: "La Formación Plaeners se depositó en un ambiente de plataforma externa a media, por debajo de la acción de las olas, con un aporte importante de sílice que puede indicar corrientes de surgencia favoreciendo el desarrollo de fauna.".





### Otros aspectos:

Un aspecto importante de la Formación Plaeners, que ayuda al momento de cartografiarla, es que como dicen Pérez y Salazar (1978, p. 33): "se destaca muy bien por su morfología suave situada entre dos formaciones de rocas duras que dan escarpes y hacen resaltar en esta forma su naturaleza blanda."

#### 3.2.18.8 Límites y contactos

Pérez y Salazar (1978, p. 33) describen de la Formación Plaeners: "Reposa concordantemente sobre areniscas masivas y de estratificación muy gruesa de la Formación Arenisca Dura, con contacto marcado y abrupto dado por el cambio brusco en la litología (...): arcillolitas silíceas y liditas que contrasta con las facies notablemente arenosa (*sic.*) de la Arenisca Dura. Subyace a la Formación Arenisca de Labor, que le sigue en sucesión continua y concordante."

Para Montoya y Reyes (2003, p. 83), el contacto inferior de la unidad con la Formación Arenisca Dura, en el sector oriental, occidental y sur de la plancha 209 Zipaquirá, es neto y concordante, pasando de capas arenosas masivas a capas arcillosas. En la parte central de la plancha, el contacto inferior es con la Formación Lidita Superior, neto y concordante pasando de capas silíceas de la Formación Lidita Superior a capas arcillosas con gran abundancia de foraminíferos bentónicos de la Formación Plaeners. Esta unidad es suprayacida por la Formación Labor-Tierna en contacto gradual rápido y se pasa de limolitas silíceas a capas de arenisca muy fina y limolitas.

#### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), medida en este estudio, el límite inferior de la Formación Plaeners se definió con base en las primeras capas subtabulares, delgadas, de lodolitas silíceas, de color gris, micáceas, con interlaminaciones y lentes de arenita, que afloran por encima de una secuencia de capas gruesas de cuarzoarenita, de grano fino, cementado, con laminación inclinada; en el metro 215 del levantamiento (E: 1.061.779, N: 1.056.328).

#### Límite superior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), el límite superior de la formación se definió con base en las intercalaciones de capas tabulares y lentiformes, delgadas y medianas, de cuarzoarenitas de grano fino, grises claras y blancas, y shales lodosos, silíceos, grises, con laminación lenticular y plano paralela, que afloran por debajo de capas medianas y gruesas, con laminación



ondulada de cuarzoarenita, de color gris-pardo, de grano fino a medio, con cemento silíceo; en el metro 408 del levantamiento (E: 1.061.682, N: 1.056.503).

#### 3.2.18.9 Reseña histórica

En el capítulo de la Formación Arenisca Dura, se hizo la reseña histórica de esta unidad pero como parte de la reseña histórica del Grupo Guadalupe (véase); reseña que incluye también a las formaciones Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna.

#### 3.2.18.10 Subdivisión

Pérez y Salazar (1978, p. 33-34) no subdividieron la Formación Plaeners como lo hicieron con la Formación Arenisca Dura, debido a que según ellos, no es posible separar la secuencia en conjuntos litológicos netamente definidos, dada la continua variabilidad de las diferentes litologías. En cambio, describen la Formación Plaeners, de base a techo, en seis tramos estratigráficos.

Montoya y Reyes (2003, p. 83) en la plancha 209 Zipaquirá, subdividieron la unidad en los "Segmentos A, B, C y D" en la "sección de Tausa".

Fuquen y Osorno (2005, p. 60-62) en la plancha 190-Chiquinquirá, subdividieron la Formación Plaeners en los "Segmentos A, B, C, D y E", hacia el sureste del municipio de Guachetá, en una sección estratigráfica sobre la carretera a las minas de carbón.

#### 3.2.18.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Fabre (1985, fig. 9a), muestra que las facies de los "Plaeners Inferiores" se extendían ampliamente desde el sector de Pajarito, Boyacá (extremo oriental de la transecta-3) hasta la región de la Sabana de Bogotá. Esta unidad que corresponde a la Formación Plaeners de Pérez y Salazar (1978), queda restringida a la transecta-1, y a parte de la transecta-2, según las observaciones de campo en este estudio.

Se observaron afloramientos de la Formación Plaeners: 1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera Ubaté-Lenguazaque (Cundinamarca), por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá (Cundinamarca), por la carretera no pavimentada Villapinzón-Machetá (Cundinamarca) y por la carretera que conduce de Machetá a Guateque (Boyacá); plancha 190-Chiquinquirá, plancha 209-Zipaquirá y cuadrángulo K-12



Guateque. Como se mencionó oportunamente, en la descripción de la Formación Lidita Superior, ésta y la Formación Plaeners son difícilmente distinguibles por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá (a unos 3 ó 4 Km al oeste de la carretera Chocontá-Villapinzón, Cundinamarca), por lo que se agruparon cartográficamente como **"Formación Lidita Superior y Plaeners"**. 2) En la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia) por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (a unos 10 Km en línea recta, al noroeste de Zetaquirá, Boyacá) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (a unos 12 Km en línea recta, al oeste de Zetaquirá), se presentan afloramientos compuestos por intercalaciones de limolitas y lodolitas silíceas compactas, y arenitas lodosas cuarzosas compactas, en proporciones variables que sugieren la presencia de rocas de la Formación Plaeners y a la vez rocas de la Formación Arenisca Dura, cartográficamente difíciles de separar. Por lo tanto, éstas se agruparon en este sector con el nombre de **"Formación Arenisca Dura y Plaeners"**.

#### Variación lateral:

Las características litológicas de la Formación Plaeners (limolitas y lodolitas silíceas, y arcillolitas), se conservan relativamente constantes en el área de estudio. Sin embargo, reiteramos que Pérez y Salazar (1978, p. 33) al describir la sucesión litológica en la sección tipo de esta unidad, mencionaron: "Dada la continua variabilidad de las diferentes litologías, no es posible separar la secuencia en conjuntos litológicos netamente definidos.". Es decir, es muy probable que lateralmente la Formación Plaeners también presente continuas variaciones litológicas. En los sectores donde la Formación Plaeners se agrupó respectivamente con la Formación Lidita Superior (**"Formación Lidita Superior y Plaeners"**) y con la Formación Arenisca Dura (**"Formación Arenisca Dura y Plaeners"**), debe entenderse como sucesiones verticales en las que las unidades individuales no facilitan su diferenciación cartográfica y no como variaciones laterales de las unidades involucradas.

Al comparar el espesor de 73 m dado a la unidad en la sección tipo por Pérez y Salazar (1978, p. 34), con los reportados en el Boquerón de Tausa (plancha 209 Zipaquirá) de 187 m, por Montoya y Reyes (2003, p. 81); en un sector hacia el sureste del municipio de Guachetá (plancha 190-Chiquinquirá) de 223 m, por Fuquen y Osorno (2005, p. 60); y al nor-noroeste de Tibirita (Cundinamarca), de 193 m, y por la carretera que conduce de Ubaté a Lenguazaque (Cundinamarca), de 244 m, medidos en este estudio; se puede concluir que el espesor de la Formación Plaeners aumenta, en dirección Suroeste-Noreste, desde 73 m en la sección tipo hasta aproximadamente 210 m en el área de estudio.

### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Plaeners se litocorrelaciona y cronocorrelaciona con parte de la Formación Los Pinos, como lo confirma la figura 1 de Fabre (1985, p. XIX-3). La Formación Plaeners se cronocorrelaciona con parte del Grupo Palmichal que aflora en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). En esta área del piedemonte llanero, Guerrero y Sarmiento (1996, p. 18-19), proponen dividir el Grupo Guadalupe en las unidades Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior y mencionan que la Formación Plaeners del área de Bogotá corresponde al Guadalupe Medio. Sin embargo ellos (*op. cit.*, p. 20), consideran: "Aunque la litología del Guadalupe Medio del Piedemonte Llanero es comparable a la del área de Bogotá, por tratarse de una unidad de grano predominantemente fino entre las arenitas superior e inferior del Grupo Guadalupe, la litología del Piedemonte Llanero es notoriamente más gruesa que la de Bogotá. Consecuentemente, se propone para esta parte de la sucesión del Piedemonte Llanero el nombre de Formación Lodolitas de Aguacaliente."

#### 3.2.18.12 Localidad tipo y estratotipo

Pérez y Salazar (1978, p. 32-33) escribieron: "Dentro del área de estudio la Formación Plaeners aflora en el cerro del Alto del Cable, por el camino a la Estación de La Cuchilla, al N. (*sic.*) de Usaquén, y en el carretable al cerro situado entre las quebradas Rosales y La Vieja. .... La sección en el cerro entre las quebradas Rosales y La Vieja presenta las mejores condiciones para un estudio detallado: buena exposición y continuidad de base a techo, lo cual permite proponerla como Sección Tipo."

La sección tipo de la Formación Plaeners se sitúa por supuesto en el área de Bogotá.

### **3.2.19 Formación Los Pinos (Campaniano en parte a Maastrichtiano inferior en parte)**

#### 3.2.19.1 Referencia original

Vargas *et al.* (1981, p. 47 y 75) y Fabre (1985, p. XIX-13 y XIX-20) le atribuyen la introducción del nombre Los Pinos a Ulloa, mencionando respectivamente que su informe ("Geología del Cuadrángulo J-13, Sogamoso") está en imprenta o en preparación.



### 3.2.19.2 Proponente del nombre

Vargas *et al.* (1981, p. 47), como parte de la descripción de la "Formación Guadalupe" en el área del cuadrángulo I-13 (Málaga) relatan: "La formación tal y como se ha observado en el área consta de dos miembros, uno inferior arcilloso para el cual Ulloa, C. (en imprenta) propone el nombre Los Pinos y uno superior arenoso denominado Arenisca Tierna."

Ulloa *et al.* (2001, p. 28) mencionan: "Fabre (1985b) y Etayo Serna (1985) usan informalmente el término Formación Los Pinos para el área del Cocuy y lo correlacionan con el miembro Los Pinos de Ulloa & Rodríguez (1979) definida en el área de la planchas 170 Vélez y 190 Chiquinquirá."

### 3.2.19.3 Derivación del nombre

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) en su trabajo escriben: "se propone como localidad tipo de la Formación Los Pinos, la Inspección de Policía del mismo nombre (Plancha 172 Paz de Río, A10)..."

### 3.2.19.4 Área tipo

El área tipo se puede definir como la zona oriental del Departamento de Boyacá (Cordillera Oriental de Colombia), al oriente del municipio de Socha, en las estribaciones occidentales del Páramo de Pisba.

### 3.2.19.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Los Pinos se observó estratigráficamente por encima de las formaciones Lidita Superior y Arenisca Dura, y por debajo de la Formación Arenisca Tierna.

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) recopilan: "La edad de esta unidad en el área de la Plancha 173 Támara, según Fabre (1986), es considerada como Campaniano hasta Maestrictiano (*sic.*) inicial, mientras en el área de Paz de Río es Maestrictiano (*sic.*) inicial, según Sarmiento, en Osorno (1994)."

Yepes (1997, p. 543) con base en dinoflagelados provenientes de muestreo en la quebrada Chiguatá (cerca del municipio de Iza, Boyacá), coloca el límite Campaniano-Maastrichtiano dentro de la Formación Los Pinos.

La Formación Los Pinos representaría el intervalo **Campaniano en parte al Maastrichtiano inferior en parte.**





### 3.2.19.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 186), describen que la unidad está compuesta por "lodolitas negras, con interestratificaciones lenticulares de calizas fosilíferas, limolitas silíceas y arenitas."

#### Espesor

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) mencionan: "En la localidad de Los Pinos, la unidad presenta un espesor de 295 m", y "En el flanco occidental del Anticlinal de San Antonio (...) y al sur de Sogamoso (...), la Formación Los Pinos presentan espesores de 94,90 y 101,20 m, respectivamente."

Fabre (1985, p. XIX-13) describe 447 m de la unidad, en la Sierra Nevada del Cocuy.

Ulloa *et al.* (2001, p. 28), en el área de la plancha 192-laguna de Tota, anotan: "Las formaciones Labor y Los Pinos presentan a su base un delgado paquete de areniscas no cartografiables a escala 1:100.000, correlacionables con la Formación Arenisca de Labor de la Sabana de Bogotá y es por esta razón que se describe y cartografía con este nombre.". Luego expresan que esta unidad se puede diferenciar en dos segmentos ("A" y "B") y refiriéndose al "Segmento A" dicen: "Este segmento es correlacionable con la Formación Arenisca de Labor...". Refiriéndose al segmento superior describen: "Segmento B" (104 m). Lodolitas y arcillolitas grises oscuras con intercalaciones de areniscas...". Aunque estos autores no lo dicen, es obvio que este segmento superior corresponde a la Formación Los Pinos.

### 3.2.19.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Los Pinos se basa en estaciones de campo, realizadas: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera Tunja-Puente Boyacá-Samacá-Cucaita, por la carretera Tunja-Boyacá-Ramiriquí y por carreteras que conducen de Ramiriquí a la Escuela Pantano Largo (a unos 5 km al sureste de Ramiriquí); plancha 191-Tunja. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), por la carretera Pantano de Vargas-Paipa (plancha 171-Duitama) y por la zona norte y sur de la Laguna de Tota, por las respectivas carreteras Aquitania-Iza-Cuítiva y Aquitania-Tota-Cuítiva-Iza, Boyacá (plancha 192-Laguna de Tota).



### Descripción:

La Formación Los Pinos está compuesta por paquetes subtabulares, muy gruesos, de lodolitas y arcillolitas, algunas físciles, de color gris a pardo o gris verdoso, micáceas, con fragmentos vegetales carbonizados; con intercalaciones de arenitas lodosas, de grano fino a muy fino, silíceas, altamente bioturbadas, fosfáticas, con restos de peces, moldes de bivalvos, foraminíferos bentónicos, restos carbonosos y muscovita frecuente, dispuestas en capas tabulares a subtabulares, delgadas y medianas (rara vez gruesas), con laminación ondulada no paralela y lenticular. También intercalaciones de limolitas silíceas, duras, de color gris y gris oscuro, limolitas grises, arenosas, bioturbadas, con foraminíferos bentónicos y lodolitas arenosas, a veces, con abundantes fragmentos de bivalvos.

### Génesis:

Fabre (1895, p. XIX-15), interpreta: "La Formación Los Pinos se depositó en aguas marinas poco profundas (ostras) generalmente oxigenadas (bioperturbación), agitadas por corrientes relativamente débiles (ondulitas)."

Citan Ulloa *et al.* (2001, p. 28): "La unidad, según Vergara & Rodríguez (1995), fue acumulada en un ambiente de frente de playa inferior para su segmento más bajo y plataforma somera para el segmento superior." Se refieren estos autores a la unidad que describen como "Formaciones Labor y Pinos".

### Otros aspectos:

La Formación Los Pinos presenta una morfología suave que se diferencia de la morfología escarpada que dan las formaciones infrayacentes (Formación Lidita Superior o Arenisca Dura) y suprayacente (Formación Arenisca Tierna).

#### 3.2.19.8 Límites y contactos

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) en su trabajo de la plancha 172-Paz de Río describen: "La Formación Los Pinos se observó descansando concordantemente sobre la Formación La Luna (...), sobre la Formación Arenisca de Labor (...) y sobre la Formación Plaeners (...). La Formación Los Pinos está limitada al tope por la Formación Arenisca Tierna en contacto concordante."

### Límite inferior:

Fabre (1985) en su figura 2 (p. XIX-4), coloca en contacto concordante neto a la Formación Los Pinos sobre la Formación La Luna (unidad que ocupa la posición estratigráfica de la Formación Lidita Superior o la Formación Arenisca Dura).



#### Límite superior:

Fabre (1985) en su figura 2 (p. XIX-4), pone en contacto concordante neto a la Formación Los Pinos con la suprayacente Formación Arenisca Tierna.

#### 3.2.19.9 Reseña histórica

Fabre (1985, p. XIX-13) resume: "Esta unidad litológica (K7), que constituye una..., fue cartografiada como Formación Los Pinos, según la nomenclatura introducida por ULLOA (en preparación) al norte de Sogamoso y utilizada por Vargas *et al.* (1981) al suroeste del Cuadrángulo I-13 Málaga."

#### 3.2.19.10 Subdivisión

Fabre (1985, p. XIX-13-15) menciona el intervalo K7b hacia el tope de la unidad y el intervalo K7a como correspondiente a los dos tercios inferiores de la unidad. Por su parte, Ulloa *et al.* (2003, p. 75) dividen la Formación Los Pinos en los segmentos a, b, c y d.

#### 3.2.19.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Fabre (1985, fig. 9b), muestra que las facies de la "Los Pinos" se extendían ampliamente desde el norte de la Sierra Nevada del Cocuy hasta la región oeste-suroeste y oeste de la región de Tunja. Según las observaciones de campo en este estudio, la Formación Los Pinos queda restringida a las transecta-3 y a la parte occidental de la transecta-2.

La Formación Los Pinos aflora en el área de estudio: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera Tunja-Puente Boyacá-Samacá-Cucaita, por la carretera Tunja-Boyacá-Ramiriquí y por carreteras que conducen de Ramiriquí a la Escuela Pantano Largo (a unos 5 km al sureste de Ramiriquí); plancha 191-Tunja. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), por la carretera Pantano de Vargas-Paipa (plancha 171-Duitama) y por la zona norte y sur de la Laguna de Tota, por las respectivas carreteras Aquitania-Iza-Cuítiva y Aquitania-Tota-Cuítiva-Iza, Boyacá (plancha 192-Laguna de Tota).

#### Variación lateral:

Las características litológicas de la Formación Los Pinos, se conservan relativamente constantes en el área de estudio. Al integrar la figura 9b de Fabre (1985, p. XIX-16) y las observaciones de campo en este estudio, se puede concluir que el espesor de la Formación Los Pinos disminuye en sentido Suroeste,



si se tiene en cuenta que en la región de la Sierra Nevada del Cocuy su espesor es de 447 m (según Fabre, op cit., p. XIX-13) mientras que en la transecta-1 podría ser de unos 9 m (**Anexo 3.11**, columna estratigráfica Tibirita-Soatama entre el m 483 y 492), o bien de unos 253 m si se le suma el espesor máximo medido de la equivalente Formación Plaeners en este sector.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Los Pinos se cronocorrelaciona tanto con la Formación Arenisca de Labor, como con la Formación Plaeners (Cf. Fabre, 1985, p. XIX-3, fig. 1). Con parte del Grupo Palmichal, que aflora en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), también es cronocorrelacionable.

#### 3.2.19.12 Localidad tipo y estratotipo

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) en su trabajo escriben: "se propone como localidad tipo de la Formación Los Pinos, la Inspección de Policía del mismo nombre (Plancha 172 Paz de Río, A10) y como localidades de referencia el sector de Tabor, al sur de Boavita (Cuadrángulo I-13, C5) de Vargas *et al.* (1981); y en la cuchilla de La Artesa (Plancha 187, F5) de Fabre (1986)."

### **3.2.20 Formación Arenisca de Labor (Maastrichtiano inferior)**

#### 3.2.20.1 Referencia original

Hubach (1958: "Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores", p. 101) utiliza el nombre "Arenisca de Labor", para describir parte del "horizonte medio" del "conjunto superior" de la "Formación de Guadalupe". Sin embargo, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 369), "HUBACH no aplica el nombre en el sentido de unidad estratigráfica sino que considera estas areniscas como intercalaciones dentro del nivel que denomina de Plaeners."

Hubach (1957: "Contribución a las unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 39: como edición facsímil "Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia") anota bajo el título de "Grupo de Guadalupe": "Se divide en la formación superior arenosa, o Guadalupe Superior y en la inferior arcillosa o Guadalupe Inferior."

#### 3.2.20.2 Proponente del nombre

Ujueta (1963, p. 38-39) con el nombre de "Nivel de Areniscas de Labor" describe el tercer nivel, de base a techo, de la Formación Guadalupe Superior de Hubach, y lo separa o diferencia del "Nivel de Plaeners".



Pérez y Salazar (1978, p. 16) anotan: "JULIVERT (1962 a, 1962 b, 1963 a, 1968) considera la Formación Guadalupe, en el sentido de la C.S.P.G.G. (1961), con la siguiente nomenclatura informal: de base a techo, Arenisca Dura, nivel de Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna;"

Renzoni (1963, p. 73-75, y 1968, p. 94) utiliza el nombre Grupo Guadalupe y lo subdivide informalmente en la formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor y Tierna, basado en la nomenclatura de HUBACH. Este autor (*op. cit.*, 1962, p. 74-75) al referirse a la "Formación Labor y Tierna", emplea los términos "nivel inferior" y "nivel superior" respectivamente cuando la describe.

Pérez y Salazar (1978, p. 16) en su trabajo de 1971, "Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe", escriben: "En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

Formación Arenisca Dura;  
Formación Plaeners;  
Formación Arenisca de Labor;  
Formación Arenisca Tierna."

Enseguida anotan: "Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana."

### 3.2.20.3 Derivación del nombre

Hubach (1958, p. 101-102) describe como parte del "horizonte medio" del "conjunto superior" de la "Formación de Guadalupe": "la Arenisca de Labor, compacta, de 5 a 8 metros de grueso, que es la que se utiliza como piedra de revestimiento en los edificios y para monumentos (tipo Terreros)." Es claro que el nombre dado a esta unidad se refería al uso que le daban a sus areniscas.

### 3.2.20.4 Área tipo

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 129) comienza su descripción del "PISO DE GUADALUPE" con el subtítulo "ORIENTE DE CUNDINAMARCA Y SABANA DE BOGOTÁ". Enseguida anota: "La apreciación del piso de Guadalupe en esta zona de la Cordillera Oriental....., se facilita gracias a los extensos afloramientos no solo en las pendientes del divorcio de aguas entre la Sabana de Bogotá y los Llanos sino también en la Sabana misma."





### 3.2.20.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arenisca de Labor descansa sobre la Formación Plaeners y subyace a la Formación Arenisca Tierna.

Pérez y Salazar (1978, p. 46) reportan que, en la Vereda Barrancas, 4.2 Km al norte de Usaquén, casi sobre la carrera séptima, a unos 20 m, por debajo de la Arenisca Tierna se colectó abundante fauna estudiada por Diana Gutiérrez. Luego escriben: "DIANA GUTIÉRREZ (comunicación escrita, 1973) considera las tres primeras especies dentro de la fauna de "Breviarca A" BÜRGL (1957) de edad Maastrichtiano inferior;...". Luego anotan (*op. cit.*, p. 46): Como consecuencia propone que la edad de esta fauna no es más antigua que el Maastrichtiano inferior."

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 51), asignan con base en palinomorfos la "Formación Arenitas de San Luis de Gaceno" (equivalente a las formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna del área de Bogotá) al Maastrichtiano temprano.

La Formación Arenisca de Labor se ubicaría en el **Maastrichtiano inferior**.

### 3.2.20.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 171), describen la Formación Arenisca de Labor como constituida por "estratos predominantemente gruesos de arenitas de cuarzo, con tamaño de grano muy constante en el límite medio-fino y con pocas interestratificaciones de porcelanitas, lodolitas y arcillolitas. Localmente hay concentraciones de minerales pesados, glauconita, restos fosfáticos, espículas, escamas y vértebras de peces."

#### Espesor

Pérez y Salazar (1978, p. 38), reportan que el espesor total de la formación en la sección tipo es de 177 m.

Baquero (1991, p. 10) en el Páramo del Rajadero (región de Choachí-Fómeque-Ubaque, Cundinamarca), midió un espesor de 150 m de la Formación Arenisca de Labor.

Montoya y Reyes (2003, p. 85) en su descripción de lo denominado por ellos "Formación Arenisca de Labor-Tierna" en la plancha 209 Zipaquirá, reportan 66 m



de espesor del "segmento A" de la "sección Tausa-Boquerón", el cual hacen corresponder con la Formación Arenisca de Labor.

Ulloa *et al.* (2001, p. 28), en el área de la plancha 192-laguna de Tota, anotan: "Las formaciones Labor y Los Pinos presentan a su base un delgado paquete de areniscas no cartografiables a escala 1:100.000, correlacionables con la Formación Arenisca de Labor de la Sabana de Bogotá y es por esta razón que se describe y cartografía con este nombre.". Luego expresan refiriéndose al "Segmento A" de la unidad que correlacionan con la Arenisca de Labor: "En la sección de la quebrada Canoas mide 12 m de espesor y en la Laguna de Tota alcanza los 20 m.".

Durante este estudio, en la transecta-1, se midió el espesor estratigráfico de la Arenisca de Labor junto con el de la Arenisca Tierna, porque la unidad de lodolitas o arcillolitas que normalmente las separa, o era muy delgada (no cartografiable a la escala de trabajo) o estaba ausente. En consecuencia, estas dos unidades, se agruparon como una sola unidad cartográfica denominada "**Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna**". Las localidades donde se midió el espesor de esta última unidad son: al nor-noroeste de Tibirita (Cundinamarca) y por la carretera que conduce de Ubaté a Lenguazaque (Cundinamarca). En el primer caso el espesor medido fue de 156 m y en el segundo caso fue de 91 m.

### 3.2.20.7 Litología

La sección medida con apoyo en poligonal y GPS, al nor-noroeste de Tibirita, de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna", se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**). Esta columna de 156 m estratigráficos puede dividirse en tres intervalos estratigráficos, que corresponderían de base a techo a las formaciones Arenisca de Labor (75 m), Los Pinos (9 m) y Arenisca Tierna (72 m). Sin embargo, por facilidad en la descripción y debido a que la Formación Los Pinos no puede diferenciarse cartográficamente por la escala de trabajo (1:25.000), los dos intervalos inferiores (con 84 m de espesor) se describen como Formación Arenisca de Labor, y el intervalo superior (con 72 m de espesor) se describe más adelante como Formación Arenisca Tierna.

#### Coordenadas de la poligonal Tibirita-Soatama (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.062.055	N: 1.056.309
Finales:	E: 1.061.436	N: 1.056.558



### Descripción:

La sucesión estratigráfica de la Formación Arenisca de Labor, se subdivide entonces en dos intervalos:

#### *Intervalo inferior (m 408 – m 483):*

Está compuesto por arenitas de cuarzo, de colores gris-pardo y gris claro a crema, con matriz lodosa (6-8%), de grano fino a medio, bien calibrado, cementado por sílice, con porosidad regular a buena; dispuestas en capas subtabulares a lentiformes, medianas y gruesas, con contactos netos, laminación ondulada y bioturbación leve. Presentan localmente algunas intercalaciones de capas medianas y delgadas, de limolitas silíceas.

#### *Intervalo superior (m 483 – m 492):*

Se trata de shales de color gris, en capas subtabulares, delgadas, con laminación lenticular y plana paralela.

### Génesis:

Pérez y Salazar (1978, p. 47), mencionan: "El ambiente de sedimentación de la Arenisca de Labor,..., guarda estrecha relación con el conjunto facial Arenisca Dura y Plaeners, aunque con características que le son típicas como el marcado predominio de una sedimentación en canales alternante con un depósito en llanuras mezcladas ("mixed flats"),...". Luego concluyen (*op. cit.*, p. 48): "En general, la profundidad de sedimentación de la Arenisca de Labor corresponde a la zona litoral a infralitoral,...".

Montoya y Reyes (2003, p. 91), en el área de la plancha 209 Zipaquirá, interpretan: "La Formación Arenisca Labor-Tierna se depositó en un ambiente marino somero litoral; la Arenisca de Labor (segmento A) presenta ambientes menos litorales y se sitúa en una plataforma interna y media que indican un proceso de somerización desde la Formación Plaeners hacia la Arenisca Tierna...."

### Otros aspectos:

Los proponentes de la Formación Arenisca de Labor dicen que ésta morfológicamente se distingue por su expresión topográfica más pronunciada que la Formación Plaeners pero menos que la Arenisca Dura.

Un aspecto importante de la Formación Arenisca de Labor, que se observó en el área de estudio y que podría ser útil para diferenciarla de la Formación Arenisca



Tierna, es que el tamaño de grano de sus arenitas es generalmente mucho menor que el de las arenitas de la Arenisca Tierna, y es muy constante en el límite fino.

### 3.2.20.8 Límites y contactos

Pérez y Salazar (1978, p. 38) describen que la Arenisca de Labor “descansa concordantemente sobre la Formación Plaeners, y comienza con bancos gruesos de arenisca, separados por capas muy delgadas de arcillas, que más tarde se intercalan con paquetes de lodolitas y arcillolitas interestratificadas.”.

Para Montoya y Reyes (2003, p. 89), los contactos de la “Formación Arenisca de Labor-Tierna”, se observan bien morfológicamente, el límite inferior es transicional rápido y concordante con la Formación Plaeners, pasa de intercalaciones de limolitas silíceas, arcillolitas a capas arenosas con intercalaciones de material fino (limolitas y arcillolitas) de la “Formación Arenisca de Labor-Tierna”.

#### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), medida en este estudio, el límite inferior de la Formación Arenisca de Labor se definió con base en las primeras capas subtabulares a lentiformes, medianas y gruesas, de arenitas de cuarzo, de colores gris-pardo, de grano fino a medio, que afloran por encima de una sucesión de intercalaciones de capas tabulares y lentiformes, delgadas y medianas, de cuarzoarenitas de grano fino, grises claras y blancas, y shales lodosos, silíceos, grises, con laminación lenticular y plano paralela; en el metro 408 del levantamiento (E: 1.061.682, N: 1.056.503).

#### Límite superior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), el límite superior de la formación debe definirse, en sentido estricto, con base en las capas subtabulares y lentiformes, medianas y gruesas, de cuarzoarenitas de grano fino, de color crema, que afloran por debajo de una sucesión de capas delgadas de shales grises, con laminación lenticular y plana paralela; en el metro 483 del levantamiento (aprox. E: 1.061.584, N: 1.056.442).

### 3.2.20.9 Reseña histórica

En el capítulo de la Formación Arenisca Dura, se hizo la reseña histórica de esta unidad pero como parte de la reseña histórica del Grupo Guadalupe (véase); reseña que incluye también a las formaciones Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna.



### 3.2.20.10 Subdivisión

Pérez y Salazar (1978, p. 38-40) subdividen, en la sección tipo, la Formación Arenisca de Labor en tres "Conjuntos" ("L1", "L2" y "L3").

Montoya y Reyes (2003, p. 85) en la plancha 209 Zipaquirá, subdividieron la "Formación Arenisca de Labor-Tierna" en los "Segmentos A, B y C" en la "sección de Tausa-Boquerón"; sin embargo, ellos manifiestan: "el segmento A" corresponde a la Formación Arenisca de Labor, el segmento B, a lo denominado por Julivert (1968) como nivel de Plaeners superiores y el segmento C a la Arenisca Tierna."

### 3.2.20.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Fabre (1985, fig. 9b), muestra que las facies de la "Labor" se extendían ampliamente desde la región al sur de la Sierra Nevada del Cocuy hasta la región de la Sabana de Bogotá, sin alcanzar la región de Tunja. Según las observaciones de campo en este estudio, la Formación Arenisca de Labor queda restringida a la transecta-1, y a un sector central de la transecta-2.

Se observaron afloramientos de la "**Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna**":

1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera Ubaté-Lenguazaque (Cundinamarca), por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá, Cundinamarca (**Foto M47**), por la carretera no pavimentada Villapinzón-Machetá (Cundinamarca) y por la carretera que conduce de Machetá a Guateque (Boyacá); plancha 209-Zipaquirá y cuadrángulo K-12 Guateque.

2) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (aproximadamente en la mitad del trayecto) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (antes de arribar a San Antonio); plancha 191-Tunja y cuadrángulo K-12 Guateque.

#### Variación lateral:

Las características litológicas de la Formación Arenisca de Labor, se conservan relativamente constantes en el área de estudio.

Etayo-Serna (1968, p. 48), afirma que para el estudio y comprensión de estas unidades (refiriéndose a la Arenisca de Labor, los Plaeners Superiores y la Arenisca Tierna, según su fig. 15) fue preciso un desplazamiento en dirección



Suroeste, haciendo una serie de cortes sucesivos paralelos desde la cabecera de la quebrada San Joaquín (Cucaita) -sección I- hasta el Boquerón de Tausa -sección V-, pasando por la quebrada La Fiera (sección II), la carretera a las Minas de Don Plácido (Municipio de Guachetá) -sección III- y la carretera ramal a la Hda. El Rabanal (Guachetá) -sección IV-. La figura 15 de Etayo-Serna (*op. cit.*) muestra que en la sección I (alrededores de Cucaita) no aparece ya la Arenisca de Labor.



**Foto M47.** Estación M47 (transecta-1): Capas muy gruesas y gruesas, subtabulares de cuarzoarenitas de grano fino, color blanco, interpuestas con capas muy delgadas de limolitas y lodolitas silíceas color gris claro a violeta, "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna" (flanco oriental del Anticlinal de Guachaneca, vía Cucunubá-El Rhur).

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Arenisca de Labor se cronocorrelaciona con parte de la Formación Los Pinos, como lo confirma la figura 1 de Fabre (1985, p. XIX-3). Se lito y cronocorrelaciona con parte del Grupo Palmichal que aflora en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). En esta área del piedemonte llanero, Guerrero y Sarmiento (1996, p. 18), primero que todo consideran que debe seguirse la división del Grupo Guadalupe de base a techo en tres unidades de rango de formación como lo propuso Renzoni en 1963, es decir, en Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners y Formación

Labor y Tierna (a esta última Guerrero y Sarmiento la llaman "Formación Labor-Tierna", "para evitar confusiones gramaticales y estratigráficas"). Estos autores (*op. cit.*, p. 18-19) además proponen dividir el Grupo Guadalupe en las unidades Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior y mencionan que la Formación Labor-Tierna del área de Bogotá corresponde al Guadalupe Superior. Sin embargo Guerrero y Sarmiento (*op. cit.*, p. 20), manifiestan: "Para el Guadalupe Superior del Piedemonte Llanero se propone el nombre de Formación Arenitas de San Luis de Gaceno.", argumentando que las arenitas del Guadalupe Superior del área del Piedemonte Llanero son de tamaño de grano más grueso que el de las arenitas del Guadalupe Superior del área de Bogotá.

#### 3.2.20.12 Localidad tipo y estratotipo

Pérez y Salazar (1978, p. 38) describieron como sección tipo la siguiente: "La mejor exposición de la Arenisca de Labor se encuentra en las canteras situadas entre las quebradas La Vieja y El Higuierón, en la parte W (*sic.*) del área frente a Bogotá (...). En esta última aflora casi toda la formación, restando sólo una mínima parte del techo cortada por la falla (*sic.*) de Monserrate. Sin embargo, en las canteras de esta quebrada sólo se tomó la parte superior (Conjunto L3) dada la inaccesibilidad de los afloramientos para el resto, habiéndose tomado la parte inferior (Conjuntos L1 y L2) en las canteras de la Q. La Vieja, en donde ocurren muy buenos afloramientos."

### 3.2.21 Formación Arenisca Tierna (Maastrichtiano inferior)

#### 3.2.21.1 Referencia original

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 129), como "Horizonte inferior de areniscas tiernas", refiriéndose al "horizonte" superior del "Conjunto superior areniscoso" del "piso del Guadalupe". El autor del término Guadalupe, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 314), fue Hettner en 1892 como *Guadalupestufe & Stufe der Guadalupesichten*.

Hubach en un cuadro anexo ("Columna Estratigráfica en la Cordillera Oriental") al trabajo de Kehrer (1933), denomina "Areniscas tiernas" a un "Horizonte" del "Conjunto superior del "Piso de Guadalupe" y lo sitúa en el "Cretáceo Superior". Posteriormente Hubach (1957: "Contribución a las unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 39: como edición facsímil "Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia") anota bajo el título de "Grupo de Guadalupe": "Hettner, A., 1892, quien consideraba como "piso" de Guadalupe la parte alta, arenosa del Cretáceo de la Cuenca de Bogotá y en especial los cerros de Guadalupe y Monserrate en Bogotá."



### 3.2.21.2 Proponente del nombre

Renzoni (1963, p. 73-75, y 1968, p. 94) utiliza el nombre Grupo Guadalupe y lo subdivide informalmente en la formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor y Tierna, basado en la nomenclatura de HUBACH. Este autor (*op. cit.*, 1962, p. 74-75) al referirse a la "Formación Labor y Tierna", emplea los términos "nivel inferior" y "nivel superior" respectivamente cuando la describe. Luego, el mismo Renzoni (1968, p. 94) utiliza nuevamente el término "Formación Labor y Tierna", para la parte superior del "Grupo Guadalupe", advirtiendo que se trata de una unidad informal.

Posteriormente, Pérez y Salazar (1978, p. 16) en su trabajo de 1971, "Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe", escriben: "En el presente trabajo se modifica ligeramente la nomenclatura propuesta por RENZONI (1962, 1968) al considerar el Grupo Guadalupe dividido en cuatro formaciones que cumplen con los requisitos fundamentales del Código de Nomenclatura Estratigráfica. De base a techo son:

Formación Arenisca Dura;  
Formación Plaeners;  
Formación Arenisca de Labor;  
Formación Arenisca Tierna."

Enseguida anotan: "Esta nomenclatura puede considerarse formal, y se utilizan los nombres tradicionales a fin de evitar la confusión que implicaría cambiar términos muy arraigados en la literatura geológica colombiana."

### 3.2.21.3 Derivación del nombre

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 132) en su descripción original del "horizonte superior de areniscas tiernas", situado al techo del "conjunto superior arenoso" del "piso de Guadalupe", relata: "El horizonte superior se distingue en general por areniscas granulosas, tiernas,...". Indiscutiblemente, el nombre fue dado a la unidad por sus características litológicas.

### 3.2.21.4 Área tipo

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 129) comienza su descripción del "PISO DE GUADALUPE" con el subtítulo "ORIENTE DE CUNDINAMARCA Y SABANA DE BOGOTÁ". Enseguida anota: "La apreciación del piso de Guadalupe en esta zona de la Cordillera Oriental....., se facilita gracias a los extensos afloramientos no solo en las pendientes del divorcio de aguas entre la Sabana de Bogotá y los Llanos sino también en la Sabana misma."



### 3.2.21.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arenisca Tierna se observó estratigráficamente por encima de las formaciones Arenisca de Labor y Los Pinos, y por debajo de la Formación Guaduas.

Pérez y Salazar (1978, p. 55) con base en la posición estratigráfica de la Formación Arenisca Tierna, en la fauna encontrada en la Formación Arenisca de Labor ("no más antigua que el Maestrichtiano inferior") y en la edad dada por Van der Hammen a la parte baja de la Formación Guaduas con base en palinología ("Maestrichtiano"), concluyen: "Evidentemente, la Arenisca Tierna es también Maestrichtiano. ETAYO (1964: 38) considera las Areniscas de Labor y Tierna, del Maestrichtiano medio. No obstante si la Arenisca de Labor es del Maestrichtiano inferior es preferible esta misma edad para la Arenisca Tierna, si bien durante el Maestrichtiano se depositó una gran parte de la Formación Guaduas..."

Sarmiento (1992a) menciona que las sedimentitas de la Formación Guaduas fueron depositadas entre el Maastrichtiano superior y el Paleoceno inferior.

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 51), asignan con base en palinomorfos la "Formación Arenitas de San Luis de Gaceno" (equivalente a las formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna del área de Bogotá) al Maastrichtiano temprano.

La Formación Arenisca Tierna se ubicaría cronoeestratigráficamente en el **Maastrichtiano inferior**.

### 3.2.21.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 171), anotaron esta descripción litológica de la Formación Arenisca Tierna: "arenitas cuarzosas, duras, de grano variable entre grueso y muy grueso, en estratos gruesos separados por capas delgadas de lodolitas, limolitas y arcillolitas de tonos oscuros. La estratificación cruzada es frecuente en las capas de arenitas."

#### Espesor

Pérez y Salazar (1978, p. 48), mencionan que el "espesor total medido en la localidad tipo propuesta es de 49 m.

Fabre (1985, p. XIX-15) reporta que al sur de la Sierra Nevada del Cocuy, la Formación Arenisca Tierna está constituida por 120 m de areniscas.

Baquero (1991, p. 11) en el Páramo del Rajadero (región de Choachí-Fómeque-Ubaque, Cundinamarca), midió un espesor de 47 m de la Formación Arenisca Tierna.

Ulloa *et al.* (2001, p. 28), en el área de la plancha 192-Laguna de Tota, anotan de la Formación Arenisca Tierna: "De esta unidad se levantaron dos columnas estratigráficas, una al oriente de la Laguna de Tota, donde se midió un espesor de 100 metros para el total de la formación,... (Figuras 9 y...)."

Ulloa *et al.* (2003, p. 75) con respecto a la Formación Arenisca Tierna en la plancha 172-Paz de Río, apuntan: "De esta unidad se midieron tres columnas, una en la Inspección de Policía de Los Pinos (A9, A10), otra en la carretera Corrales - Paz de Río (D5) y otra al sur de Sogamoso (H2). El espesor de la unidad en las localidades antes mencionadas es de 139,00 m, 32,80 m y 43,40 m, respectivamente."

Montoya y Reyes (2003, p. 85-87) en su descripción de lo denominado por ellos "Formación Arenisca de Labor-Tierna" en la plancha 209 Zipaquirá, reportan 123 m de espesor del "segmento C" en la "sección de la Laguna de Cucunubá", el cual hacen corresponder con la Formación Arenisca Tierna.

En el capítulo de la Formación Arenisca de Labor, se mencionó que en la transecta-1 se midió el espesor estratigráfico de las formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna agrupadas como una sola unidad cartográfica ("**Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna**") debido al poco espesor o ausencia de la unidad que normalmente las separa. Las localidades donde se midió el espesor de esta última unidad son: al nor-noroeste de Tibirita (sección estratigráfica Tibirita-Soatama, **Anexo 3.11**), con 156 m de espesor y por la carretera que conduce de Ubaté a Lenguazaque (sección estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta), con 91 m de espesor (**Foto PR2**).

### 3.2.21.7 Litología

La sección medida con apoyo en poligonal y GPS, al nor-noroeste de Tibirita, de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna", se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**). Esta columna de 156 m estratigráficos puede dividirse en tres intervalos estratigráficos, que corresponderían de base a techo a las formaciones Arenisca de Labor (75 m), Los Pinos (9 m) y Arenisca Tierna (72 m). Para facilitar la descripción estratigráfica, los dos primeros intervalos se agruparon y describieron bajo el nombre Formación Arenisca de Labor, y el intervalo superior (con 72 m de espesor) se describe como Formación Arenisca Tierna, a partir de las observaciones logradas, entre el m 492 y el m 564, de la sección mencionada.

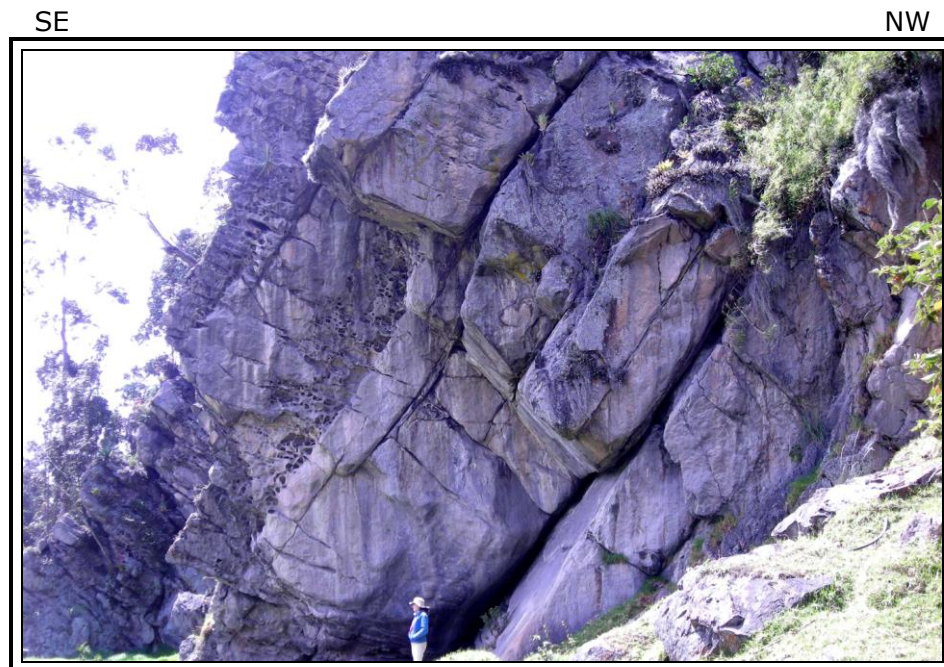


Coordenadas de la poligonal Tibirita-Soatama (origen Bogotá):

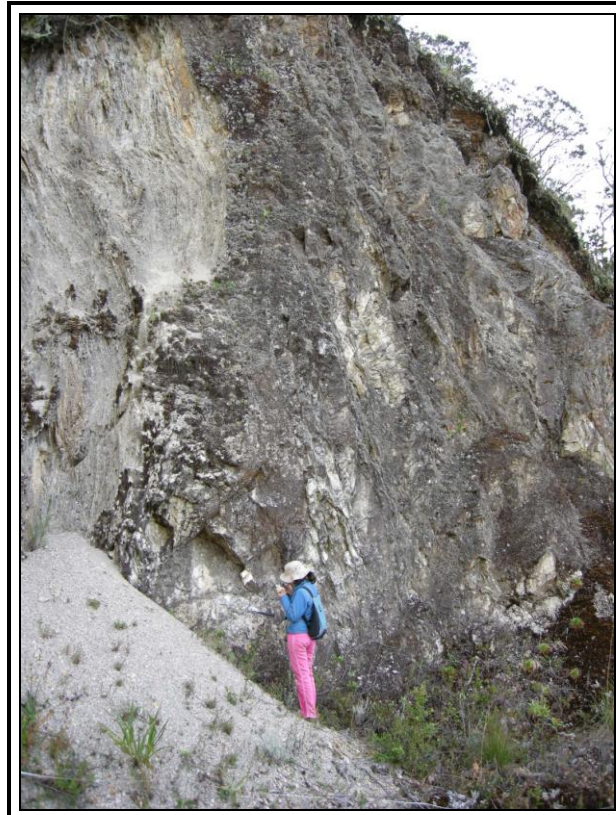
Iniciales: E: 1.062.055 N: 1.056.309  
Finales: E: 1.061.436 N: 1.056.558

Descripción:

La Formación Arenisca Tierna está compuesta por arenitas cuarzosas, de color crema y amarillo (**Foto TS7**), con matriz lodosa (5-10%), de grano fino hasta grueso a muy grueso, subredondeado, friables, con intraclastos arcillosos gris-verdosos y algunas láminas carbonosas, y al techo de la unidad con niveles ferruginosos (**Foto TS9**). Se disponen en capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, con contactos netos, laminación inclinada plana de muy bajo ángulo y bioturbación leve. Presentan intercalaciones de paquetes medianos de lodolitas y arcillolitas bioturbadas (**Foto TS8**).



**Foto PR2** (Sección Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta, transecta-1). Capas subtabulares, muy gruesas y gruesas, de arenitas cuarzosas, de color amarillo a crema del techo de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna". Flanco occidental del Sinclinal de Checua.



**Foto TS7** (Sección Tibirita-Soatama, transecta-1). Capas subtabulares, gruesas, de cuarzoarenitas de color crema, de grano fino, de la Formación Arenisca Tierna (o parte superior de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna").



**Foto TS9** (Sección Tibirita-Soatama, transecta-1). Capas gruesas y muy gruesas, de cuarzoarenitas de grano fino, con niveles ferruginosos al tope, de la Formación Arenisca Tierna (o parte superior de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna").



**Foto TS8** (Sección Tibirita-Soatama, transecta-1). Nivel mediano de lodolita de color gris verdoso a pardo, bioturbada, que separa cuarzoarenitas con intraclastos arcillosos hacia sus bases, de la Formación Arenisca Tierna (o parte superior de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna").

#### Génesis:

Pérez y Salazar (1978, p. 31), manifiestan: "Las características petrográficas, estructuras sedimentarias y otros rasgos macroscópicos señalan para esta unidad un régimen de sedimentación algo diferente a aquel de la Arenisca Dura, pero enmarcado dentro del mismo ambiente fisiográfico,". Estos autores para la Arenisca Dura sugirieron un ambiente marino somero o sublitoral.

Díaz (1994, p. IV-13) concluye que: "La Formación Arenisca Tierna representa depósitos de llanuras de mareas y canales asociados en el altiplano Cundiboyacense y parte E del VSM."

Montoya y Reyes (2003, p. 91), en el área de la plancha 209 Zipaquirá, interpretan: "La Formación Arenisca Labor-Tierna se depositó en un ambiente marino somero litoral; la Arenisca de Labor (segmento A) presenta ambientes menos litorales y se sitúa en una plataforma interna y media que indican un proceso de somerización desde la Formación Plaeners hacia la Arenisca Tierna la cual marca el fin de la regresión marina presentando fases (*sic.*) depositadas en frentes de playa e islas barrera."





#### Otros aspectos:

La Formación Arenisca Tierna se caracteriza por un tamaño de grano variable que va desde fino en la base, a grueso a muy grueso y medio a grueso en la mayor parte de la unidad, y fino a medio en el tope. Esta característica podría ser muy útil para diferenciar esta unidad de la Formación Arenisca de Labor (de tamaño de grano menor), sobre todo cuando no existe el nivel de sedimentitas finas que las separa ("Plaeners Superiores" o Formación Los Pinos).

Adicionalmente, Pérez y Salazar (1978, p. 48) hacen la siguiente referencia de la Arenisca Tierna comparándola con la Arenisca de Labor: "muestra estratificación cruzada mejor desarrollada"; y la expresan que la Arenisca Tierna se distingue morfológicamente de las otras formaciones del Grupo Guadalupe "por su expresión topográfica de cerros bajos, especialmente en la Sabana de Bogotá, que dan lugar a afloramientos aislados y no completos de la unidad."

#### 3.2.21.8 Límites y contactos

La Formación Arenisca Tierna, en la sección tipo, reposa concordantemente sobre el último paquete de interestratificaciones de lodolitas y arcillolitas de la Arenisca de Labor y su límite superior que es concordante, se sitúa en las areniscas clorítico-glaucóníticas de grano muy fino, intercaladas con arcillolitas negras algo carbonosas de la Formación Guaduas (Pérez y Salazar, 1978, p. 48).

Montoya y Reyes (2003, p. 89) manifiestan: "Los contactos de la Formación Arenisca de Labor-Tierna, se observan bien morfológicamente, el límite inferior es transicional rápido y concordante con la Formación Plaeners, pasa de intercalaciones de limolitas silíceas, arcillolitas a capas arenosas con intercalaciones de material fino (limolitas y arcillolitas) de la Formación Arenisca de Labor-Tierna. El contacto superior con la Formación Guaduas es neto y concordante, al pasar de paquetes arenosos a arcillolitas de la Formación Guaduas."

#### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**), el límite inferior de la formación debe definirse, en sentido estricto, con base en las capas subtabulares, gruesas, de cuarzoarenitas de grano fino, de color crema, seguidas por cuarzoarenitas de grano grueso a muy grueso, que afloran por encima de una sucesión de capas delgadas de shales grises, con laminación lenticular y plana paralela, en el metro 492 del levantamiento (aprox. E: 1.061.575, N: 1.056.442).



### Límite superior:

En la misma sección, el límite superior de la formación se definió con base en las capas lentiformes, gruesas y muy gruesas, de cuarzoarenitas de grano fino a medio, de color amarillo, ferruginosas al tope, que afloran por debajo de una sucesión espesa de lodolitas, grises, carbonosas, dispuestas en capas delgadas con laminación ondulosa no paralela, en el metro 564 del levantamiento (E: 1.061.484, N: 1.056.454).

#### 3.2.21.9 Reseña histórica

En el capítulo de la Formación Arenisca Dura, se hizo la reseña histórica de esta unidad pero como parte de la reseña histórica del Grupo Guadalupe (véase); reseña que incluye también a las formaciones Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna.

#### 3.2.21.10 Subdivisión

Pérez y Salazar (1978, p. 48-49) describen la unidad sin hacer subdivisiones.

Montoya y Reyes (2003, p. 85) en la plancha 209 Zipaquirá, subdividieron la "Formación Arenisca de Labor-Tierna" en los "Segmentos A, B y C" en la "sección de Tausa-Boquerón"; sin embargo, ellos manifiestan: "el segmento A" corresponde a la Formación Arenisca de Labor, el segmento B, a lo denominado por Julivert (1968) como nivel de Plaeners superiores y el segmento C a la Arenisca Tierna. La descripción de la... se hace con base en la poligonal medida en la sección de Boquerón de Tausa y la Arenisca Tierna con la medida en la Laguna de Cucunubá".

#### 3.2.21.11 Aspectos regionales

### Distribución geográfica:

Arriba se mencionó que Díaz (1994, p. IV-13) concluye que la Formación Arenisca Tierna representa depósitos de llanuras de mareas y canales asociados en el altiplano Cundiboyacense y parte E del VSM y representa esta distribución en sus figuras 2 y 3, en las cuales se aprecia que la unidad se extiende hacia el Este hasta la zona del piedemonte llanero.

La Formación Arenisca Tierna aflora: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera Tunja-Puente Boyacá-Samacá-Cucaita, por la carretera Tunja-Boyacá-Ramiriquí (**Foto V61**) y por carretables que conducen de Ramiriquí a la Escuela Pantano Largo (a unos 5 km al sureste de Ramiriquí); plancha 191-Tunja. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), por la carretera Pantano de Vargas-Paipa



(plancha 171-Duitama) y por la zona norte y sur de la Laguna de Tota, por las respectivas carreteras Aquitania-Iza-Cuítiva y Aquitania-Tota-Cuítiva-Iza, Boyacá (plancha 192-Laguna de Tota).

Como unidad cartográfica "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna", se observaron afloramientos: 1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), por la carretera Ubaté-Lenguazaque (Cundinamarca), por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá (Cundinamarca), por la carretera no pavimentada Villapinzón-Machetá (Cundinamarca) y por la carretera que conduce de Machetá a Guateque (Boyacá); plancha 209-Zipaquirá y cuadrángulo K-12 Guateque. 2) En la transecta-2, por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (aproximadamente en la mitad del trayecto) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (antes de arribar a San Antonio); plancha 191-Tunja y cuadrángulo K-12 Guateque.



**Foto V61.** Estación V61 (transecta-2): Escarpe de la Formación Arenisca Tierna al sureste del municipio de Boyacá (bloque colgante de la Falla de Chivatá).

#### Variación lateral:

Díaz (1994, p. IV-13) concluye, entre otras, de la Formación Arenisca Tierna: 1) "La componente principal de acumulación fue la acreción lateral." 2) "Los indicadores de paleocorrientes muestran una tendencia general de paleoflujo hacia el nor-noroeste para el costado E" (refiriéndose a las facies de la Arenisca Tierna). 3) "Las unidades arenosas se acuñan hacia la parte axial de la "cuenca", interdigitándose con facies de grano más fino." Al hablar este autor de las unidades arenosas por supuesto incluye a la Formación Arenisca Tierna y utiliza el



término "cuenca" para referirse a un ámbito de depósito cuya región axial lleva rumbo paralelo al curso del río Magdalena.

Al comparar las secciones en donde se midió el espesor de la Formación Arenisca Tierna en este estudio, es decir de E a W, la sección situada al nor-noroeste de Tibirita y la situada por la carretera Ubaté-Lenguazaque respectivamente, la primera muestra la unidad con mayor espesor y compuesta por arenitas con tamaño de grano notoriamente mayor.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Arenisca Tierna se correlaciona con parte del Grupo Palmichal que aflora en el extremo oriental de la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). Como se mencionó en la descripción de la Formación Arenisca de Labor, en esta área del piedemonte llanero, Guerrero y Sarmiento (1996, p. 18), están de acuerdo con el nombre Formación Labor y Tierna que utilizó Renzoni en 1963 (llamado por ellos "Formación Labor-Tierna"). También se reseñó que Guerrero y Sarmiento (*op. cit.*, p. 18-19) propusieron dividir el Grupo Guadalupe en las unidades Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior e hicieron corresponder la Formación Labor-Tierna del área de Bogotá con el Guadalupe Superior, proponiendo el nombre "Formación Arenitas de San Luis de Gaceno" para las arenitas del Guadalupe Superior del área del Piedemonte Llanero. Es conveniente aclarar que las divisiones inferior, medio y superior, no son aceptadas para unidades litoestratigráficas por la Guía Estratigráfica Internacional.

#### 3.2.21.12 Localidad tipo y estratotipo

Pérez y Salazar (1978, p. 48) describieron como sección tipo la siguiente: "La mejor exposición de la Arenisca Tierna se encuentra por la carretera de Bogotá a Choachí, en la bajada del Páramo del Rajadero."

### **3.2.22 Formación Guaduas (Maastrichtiano superior a Paleoceno)**

#### 3.2.22.1 Referencia original

De acuerdo a Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 275), la descripción original del término "Guaduasschichten" la hizo Hettner (1892).

#### 3.2.22.2 Proponente del nombre

La Formación Guaduas fue definida y propuesta por Hettner (1892, Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 275).



### 3.2.22.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad proviene de la población de Guaduas, ubicada en el borde W de la Cordillera Oriental, departamento de Cundinamarca (Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 276).

### 3.2.22.4 Área tipo

La Formación Guaduas fue redefinida por Hubach (1958, p. 99), quien propone la localidad tipo para esta unidad en la sabana de Bogotá, en cercanías de Guatavita, señalando que "La mejor exposición del Guaduas de la Sabana se halla en Guatavita entre la Arenisca Tierna del Guadalupe... y...la Arenisca del Cacho". Sin embargo Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 278) cita que "VAN DER HAMMEN (1957c) da como localidad típica para la misma Formación Guaduas la sucesión que se encuentra entre el Boquerón de Lenguazaque y el Boquerón de Guachetá en el Departamento de Cundinamarca"; según este autor, a partir de entonces todos los autores aceptan la Formación Guaduas, en la Sabana de Bogotá, en el sentido de Hubach y se considera la de Guatavita como la sección tipo de esta unidad.

### 3.2.22.5 Cronoestratigrafía

De acuerdo a Hubach (1931) esta unidad "queda comprendida entre la Arenisca Tierna del Guadalupe superior, en la base, y la Arenisca del Cacho en la parte superior" (Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 277). En el área de estudio, la Formación Guaduas suprayace a las formaciones Arenisca de Labor-Arenisca Tierna e infrayace a la Formación Cacho (zonas occidental y central del área) y a la Formación Areniscas de Socha (zonas central y oriental).

Según Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 282) "Hettner (1892) coloca el Guaduas como Cretáceo superior. Dejando aparte la edad eocénica asignada por Berry (1924 b) sobre la base de *Saccoglotis cipaconense* y seguida por Anderson (1926, 1927a), la edad de la Formación Guaduas se ha estimado como Terciario inferior. Es R. Scheibe (1934 a) el primero que asigna una edad del Cretáceo superior - Terciario inferior a esta unidad aunque sin precisar la posición de este límite". Van Der Hammen (1958, p.195) con base en palinología establece la edad de esta unidad como Maastrichtiano-Paleoceno.

En el área de Sutatausa, Sarmiento (1992b, p. 56) escribe: "Los foraminíferos identificados en la base de la Formación Guaduas y... corresponden al Maastrichtiano tardío".

La Formación Guaduas cronoestratigráficamente representaría el intervalo **Maastrichtiano superior a Paleoceno**.



### 3.2.22.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La sucesión originalmente descrita por Hettner (1892) para la Formación Guaduas está constituida por "un sistema de arcilla multicolor, especialmente amarilla, roja o violeta, entremezclada con pedazos de limonita, y bancos de una arenisca casi siempre roja, pero también de un color blanco sucio que en partes se convierte en un conglomerado. A la parte inferior de este piso o a la superior del piso de Guadalupe pertenece el carbón colombiano en su envoltura de arcilla equistosa negra" (Porta, en Porta *et al.*, 1974). La descripción generalizada de la sección tipo de la Formación Guaduas en los alrededores de Guatavita (Hubach, 1958), como aparece en Porta (Porta *et al.*, 1974, p. 278) es: "El Conjunto Inferior está formado por lutitas generalmente de color gris una intercalación de areniscas hacia la mitad superior. Es constante la presencia de capas de carbón debajo de la Arenisca Guía. El Conjunto Medio queda delimitado por dos niveles principales de areniscas que se encuentran en la formación Guaduas. La Arenisca Guía en la base y la Arenisca Lajosa en la parte superior. Entre las dos areniscas se encuentra un conjunto predominantemente arcilloso con algunas pequeñas intercalaciones de areniscas. Las vetas de carbón se localizan por encima de las areniscas Guía y por debajo de la Lajosa".

En este estudio se cartografió la Formación Guaduas en el sentido de Hubach (1958), como la sucesión comprendida entre el tope de las formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna y la base de la Formación Cacho.

#### Espesor

En la sección estratigráfica medida por Sarmiento (1992a, p. 12) en la Quebrada de Peñas (Boquerón de La Ventana), este autor reporta un espesor total de 1090 m para la Formación Guaduas. Pardo (2004, p 46) hace referencia a las diferencias en espesor que esta unidad presenta a lo largo de la Cordillera Oriental y compara la sección más espesa de la formación medida por Sarmiento (1992a, p. 12) en el Sinclinal de Checua-Lenguazaque con los 410-450 m medidos por Osorno (1994) y Reyes (1984) en la región de Paz de Río. Montoya y Reyes (2003, p. 91) a su vez, comparan el espesor de esta unidad en los sectores occidental y central de la plancha 209-Zipacquirá, con los 450 m medidos por Mejía y Pulido (1985, en Sarmiento, 1994 b) en el flanco oriental del sinclinal de Sueva. Fuquen y Osorno (2005, p. 68) describen la Formación Guaduas en la plancha 190-Chiquinquirá, con base en "el trabajo de Sarmiento (1992c) en los alrededores de la quebrada Portachuelo, localizada 4 Km. al noreste de Guachetá", donde este autor reporta un espesor de 1083 m.



Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 279) haciendo referencia a las variaciones de espesor de la Formación Guaduas en la Sabana de Bogotá, menciona que en general se acepta un espesor comprendido entre los 700 y los 1000 m; este autor cita que "En el Salto del Tequendama el Conjunto Inferior tiene una potencia de 65 m; en Guatavita de 35 m y en Tausa de 150 m. El Conjunto Medio apenas si está representado en el Salto del Tequendama. En la sección de Guatavita es de 345 m y en Tausa de 490 m. El Conjunto Superior ya no aflora en el Salto del Tequendama. Aunque en el extremo S de la Sabana de Bogotá, es probable que el Guaduas se encuentra más completo, pero la falta de buenos afloramientos impide apreciar si está completo y su espesor. En Guatavita es de 94 m y en Tausa de 347 m".

En este estudio se midió una columna con el apoyo de poligonal y GPS, a lo largo del carretable que de Guachetá conduce a la Vereda Falda de Molino (aprox. 1 km al sur de este municipio) (**Anexo 3.13**), donde se midió un espesor total de 1083 m para la Formación Guaduas.

### 3.2.22.7 Litología

En el área de estudio, la Formación Guaduas aflora en los Sinclinales de Checua, Suesca (**Foto M92**) y Sueva (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno); en algunos tramos de la carretera que de Samacá conduce a Tunja y de la vía que va del municipio de Boyacá a Ramiriquí, y en el flanco oriental del Sinclinal de Umbita (transecta-2: Sutamarchán-Ururia); al oeste del municipio de Paipa, en los alrededores del municipio de Iza, al norte de la población de Cuitiva (Sinclinal de San Miguel) y en los alrededores de la Laguna de Tota (transecta-3: Gámbita-Pajarito).

La descripción litológica aquí presentada de esta unidad se basa en observaciones realizadas al medir su espesor en la columna estratigráfica Guachetá-Falda de Molino (**Anexo 3.13**), tramo de la poligonal m 202,6 – m 1285,7.

#### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.043.474	N: 1.086.466
Finales:	E: 1.044.123	N: 1.084.913





**Foto M92.** Estación M92: Lodolitas caolinizadas, color gris muy claro, cuarzoarenitas de grano muy fino, limpias, blancas en capas delgadas y medianas subtabulares y lodolitas color crema. Sucesión de la Formación Guaduas en la Vereda Hato Grande (flanco oriental del Sinclinal de Suesca).

#### Descripción:

Dentro de la sucesión de la Formación Guaduas observada en la Sección Guachetá-Falda de Molino, pueden distinguirse en forma general cinco intervalos:

*Intervalo inferior de lodolitas con interposiciones de arenitas (m 202,65 – m 513,34):*

Se trata de una sucesión de 310,69 m de espesor, esencialmente lodosa con algunas interposiciones de arenitas en la parte inferior y hacia el tope, con tramos cubiertos en la base y partes media y superior del intervalo. Las lodolitas, a veces arenosas, son de color gris o marrón claro, estériles, con laminación plano paralela, localmente carbonosa, y las arcillolitas son de color gris, con restos vegetales y moscovita. Las arenitas son cuarzosas de grano fino, a veces lodosas, color crema amarillento, con moscovita y fragmentos carbonosos, que ocurren en capas medianas y delgadas tabulares a subtabulares; de grano muy fino, lodosas, color crema a marrón, en capas muy delgadas tabulares. En esta sucesión lodosa ocurren en menor proporción interposiciones muy delgadas hasta medianas tabulares de limolitas color amarillo a ocre, y muy delgadas de limonitas y algunos niveles carbonosos.



*Intervalo de arenitas (m 513,34 – m 617,56):*

Es una sucesión continua de 104,22 m de espesor, constituida por cuarzoarenitas que de base a tope del intervalo son: de grano medio, color amarillo crema, con cemento ferruginoso, matriz lodosa (5%) e intraclastos lodosos, hacia la base de las capas medianas a gruesas, subtabulares a cuneiformes; de grano fino, color blanco amarillento o gris marrón, bien seleccionadas, limpias, moderadamente cementadas, en capas medianas hasta muy gruesas cuneiformes, de contactos irregulares; de grano fino a medio, color amarillo a crema, cemento ferruginoso moderado, que ocurren en capas delgadas a medianas subtabulares; de grano fino, color amarillo crema, moderadamente friables, con lentes y láminas de lodo, que ocurren en capas delgadas a medianas subtabulares con contactos ondulados.

*Intervalo de lodolitas (m 617,56– m 844,66):*

Es un intervalo de lutitas de 227,1 m de espesor, que se encuentra cubierto en la parte media y hacia el tope. De base a techo son: shales negros carbonosos, interpuestos con lodolitas de color gris claro, que contienen restos de plantas y ocurren en capas muy delgadas; arcillolitas grises, muy alteradas, con óxidos rojizos, que muestran laminación ondulada discontinua no paralela; shales carbonosos con interposiciones de lodolitas alteradas color marrón y cintas de carbón que ocurren en capas delgadas; lodolitas color marrón a negro, con restos carbonosos en paquetes muy gruesos que contienen interposiciones delgadas a medianas de shales carbonosos; paquete espeso de arcillolitas grises con laminación ondulosa no paralela discontinua; hacia la parte media de este intervalo se interpone un nivel de cuarzoarenitas de grano fino a medio con intraclastos de lodo, que se disponen en capas medianas a gruesas canaliformes; por encima ocurren limolitas de color crema con laminación planoparalela; sucesión espesa de shales de color gris claro a negro y gris marrón, con algunas interposiciones delgadas de limolitas grises a amarillas, que contienen láminas de lodo planas paralelas; lodolitas con abundantes fragmentos carbonosos y shales carbonosos.

*Intervalo de Arenitas (m 844,66– m 903,68):*

Es el segundo intervalo arenoso, mide 59,02 m y está formado en su mitad inferior por interposiciones de: arenitas cuarzofeldespáticas de grano fino, con matriz caolinítica y color blanco, en capas gruesas, tabulares a subtabulares, y cuarzoarenitas de grano muy fino, con láminas y lentes de lodolitas en capas muy delgadas. La mitad superior la constituyen cuarzoarenitas de grano fino y muy fino, con matriz caolinítica y color blanco con oxidación ocre, que ocurren en capas medianas y muy delgadas con contactos ondulados netos y laminación

ondulada no paralela continua y discontinua; estas cuarzoarenitas contienen interposiciones de lodolitas arenosas a limolitas lodosas, de color beige, que se disponen en capas delgadas a gruesas laminadas (**Foto GM1**).



**Foto GM1** (Sección Guachetá-Falda de Molino). Capas medianas y muy delgadas, contactos netos ondulosos, de cuarzoarenitas de grano fino y muy fino, color blanco, con interposiciones delgadas hasta gruesas de lodolitas arenosas a limolitas lodosas color beige, de la Formación Guaduas.

*Intervalo superior de lodolitas con interposiciones de arenitas (m 903,68– m 1285,73):*

Es una sucesión lodosa de 382,05 m de espesor con tramos cubiertos a lo largo del intervalo. Consta de lodolitas, limolitas y arcillolitas, color gris marrón a verdoso, vinotinto o amarillo, ocre o naranja cuando están oxidadas, se disponen en capas delgadas o medianas y muestran laminación plano paralela discontinua a ondulosa, algunas contienen muscovita y abundantes restos vegetales carbonosos. Hacia la parte media de este intervalo se interponen algunas capas medianas subtabulares, de arenitas lodosas de grano muy fino, color blanco a crema (**Foto GM2**). Al tope ocurre un segmento de 40 m de cuarzoarenitas de grano fino, color rojizo o amarillo crema a naranja, ocurren en capas delgadas a medianas, subtabulares (**Foto GM3**) y contienen moscovita y abundantes fragmentos vegetales carbonosos.



**Foto GM2** (Sección Guachetá-Falda de Molino). Capas medianas, subtabulares, de arenitas lodosas de grano muy fino, color blanco a crema, con interposiciones de arcillolitas grises. Formación Guaduas.

#### Génesis:

En el estudio sobre la Formación Guaduas en la Quebrada de Peñas (Boquerón de La Ventana), Sarmiento (1992a, p.35) con base en estratigrafía detallada y palinología, reconoce 9 segmentos en esta unidad y propone como principales ambientes de depósito, laguna costera, lagos, ríos meandriiformes, pantanos, canales estuarinos y llanuras aluviales.

Montoya y Reyes (2003, p. 94) reconocen cartográficamente 5 segmentos dentro de la Formación Guaduas y proponen que esta unidad "se depositó en una zona de contrabarreras y llanuras aluviales; la parte inferior del segmento A se inicia en un ambiente de llanura costera y va pasando a pantanos tipo manglares y pantanos lacustres; la litología de el segmento B corresponde al depositado en ciénagas y lagos conectados con el mar que dan lugar a la depositación de los carbones (Sarmiento 1994 a). El segmento C son llanuras bajas cercanas a la costa y ríos meandriiformes con planicies de inundación y se presentan mantos de carbón. En la parte inferior del segmento D se manifiesta una dinámica costera que se relaciona con la acumulación del tercer y los últimos niveles de carbones y comienza un dominio de llanuras aluviales bajas con canales meandriiformes que se extiende hasta el segmento E (Sarmiento 1994 a)".





**Foto GM3** (Sección Guachetá-Falda de Molino). Capas delgadas a medianas, subtabulares, de cuarzoarenitas de grano fino, color rojizo o amarillo crema a naranja, de la Formación Guaduas.

#### Otros aspectos:

Dentro de la Formación Guaduas se pueden diferenciar litológicamente 5 intervalos en sentido amplio, los cuales muestran una expresión morfológica de valles y colinas que representan horizontes guía en la cartografía geológica y pueden reconocerse regionalmente. Un intervalo inferior de lodolitas con interposiciones de arenitas, el cual tiene una expresión topográfica suave, suprayacido por un intervalo de arenitas que genera un escarpe pronunciado, el cual subyace a un intervalo de lodolitas el cual forma generalmente un valle, éste yace bajo un intervalo arenoso que genera un escarpe de crestas suaves, menos pronunciado que el intervalo arenoso inferior, y en la parte alta de la formación, uno de lodolitas que hacia el tope contiene un paquete arenoso y que forma nuevamente una topografía suave.

#### 3.2.22.8 Límites y contactos

Hubach (1931) se refiere a la Formación Guaduas como la sucesión “comprendida entre la Arenisca Tierna del Guadalupe superior, en la base, y la Arenisca del Cacho en la parte superior” (Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 277).



De acuerdo a Montoya y Reyes (2003, p. 94), en el área de la plancha 209-Zipaquirá "el contacto inferior de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca Labor-Tierna, es neto y concordante con la geometría de las capas, pasa de un intervalo arenoso constituido por capas muy gruesas de arenisca a un intervalo lodolítico, como se observa en el Boquerón de Tausa y Laguna de Cucunubá. Esta formación es suprayacida por la Formación Cacho, en contacto neto, se pasa de un nivel arcilloso de la Formación Guaduas a intercalaciones de capas medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho, como se observa en el sinclinal de Sueva". Según estos autores "para Sarmiento (1994 b), el contacto es erosivo e inconforme progresivo de oeste a este, faltando más secuencia de la Formación Guaduas en este mismo sentido". Fuquen y Osorno (2005, p. 71) en observaciones realizadas en el área de la plancha 190-Chiquinquirá, consideran que "el contacto inferior de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca Tierna, es neto y concordante, y pasa de capas tabulares muy gruesas de arenisca a un intervalo lodolítico, como se observa en el Boquerón de Guachetá, camino de las minas de carbón (G10). El contacto superior con la Formación Cacho, en contacto neto erosivo, lo define el paso de lodolitas abigarradas a intercalaciones de capas tabulares medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho".

En este estudio, a partir de las observaciones realizadas durante el levantamiento de la sección estratigráfica de la Formación Guaduas en el carretable Guachetá-Vereda Falda de Molino, se define su límite inferior donde capas muy gruesas de cuarzoarenitas de la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna", que forman un escarpe fuerte, desaparecen y empieza una topografía suave (coordenadas E: 1.043.540, N: 1.086.171), aunque este límite está cubierto, deduce neto y concordante. El límite superior se define donde capas delgadas a medianas subtabulares de arenitas lodosas de grano fino, con abundantes fragmentos vegetales carbonosos, están en contacto neto con capas muy gruesas canaliformes de cuarzoarenitas de grano medio a grueso, con láminas de guijos, pertenecientes a la Formación Cacho (coordenadas E: 1.044.084, N: 1.084.938). Aunque en esta sección a nivel de afloramiento no es evidente el contacto neto erosivo de la Formación Cacho sobre la Formación Guaduas, regionalmente se deduce (p.e. Sinclinal de Sueva).

### 3.2.22.9 Reseña histórica

La Formación Guaduas, una de las unidades litoestratigráficas que más variaciones ha tenido y cuyo sentido actual difiere completamente del sentido dado por su autor, fue descrita originalmente por Hettner en 1892 (Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 275), para designar una sucesión de arcillas varicoloreadas, limonitas y bancos de arenisca roja o blanco sucio que localmente varía a conglomerado, y en su parte inferior mantos de carbón. Hubach (1958, p. 99),

posteriormente redefine esta unidad y propone la localidad tipo en la sabana de Bogotá, en cercanías de Guatavita, para la sucesión comprendida entre la "Arenisca Tierna" (Formación Arenisca Tierna) del Guadalupe superior y la "Arenisca del Cacho" (Formación Cacho). A partir de entonces se acepta la Formación Guaduas, en la Sabana de Bogotá, en el sentido de Hubach, quien señala que debido a la amplia difusión de este término en la Sabana de Bogotá es aceptado aún cuando la localidad de Guaduas se encuentra en la actualidad en otra unidad litoestratigráfica (Porta, en Porta *et al.*, 1974, p. 277).

#### 3.2.22.10 Subdivisión

Como señala textualmente Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 277) "la amplia extensión geográfica que tienen algunos niveles de areniscas han permitido a HUBACH establecer límites más concretos entre los Conjuntos en que había dividido el Guaduas anteriormente (HUBACH, 1931 *in* KEHRER, 1933):

*Conjunto Inferior.* – Consta esencialmente de arcillas gris oscuras con algunos fósiles en la base.

*Conjunto Medio.* – Está determinado por dos niveles de areniscas. En la base la Arenisca Guía y en la parte superior la Arenisca Lajosa. Entre ambas areniscas se encuentra una masa de arcillas gris-oscuras, compactas, a veces carbonáceas y que contienen mantos de carbón explotables. Constituye en general la parte productiva de la Formación Guaduas.

*Conjunto Superior.* – Consta de "gredas rojizas, azulosas, verdosas y moradas entre las que localmente hay mantos inexplotables de carbón y bancos de areniscas no estables de grano más o menos grueso".

Más recientemente RADELLI (1967) eleva la Formación Guaduas a rango de grupo y cada una de sus tres partes a formación. Así el Grupo Guaduas comprendería de abajo hacia arriba la Formación Guaduas Inferior, Formación Guaduas Medio y Formación Guaduas Superior".

Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 278) indica igualmente que "R. SCHEIBE (1934 a) es el primero en señalar dentro del Conjunto I varios niveles de areniscas que pretendían tener un carácter de capas de referencia. Así reconoce de abajo hacia arriba las areniscas Alfa, Beta y Gamma. De ellas la que tiene un carácter más constante y está mejor definida es la más inferior. Por sus características sedimentarias corresponde a la Arenisca Guía. En cuanto a la otras dos areniscas de SCHEIBE es prácticamente imposible de determinar qué relación pueden guardar con las divisiones actuales del Guaduas; parece muy improbable que correspondan a la Arenisca Lajosa. Se situarían como se indica en el cuadro IX por encima de la Arenisca Guía. HUBACH (1957a) establece también la división en tres partes. División que viene facilitada por la existencia de dos niveles de areniscas que se mantienen muy constantes dentro de la Sabana de Bogotá y que pueden reconocerse fácilmente por sus caracteres estratigráficos y petrográficos. De esta manera el Conjunto Inferior comprende desde la parte superior de la

Arenisca Tierna del Guadalupe hasta la base de la Arenisca Guía. El Conjunto medio abarca desde la base de la Arenisca Guía hasta la parte alta de la Arenisca Lajosa. Por último el Conjunto Superior se extiende desde esta arenisca hasta la base de la Formación Cacho”.

Sarmiento (1992a, p.13) diferencia 9 segmentos dentro de la Formación Guaduas, con base en estratigrafía detallada y análisis palinológicos realizados en la sección de la Quebrada de Peñas (Boquerón de La Ventana), en el área del Sinclinal de Checua-Lenguazaque.

Montoya y Reyes (2003, p. 91) reconocen 5 segmentos cartográficos en esta unidad, cada uno con una expresión morfológica característica: “el segmento inferior (A), forma valle y en él se agrupan los segmentos S1 y S2 de Sarmiento (1994 a); el segmento B, el cual genera una colina, es reconocido informalmente como Arenisca La Guía y corresponde al segmento S3 de Sarmiento (1994 a). El segmento C, genera un valle y en él se agrupan los segmentos S4 y S5 de Sarmiento (1994 a). En el segmento D, se reconocen valles y crestas correspondientes a lodolitas y areniscas y se agrupan los segmentos S6, S7 y S8 de Sarmiento (1994 a) y el segmento E corresponde al segmento S9”.

#### 3.2.22.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En el sentido original de Hettner (1892), el término Guaduas se extendía ampliamente a regiones como el Valle Superior del Magdalena, extremo sur del Valle Medio y la Sabana de Bogotá. En el sentido de Hubach (1958), esta unidad se reconoce en la Cordillera Oriental (en la Sabana de Bogotá y en su flanco oriental, piedemonte llanero). En el área de estudio, ha sido cartografiada en el extremo SE de la Plancha 190-Chiquinquirá (sinclinales de Guachetá y Albarracín) y en la plancha 209-Zipacquirá en los sinclinales de Río Frío, Neusa, Zipacquirá, Checua, Sesquilé, Sisga, Suesca y Sueva (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno). Aflora igualmente en algunos tramos de la carretera que de Samacá conduce a Tunja y de la vía que va del municipio de Boyacá a Ramiriquí, y en el flanco oriental del Sinclinal de Umbita (transecta-2: Sutamarchán-Ururia); al oeste del municipio de Paipa, en los alrededores del municipio de Iza, al norte de la población de Cuitiva (Sinclinal de San Miguel) y en los alrededores de la Laguna de Tota (transecta-3: Gámbita-Pajarito).

##### Variación lateral:

Con relación a las variaciones de espesor de la Formación Guaduas, Porta (en Porta *et al.*, 1974, p. 280) anota que en términos generales esta unidad muestra engrosamiento en sentido Sur-Norte, sin embargo, la Arenisca Guía disminuye su



espesor en el mismo sentido. Este autor indica que "el aumento general de espesor en sentido S-N parece que va acompañado también de un mayor número de capas de carbón como ha señalado HUBACH (1957a). De 21 mantos de carbón que se encuentra al norte de Lenguaque se pasa a unos 8 y 5 en la parte N y NE de la Sabana y a un solo banco al sur de la Sabana, en el Salto del Tequendama".

#### Correlación:

En el estudio de la geología de la plancha 209-Zipacuirá, Montoya y Reyes (2003, p. 94) citan que: "en el cuadrángulo K12 Guateque (Ulloa & Rodríguez, 1979), la Formación Guaduas, se correlaciona por posición estratigráfica con la parte superior del Grupo Palmichal (conjunto D), definido en el piedemonte llanero. Sarmiento (1994 a) correlaciona el conjunto D del Grupo Palmichal de Ulloa & Rodríguez (1979) con la Formación Guaduas, sin embargo, para Guerrero & Sarmiento (1996), en el piedemonte llanero debe utilizarse la nomenclatura de Formación Guaduas. En la región de Guaduas se correlaciona con la Formación Seca, De Porta (1966)".

Montoya y Reyes (2003, p. 91) correlacionan los 5 segmentos utilizados por ellos en la cartografía de la plancha 209-Zipacuirá, con los 9 segmentos diferenciados por Sarmiento (1992a, p. 13) de la siguiente manera: "el segmento inferior (A)... y en él se agrupan los segmentos S1 y S2 de Sarmiento (1994 a); el segmento B... es reconocido informalmente como Arenisca La Guía y corresponde al segmento S3 de Sarmiento (1994 a). El segmento C... en él se agrupa los segmentos S4 y S5 de Sarmiento (1994 a). En el segmento D... se agrupan los segmentos S6, S7 y S8 de Sarmiento (1994 a), y el segmento E corresponde al segmento S9". Sarmiento (1992)

#### 3.2.22.12 Localidad tipo y estratotipo

En el sentido actual del término Guaduas, la sección tipo propuesta por Hubach (1958) para esta unidad en la Sabana de Bogotá en la región de Guatavita, está descrita en Porta (Porta *et al.*, 1974, p. 278) de la siguiente manera: "El Conjunto Inferior está formado por lutitas generalmente de color gris una intercalación de areniscas hacia la mitad superior. Es constante la presencia de capas de carbón debajo de la Arenisca Guía. El Conjunto Medio queda delimitado por dos niveles principales de areniscas que se encuentran en la formación Guaduas. La Arenisca Guía en la base y la Arenisca Lajosa en la parte superior. Entre las dos areniscas se encuentra un conjunto predominantemente arcilloso con algunas pequeñas intercalaciones de areniscas. Las vetas de carbón se localizan por encima de las areniscas Guía y por debajo de la Lajosa".



### 3.2.23 Formación Cacho (Paleoceno)

#### 3.2.23.1 Referencia original

Es Scheibe (1918, p. 32) el primer autor que utiliza el término "zona del Cacho" para referirse a una zona de areniscas duras al suroeste de Zipaquirá. Este trabajo de Scheibe está publicado en edición facsímil impreso como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia - 1917 a 1933, Tomo I (Ministerio de Industrias, 1934).

#### 3.2.23.2 Proponente del nombre

Pratt *et al.* (1961, p. 40), en el trabajo "The Muzo Emerald Mine" al describir la unidad "CACHO SANDSTONE" dicen: "This unit can be given formation rank, although it has generally been considered a member of the Bogotá formation". Posteriormente, Campbell (1962, p. 110) emplea el nombre de "CACHO FORMACION", sin hacer una propuesta formal del rango de esta unidad. Con relación a esto último, McLaughlin y Arce (1972, p. 109), señalan: "Campbell (1962, p. 23) treated the Cacho Sandstone as a formation rather than as the basal member of the Bogotá Formation. As the Cacho Sandstone is a relatively continuous mappable unit, this change of rank is justifiable and is continued in this report."

#### 3.2.23.3 Derivación del nombre

Scheibe (1918 en Ministerio de Minas, 1934, p. 32), da el nombre de zona del Cacho a una arenisca muy bien desarrollada que al suroeste de Zipaquirá forma el Pico del Cacho.

#### 3.2.23.4 Área tipo

De acuerdo con Julivert y Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 122) la Formación Cacho se ha restringido a la Cordillera Oriental entre la Sabana de Bogotá y Tunja.

#### 3.2.23.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Cacho se encuentra entre la Formación Guaduas, sobre la que se apoya (**Foto M89**), y la Formación Bogotá que se le superpone.

Hubach (1958, p. 99), en cuanto a la edad de la unidad señala: "Por falta de flora y fauna fósil, la edad sólo se puede inferir, excepto algunos estratos algo carbonáceos encima del Cacho cuyo polen (Van der Hammen) es paleoceno,



siendo de suponer que se trata del Paleoceno Superior, porque la parte alta del Guaduas que está debajo también es paleocena.”.

Por otra parte, Van der Hammen (1958, p. 200) en su trabajo “Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá” menciona: “La parte inferior de la formación de Bogotá, desde la base de la Arenisca del Cacho hasta la base de la Arenisca de Lenguazaque que se encuentra a unos 500 metros encima de la base, es de edad paleocena.”.



**Foto M89.** Estación M89 (transecta-1): Contacto Formación Guaduas (parte inferior de la foto) y Formación Cacho (parte superior de la foto). Tope de la Formación Guaduas: capas medianas subtabulares de arenitas lodosas de grano muy fino, color gris verdoso. Base de la Formación Cacho: capas muy gruesas subtabulares de cuarzoarenitas de grano medio a grueso, color amarillo y laminación inclinada a gran escala (flanco oriental del Sinclinal de Sueva, al noreste de Machetá).

### 3.2.23.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Hubach (1958, p. 98) en su “Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores” acerca de la unidad indica: “La arenisca basal, o Cacho, está caracterizada, en el



sur de Bogotá y otras partes de la Sabana, por dos horizontes de arenisca que son, según R. Scheibe, el Infracacho y el Supracacho, este último de grano fino y aquel de grano grueso y ferruginoso, separados entre sí por greda abigarrada.”.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 29) en el cuadrángulo K-12, describen la unidad así: “La Formación, está constituida por areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano grueso a conglomerático, friables, con estratificación cruzada e intercalaciones de lentes de arcillolita.”.

### Espesor

Hubach (1958, p. 98) anota: “El Cacho mide 50 hasta 100 metros y adquiere una magnitud mayor en la travesía desde Subachoque hasta el cerro de Tablazo.”.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 29) en su estudio geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, reportan un espesor para esta unidad que varía entre 80 y 120 m.

Montoya y Reyes (2003, p. 95) reportan en la vereda de Soatama de Machetá, una columna estratigráfica de la Formación Cacho, con un espesor de 120 m.

Fuquen y Osorno (2005, p. 73) en su estudio de la plancha 190 Chiquinquirá, señalan que la Formación Cacho alcanza un espesor de 72 m, con base en la columna estratigráfica levantada en el sitio de El Boquerón (carretera Ubaté-Lenguazaque).

Montoya y Reyes (2005, p. 55) en el estudio de la Geología de la Sabana de Bogotá reportan un espesor de 172.6 m, con base en la columna estratigráfica levantada en Guatavita, en la Vereda la Carbonera.

En este estudio, en una sección por la carretera que conduce de Ubaté a Lenguazaque (Cundinamarca), se midió un espesor de 73 m de la Formación Cacho.

### 3.2.23.7 Litología

Por la carretera Ubaté-Lenguazaque (transecta-1), se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico (casi completo) de la Formación Cacho, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (**Anexo 3.12**).

La descripción litológica de esta formación se basa en las observaciones logradas, entre el m 1.614 y el m 1.687, de esta sección.

Coordenadas de la poligonal Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.038.811 N: 1.081.302  
Finales: E: 1.041.815 N: 1.080.919

Descripción:

La Formación Cacho es una sucesión grano-creciente y estrato-adelgazante, al parecer concordante sobre la Formación Guaduas, compuesta por capas subtabulares a canaliformes y tabulares, muy gruesas y gruesas, con laminación inclinada plana y tangencial, de arenitas y arenitas lodosas, cuarzosas, de color amarillo rojizo, de grano grueso y muy grueso (a veces gránulos) hacia la parte inferior, grueso a medio hacia la parte media y fino a muy fino hacia la parte superior, compactas, con cemento ferruginoso y ocasionales líticos negros. Hacia la parte más superior, las capas de arenitas son de mediano espesor y se intercalan capas delgadas de lodolitas grises y rojizas (**Foto PR3**).



**Foto PR3** (Sección Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta, transecta-1). Capas subtabulares, gruesas y medianas, de arenitas cuarzosas, de color amarillo-rojizo, del techo de la Formación Cacho. Flanco occidental del Sinclinal de Checua.

Génesis:

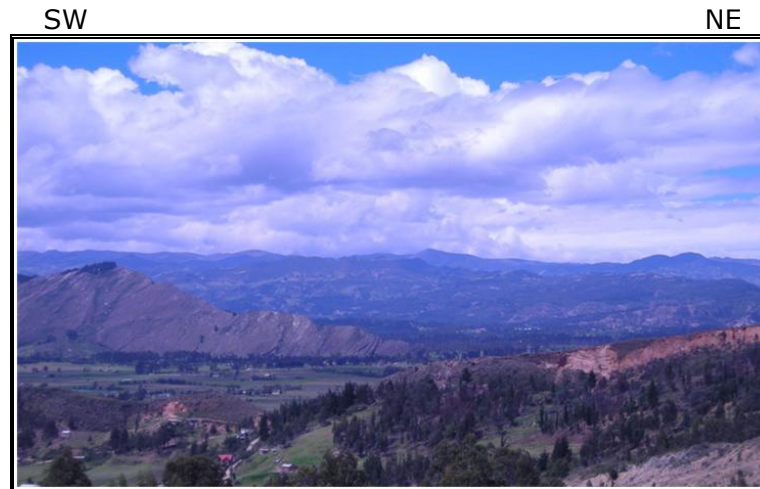
Montoya y Reyes (2003, p. 98), mencionan: "La Formación Cacho en su mayoría conformada por grano tamaño medio a grueso se depositó en un ambiente de ríos trenzados...". Y agregan: "Dentro del segmento B fino y se intercalan lodolitas en capas o lentes indicando una disminución de la energía llegando posiblemente a ambientes de ríos meandriformes."

Pardo (2004, p. 20) cita: "Hoorn (1988) considers that the Cacho... Formation... accumulated in a braided... fluvial system...".

Fuquen y Osorno (2005, p. 77), acerca de esta unidad señalan: "La Formación Cacho fue depositada por procesos sedimentarios continentales asociados a medios fluviales de ríos y llanuras aluviales. La continuidad lateral a nivel regional de esta unidad hace suponer que se trató de un fenómeno de alcance regional caracterizado por 3 pulsos de sedimentación, que también fueron reconocidos en Samacá. La característica de cada uno de estos pulsos es la sucesión de canales de ríos meandriformes los cuales son cortados por un canal superior."

#### Otros aspectos:

Montoya y Reyes (2003, p. 95) anotan: "Esta unidad forma un relieve pronunciado por lo cual es fácilmente cartografiable... Se reconoce en ella una sola secuencia arenosa como es el caso del Sinclinal de Sueva (E12) o dos niveles arenosos separados por uno arcilloso (Lenguazaque)". Un ejemplo del relieve pronunciado que forma la Formación Cacho se observó en este estudio en la transecta-1 (**Foto R29**).



**Foto R29.** Desde la estación R29 (transecta-1): En primer plano la Formación Guaduas y en segundo la Formación Cacho, en el Sinclinal de Checua.

#### 3.2.23.8 Límites y contactos

Julivert (1963, p. 17), considera el contacto inferior con la Formación Guaduas concordante y aunque anota la existencia de una discordancia progresiva que empieza a desarrollarse posiblemente a partir de la parte media del Guaduas, aclara que no se ha visto en ningún lugar una discordancia angular neta dentro de las "formaciones Guaduas, Arenisca del Cacho y Bogotá".



Montoya y Reyes (2003, p. 94), en su descripción de la Formación Guaduas señalan: "Esta formación es suprayacida por la Formación Cacho, en contacto neto, se pasa de un nivel arcilloso de la Formación Guaduas a intercalaciones de capas medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho, como se observa en el sinclinal de Sueva; para Sarmiento (1994 b), el contacto es erosivo e inconforme progresivo de oeste a este, faltando más secuencia de la Formación Guaduas en este mismo sentido.". Más adelante anotan (*op. cit.*, p. 95): "La Formación Cacho es suprayacida por la Formación Bogotá, en contacto neto y concordante, pasa de una capa muy gruesa de areniscas a un nivel de arcillolitas;".

#### Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta (**Anexo 3.12**), el límite inferior de la Formación Cacho se definió con base en las primeras capas muy gruesas y gruesas, de arenitas, cuarzosas, de color amarillo rojizo, de grano grueso, ferruginosas, con laminación inclinada plana, que afloran en el metro 1.614 del levantamiento (E: 1.041.673, N: 1.080.971) y que coinciden con el cambio de una morfología plana o suavemente ondulada a una morfología escarpada.

#### Límite superior:

El límite superior de la Formación Cacho se definió, en la misma sección, en el metro 1.687 del levantamiento (E: 1.041.815, N: 1.080.919), donde termina la sucesión de capas medianas a delgadas de arenitas, cuarzosas, de grano fino a muy fino, con intercalaciones de lodolitas grises y rojizas, situadas al techo de la unidad y que coinciden con el cambio de una morfología escarpada a una morfología suavemente ondulada.

#### 3.2.23.9 Reseña histórica

Es Scheibe (1918 en Ministerio de Minas, 1934, p. 32), quien utiliza por primera vez el término "zona del Cacho" para referirse a una zona de areniscas duras al suroeste de Zipaquirá.

Hubach (1931, p. 207), en su trabajo "Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander", publicado por Ingeominas (1993) como edición facsímil, subdivide litológicamente en tres conjuntos el Piso de Bogotá, e incluye dentro del conjunto inferior el horizonte del Cacho.

En la tabla que acompaña el trabajo de Kehrer (1933), Hubach, sitúa el Horizonte Cacho en la parte inferior del "Piso de Bogotá", equivalente al Terciario Medio en Cundinamarca y Boyacá.



Pratt *et al.* (1961, p. 40), en el trabajo "The Muzo Emerald Mine" al describir la Arenisca del Cacho dicen: "This unit can be given formation rank, although it has generally been considered a member of the Bogotá formation". Posteriormente, Campbell (1962, p. 110) emplea el nombre de Formación Cacho, sin hacer una propuesta formal del rango de esta unidad. McLaughlin y Arce (1972, p. 109) consideran justificable este cambio de rango ya que esta unidad es cartografiable.

Julivert y Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 121) anotan: "*Otras formas de emplear el término:* Formación Cacho (Col. Soc. Petr. Geol. Geoph., 1961), Arenisca del Cacho (HUBACH, 1957a, col. estr.); Conjunto de Cacho (HUBACH, 1945, p. 34) Horizonte Cacho (HUBACH *in* KEHRER, 1933, cuadro); Zona Cacho de areniscas (SCHEIBE, 1934, p. 21).".

#### 3.2.23.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Cacho. Scheibe (1918 en Ministerio de Minas, 1934, p. 33-34), considera la zona del Cacho como la zona limítrofe superior del Conjunto II del piso de Guaduas; por encima del Cacho se encontraría el conjunto III (hoy Formación Bogotá). A la capa de areniscas siguiente al Cacho la denomina Supercacho, y entre ambas areniscas cita esquistos oscuros con capitas de unos 0,20 m de carbón.

Julivert y Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 121) señalan: "HUBACH (1945, p. 34, lám. 8) divide el Cacho en Infracacho y Supracacho con lo cual el nombre Cacho queda tal vez ampliado abarcando el Supercacho de SCHEIBE (1934) que equivaldría al Supracacho de HUBACH; no obstante la columna estratigráfica de SCHEIBE en Zipaquirá no tiene suficiente exactitud para poder determinar si en efecto lo que se ha llamado Supracacho con posterioridad corresponde al Supracacho de SCHEIBE (1934).".

Montoya y Reyes (2003, p. 95-97), en la vereda de Soatama de Machetá, levantaron una columna estratigráfica de la Formación Cacho, y para mejor descripción de la unidad la subdividieron en tres segmentos de base a techo: A, B y C.

#### 3.2.23.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En la figura 2 de Fabre (1985, p. XIX-3) se observa que la Formación Cacho se extiende en dirección Noreste-Suroeste, desde una región al sur-suroeste de Guateque (Boyacá) hasta la región de Cáqueza al sureste de Bogotá. Esta unidad se ha cartografiado geológicamente, desde la parte SE de la plancha 171-Duitama



hasta la plancha 209-Zipoquirá y el cuadrángulo K-11 Zipaquira, incluyendo la parte W de la plancha 191 Tunja y la parte SE de la plancha 190- Chiquinquirá. La cartografía realizada en este estudio, restringe en general los afloramientos de esta unidad a áreas situadas al Oeste de la Falla de Soapaga.

La Formación Cacho se presenta en las transectas 1 y 2, pero en la primera se observó el mayor número de afloramientos. En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), esta unidad muestra afloramientos por la carretera Ubaté-Lenguazaque (donde se midió la sección Loma El Peñón-Loma La Ramada Alta); por la carretera no pavimentada Lenguazaque-Villapinzón; al norte de Cucunubá; por la carretera no pavimentada Cucunubá-EIRhur-Chocontá (al noreste de la Laguna de Suesca); a unos 6-7 Km al noreste de Machetá; y por la carretera no pavimentada Villapinzón-Vereda Soatama-Machetá. Todas estas localidades pertenecen a Cundinamarca. En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), la Formación Cacho muestra afloramientos al norte del tramo central de la carretera Puente Boyacá-Samacá (Boyacá).

Entre las transectas 1 y 2, se observó la Formación Cacho al noreste de Guachetá (Cundinamarca) donde se observó el contacto con la Formación Bogotá (sección estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio, **Anexo 3.14**).

#### Variación lateral:

Las características litológicas de la Formación Cacho son relativamente constantes en el área de estudio incluso son similares a las de la Formación Areniscas de Socha (Cf. Pardo, 2004, p. 55).

Van der Hammen (1961, p. 89) dice: "Mientras que El Cacho forma en el norte de la Sabana un horizonte estratigráfico muy marcado en la morfología, se vuelve más delgada y menos prominente al Sur."

#### Correlación:

Van der Hammen (1958, p. 199) señala: "La Arenisca del Cacho de Bogotá coincide con el Cacho de Lenguazaque, con la parte superior de la arenisca del Socha Inferior de Paz del Río, con la arenisca superior de la formación Barco del Catatumbo y con la arenisca superior de las tres areniscas que forman la base de la formación Lisama en el río Lebrija."

De acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1979, p. 29): "La Arenisca de El Cacho parece corresponder a las unidades Arenisca (*sic.*) de Socha y Barco de las cuencas de Sogamoso y Santander, respectivamente."



Dentro del área de estudio, la Formación Cacho se correlaciona con la Formación Areniscas de Socha y con la parte superior Grupo Palmichal en el sector E de la transecta-1 (en la zona de San Luis de Gaceno).

#### 3.2.23.12 Localidad tipo y estratotipo

Hubach (1958, p. 98), en su "Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores" señala: "Como tipo del Cacho se considera; en la zona de Bogotá, el afloramiento del río San Cristóbal en la puerta de la Fábrica de Municiones; en la zona de Guatavita, el cruce del río Siecha y el de La Cueva del Chulo; y en Lenguaque, el de la arenisca oriental del Boquerón del Rabanal."

### 3.2.24 Formación Bogotá (Paleoceno superior a Eoceno en parte)

#### 3.2.24.1 Referencia original

Es Hubach (1931, p. 157) el primer autor que emplea el término "piso de Bogotá" para referirse al "terciario medio" en Cundinamarca y Boyacá. Este trabajo de Hubach está publicado en edición facsímil de este informe que apareció impreso como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XII (Ingeominas, 1993).

#### 3.2.24.2 Proponente del nombre

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 157), en su "Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander", denomina "piso de Bogotá" a los sedimentos equivalentes al "terciario medio" en Cundinamarca y Boyacá, e incluye en su definición a la actual Formación Cacho.

Posteriormente Hubach (1933, p. 34) hace la siguiente descripción: "Encima del Guaduas sigue una formación sin fósiles que hemos llamado formación Bogotá, equivalente al Terciario medio. Comienza ésta con un conjunto denominado del Cacho (R. Scheibe),... Sobre el conjunto del Cacho sigue otro arcilloso, yesífero que tiene hasta 3000 m de grosor en el Valle de Tunjaque-Guasca-Guatavita". Este trabajo de Hubach está publicado en edición facsímil de este informe que apareció impreso como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo VI (Servicio Geológico Nacional, 1945).

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 108) anota: "*Redefinición y sentido actual.* – Es en 1951 cuando se define el techo de la Formación Bogotá (HUBACH, 1957a, pp. 97-99), al definir la Arenisca de La Regadera. La Col. Soc. Petr. Geol. Geoph. (1961) reduce ligeramente el Bogotá al separar de esta Formación la Arenisca del Cacho y elevarla al rango de Formación. Este criterio lo han seguido también CAMPBELL (1962) y JULIVERT (1963b)."



### 3.2.24.3 Derivación del nombre

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 157), utiliza el nombre de Bogotá ya que la capital está situada sobre los sedimentos equivalentes al "terciario medio" del "piso de Bogotá".

### 3.2.24.4 Área tipo

Hubach (1958, p. 99), con respecto a esta unidad anota: "El Bogotá completo sólo se halla expuesto en los flancos del sinclinal de Usme, al sur de Bogotá. Al nordeste del valle de Zipaquirá no parece estar conservada la parte alta, igual que en la cuenca de Chocontá."

### 3.2.24.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Bogotá se encuentra entre la Formación Cacho, sobre la que se apoya, y la Formación Regadera que se le superpone.

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 108), anota respecto a esta unidad: "... su límite inferior es una arenisca llamada Arenisca de Cacho, de un espesor (100 m) muy superior a las intercalaciones de arenitas en el Bogotá y su límite superior otra arenisca aun más espesa (hasta 400 m), la arenisca de La Regadera. En el Bogotá existe una ligera discordancia progresiva. La Arenisca de La Regadera corta localmente en discordancia al Bogotá aunque ambas formaciones son generalmente concordantes."

Hubach (1958, p. 99), en cuanto a la edad de la unidad señala: "Por falta de flora y fauna fósil, la edad sólo se puede inferir, excepto algunos estratos algo carbonáceos encima del Cacho cuyo polen (Van der Hammen) es paleoceno, siendo de suponer que se trata del Paleoceno Superior, porque la parte alta del Guaduas que está debajo también es paleocena. Así, cabe la presunción de que el resto del Bogotá corresponda al Eoceno Inferior y tal vez Medio."

Por otra parte, Van der Hammen (1958, p. 200), anota: "La parte inferior de la formación de Bogotá, desde la base de la Arenisca del Cacho hasta la base de la Arenisca de Lenguazaque que se encuentra a unos 500 metros encima de la base, es de edad paleocena.". Y agrega más adelante: "La parte superior de la formación Bogotá (desde la base de la Arenisca de Lenguazaque) con la mayor probabilidad corresponde al Eoceno Inferior."

La Formación Bogotá cronoestratigráficamente se ubicaría entre el **Paleoceno superior y el Eoceno en parte.**



### 3.2.24.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Hubach (1958 p. 98), describe la unidad así: "Se trata de una sucesión monótona de gredas abigarradas (grises, violáceas, moradas y rojas), sin fósiles de clase alguna, que forman horizontes más o menos gruesos, y que van separadas por bancos de arenisca arcillosa blanda, la cual le da a la topografía un aspecto cintado."

Van der Hammen (1961, p. 89), en la Sabana de Bogotá describe la unidad así: "En la localidad típica, encima de El Cacho, dominan las gredas manchadas de gris, rojo, violáceo y verdoso, con intercalación de areniscas arcillosas. Más al Sur, donde aflora también la parte superior, hay areniscas a veces finamente conglomeráceas."

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 29), describen la unidad así: "Esta unidad aflora al noroeste del cuadrángulo K-12 y está compuesta por arcillas abigarradas con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas."

#### Espesor

Para Van der Hammen (1958, p. 198), el espesor total de la Formación Bogotá al sur de Bogotá es de 1400 metros, incluyendo 50 m de la Arenisca de Cacho.

Pratt *et al.* (1961, p. 41), reportan en el área de Ubaté un espesor de por lo menos 300 m. Campbell (1962, p. 110), anota: "The Bogota formation consists of about 1300 meters of brown and reddish clays with subsidiary sandstone. It is exposed on the eastern flank of the Usme syncline."

McLaughlin y Arce (1972, p. 116), para el área de Zipaquirá reportan un espesor que varía de 450 a 800 m. Por su parte, Ulloa y Rodríguez (1979, p. 29) en su estudio geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, señalan un espesor medido de 80 m, los cuales constituyen la parte basal de la unidad.

Montoya y Reyes (2003, p. 100), en su estudio de la plancha 209 Zipaquirá y con base en la columna estratigráfica levantada en el Sinclinal de Checua, obtienen para la Formación Bogotá un espesor de 575 m.

En este estudio, entre las transectas-1 y 2, al noreste de Guachetá (Cundinamarca), se midieron 457 m de la Formación Bogotá, en su gran mayoría cubiertos (**Foto PSA1**), en la sección estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio (flanco occidental del Sinclinal de Guachetá).



### 3.2.24.7 Litología

La descripción litológica sucinta de la Formación Bogotá, se hizo con base en las pocas observaciones logradas durante la medición (con apoyo en poligonal y GPS) del espesor de la unidad en la sección al noreste de Guachetá, que se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio (**Anexo 3.14**), y en observaciones en estaciones de campo.

Coordenadas de la poligonal Vereda Peñas-Vereda San Antonio (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.047.504 N: 1.088.978  
Finales: E: 1.048.737 N: 1.088.565

#### Descripción:

Los exiguos afloramientos de la Formación Bogotá, en la sección Vereda Peñas-Vereda San Antonio, muestran arcillolitas grises con alteración amarillenta, macizas, intensamente meteorizadas, arcillolitas y lodolitas de colores gris claro, crema y amarillo quemado, muy meteorizadas, con algunos restos vegetales, algo muscovíticas y con algunos nódulos piritosos.



**Foto PSA1** (Sección Vereda Peñas-Vereda San Antonio, entre transecta-1 y 2). Morfología suave formada por sedimentitas finas de la Formación Bogotá limitada a la base por la Formación Cacho (en primer plano) y al techo por la Formación Regadera (al fondo). Flanco occidental del Sinclinal de Guachetá.



Las estaciones de campo, muestran en esta unidad, arcillolitas grises moteadas de rojo-vinotinto o pardo-rojizas, con algunas interposiciones de capas tabulares y canaliformes, delgadas, medianas y muy gruesas, con bases irregulares y onduladas, de arenitas lodosas (matriz 20-30%), de color gris verdoso o gris claro a amarillento, con tonos violáceos, sublíticas (15-25% de líticos negros), de grano fino a medio, micáceas, friables, con intraclastos arcillosos hacia las bases, con laminación ondulada difusa. A veces, afloran capas medianas de arenitas feldespáticas de grano muy fino, interpuestas con capas delgadas de areniscas cuarzosas, de grano fino, bien cementadas, oxidadas, de color blanco a rojizo.

#### Génesis:

Montoya y Reyes (2003, p. 102) acerca de la unidad mencionan: "La Formación Bogotá se depositó en un ambiente de ríos meandriformes, las areniscas corresponden a barras de meandros y la parte lodosa a llanuras de inundación."

#### Otros aspectos:

En el área de Zipaquirá, McLaughlin y Arce (1972, p. 115), señalan que la unidad aflora en el sinclinal de Sueva. Hacia el norte, en la plancha 190-Chiquinquirá, Fuquen y Osorno (2005, p. 77), indican que la unidad aflora también en el Sinclinal de Guachetá.

Montoya y Reyes (2003, p. 100) mencionan: "La Formación Bogotá en la plancha 209, aflora en los núcleos de los sinclinales de Río Frío (al sur de Neusa), Checua, Teusacá-Suesca, Sesquilé, Sisga y Sueva; en el sinclinal de Sisga suprayace a la Formación Cacho e infrayace a la Formación Regadera mientras que en las otras estructuras mencionadas no aflora el techo. La litología de esta formación genera una morfología suave de valles con esporádicas crestas formadas por areniscas."

De acuerdo con Montoya y Reyes (2005, p. 57), la Formación Bogotá en la Sabana de Bogotá, aflora en los núcleos de los sinclinales de Río Frío, Checua-Lenguazaque, Subachoque, Teusacá, Sesquilé y Sisga; en el sinclinal de Sisga suprayace a la Formación Cacho e infrayace a la Formación Regadera mientras que en las otras estructuras mencionadas no aflora el techo.

#### 3.2.24.8 Límites y contactos

Julivert (1963, p. 17), en su estudio en la Sabana de Bogotá menciona: "El contacto del Bogotá con la Arenisca del Cacho, lo mismo que el de esta arenisca con el Guaduas pueden considerarse en líneas generales concordantes si bien existe una discordancia progresiva que empieza a desarrollarse posiblemente a partir de la parte media del Guaduas."



Julivert (1963, p. 19), con relación a la "Arenisca de La Regadera" señala: "El contacto con la formación Bogotá es muy neto; la discordancia progresiva que afectaba a las formaciones Guaduas y Bogotá, se manifiesta también en la Arenisca de La Regadera llegando incluso a manifestarse una discordancia angular entre la Arenisca de La Regadera y la formación Bogotá."

Corrigan (1989, p. 319) menciona con relación a la Formación Bogotá: "It conformably overlies the Cacho sandstone near Bogotá and is apparently overlain conformably by the Regadera sandstone."

Montoya y Reyes (2003, p. 102), en su estudio geológico de la plancha 209 Zipaquirá, describen: "La Formación Bogotá tiene un contacto basal transicional rápido y concordante con la Formación Cacho, pasa a areniscas friables de variados colores con lodolitas intercaladas..."

#### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio (**Anexo 3.14**) los contactos, inferior y superior, de la Formación Bogotá son netos. El límite inferior de la unidad se definió en esta sección con base en la aparición de las primeras arcillolitas grises intensamente meteorizadas que afloran estratigráficamente por encima de una sucesión de capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, rojizas, de grano fino a muy fino, compactas, con cemento ferruginoso.

#### Límite superior:

El límite superior de la Formación Bogotá se definió en la sección estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio, donde termina un intervalo cubierto situado estratigráficamente por encima de una sucesión de arcillolitas y lodolitas, grises y amarillentas, muscovíticas, con fragmentos milimétricos vegetales y algunos nódulos piritosos, y por debajo de una sucesión de capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco-amarillento, compactas, de grano medio a grueso, con laminación en artesa.

#### 3.2.24.9 Reseña histórica

Es Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 157), el primer autor que emplea el término "piso de Bogotá" para referirse al "terciario medio" en Cundinamarca y Boyacá; igualmente subdivide litológicamente en tres conjuntos este piso, e incluye dentro del conjunto inferior el horizonte del Cacho.

Hubach (1933, en Servicio Geológico Nacional, 1945, p. 34) da de la Formación de Bogotá la siguiente descripción: "Encima del Guaduas sigue una formación sin fósiles que hemos llamado formación Bogotá, equivalente al Terciario medio.



Comienza ésta con un conjunto denominado del Cacho (R. Scheibe),... Sobre el conjunto del Cacho sigue otro arcilloso, yesífero que tiene hasta 3000 m de grosor en el Valle de Tunjaque-Guasca-Guatavita”.

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 108) anotan: “*Redefinición y sentido actual.* – Es en 1951 cuando se define el techo de la Formación Bogotá (HUBACH, 1957a, pp. 97-99), al definir la Arenisca de La Regadera. La Col. Soc. Petr. Geol. Geoph. (1961) reduce ligeramente el Bogotá al separar de esta Formación la Arenisca del Cacho y elevarla al rango de Formación. Este criterio lo han seguido también CAMPBELL (1962) y JULIVERT (1963b).”.

#### 3.2.24.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Bogotá; sin embargo, Hubach (1931, p. 207 en Ingeominas, 1993), subdivide litológicamente el “Piso de Bogotá” en tres conjuntos de base a techo: inferior, medio y superior.

Montoya y Reyes (2003, p. 100), en el Sinclinal de Checua, levantaron una columna estratigráfica de la Formación Bogotá, y para mejor descripción de la unidad la subdividieron en dos segmentos de base a techo: A y B.

#### 3.2.24.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En la figura 1 de Fabre (1985, p. XIX-3) se observa que “El Cacho” se extiende desde la región de Guateque (Boyacá), en dirección Sur-Suroeste, hasta la región de Cáqueza (Cundinamarca). Por encima de esta unidad aparece un nivel de lodolitas (de acuerdo con las convenciones de la figura), que debe corresponder a la Formación Bogotá, razón por la que suponemos que tiene la misma distribución geográfica. Las figuras 2.8 y 2.9 de Sarmiento (2001, p. 20 y 21) por su parte muestra que la Formación Bogotá se extiende, en dirección Oeste-Noroeste, al menos hasta la región de Sutamarchán (Boyacá) al norte y hasta la región de Tabio (Cundinamarca) al sur. Esto coincide con la cartografía realizada en este estudio y la elaborada para las planchas geológicas 190 Chiquinquirá, 191 Tunja, 209 Zipaquirá y el mapa geológico del cuadrángulo K-11 Zipaquirá, que restringen en general los afloramientos de esta la Formación Bogotá a áreas situadas al Oeste de la Falla de Soapaga.

Afloramientos de la Formación Bogotá se observaron en la transectas-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno) y entre las transectas 1 y 2. En el primer caso, al nor-noreste y sureste de Cucunubá y al suroeste de Lenguazaque, y en el segundo caso, al noreste de Guachetá (Cundinamarca) en donde se midió la sección estratigráfica Vereda Peñas-Vereda San Antonio (**Anexo 3.14**).



### Variación lateral:

Debido a la escasez de los afloramientos de la Formación Bogotá en el área de estudio, es difícil dar una apreciación con respecto a la variación lateral de las características litológicas de la unidad. En cuanto al espesor, se han reportado datos de 1.300 ó 1.350 en el área de Bogotá, 450 a 800 m en el área de Zipaquirá, 575 m en el Sinclinal de Checua (plancha 209 Zipaquirá), y 457 m medidos en este estudio, al noreste de Guachetá (Cundinamarca). Es decir, el espesor de la Formación Bogotá al parecer disminuye en sentido NE desde el área de Bogotá.

### Correlación:

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 30), en su estudio del cuadrángulo K-12, concluyen: "Las Formaciones (*sic.*) Arcillas de Socha se correlaciona con las formaciones Bogotá y Arcillas de El Limbo."

#### 3.2.24.12 Localidad tipo y estratotipo

Julivert (1963, p. 17), menciona: "El único sitio donde la formación Bogotá se presenta completa es en el sinclinal de Usme, ya que allí es el único lugar donde se presenta la Arenisca de La Regadera, que limita por su techo la formación Bogotá. La sección tipo debe por tanto situarse en el Sinclinal de Usme. Dentro del Sinclinal de Usme la mejor sección es la que se obtiene por la quebrada Zo. Grande y por el filo que la limita por el N; esta sucesión es completa y puede por tanto ser considerada como la sección tipo de la formación Bogotá."

### **3.2.25 Formación Regadera (Eoceno en parte)**

#### 3.2.25.1 Referencia original

Es Hubach (1958, en "Columna Estratigráfica de la Sabana de Bogotá" anexa), el primer autor que utiliza el término "Arenisca de La Regadera" para referirse al miembro basal de la Formación Usme.

#### 3.2.25.2 Proponente del nombre

Julivert (1963, p. 17) en su estudio de la Zona S de la Sabana de Bogotá anota: "... la Arenisca de La Regadera es un nivel de areniscas notablemente espeso (unos 400 m), que tiene suficiente individualidad para que pueda dársele el rango de formación, es además un nivel litológicamente muy diferente del resto de la formación Usme (en el sentido de Hubach). Por este motivo es mejor considerar la Arenisca de La Regadera como una formación independiente y limitar el



nombre de Usme a los niveles más finos que se le superponen. Es en este sentido que en adelante se usarán estos términos.”.

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 356-357) bajo el título “LA REGADERA (Formación...; Arenisca de...)” describe: “*Otras formas de emplear el término. – Formación La Regadera (JULIVERT, 1963b, p. 17).*”

McLaughlin y Arce (1972, p. 117) emplean el término “Regadera Formation” y en su capítulo “Name and type area”, mencionan: “Hubach (1957b, p. 98) considered the Regadera Sandstone as the basal member of the Usme Formation.”. Sin embargo, en este trabajo creemos que estos autores hicieron mal la traducción pues debieron haberla hecho así: Hubach (1957b, p. 98) considered the La Regadera Sandstone... y en consecuencia, debieron haber empleado el término “La Regadera Formation”. Es quizás por esta omisión de McLaughlin y Arce, que a partir de 1972 se utiliza el nombre “Formación Regadera” como aparece en el mapa geológico del cuadrángulo K-11 Zipaquirá (McLaughlin y Arce, 1975) y en el mapa geológico de la plancha 209 Zipaquirá (Montoya y Reyes, 2003).

#### 3.2.25.3 Derivación del nombre

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 357), acerca de la unidad en el trabajo de Hubach (1958) menciona: “No le asigna tampoco localidad ni sección tipo aunque el nombre hace clara referencia al Embalse de La Regadera, al S de Usme.”.

#### 3.2.25.4 Área tipo

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 356) localiza regionalmente la Formación “La Regadera”, en la Cordillera Oriental, región de Bogotá, Valle del Tunjuelo. Complementariamente, Montoya y Reyes (2005, p. 60) restringen los afloramientos de la Formación Regadera al oriente de la Sabana, en los sinclinales de Usme y Sisga.

#### 3.2.25.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Regadera se apoya sobre la Formación Bogotá y es cubierta discordantemente por la Formación Tiltatá.

Van der Hammen (1961, p. 90), menciona: “La edad de la arenisca de La Regadera es Eoceno Inferior hasta Medio, y hay varias indicaciones de que se podría tratar de Eoceno Medio.”.

Sin más datos, la Formación Regadera representa cronoestratigráficamente el **Eoceno en parte.**



### 3.2.25.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Julivert (1963, p. 19), describe la unidad así: "... está formada principalmente por areniscas, no muy consolidadas (en algunos puntos, como en Tunjuelito se explota como arena), de grano frecuentemente grueso y por capas de conglomerados, menos abundantes; alternando con areniscas y conglomerados se encuentran arcillas rosadas o rojizas que en ningún momento llegan a quitar a este nivel su carácter predominantemente arenoso y resistente."

Caro *et al.* (1996, p. 282), por su parte describen la unidad de la siguiente manera: "Está constituida por capas de areniscas de cuarzo y fragmentos líticos, de color gris claro, con abundante matriz arcillosa, e intercalaciones de arcillolitas de color gris claro a oscuro, blandas y plásticas, las cuales predominan hacia el tope de la unidad."

#### Espesor

Julivert (1963, p. 17), reporta para esta unidad un espesor de 400 m en la localidad tipo.

Corrigan (1989 p. 319), anota: "In the Usme – Regadera area, the thickness is quite uniform at 600 meters."

Montoya y Reyes (2005, p. 62), en la vereda Suralá y sobre la carretera el Sisga – Machetá, levantaron una sección estratigráfica compuesta, en donde midieron 660 m, sin que aflorará el techo de la unidad al ser recubierta discordantemente por la Formación Tilatá.

### 3.2.25.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Regadera se hace con base en algunos afloramientos localizados hacia el Este de la carretera Chocontá-Villapinzón (Cundinamarca), por un carreteable que conduce a la vereda Retiro de Blancos (transecta-1); y con base en otros localizados al este-noreste de Guachetá (Cundinamarca) por un carreteable que conduce a la Cuchilla El Salitre en la vereda San Antonio (entre las transectas 1 y 2).

#### Descripción:

Los afloramientos de la Formación Regadera localizados en la transecta-1 muestran: 1) Secuencias muy gruesas grano-decrecientes de conglomerados de

gránulos y guijos finos de porcelanita, cuarzo y líticos sedimentarios, con matriz arenosa de grano grueso e intraclastos lodosos, que gradan a arenitas lodosas, sublíticas, amarillentas, de grano grueso a conglomerático, friables (**Foto R51**), que gradan a su vez a lodolitas gris-verdosas o arcillolitas grises plásticas. 2) Secuencias muy gruesas grano-decrecientes, de capas canaliformes a subtabulares, gruesas, de arenitas sublíticas, de color amarillo a crema, de grano medio a grueso y grueso a muy grueso, friables, con matriz lodosa y caolinítica (8-10%), intraclastos lodosos grises, y estratificación cruzada y en artesa, con intercalaciones de capas medianas lentiformes conectadas de lodolitas limosas de color gris verdoso micáceas. 3) Capas muy gruesas de arenitas feldespáticas, de color morado y amarillo, de grano medio, friables, con matriz ferruginosa, que gradan a capas delgadas de limolitas lodosas, de color gris claro, con trazas de moscovita.



**Foto R51.** Estación R51 (transecta-1): Capas muy gruesas de arenitas lodosas, sublíticas, amarillentas, de grano grueso a conglomerático, con laminación inclinada y en artesa, con intercalaciones de capas medianas de lodolitas limosas, gris-verdosas, de la Formación Regadera (vereda Retiro de Blancos al este-noreste de Chocontá).

Los afloramientos de la Formación Regadera localizados entre las transectas 1 y 2 muestran: 1) Intercalaciones de capas medianas a gruesas de arenitas lodosas (matriz 30-40%), de color gris claro a amarillento, de grano muy fino y fino, micáceas, con 1-3% de líticos negros, friables, y lodolitas de color gris claro, micáceas, con moteado amarillo y naranja. 2) Capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color amarillo y gris claro, de grano grueso a muy grueso, con matriz lodosa (5-10%), con laminación en artesa (**Foto P07**), con concreciones arenosas piritosas de 15-20 cm. 3) Capas de

arenitas de grano fino a medio, de color blanco y amarillento, muy compactas (cementadas).



**Foto P07.** Estación P07 (entre transecta-1 y 2): laminación en artesa de arenitas cuarzosas de la Formación Regadera (flanco occidental del Sinclinal de Guachetá, al este de Guachetá).

Génesis:

Caro *et al.* (1996, p. 282), acerca de la unidad señalan: "Se considera que su depósito ocurrió en un ambiente fluvial de ríos trenzados a meándricos durante el Eoceno medio."

Sarmiento (2001, p. 82) narra con respecto a la Cordillera Oriental: "In the axial region of the EC a braided fluvial fining upward succession with conglomerate at the bottom followed by coarse to medium grained sandstone (Regadera Fm, Julivert, 1970 ;...)"

Por su parte Montoya y Reyes (2003, p. 106), agregan: "A partir del techo de la Formación Bogotá, la energía de los ríos aumenta situándose en un ambiente trenzado en el que domina una sedimentación de sistemas de canales en que las areniscas son de grano grueso conglomeráticas con estratificación cruzada y que con frecuencia son cortadas por canales que presentan las mismas características litofaciales como facies Sp, St y Gp (Miall, 1997, 1998 en Walder & James, 1992)."



#### Otros aspectos:

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 357) acerca de la Formación Regadera señala: "En el conjunto predominan las areniscas y conglomerados dando a esta unidad el carácter de nivel duro que destaca netamente en el relieve dando fuertes crestones. A ambos lados del sinclinal de Usme la Arenisca de La Regadera forma dos serranías discontinuas debido al carácter discordante del Usme."

Montoya y Reyes (2003, p. 103), en el estudio de la plancha 209 Zipaquirá mencionan: "En la plancha 209 Zipaquirá, la Formación Regadera, está restringida en afloramientos del sinclinal del Sisga, allí se observa una secuencia arenosa que genera una morfología de colinas alineadas redondeadas..."

#### 3.2.25.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

Julivert en (Porta *et al.*, 1974, p. 357) anota: "Las formaciones Bogotá, Arenisca de La Regadera y Usme presentan una gran discordancia progresiva que se manifiesta como angular en varios puntos, de manera que si bien la Arenisca de La Regadera es por lo general concordante con la Formación Bogotá, localmente (Tunjuelito) se presenta como discordante."

Montoya y Reyes (2003, p. 103), en la sección vereda Suralá (con coordenadas N: 1.054.038 y E: 1.045.988), definen el límite inferior de la Formación Regadera donde comienzan las capas potentes (6m) de areniscas friables de grano muy fino, de color blanco, color naranja por oxidación.

##### Límite superior:

Julivert en (Porta *et al.*, 1974, p. 357) señala: "La Formación Usme parece ser concordante sobre la Arenisca de La Regadera en algunos puntos (Embalse de La Regadera, región al W de Usme) pero en otras (región al norte de La Picota) es netamente discordante y fosiliza un relieve."

#### 3.2.25.9 Reseña histórica

Hubach (1958, en Columna Estratigráfica de la Sabana de Bogotá anexa), utiliza por primera vez el término "Arenisca de La Regadera" para referirse al miembro basal de la Formación Usme.

Julivert (1963, p. 17), considera que la "Arenisca de La Regadera" es un nivel de areniscas notablemente espeso (unos 400 m), que tiene suficiente individualidad



para que pueda dársele el rango de formación, y pueda diferenciarse de la Formación Usme.

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 356-357) bajo el título "LA REGADERA (Formación...; Arenisca de...)" describe: "*Otras formas de emplear el término.* – Formación La Regadera (JULIVERT, 1963b, p. 17)." No obstante, al remitirse a Julivert (1963, p. 17: ver párrafo anterior), el lector podría suponer que la unidad debería llamarse "Formación Arenisca de La Regadera".

McLaughlin y Arce (1971, p. 13) en su descripción estratigráfica "Estratos Terciarios más jóvenes" mencionan la unidad La Regadera como una de las rocas sedimentarias que suprayacen la Formación Bogotá. Posteriormente, McLaughlin y Arce (1972, p. 117) emplean el término "Regadera Formation" y en su capítulo "Name and type area", mencionan: "Hubach (1957b, p. 98) considered the Regadera Sandstone as the basal member of the Usme Formation.". Sin embargo, estos autores debieron hacer la siguiente traducción: Hubach (1957b, p. 98) considered the La Regadera Sandstone... y en consecuencia, debieron haber empleado el término "La Regadera Formation" igual que usaron el término "La Regadera" en 1971. Es quizás por esta omisión de McLaughlin y Arce, que a partir de 1972 se utiliza el nombre "Formación Regadera" como aparece en el mapa geológico del cuadrángulo K-11 Zipaquirá (McLaughlin y Arce, 1975) y en el mapa geológico de la plancha 209 Zipaquirá (Montoya y Reyes, 2003).

#### 3.2.25.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Regadera. Montoya y Reyes (2003, p. 62-63), en la vereda Suralá y sobre la carretera el Sisga – Machetá, levantaron una sección estratigráfica compuesta de la Formación Regadera, y la subdividieron en cuatro segmentos de base a techo: A, B, C y D.

#### 3.2.25.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

McLaughlin y Arce (1972, p. 117), señalan: "Although not as widely distributed in the Zipaquirá quadrangle as the Cacho Sandstone, the Regadera Formation crops out over about 68 km in the axial part of the Siecha-Sisga syncline, a regionally prominent structure that trends northeast across the quadrangle. This is the only area in the quadrangle in which the Regadera Formation is definitely known to crop out."

Montoya y Reyes (2005, p. 60), en su trabajo de la Geología de la Sabana de Bogotá mencionan: "La Formación Regadera restringe sus afloramientos al oriente de la Sabana, en los sinclinales de Usme y Sisga,...".



Hacia el norte Fuquen y Osorno (2005, p. 78), en el área de la plancha 190-Chiquinquirá, anotan que la Formación Regadera aflora en el núcleo del Sinclinal de Guachetá.

En el área de estudio, la Formación Regadera aflora hacia el Este de la carretera Chocontá-Villapinzón (Cundinamarca), en la vereda Retiro de Blancos (transecta-1); y al este-noreste de Guachetá (Cundinamarca) en la Cuchilla El Salitre, vereda San Antonio (entre las transectas 1 y 2).

#### Variación lateral:

Con base en los espesores estratigráficos reportados de la Formación Regadera, 400 m en la sección tipo (valle de Usme al sur de Bogotá) y 660 m en la sección estratigráfica compuesta levantada en la vereda Suralá y sobre la carretera El Sisga-Machetá (Cundinamarca), se puede concluir que esta unidad es más espesa en dirección Noreste desde la sección tipo.

#### Correlación:

Van der Hammen (1958, p. 201), anota lo siguiente: "La parte inferior de la formación Usme (la Arenisca de La Regadera) corresponde, entre otras, con la parte superior de la formación Mirador del Catatumbo, y con el conjunto inferior de la formación de Concentración de Paz del Río, y debe ser de edad Eoceno Medio."

#### 3.2.25.12 Localidad tipo y estratotipo

De acuerdo con Van der Hammen (1958, p. 200), la localidad tipo de la "Formación de Usme", en la cual incluía la Arenisca de La Regadera como su miembro basal (hoy Formación Regadera), se encuentra en la región del Valle de Usme, al sur de Bogotá.

### **3.2.26 Vulcanitas del Neógeno? ("Andesitas" y "Riolitas de Iza")**

#### 3.2.26.1 Referencia original

Sarmiento (1941 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 7), cartografió por primera vez el "Cuerpo Volcánico de Olitas", y lo catalogó como un "pitón volcánico" basado en la forma topográfica y en la presencia de tobas volcánicas en los alrededores.



### 3.2.26.2 Proponente del nombre

El nombre de "Andesitas" fue asignado por Renzoni (1981, p. 46) en su Geología del Cuadrángulo J-12, Tunja para referirse a dos cuellos volcánicos de tipo andesítico que afloran al sur de Paipa, en la localidad de Olitas.

Son Ulloa *et al.* (2001), en la "Geología de la plancha 192, Laguna de Tota" los primeros autores en emplear el término "Riolitas de Iza" para referirse a un cuerpo volcánico de forma circular, de composición riolítica, cerca a la población de Iza.

### 3.2.26.3 Derivación del nombre

El nombre Iza deriva de la población homónima ubicada al oriente de este cuerpo volcánico de composición riolítica (ver Ulloa *et al.*, 2001, p. 38).

### 3.2.26.4 Área tipo

De acuerdo con Ulloa *et al.* (2001, p. 38), en la región de Paipa-Iza (planchas 191-Tunja y 192-Laguna de Tota) se encuentran tres cuerpos de rocas volcánicas con dimensiones que varían de 2 a 1 km<sup>2</sup>.

### 3.2.26.5 Cronoestratigrafía

Sarmiento (1941 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 21), sugiere que las rocas volcánicas de Paipa fueron emplazados en el Oligoceno, con base en criterios estratigráficos.

De acuerdo a Renzoni (1981, p. 46), los cuellos volcánicos de tipo andesítico ubicados al sur de Paipa, en la localidad de Olitas, "cruzan la Formación Churuvita y la Formación Conejo y subyacen a la Formación Tilatá (cabeceras de la Quebrada Olitas)". Para el cuerpo extrusivo de composición riolítica ubicado en la localidad de Aguascalientes el autor afirma: "Cruza la parte inferior de la Formación Labor y Tierna. El autor infiere que estas pequeñas masas volcánicas se hayan emplazado en tiempos post-Bogotá y pre-Tilatá.

Geotérmica Italiana (1981, en Ferreira y Hernández, 1988, p. 21-22), llevó a cabo, para las rocas volcánicas de Paipa, una datación radiométrica K/Ar en biotita de muestra de roca perteneciente a estos cuerpos; el resultado indico una edad de 2.5 m.d.a +/- 0.06 equivalente al Plioceno Tardío.

Japan Consulting Institute (1983, en Ferreira y Hernández, 1988, p. 22), sugieren que la edad de las rocas volcánicas en Paipa puede ser hasta Pleistoceno.

De acuerdo con Ulloa *et al.* (2001, p. 38), en la región de Paipa-Iza se encuentran tres cuerpos de rocas volcánicas que intruyen rocas del Grupo Guadalupe y están cubiertas discordantemente por depósitos cuaternarios. Para el cuerpo volcánico de composición riolítica de Iza los autores afirman: "La edad del cuerpo es del Mioceno o eventualmente Plioceno tardío".

Pardo (2004, p. 147), acerca de las rocas volcánicas en Paipa afirma: "Las vulcanitas cubren un basamento cretácico y, aunque los datos radiométricos no son suficientes para ubicar en el tiempo cada unidad de erupción, queda confirmada la edad neógena para las primeras erupciones de SEE del volcán de Paipa (2,5-2,1 Ma) y posiblemente pleistocena (caídas de cenizas más jóvenes que 2-1,5 Ma)".

Los datos de los autores citados sugieren que las vulcanitas se originaron en el Oligoceno, Plioceno o Pleistoceno. Según las observaciones de campo en este trabajo y la interpretación fotogeológica del área donde estas vulcanitas afloran, la Formación Tiltatá (ubicada cronoestratigráficamente en el intervalo Mioceno superior-Plioceno inferior a medio) cubre discordantemente a las "Andesitas" y "Riolitas de Iza". Por lo tanto, sin mayor precisión se asignan al **Neógeno?**.

#### 3.2.26.6 Descripción geológica

##### Concepto básico y características distintivas

Sarmiento (1941 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 19), clasifica las rocas volcánicas que afloran en el área de Paipa como andesitas y pórfidos riolíticos y dacíticos.

Ferreira y Hernández (1988, p. 20), describen: "El Cuerpo Volcánico de Olitas se encuentra cubierto en su mayor parte, por depósitos de aspecto sedimentario, con fragmentos de rocas ígneas ácidas, metamórficas y sedimentarias, en matriz arenosa y poco consolidados. Hacia el tope se presentan niveles de cenizas de hasta 10 cm de espesor".

Rincón y Romero (1990, p. 31-48), en el sector de Iza, describieron las rocas aflorantes como lavas con textura porfirítica, con fenocristales de sanidina, cuarzo, plagioclasa y ortoclasa, embebidos en una matriz vítrea de color pardo. Como minerales accesorios encontraron magnetita, circón, apatito, titanita y leucita; teniendo en cuenta su asociación mineralógica y su composición química los autores clasificaron estas rocas como riolitas potásicas. En los bordes del cuerpo volcánico se encontraron brechas volcánicas con fragmentos de cuarcitas, chert, areniscas, limolitas y rocas volcánicas.

Pardo (2004, p. 148), afirma: "La petrografía y química de las vulcanitas de Paipa presenta semejanzas con las riolitas alcalinas, riolacitas y traquiandesitas, ricas en potasio de Iza (reportadas por Martínez 1989; Rincón & Romero, 1990) y las triásicas-jurásicas del Valle Alto del Magdalena y Santander (Macía, 1996). Por otra parte, difieren química y modalmente de las andesitas de la Cordillera Central, caracterizadas por la presencia de clinopiroxenos, ortopiroxenos, hornblendas y andesina en rocas de afinidad calcoalcalina".

### 3.2.26.7 Litología

Se presenta aquí una descripción litológica de la unidad "Riolitas de Iza" basada en observaciones realizadas en campo. En el área de estudio, esta unidad aflora en la transecta-3: al oeste y suroeste del municipio de Iza (**Foto M332**).



**Foto M332.** Estación M332: Vista desde el noroeste del cuerpo volcánico de las "Riolitas de Iza" al oeste de la población de Iza.

#### Descripción:

En este sector ocurren rocas cristalinas de textura porfirítica fina, con matriz afanítica de composición vítrea que constituye el 60-70% de la roca, y fenocristales (30-40% de la roca) de plagioclasa alterada (90-95%) y cuarzo (5-10%), las cuales corresponden a pórfidos andesíticos. Se observan igualmente rocas de textura tobácea, matriz cristalina finogranular compuesta por plagioclasa, la cual constituye el 60-80% de la roca y fragmentos líticos milimétricos a centimétricos de limolitas color beige, gris y rojo (20-40%) y cristales de cuarzo (<5%), que corresponden a tobas líticas andesíticas.





### Génesis:

Según Rincón y Romero (1990, p. 60), en Iza se reportaron riolitas alcalinas formadas a partir de un magma originalmente rico en potasio, que sufrió metasomatismo y alteración hidrotermal.

### Otros aspectos:

Rincón y Romero (1990, p. 73), describen: "El cuerpo ígneo de Iza en planta presenta una forma circular, con un área pequeña (aproximadamente 2 km<sup>2</sup>), siendo un cuerpo magmático expuesto en superficie, que se generó porque su viscosidad fue de al menos 10<sup>8</sup> poisses (WALKER, 1973). La presión litostática o magmática debió ser baja para que se generara el cuerpo como domo (V.S., SMITH, 1984)".

Rincón y Romero (*op. cit.*, p. 38), en cercanías de la población de Cuítiva, encontraron fragmentos de tobas vítreas y vítreo-cristalinas de composición riolítica, con fenocristales de hornblenda, cuarzo, sanidina, opacos y un alto contenido de líticos.

#### 3.2.26.8 Reseña histórica

Sarmiento (1941 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 7), cartografió por primera vez el "Cuerpo Volcánico de Olitas", y lo catalogó como un pitón volcánico basado en la forma topográfica y en la presencia de tobas volcánicas en los alrededores. Clasifica las rocas volcánicas que afloran en el área de Paipa como andesitas y pórfidos riolíticos y dacíticos y sugiere que fueron emplazados en el Oligoceno, con base en criterios estratigráficos.

Renzoni (1981, p. 46), identifica al sur de Paipa, en la localidad de Olitas, dos cuellos volcánicos de tipo andesítico, que de acuerdo al autor "cruzan la Formación Churuvita y la Formación Conejo y subyacen a la Formación Tilatá (cabeceras de la Quebrada Olitas)". Así mismo, en la localidad de Aguascalientes identifica un cuerpo extrusivo, que lo clasifica como ignimbrita riolítica. Este cuerpo cruza la parte inferior de la Formación Labor y Tierna. El autor infiere que estos cuerpos se emplazaron en tiempos post-Bogotá y pre-Tilatá.

ENUSA (1979 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 19) en el área de Paipa menciona la presencia de rocas volcánicas de textura porfirítica al noreste de Olitas.



Más adelante, ENUSA (1980 en Ferreira y Hernández, 1988, p. 19) reseña en esta misma localidad, riolitas porfiríticas y rocas intrusivas ácidas, como señales de actividad magmática.

Japan Consulting Institute (1983, en Pardo, 2004, p. 23), caracterizaron los depósitos como un anillo piroclástico de oleadas de base y flujos. Sugieren que la edad de las rocas puede ser hasta Pleistoceno.

Ferreira y Hernández (1988, p. 20), describen en la localidad de Olitas un cuerpo volcánico que se encuentra cubierto en su mayor parte, por depósitos de aspecto sedimentario, con fragmentos de rocas ígneas ácidas, metamórficas y sedimentarias, en matriz arenosa y poco consolidados. Hacia el tope se presentan niveles de cenizas de hasta 10 cm de espesor.”.

Rincón y Romero (1990, p. 31-48), en el sector de Iza, describieron las rocas aflorantes como lavas con textura porfirítica, con fenocristales de sanidina, cuarzo, plagioclasa y ortoclasa, embebidos en una matriz vítrea de color pardo. Teniendo en cuenta su asociación mineralógica y su composición química los autores clasificaron estas rocas como riolitas potásicas. En los bordes del cuerpo volcánico se encontraron brechas volcánicas con fragmentos de cuarcitas, chert, areniscas, limolitas y rocas volcánicas.

Pardo (2004, p. 148), concluye que la petrografía y química de las vulcanitas de Paipa presenta semejanzas con las riolitas alcalinas, riolitas y traquiandesitas, ricas en potasio de Iza y con las triásicas-jurásicas del Valle Alto del Magdalena y Santander. Por otra parte, difieren química y modalmente de las andesitas de la Cordillera Central.

### 3.2.26.9 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Ferreira y Hernández (1988, p. 20-21) en el área de Paipa además de reportar un cuerpo volcánico en la localidad de Olitas, reportan otros en la quebrada Pan de Azúcar, en la localidad La Llanada y en la carretera Paipa-La Playa.

En el área de estudio, ha sido cartografiada la unidad “Andesitas” en el sector SE de la plancha 171-Duitama, en los alrededores del municipio de Paipa y hacia el noreste de la plancha 191-Tunja. En la plancha 192-Laguna de Tota, las rocas volcánicas que afloran al oeste y suroeste de la población de Iza han sido cartografiadas con el nombre de “Riolitas de Iza”.



#### 3.2.26.10 Localidad tipo

De acuerdo con Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 213), las riolitas de Iza, afloran en la localidad de Aguas Calientes al oeste de Iza en Boyacá.

Según Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 214), las "Andesitas" de Renzoni (1981) afloran al sur de Paipa en la localidad de Olitas, en el sitio denominado Morro del Salvador, o el Volcán en Boyacá.

### **3.2.27 Formación Tilatá (Mioceno superior a Plioceno inferior y medio)**

#### 3.2.27.1 Referencia original

Es Scheibe (1918, p. 80-81) el primer autor que utiliza el término "piso de Tilatá" para referirse a "un conjunto de areniscas que representan un piso geológico especial, separado de los pisos de Guadalupe y Guaduas por superposición discordante, más moderno que éstos y muy probablemente de edad terciaria", y que afloran en la hacienda Tilatá en la represa del Sisga. Este trabajo de Scheibe está publicado en edición facsímil de este informe como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia - 1917 a 1933, Tomo I (Ministerio de Industrias, 1934).

#### 3.2.27.2 Proponente del nombre

Hubach (1958, p. 96), en su "Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores" eleva al rango de "Formación de Tilatá" esta unidad y la estudia en lo que llamó cuenca de Chocontá.

#### 3.2.27.3 Derivación del nombre

Julivert (1961, p. 26), menciona: "La denominación Tilatá procede de la vereda y hacienda del mismo nombre en la región de Chocontá, al norte de la Sabana."

#### 3.2.27.4 Área tipo

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 542), señala: "La Formación Tilatá se encuentra por toda la Región de Sabanas de la Cordillera Oriental."

#### 3.2.27.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Tilatá se encuentra reposando discordantemente sobre rocas neógenas ("Andesitas"), paleógenas (formaciones Regadera, Bogotá, Cacho, Guaduas) y cretácicas (formaciones Arenisca Tierna,



“Arenisca de Labor y Arenisca Tierna”, Los Pinos, Lidita Superior, Conejo y Une y Gr. Churuvita), y está en contacto con depósitos cuaternarios.

Van der Hammen (1961, p. 90), indica: “La edad de la parte inferior de la formación Tilatá, considerando que su deposición fue posterior al plegamiento y anterior al gran sollevamiento de los Andes, puede ser Plioceno. No obstante, datos palinológicos parecen indicar que parte de la formación puede ser de edad Pleistoceno Inferior (VAN DER HAMMEN 1957 b).”.

Montoya y Reyes (2005, p. 69), por otra parte afirman: “La edad asignada por dataciones de huellas de fisión es de 5.3 m.a. para el miembro Tequendama, 3.7 m.a. para las rocas que conforman el miembro Tibagota y que constituyen la parte inferior de la Formación Tilatá y para la parte superior 2.7 m.a. correspondiente al Plioceno inferior a medio (Helmens & Van der Hammen, 1995); sin embargo Dueñas & Wijninga (2003), por palinología le asigna a la parte más inferior una edad Mioceno tardío; por consiguiente la edad de la Formación Tilatá es desde el Mioceno tardío al Plioceno inferior.”.

La Formación Tilatá cronoestratigráficamente representaría el **Mioceno superior a Plioceno inferior y medio**.

### 3.2.27.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Scheibe (1918, p. 80-81 en Ministerio de Industrias, 1934) describe la unidad así: “conjunto de areniscas de grano grueso con lechos de cascajo que vela allí el piso de Guaduas. Los granos de la arenisca y los guijarros de los lechos cascajosos consisten en cuarzo y plaeners, de modo que el cuarzo prevalece normalmente; en los lechos cascajosos sin embargo, prevalecen a veces los guijarros de plaeners. La arenisca, friable en lo general, se vuelve dura por infiltraciones de limonita.”.

Van der Hammen (1961, p. 90), describe la Formación Tilatá así: “La formación está compuesta por capas alternadas mal estratificadas, de gredas, arenas, cascajos y localmente (N. de Vilapinzón) conglomerados de bloques.”.

Julivert (1961, p. 11, Fig. 1), manifiesta que los materiales que forman lo que él describe como “terrazza alta” en la Sabana de Bogotá, constituyen la actual Formación Tilatá tanto en el área de Chocontá como en la zona S de la Sabana, y la describe así: “Se caracteriza por su color blanco, está formada por arcillas blancas, arenas arcillosas también blancas y capas de cantos de pequeño tamaño (unos cm como máximo), a veces existe alguna capa turbosa y también capas rojizas, aunque la coloración general es blanquecina.”.



Montoya y Reyes (2003, p. 110), levantaron una sección de la Formación Tilatá en la vía Chocontá – El Crucero y diferenciaron dos segmentos de esta unidad, descritos así: “Segmento A. Son 37 m de arenas y gravas. En la parte inferior se presentan capas muy gruesas de arenas de grano medio y grueso y en menor porcentaje fino, intercaladas con capas gruesas de gravas grano-soportadas y matrizsoportadas. En la parte superior se presentan intercalaciones de arenas de grano fino y arenas de grano muy fino, dispuestas en capas medias.”. Y agregan: “Segmento B. Con 46 m de espesor está constituido por gravas, en donde se observan variaciones en tamaños de clastos y en la naturaleza de la matriz, es así como el segmento empieza con capas muy gruesas de gravas grano-soportados, con tamaño de guijos (5 cm) y guijarros (20 cm), con formas elongadas, subredondeados y con imbricación, los clastos son de areniscas y liditas. Sobre estas se presenta un intervalo de capas muy gruesas de gravas matrizsoportadas, con clastos de 2 y 4 cm; es común observar lentes de arcillas y en ocasiones se presentan intercalaciones de capas delgadas cuneiformes de arenas. La parte más superior empieza con 4 m de arena muy fina y sobre estas, capas de gravas grano y matrizsoportadas con clastos de 2 cm, algunas capas con grano decrecimiento hasta arenas.”.

### Espesor

Hubach (1958, p. 97), señala: “El espesor observado del Tilatá no pasa de 100 metros, pero es posible que en el interior de la Sabana pueda tener una magnitud mayor, como lo indican perforaciones en la Sabana, que han pasado 300 ms. de capas Pleistocenas y ?Tilatá, entre Funza y Tenjo.”.

En el sector occidental del Sinclinal de Sisga, en la vía Chocontá-Cucunubá, Montoya y Reyes (2005, p. 68) levantaron una sección de la Formación Tilatá, con un espesor de 83 m.

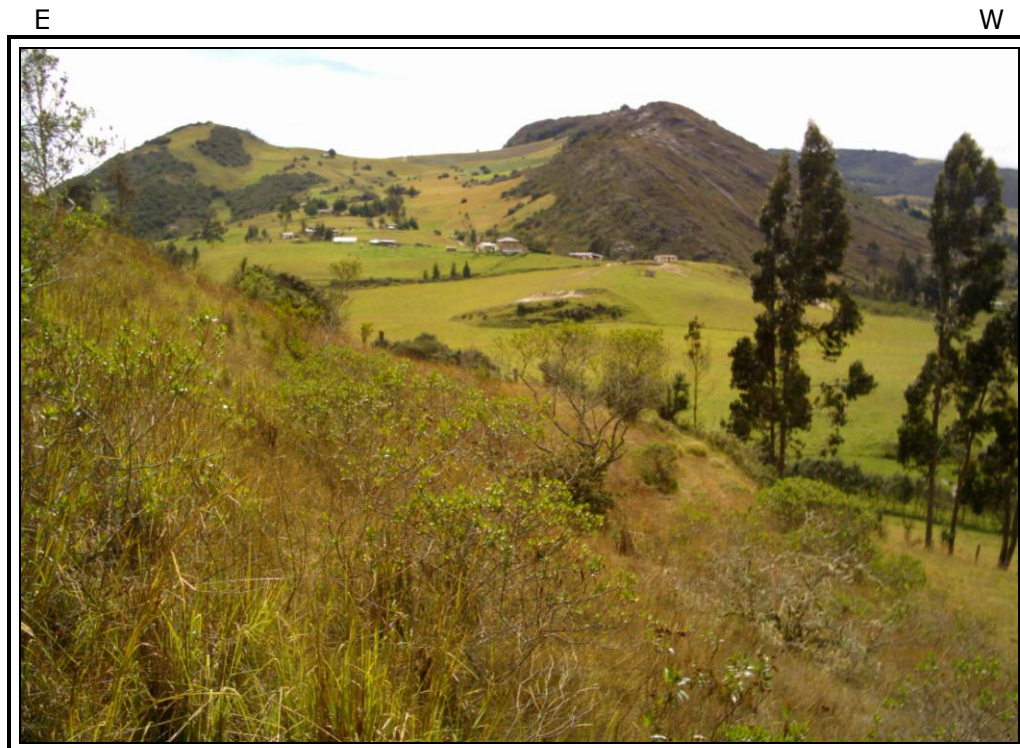
### 3.2.27.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Tilatá se basa en las observaciones de campo, realizadas: 1) En la transecta-1, por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá, e inmediatamente al este de la carretera Chocontá-Villapinzón, donde se observó la unidad cubriendo discordantemente a las formaciones Regadera, Bogotá Cacho, Guaduas, “Arenisca de Labor y Arenisca Tierna” (**Foto P30**), Lidita Superior y Conejo. 2) En la transecta-3, por las carreteras no pavimentadas Paipa-Palermo, Duitama-Corregimiento La Trinidad y Pantano de Vargas-Paipa, donde el Tilatá es discordante sobre las formaciones Cacho, Guaduas, Tierna, Los Pinos, Lidita Superior, Conejo, Une, Gr. Churuvita, y “Andesitas” neógenas.



Descripción:

La Formación Tilatá muestra diversos tipos litológicos que incluyen capas muy gruesas, gruesas y medianas de conglomerados matriz y clastosoportados de gránulos y guijos finos, sub-redondeados a redondeados, de lidita, porcelanita, cuarzo y líticas sedimentarios, en una matriz de arenita lodosa de grano grueso; arenitas lodosas, sublíticas y subfeldespáticas, de color blanco a crema, de grano grueso a conglomerático y medio, friables, con niveles ferruginosos rojizos y laminación inclinada en artesa (**Foto R213**); arenitas lodosas, de grano muy fino a fino, de color gris a violáceo o blanco-amarillento, con restos líticos carbonosos (5-10%), intraclastos de carbón y moscovita (2-3%); paquetes muy gruesos de lodolitas y arcillolitas, grises moteadas de color rojo ladrillo o púrpura.



**Foto P30.** Tomada desde la Estación P30 (transecta-1): relación discordante de la Formación Tilatá -valle en primer plano- sobre la "Formación Arenisca de Labor y Arenisca Tierna" -cerro en segundo plano- (Anticlinal de Suesca, al este-sureste de Cucunubá).



**Foto R213.** Estación R213: Capas gruesas y muy gruesas, de arenitas lodosas, conglomeráticas a la base y de grano medio hacia el tope, de color blanco a crema, friables, con laminación inclinada y en artesa, de la Formación Tilatá (a unos 700 m al este de Paipa).

#### Génesis:

Montoya y Reyes (2003, p. 111), mencionan: "Las gravas y arenas de la Formación Tilatá se depositaron en un ambiente de abanico aluvial. En la sección levantada al occidente de Chocontá los depósitos son de la cabecera del abanico o sector proximal y los depósitos que se encuentran dentro del valle de Chocontá – Villapinzón son de granulometría más fina y corresponden a un sector distal del abanico. De acuerdo con Helmens & Van der Hammen (1995) por el contenido palinológico la Formación Tilatá que aflora en el sector de Chocontá se depositó a una altura entre 1000 y 2200 m.s.n.m."

Montoya y Reyes (2005, p. 68), señalan: "El origen de estos depósitos está asociado con la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguas muy disectados y localmente tectonizados (Carvajal *et al.*, 2005)."

#### Otros aspectos:

Montoya y Reyes (2005, p. 68), en su Geología de la Sabana de Bogotá anotan: "Morfológicamente la Formación Tilatá muestra terrazas alomadas de varios kilómetros de extensión en forma de abanicos explayados con pendientes suaves

e inclinadas; como las observadas en la vía principal Bogotá – Tunja y que corresponden a arenas de grano fino o forma colinas redondeadas a veces alargadas, las cuales están conformadas por gravas y arenas.”.

#### 3.2.27.8 Límites y contactos

Montoya y Reyes (2003, p. 111), anotan: “Las relaciones de campo observadas en la zona de estudio definen un contacto discordante sobre rocas paleógenas; en el lado oriental, en la carretera hacia Machetá, se observa un depósito de bloques que se considera la base de Tilatá y descansa sobre rocas de la Formación Regadera y en la carretera Chocontá - Hacienda Venecia, se observa sobre arcillolitas blanco azulosas y areniscas de la Formación Bogotá. Al lado occidental la relación de los depósitos caóticos no es tan clara y estos pueden confundirse con depósitos de vertientes sobre la Formación Guaduas.”.

Kammer (2003, p. 72), también señala: “... la discordancia angular en la base de la Formación Tilatá, a la cual nos referimos como “discordancia basal” y por debajo de la cual afloran como unidades superiores los sedimentos clásticos de la Formación Regadera y de una unidad suprayacente, que ocupa una posición equivalente a la Formación Usme y para la cual introducimos el término de Formación Suralá. Dicha discordancia basal no se observa en afloramiento, pero se infiere a partir de la actitud de las unidades infra y suprayacentes y del truncamiento de las unidades terciarias pre-Tilatá.”.

#### 3.2.27.9 Reseña histórica

Es Scheibe (1918, p. 80-81 en Ministerio de Industrias, 1934) el primer autor que utiliza el término “piso de Tilatá” para referirse a “un conjunto de areniscas que representan un piso geológico especial, separado de los pisos de Guadalupe y Guaduas por superposición discordante, más moderno que éstos y muy probablemente de edad terciaria”, y que afloran en la hacienda Tilatá en la represa del Sisga.

En la tabla que acompaña el trabajo de Kehrler (1933) Hubach sitúa el “Piso de Tilatá” en el Terciario Superior, entre el “Piso de Bogotá” y el “Piso de la Sabana”.

Hubach (1958, p. 96), en su “Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores” eleva al rango de “Formación de Tilatá” esta unidad y la estudia en lo que llamó cuenca de Chocontá.

Julivert (1961, Fig. 1), en sus “Observaciones sobre el cuaternario de la Sabana de Bogotá” llama Formación Tilatá a una terraza alta con sedimentos lacustres, ubicada tanto en el área de Chocontá como en la zona S de la Sabana.



### 3.2.27.10 Subdivisión

Van der Hammen & Hooghiemstra (1995, p. 59) subdividieron la Formación Tilotá en cuatro miembros, en orden descendente de edad: Miembros Tequendama, Tibagota, Guasca y Gualí.

### 3.2.27.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Van der Hammen y Parada (1958, p. 9) anotan: "La formación de Tilotá se encuentra en las regiones marginales de la Sabana de Bogotá y en los valles algo más altos de los afluentes del río Bogotá. Se encuentra en general aflorando en niveles más altos que la propia planicie de la Sabana."

Montoya y Reyes (2005, p. 68), acerca de la unidad señalan: "... se designa Formación Tilotá a los sedimentos aflorantes en el sinclinal de Sisga que recubren discordantemente a las unidades cretáceas (formaciones Plaeners, Labor-Tierna) y paleógenas (formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá y Regadera) y en el sinclinal de Subachoque donde recubre rocas de la Formación Bogotá."

En el área de estudio como se mencionó arriba, se observaron afloramientos de la Formación Tilotá en la transecta-1, por la carretera no pavimentada Cucunubá-El Rhur-Chocontá y al este de la carretera Chocontá-Villapinzón (Cundinamarca); y en la transecta-3, al norte y sur de la carretera Paipa-Duitama (Boyacá).

#### Variación lateral:

La Formación Tilotá está compuesta por diversos tipos litológicos, que van desde conglomerados hasta lodolitas y arcillolitas. Los primeros en términos generales predominan en el área de Cundinamarca, donde son explotados para materiales de construcción. Al respecto, Montoya y Reyes (2003, p 137) dicen: "Los depósitos fluvio-glaciares y la Formación Tilotá contienen los mayores volúmenes de las gravas en la plancha 209." Y siguen: "Para la Formación Tilotá, se determinó al occidente de Chocontá un espesor de 80 m de los cuales las gravas ocupan un 60 %."

#### Correlación:

Ulloa y Rodríguez (1981, fig. 7, p.21) correlaciona litoestratigráficamente la Formación Corneta descrita en su trabajo del cuadrángulo K-13 Tauramena, con la formaciones Tilotá, Necesidad y Grupo Medina.



### 3.2.27.12 Localidad tipo y estratotipo

Julivert (1961, p. 27), anota: "La localidad donde fue descrita la formación Tilatá se encuentra al norte de la región estudiada en este trabajo, en la vereda Tilatá, al suroeste de Chocontá, más tarde el Tilatá se citó también en los alrededores de la laguna de Suesca y de Chocontá, es decir en las regiones al norte de la Sabana de Bogotá (E. A. Scheibe, 1938);".

Julivert en (Porta *et al.* 1974, p. 539-540), menciona: "*Localidad, sección tipo y secciones de referencia.* – Ya se ha indicado que la localidad tipo se encuentra en la Hacienda de Tilatá, en la región de Chocontá, no obstante en esta región no existe un buen corte del Tilatá.". Y más adelante agrega: "Tan sólo en un punto puede observarse un corte muy completo, se trata de La Laguna del Salto (del Tequendama), al oeste de Bogotá. Se trata de una pequeña laguna de origen tectónico, como todas las lagunas importantes de la Región de Sabanas, y en posición más occidental que el resto de ellas, por este motivo la erosión de los ríos que de la Cordillera Oriental van a desembocar al Magdalena (concretamente del Río Bogotá) ha podido disecarla en su totalidad (JULIVERT 1961a, pp. 15-20).".

### 3.2.28 Depósitos cuaternarios

#### 3.2.28.1 Litología

Los depósitos cuaternarios incluyen depósitos glaciares, terrazas (Ej. Estación M74), depósitos lacustres, abanicos aluviales, depósitos coluviales (Ej. Estaciones O09, O10, P170, V74 y FES61) y depósitos aluviales (Ej. Estaciones O08 y FES32).

#### Descripción:

Montoya y Reyes (2003, p. 114) mencionan que los depósitos glaciares presentan varias geoformas: superficie aplanada, valles en U y morrenas laterales. La litología observada en los depósitos con geoformas aplanadas son de gravas y arenas de grano fino, no consolidadas, las gravas son granosoportadas con tamaños guijos de 4 cm y en menor proporción de 6 cm, envueltos en una matriz arenosa, formando bancos hasta de 2 m.

Las terrazas están conformadas por sedimentos conglomeráticos de cantos subredondeados de limolitas y chert, en una matriz areno-arcillosa, y sedimentos arenosos.

Los depósitos lacustres según Montoya y Reyes (2003, p. 115) se caracterizan por formar superficies planas bajas, en ocasiones sin disección, los cuales se





formaron en antiguos lagos. Se trata de arenas y arcillas y localmente lentes de gravas.

Los depósitos de abanicos aluviales son depósitos relativamente empinados y coniformes, generados por el transporte y acumulación de sedimentos gruesos a lo largo de ejes de zonas encausadas y por la subsiguiente descarga en zonas no confinadas.

Los coluviones son depósitos en general clastosoportados de bloques, guijarros y guijos angulares de areniscas, arcillolitas y fragmentos líticos, sin selección, con matriz arenosa.

Depósitos aluviales están constituidos por material no consolidado, principalmente arenoso y limoso, pero con contenido importante de bloques, guijarros y guijos, subangulares y angulares, principalmente de areniscas y lodolitas.

### **3.3 REGISTRO LITOESTRATIGRÁFICO EN LA ZONA ORIENTAL DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SUESCA Y SOGAMOSO**

#### **3.3.1 Grupo Quetame (Cámbrico en parte a Silúrico en parte)**

##### 3.3.1.1 Referencia original

De acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 473) la referencia original del término "Quetameschichten" es de Hettner (1892).

##### 3.3.1.2 Proponente del nombre

Según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 473) el autor del nombre "Quetame" es Hettner (1892), sin embargo coincide con Ulloa y Rodríguez (1979, p.14) que el nombre "Grupo Quetame" fue dado por Campbell y Bürgl (1965). Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 59) citan a Hettner (1892) como autor del Grupo Quetame.

##### 3.3.1.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad se deriva de la región de Quetame (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 473). Esta región está localizada en el flanco oriental de la Cordillera Oriental y hace parte del Macizo de Quetame.

##### 3.3.1.4 Área tipo

De acuerdo a Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 59) la localidad tipo del Grupo Quetame se encuentra en la carretera Bogotá-Villavicencio, como se mencionó previamente en el margen E de la Cordillera Oriental.

### 3.3.1.5 Cronoestratigrafía

Respecto a la posición estratigráfica de esta unidad, Hettner (1892, p. 17) denominó "Quetameschichten" a las rocas que yacen por debajo del Cretáceo en la región de Quetame (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 473). Hubach (1958, p. 106) afirma que "El Cáqueza se recuesta en discordancia sobre la serie de Quetame, complejo metamórfico cuya edad no se ha podido definir todavía". Bürgl (1961, p. 179) asegura "que son más antiguas que el Devoniano Medio que reposa discordantemente sobre ellas" y añade que "Lo más probable es, como fue supuesto por Trumpy (1943, p.290), que la formación Quetame representa, por lo menos en su mayor parte, la facies metamórfica de la Serie de Güéjar de la Macarena y del Macizo de Garzón, la cual contiene fósiles del Tremadoquiano hasta Arenigiano". Según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 474), "Bürgl (1961 a, p. 141)" asignó esta unidad al precámbrico. Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 59) asignan el Grupo Quetame al Cámbrico-Silúrico (?).

Un estudio más reciente hecho por Grösser and Prössl (1991), reporta en la página 237: "..., the identified spores indicate a Ludlovian age (...). Although most of the spores start in the upper Llandoveryan and extend into the Upper Silurian or even the Devonian, the appearance of *Synorisporites libycus* and *Retusotriletes minor* limits the age of the sample to Ludlovian or possibly earliest Pridolian (Richardson and Ioannides, 1973; Richardson and McGregor, 1986).".

El Grupo Quetame se asigna al intervalo **Cámbrico en parte, Ordovícico y Silúrico en parte.**

### 3.3.1.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La sucesión que Hettner (1892, p. 17) denominó "Quetameschichten" consta de "arcillas esquistosas semicristalinas con coloraciones azules y verdosas, cuarcitas y conglomerados cuarcíticos" (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 473). Hubach (1958, p. 106) al referirse a la "Serie de Quetame" dice: "Al este de las filitas claras en que se halla la población de Quetame, se encuentra un horizonte de areniscas cuarcíticas que incluye un banco de caliza fétida, al cual siguen al este esquistos filíticos que quedan al contacto con la arenisca de Monterredondo, cuarcíticas, de grano medio hasta grueso, y que está subdividida por esquistos grafiticos que parecen ser menos metamórficos que las filitas. A estas areniscas siguen esquistos cloríticos que representan la transformación de varias especies de filitas".

En este estudio se cartografió el Grupo Quetame usando como base la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque (Ulloa y Rodríguez, 1979).

### Espesor

De acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 474), la sucesión descrita por Hubach (1957a, lám. 2) en la Carretera de Quetame a Villavicencio “empieza en la parte superior por filitas con un espesor de unos 500 m, por debajo se encuentra una arenisca cuarcítica clara con intercalaciones de esquistos grafiticos (Arenisca de Monterredondo), con un espesor también de unos 500 m, y por debajo de estas areniscas, filitas y cloritoesquistos con alguna intercalación cuarcítica, el espesor visible es de unos cientos de metros”. Julivert (*op. cit.*, p. 474), además aclara que “Hay que tener en cuenta no obstante que esta sucesión es la única conocida, sin que se sepa si representa buena parte del Quetame o sólo una pequeña parte del mismo, ni tampoco como hace notar Hubach (1957a, p. 106) la constancia de esta sucesión” y añade que “Trumpy (1943, p. 1290) hace una descripción semejante en cuanto a la litología (filitas, esquistos cloríticos y sericíticos, areniscas cuarcíticas y conglomerados), pero indica que la tectonización no permite dar una sucesión estratigráfica. No obstante cita también la existencia de unos 800 m de cuarcitas con esquistos grafiticos intercalados, que corresponden a la Arenisca de Monterredondo de Hubach”. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) citan un espesor de 755 m medidos en la carretera Las Juntas-Santa María de Batá (200 m del conjunto inferior A y 555 m del conjunto superior B). De otro lado, Cortés y de la Espriella (1984, p. 84) en la Figura 2: “Columna estratigráfica regional del área Quetame-Villavicencio según GCA e Integral, 1982”, hacen referencia a aproximadamente 6.500 m de espesor total para el Grupo Quetame (4.000 m de la Formación Guayabetal y 2.500 m de la Formación Puente La Balsa).

#### 3.3.1.7 Litología

Se presenta aquí una descripción litológica del Grupo Farallones basada en observaciones de campo. En el área de estudio, esta unidad aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, sobre la vía pavimentada que de la presa La Esmeralda conduce al municipio de Santa María de Batá, a lo largo del Río Garagoa (anteriormente llamado Río Batá) (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno).

#### Descripción:

La existencia de túneles a lo largo de esta vía, impide hacer un reconocimiento continuo de la sucesión del Grupo Quetame. En este sector las litologías observadas donde la infraestructura de la carretera lo permitía de base a tope son:



-Limolitas de color crema, gris-violeta o gris-verdoso, macizas, cementadas, localmente muestran foliación incipiente y están muy fracturadas.

-Cuarzitas de color blanco-verdoso, masivas, muy duras, fracturadas. Localmente ocurren limolitas pizarrosas de color negro.

-Hacia el tope de la sucesión, la roca es de color verde claro y muestra evidencias de metamorfismo cataclástico (neomineralización, foliación, textura "augen" con porfiroclastos de Qz de hasta 2 cm de tamaño).

#### Génesis:

Las características litológicas de la sucesión del Grupo Quetame indican que fue depositada en un ambiente marino de aguas someras (Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 14).

#### Otros aspectos:

La expresión morfológica de esta unidad es de escarpes fuertes, fácilmente identificable, la cual contrasta con la geomorfología suave que muestran las unidades cretácicas.

#### 3.3.1.8 Límites y contactos

Bürgl (1961, p. 179) al referirse a las capas que representan el Cambro-Ordoviciano (?) en el cañón del Río Batá (Río Garagoa), cita que yacen en contacto discordante bajo el Devoniano Medio. De acuerdo a las observaciones realizadas en este estudio, el límite inferior de la sucesión aflorante que ha sido previamente interpretada de edad Cambro-Ordoviciano, es la Falla La Esmeralda, la cual pone esta sucesión en contacto con rocas del Cretácico inferior (Formación Lutitas de Macanal); su límite superior está definido donde rocas con metamorfismo cataclástico, de color verde claro, foliación y textura "augen" con porfiroclastos de Qz de hasta 2 cm de tamaño, están en contacto discordante con limolitas negras, macizas, duras, con abundante calcopirita, pertenecientes al Grupo Farallones.

#### 3.3.1.9 Reseña histórica

Según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 473) el autor de esta unidad es Hettner (1892, p.17), quien "denominó "Quetameschichten" a las rocas algo metamórficas que se sitúan por debajo del Cretáceo en la región de Quetame"; este autor cita otras formas en que este término fue posteriormente traducido y empleado: "Piso de Quetame (Lleras Codazzi, 1926, p. 13); Serie de Quetame (Kehrer, 1933; Hubach, 1957a, p. 106; Bürgl, 1961a, p. 141); Estratos de

Quetame (E.A. Scheibe, 1938, p. 9); Quetame Series (Trumpy, 1943, p. 1290); Complejo de Quetame (Hubach, 1957a, lám. 2); Formación Quetame (Bürgl, 1960b, p. 179); Esquistos de Quetame (Segovia & Renzoni, 1965); Quetame Group (Campbell & Bürgl 1965)".

#### 3.3.1.10 Subdivisión

En su estudio sobre la geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) diferencian dos conjuntos dentro de la sucesión del Grupo Quetame aflorante en la carretera Las Juntas-Santa María de Batá: un conjunto inferior A, de 200 m de espesor, constituido por arenitas de grano fino y cuarcitas de color verde con intercalaciones de filitas verdes y moradas, y un conjunto superior B, de 555 m de espesor, compuesto por filitas de color gris verdoso y cuarcitas algo conglomeráticas de color gris claro.

En la Figura 2 (Columna estratigráfica regional del área Quetame-Villavicencio según GCA e Integral, 1982) del trabajo de Cortés y De la Espriella (1984, p. 84), el Grupo Quetame aparece constituido de base a tope por las formaciones Guayabetal (4.000 m de espesor aprox.) y Puente La Balsa (2.500 m aprox.) respectivamente.

#### 3.3.1.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Esta unidad aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, haciendo parte del Macizo de Quetame. Ha sido cartografiada en los cuadrángulos K-12 Guateque, L-12 Medina (como "Esquistos de Quetame") y L-11, y en el área de estudio en la plancha 229, transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno) en cercanías de la presa La Esmeralda sobre la vía que conduce al municipio de Santa María, al este de la Falla La Esmeralda.

##### Variación lateral:

Es importante considerar, como anota Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 474) qué porcentaje del Grupo Quetame aflora en las sucesiones estudiadas, si representan buena parte o sólo una pequeña parte de la unidad, además de la constancia de la sucesión según Hubach (1957a, p. 106), o como indica Trumpy (1943, p. 1290) la imposibilidad de reconocer una sucesión estratigráfica debido a la tectonización. Teniendo en cuenta lo anterior, podría explicarse la amplia variación en los espesores citados por los autores que han estudiado esta unidad, por ejemplo, 755 m (Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 14), 800 m (Trumpy, 1943, p. 1290, en Julivert *et al.*, 1968, p. 474), más de 1.000 m (Hubach, 1957a, lám. 2,





en Julivert *et al.*, 1968, p. 474) y 6.500 m (Cortés y de la Espriella, 1984, p. 84, Fig. 2).

#### Correlación:

Bürgl (1961, p. 179) comparte la suposición de Trumpy (1943, p.290) de que “la formación Quetame representa, por lo menos en su mayor parte, la facies metamórfica de la Serie de Güéjar de la Macarena y del Macizo de Garzón”. Sin embargo Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 474) considera que las relaciones del Quetame con el Grupo de Güejar y con el conjunto fuertemente metamórfico del Macizo de Garzón se desconocen.

#### 3.3.1.12 Localidad tipo y estratotipo

“Hettner (1892, p.17) denominó “Quetameschichten” a las rocas algo metamórficas que se sitúan por debajo del Cretáceo en la región de Quetame”, este autor “describe estas rocas como arcillas esquistosas semicristalinas con coloraciones azules y verdosas, cuarcitas y conglomerados cuarcíticos” (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 473).

### **3.3.2 Grupo Farallones (Devoniano a Carbonífero)**

#### 3.3.2.1 Referencia original

De acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 290) la referencia original del Grupo Farallones es de Segovia y Renzoni (1965), en la Geología del Cuadrángulo L-12 - Medina.

#### 3.3.2.2 Proponente del nombre

Según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 290), los autores de esta unidad son Segovia y Renzoni (1965); de acuerdo a Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) y a Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 58) el proponente del nombre es Segovia (1963).

#### 3.3.2.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad se deriva de las cuchillas de los Farallones de Medina (en Etayo-Serna *et al.*, 1986, p. 58), ubicadas en el borde E de la Cordillera Oriental, haciendo parte del Macizo de Quetame.

#### 3.3.2.4 Área tipo

El Grupo Farallones fue redefinido por Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14), en la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, quienes establecen como localidad tipo

el Cañón del Río Batá (actual Río Garagoa), con base en la correlación que realizaron entre las secciones estratigráficas en las cuales se basó Segovia (1963) para estudiar esta unidad (Alto de Bojará y camino Miralindo Viejo-Caño de La Mina) y la sección del Río Batá.

### 3.3.2.5 Cronoestratigrafía

Esta unidad descansa discordantemente sobre el Grupo Quetame o sobre la Granodiorita de La Mina (Julivert, en Julivert *et al.*, 1968, p. 290) y subyace inconformemente a la Formación Batá (Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 16).

De acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 291), la fauna encontrada en los sedimentos oscuros del Grupo Farallones (Porta, in Segovia & Renzoni) indica una edad devónica, mientras "la parte alta de la sucesión sería de edad carbonífera". Con base en fauna colectada en el área de los ríos Batá (Garagoa) y Guavio y clasificada por Forero (1970), Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16) confirman la edad Devónico medio-Carboniano dada por Segovia (1933). Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 58) citan una edad Devónico inferior-Pérmico superior asignada por Braun (1979). Esta unidad se asigna representaría el intervalo **Devoniano a Carbonífero**.

### 3.3.2.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La sucesión propuesta por Segovia y Renzoni (1965) para el Grupo Farallones está descrita por Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 290) como un conjunto que "empieza por un conglomerado basal de 60 m de espesor al que se superponen 740 m de sedimentos formados por arcillas, calizas y limitas de tonos oscuros en la parte baja y areniscas y arcillas de tonos rojos, junto con conglomerados, en la parte alta".

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14), quienes redefinen el grupo y establecen como localidad tipo la sección del Río Batá (Río Garagoa), la describen como una sucesión constituida "por 110 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a conglomeráticas con guijos de cuarzo hasta de 1 cm; 180 m (conjunto B) de limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; 850 m (conjunto C) de cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; su techo lo constituyen 1.090 m (conjunto D) de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza".

En este estudio se cartografió el Grupo Farallones usando como base la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque (Ulloa y Rodríguez, 1979).



### Espesor

De acuerdo a la descripción hecha por Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 290) de la sección propuesta por Segovia y Renzoni (1965), el espesor total del Grupo Farallones es de 800 m. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) se refieren a las columnas levantadas por Segovia (1963) en el Caño de La Mina (Alto de Bojará), y el camino entre Miralindo Viejo y el Caño de La Mina, la cuales tienen características litológicas diferentes y un espesor de 800 m cada una. La sección del cañón del Río Batá propuesta por estos autores como localidad tipo de este grupo tiene un espesor total de 2.200 m y no está afectada tectónicamente. En la descripción de la sucesión de acuerdo a Braun (1979), citada por Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 58), el espesor del grupo varía de 1.590 m a 2260 m. Para Bürgl (1961, p. 180) el límite Devoniano-Carboniano está fallado, razón por la cual en esta región, solamente los 260 m basales del Devónico están presentes, mientras el espesor expuesto del Carboniano "es de 1.900 m, y el espesor total tiene que ser en esta región por lo menos de 2.000 m".

### 3.3.2.7 Litología

La descripción litológica aquí presentada del Grupo Farallones se basa en observaciones realizadas en campo. En el área de estudio, esta unidad aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, sobre la vía pavimentada que de la presa La Esmeralda conduce al municipio de Santa María de Batá, a lo largo del Río Garagoa (anteriormente llamado Río Batá) (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno).

### Descripción:

Al igual que ocurre con el Grupo Quetame, los túneles construidos a lo largo de esta vía, impiden hacer un reconocimiento continuo de la sucesión del Grupo Farallones. En este sector las litologías observadas donde la infraestructura de la carretera lo permitía de base a tope son (**Foto V46**):

-Limolitas color gris oscuro a negro, duras, macizas, compactas, con frecuente ocurrencia de sulfuros (calcopirita). Ocurren en capas delgadas hasta muy gruesas, subtabulares, localmente están cizalladas y fracturadas.

-Limolitas color verde claro, con superficies talcosas y ligera foliación.

-Limolitas color gris oscuro, duras, con pirita y abundantes conchas de braquiópodos.

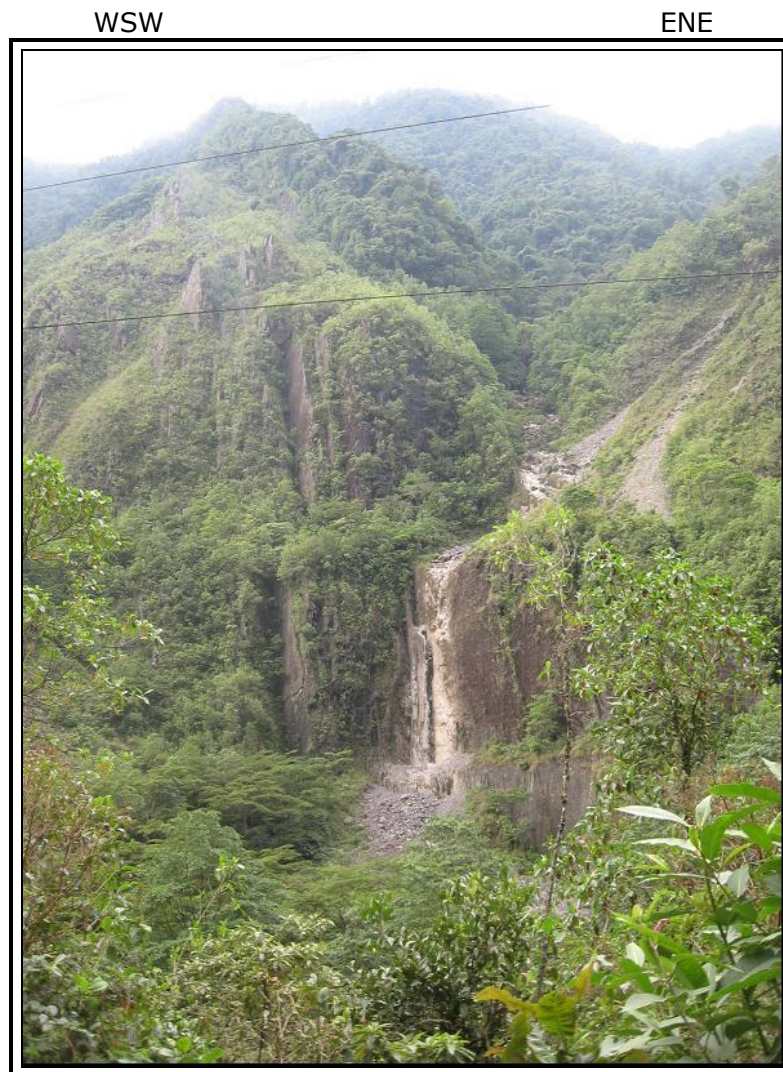
-Lodolitas color gris oscuro, algo físciles, que se disponen en capas delgadas a medianas.

-Limolitas color gris oscuro, duras, compactas.

-Lodolitas color gris verdoso, en capas gruesas a muy gruesas, subtabulares, que muestran laminación ligeramente ondulosa, continua (láminas de arenita fina).

-Arenitas de grano muy fino, de color gris, muy cementadas, con muscovita.

- Limolitas color verde claro, macizas, dispuestas en capas muy gruesas.
- Arenitas de grano muy fino, de color gris, cementadas, que cerca a las zonas de cizalla se tornan verdosas por neomineralización.
- Arenitas de grano muy fino, color violeta, con cuarzo, líticos, feldespato y minerales de hierro oxidados, ligeramente metamorfoseadas.
- Argilitas, color violeta y verdoso, en capas gruesas, tabulares a subtabulares.
- Limolitas calcáreas, de color gris verdoso, metamorfoseadas, que ocurren en capas medianas a gruesas.
- Cuarцитas verdosas que contienen cuarzo muy redondeado flotante y argilitas verdosas.



**Foto V46.** Estación V46: Capas verticales del Grupo Farallones en el Río Garagoa, vía Presa La Esmeralda-Santa María de Batá.



### Génesis:

La sucesión del Grupo Farallones fue depositada en condiciones de ambiente marino de aguas poco profundas, con circulación restringida a abierta (Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 16).

### Otros aspectos:

Las características litológicas hacen de ésta una unidad con una expresión morfológica de escarpes fuertes, una guía cartográfica, fácilmente identificable que contrasta con la geomorfología de las unidades cretácicas.

#### 3.3.2.8 Límites y contactos

De acuerdo a Bürgl (1961, p. 180) el contacto del Devónico con el Cambro-Ordoviciano (?) "está expuesto 750 m al sureste de la quebrada Las Esmeraldas y 300 m al noroeste de la quebrada Las Moyas, y en ambos sitios es claramente discordante. El límite superior del Devoniano no está expuesto, y los buzamientos en la parte más alta del Devoniano y en la parte más baja del Carboniano indican, además, que este límite está formado por una falla. El Devoniano por esta razón está incompleto en la región; solamente los 260 m basales están presentes". Este autor añade refiriéndose al Carboniano: "el contacto superior está muy bien marcado por el conglomerado transgresivo del Liásico".

Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16) el límite Devoniano-Carboniano en la sección del Río Batá está cubierto por el aluvión de la quebrada Las Moyas. Estos autores comparten la opinión de Stibane (1966) acerca de la continuidad de la sucesión en ambas riveras de la quebrada Las Moyas, descartando por esta razón el límite fallado sugerido por "Bürgl, H (1960b)". Añaden además, que Segovia (1963) "describe en el Alto de Bojará (L-12) una secuencia de cuarcitas y limolitas descansando concordantemente a una serie de 500 m, compuesta de limolitas y lutitas negras, que al ser correlacionadas con las secciones levantadas en el presente trabajo corresponderían al límite Devoniano-Carboniano".

A partir de las observaciones realizadas a lo largo de la carretera que va paralela al Río Garagoa (anteriormente llamado Río Batá) y que conduce de la presa La Esmeralda al municipio de Santa María de Batá, se identificó una sucesión que aflora unos 700 m al oeste de la desembocadura de la quebrada Las Mayas, la cual ha sido interpretada en este estudio como Formación Batá, y estaría reposando directamente en contacto discordante sobre rocas devónicas del Grupo Farallones. Este límite está marcado donde limolitas color verde claro, talcosas, ligeramente foliadas, pasan a arenitas de grano fino hasta medio y arenitas conglomeráticas, muy cementadas, color gris metálico, con cuarzo redondeado flotante y micas, algunas con sulfuros y superficies grafitosas, que ocurren en



capas desde delgadas hasta gruesas subtabulares (**Foto V40**). Estas rocas han sido interpretadas como correspondientes a la Formación Batá, a partir de la comparación con las sucesiones de esta unidad que afloran en cercanías de Santa María de Batá. El límite inferior del Grupo Farallones en esta sección lo constituyen limolitas negras, macizas, duras, con abundante calcopirita, las cuales estarían yaciendo en contacto discordante sobre rocas que han sido reportadas en estudios anteriores como pre-devonianas (Cambro-Ordoviciano) y que en ésta área muestran algún grado de metamorfismo cataclástico, son de color verde claro, tienen textura "augen" con porfiroclastos de Qz de hasta 2 cm de tamaño. La sucesión que ha sido datada previamente por diferentes autores como Carboniano y que corresponde a la parte alta del Grupo Farallones, yace bajo rocas de la Formación Batá, donde cuarcitas conglomeráticas y argilitas verdosas están en contacto discordante con arenitas conglomeráticas rojizas, que contienen Qz redondeado y líticos angulares, y ocurren en capas medianas a gruesas.

#### 3.3.2.9 Reseña histórica

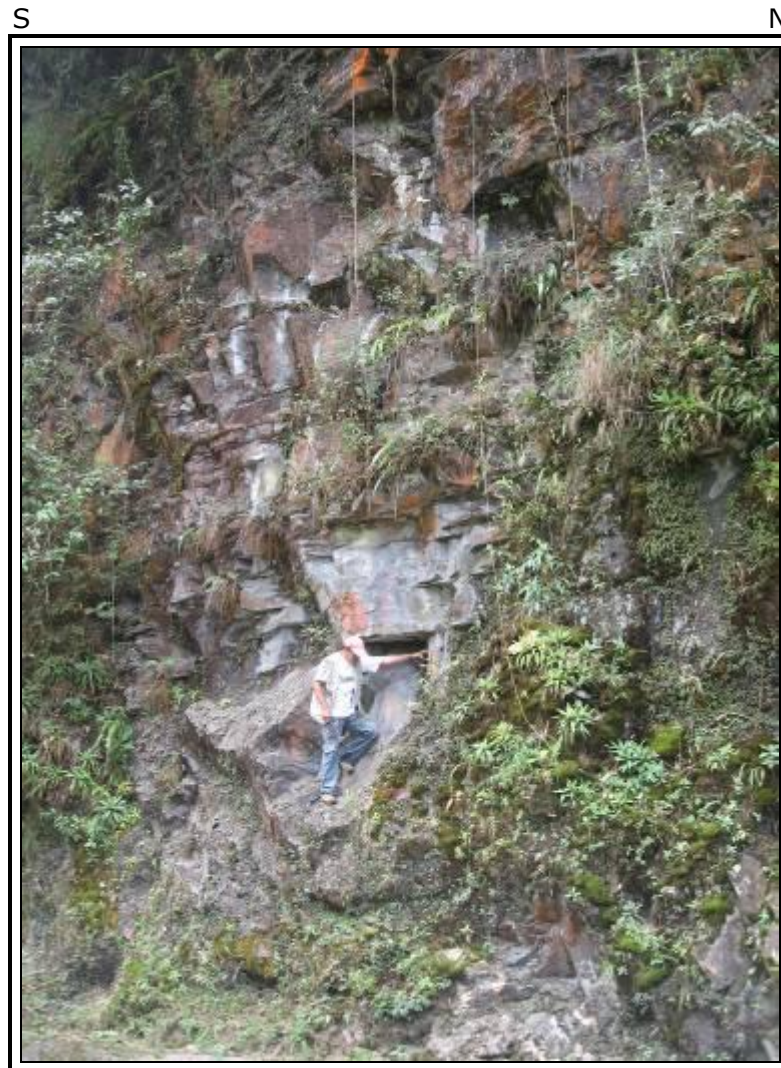
Bürgl (1961) realiza estudios estratigráficos y paleontológicos a lo largo del Río Batá, para datar la sucesión aflorante entre Las Juntas y Santa María de Batá. Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) y a Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 58) el proponente del Grupo Farallones es Segovia (1963); de acuerdo a Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 290), los autores de esta unidad son Segovia y Renzoni (1965). El Grupo Farallones fue redefinido por Ulloa y Rodríguez (1979) en su trabajo sobre la Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque. Braun (1979, de acuerdo a Etayo-Serna *et al.*, 1986, p. 58) realiza estudios estratigráficos y paleontológicos para datar esta unidad.

#### 3.3.2.10 Subdivisión

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) describen el Grupo Farallones en su localidad tipo como una sucesión constituida "por 110 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a conglomeráticas con guijos de cuarzo hasta de 1 cm; 180 m (conjunto B) de limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; 850 m (conjunto C) de cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; su techo lo constituyen 1.090 m (conjunto D) de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza".

De acuerdo a Etayo-Serna *et al.* (1986, p. 58), el Grupo Farallones está "constituido según Braun (1979) por seis niveles de base a techo: 1) conglomerados, areniscas gruesas y finas con intercalaciones de lodolitas fósiles negras fosilíferas (Devónico inferior a superior) con un espesor de 30 a 200 m. 2) conjunto monótono de lutitas negras fosilíferas (Devónico inferior a superior), con un espesor que varía entre 150 y 600 m. 3)a- lutitas verdes y rojas con algunas

intercalaciones de arenisca fina con un espesor de 100 m. b- areniscas líticas y feldespáticas finas y medias, grises y rojas, con algunas intercalaciones de arcillolitas, con un espesor de 290 m. c- conjunto monótono de arcillolitas rojas, con un espesor de 190 m (Carbonífero inferior?). 4) Lodolitas físilas, margas y calizas fosilíferas, con un espesor de 680 m (Pensilvaniano superior-Pérmico)".



**Foto V40.** Estación V40: Capas delgadas hasta gruesas subtabulares, de arenitas de grano fino a medio y arenitas conglomeráticas, color gris metálico de la Formación Batá reposando en contacto discordante sobre limolitas color verde claro, ligeramente foliadas del Grupo Farallones. Vía Presa La Esmeralda-Santa María de Batá.



### 3.3.2.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

El Grupo Farallones aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, haciendo parte del Macizo de Quetame. Ha sido cartografiado en los cuadrángulos K-12 Guateque y L-12 Medina, y en el área de estudio en la plancha 229, transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno) sobre la vía pavimentada que de la presa La Esmeralda conduce al municipio de Santa María de Batá, a lo largo del Río Garagoa (Río Batá).

#### Variación lateral:

De acuerdo a Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) 2 secciones estratigráficas levantadas por Segovia (1963) en el Caño de La Mina (Alto de Bojará) y entre Miralindo Viejo y el Caño de La Mina (camino Gachalá-Medina), tienen un espesor de 800 m cada una y características litológicas diferentes, que fueron interpretadas por su autor como un cambio lateral de facies del Grupo Farallones. Estos autores correlacionan la sección del Caño La Mina con la parte inferior de la sección del Río Batá estudiada por ellos, y la sección de Miralindo Viejo con la parte superior de la misma. Con base en esto, Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) redefinen el Grupo Farallones y establecen el Cañón del Río Batá (Río Garagoa) como su localidad tipo.

#### Correlación:

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 299) cita textualmente que "E.A. Scheibe (1938), con el nombre de "Estratos de Gachalá" comprende todo el Paleozoico por encima del Grupo Quetame, o sea el Carbonífero y también el Devónico, que en aquella época no estaba aún bien definido. Royo y Gómez (1945, p. 199) critica este uso de término e indica que debe restringirse a las capas carboníferas". Este autor añade que el Grupo Farallones debe entonces equivaler en parte a la Formación Gachalá, y que en cierto modo "coincide con el sentido dado por E.A. Scheibe a sus "Estratos de Gachalá".

### 3.3.2.12 Localidad tipo y estratotipo

En el sentido usado del Grupo Farallones en la Geología de los cuadrángulos K-12 Guateque y L-12 Medina, la sección tipo propuesta para esta unidad por Ulloa y Rodríguez (1979, p. 14) en el Cañón del Río Batá (Río Garagoa) está descrita como una sucesión constituida "por 110 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a conglomeráticas con guijos de cuarzo hasta de 1 cm; 180 m (conjunto B) de limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; 850 m (conjunto C) de cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; su techo lo



constituyen 1.090 m (conjunto D) de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza”.

### **3.3.3 Formación Cuche (Devoniano -Emsiano a Famenniano temprano-)**

#### 3.3.3.1 Referencia original

Botero (1946: “Reconocimiento geológico del área comprendida por los municipios de Belén, Cerinza, Corrales, Floresta, Nobsa y Santa Rosa de Viterbo, Departamento de Boyacá”. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia (1950), Tomo VIII. p. 270 - 278. Bogotá).

#### 3.3.3.2 Proponente del nombre

Botero (1946, *op. cit.*, p. 270) denominó la unidad en el mismo sentido y rango con que se ha descrito en trabajos más recientes de otros autores y en este estudio.

#### 3.3.3.3 Derivación del nombre

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 239) escribe: “El nombre de la Formación Cuche procede de la Vereda de Cuche, perteneciente al municipio de Santa Rosa de Viterbo (Departamento de Boyacá)”.

#### 3.3.3.4 Área tipo

El área tipo está localizada en la Vereda de Cuche de Santa Rosa de Viterbo, y se extiende hacia los municipios de Belén y Floresta (Departamento de Boyacá). Botero (1946, p. 271 y 272), describe detalladamente el área tipo así: “Estas rocas ocupan una faja angosta que partiendo al Sur de Belén...”.

#### 3.3.3.5 Cronoestratigrafía

Botero (1946, p. 271) denomina Formación Cuche a las rocas comprendidas entre la parte alta de la Formación Floresta y el conglomerado basal de la Formación Girón. Este autor reporta que el único fósil que se encontró fue un molde de arcilla de un pelecípodo no bien conservado, y que fue identificado con las naturales reservas como cf. *Palaeoneilo sulcatina* (Conrad) que corresponde al Misisipiense inferior.

Walthall y Berry (1961, en: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 1979, p. 71), le asignan una edad Permo-Carbonífera basados en



el contenido faunístico y en la similitud litológica con otras unidades de esta edad de la Cordillera Oriental.

Mojica y Villarroel (1984, p. 74), con base en identificaciones de ostrácodos y de plantas, le asignan a la deposición de los materiales que conforman la Formación Cucho un intervalo de edad entre el Devoniano Medio y el Carboniano Inferior.

Janvier y Villarroel (2000, p. 729 y 733), basados en determinaciones de restos de peces asociados con restos vegetales y lingúlidos, le asignan a la Formación Cucho una edad Devoniana tardía (posiblemente Frasniana). Estos autores reportan la existencia de los siguientes vertebrados: *Cheiracanthoides?* sp., *Antarctilamna?* sp., *Bothriolepis* sp., *Asterolepis?* sp., *Holoptychius* sp. y *Strepsodus?* sp.

Berry *et al.* (2000, p. 257), analizaron restos de plantas encontrados en la Formación Cucho, estos restos fueron identificados como *Colpodexylon* cf. *Deatsii* Banks y cf. *Aschaeopteris* sp., la ocurrencia de estas especies sugieren que la unidad se depositó a comienzos del Devoniano tardío (Frasniano).

Burrow, Janvier y Villarroel (2003, p. 156), reportan el hallazgo de restos de peces (especialmente acanthodianos) en lentes de limolitas micáceas de la Formación Cucho, con base en ellos y en reportes de otros restos de vegetales y de otros vertebrados, esos autores consideran una edad Frasniana tardía a Famenniana temprana para esta unidad.

Moreno-Sánchez (2004, p. 89), con base en la identificación de restos vegetales le asigna una edad de Devoniano (Emsiano a Frasniano).

En el presente estudio no se realizaron determinaciones bioestratigráficas en muestras de esta unidad; sin embargo, de acuerdo los datos bioestratigráficos reportados por otros autores permiten ubicar de manera no precisa a la Formación Cucho en el **Devoniano (Emsiano a Famenniano temprano)**.

### 3.3.3.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Botero (1946, p. 270), identifica la unidad como: "una serie de argilitas de color carmín o rojo violáceo con capas de arcillas pizarrosas de color amarillo crema y ocre, y areniscas de este último color".

Walthall y Berry (1961, en: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 1979, p. 71), menciona que esta unidad en su parte inferior está compuesta por aproximadamente 95 m de shales amarillo-crema con





interposiciones delgadas de shales rojizos-violeta o carmín. Sobre este nivel hay 10 m de limolitas arenosas rojizas-violeta, shales arenosos y arenitas duras. Sobre éstas hay cerca de 100 m de shales silíceos amarillo crema y limolitas que exhiben cenizas volcánicas. El tope de la unidad está dominado por aproximadamente 100 m de limolitas rojizas-violeta con interposiciones menores de arenitas muy finas de color marrón.

Mojica y Villarroel (1984, p. 65), definen un "Conjunto inferior" conformado principalmente por areniscas ferruginosas fino a medio granulares de tonos pardo-rojizos a violáceos, compuestas por cuarzo, micas claras y feldespatos alterados, cementadas por óxidos de hierro; en general son bancos gruesos con estratificación cruzada y forma lenticular. El "Conjunto Superior" presenta areniscas similares a las del conjunto anterior, pero con intercalaciones de lutitas limo arcillosas laminadas, de textura sedosa y color ocre-beige.

Moreno-Sánchez (2004, p. 28), en la Sección de Potrero Rincón, describe en la parte inferior limolitas micáceas rojizas a amarillentas con intercalaciones menores de arenitas lodosas; la parte intermedia es un cuerpo de arenitas cuarcíticas amalgamadas, con estratificación cruzada y lenticular a gran escala; la parte superior corresponde a una serie de interposiciones de arenitas líticas, limolitas rosa-rojizas y en menor cantidad arcillolitas; las partes inferior y media los restos de plantas son raros y no se encuentran bien preservados.

### Espesor

Botero (1946, p. 272), señala que la unidad tiene un espesor entre 300-400 m medidos en la sección del camino Floresta-Cuche; pero este autor agrega que es posible que en otras localidades el espesor sea mayor.

Mojica y Villarroel (1984, p. 65), exponen: "Debido a las difíciles condiciones de afloramiento, la falta de secciones stratigráficas completas y al carácter discordante de las formaciones que la recubren, el espesor original de la Formación Cuche no ha podido ser precisado". Sin embargo, estos autores a partir de cortes geológicos con buen control, estiman que el espesor de la unidad debe estar entre 350 y 400 m.

Moreno-Sánchez (2004, p. 28), reporta un espesor de 800 m en la Quebrada Potrero Rincón, en el flanco oriental del valle de Floresta.



### 3.3.3.7 Litología

#### Descripción:

Las exposiciones de la Formación Cucho descritas durante la fase de campo del presente estudio se localizan hacia la parte central de la Transecta-3, en el sector comprendido entre los municipios de Duitama y Tibasosa (Departamento de Boyacá). En este sector se reconocen: cuarzoarenitas de grano grueso y muy grueso y subarcosas de grano medio a grueso, cementadas, submaduras, con moderada selección, moscovíticas, de color blanco con tonos amarillentos. Interposiciones de capas gruesas y medianas, subtabulares, con laminación inclinada plana de bajo ángulo de arenitas de grano fino y muy fino, lodosas, cementadas, oxidadas, con algunos líticos, de color amarillo rojizo, moscovítica; capas medianas y delgadas, subtabulares de limolitas de color rojo, púrpura y verde claro. Limolitas y lodolitas de color rojo, localmente con moteamiento de color crema, cizalladas, con restos vegetales, laminadas, algunas bioturbadas.

#### Génesis:

Walthall y Berry (1961, en: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 1979, p. 71), concluyen que la presencia de restos de plantas sugieren un ámbito de deposición no-marino para la mayor parte de la formación.

Mojica y Villarroel (1984, p. 74-75), de acuerdo con las características sedimentológicas, faunísticas y florísticas encontradas en las sedimentitas de la unidad, deducen que el depósito corresponde a: "una cuenca de aguas salobres de poca profundidad y baja energía, es decir en un ambiente quizá semejante al de un *lagoon*".

Berry *et al.* (2000, p. 257), indican que la Formación Cucho representa un ambiente transicional regresivo que incluye arenitas mareales a supramareales (miembro inferior) y limolitas de albuferas que contienen fósiles de vertebrados, invertebrados y plantas, que reflejan la transición de condiciones marinas someras a dominios terrestres cercanos a la playa.

Moreno-Sánchez (2004, p. 28), concluye que el desarrollo de las facies de la Formación Cucho representa tres zonas paralelas a la costa de un complejo deltaico influenciado por mareas, así la parte inferior es marina, la parte media es fluvio marina y la parte superior fluvial (plano deltaico).

#### Otros aspectos:

Botero (1946, p. 278), anota: "Esta formación presenta una gran cantidad de agrietamientos que no llevan dirección alguna definida. Unos son agrietamientos

de clivaje (fracture cleavage) otros cruzan la estratificación en forma que sugieren un deslizamiento subacuático (subaqueous gliding)". Este autor también reporta la existencia de pliegues y fallas menores en toda la secuencia estratigráfica de la unidad.

### 3.3.3.8 Límites y contactos

El contacto inferior de la Formación Cuche ha sido reportado como discordante y transicional por varios autores y no es muy fácil de determinar en el terreno; el límite superior es más claro, corresponde a una discordancia angular que ha sido observada en varias localidades.

#### Límite inferior:

Botero (1946, p. 275), indica que la Formación Cuche descansa concordantemente sobre la Formación Floresta en la mayoría de los casos, el contacto se establece "por el número creciente de lentes y capas de argilitas de color rojo-violeta entre las argilitas de color amarillo crema con tintes de color ocre". Sin embargo este autor reporta como una discordancia angular el contacto entre estas dos unidades en el camino Nobsa-Tobasía a unos dos km antes de llegar a esta última población, y en el camino Floresta-Belencito-Sogamoso.

Walthall y Berry (1961, en: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 1979, p. 71), comenta que la relación con la infrayacente Formación Floresta es localmente discordante, algunas veces con una leve angularidad ( $10^{\circ}$ ).

Renzoni (1981, p. 37) señala que la unidad descansa discordantemente sobre la Formación Floresta (Devoniano medio).

Mojica y Villarroel (1984, p. 68), reportan: "El paso de la Formación Floresta a la Formación Cuche es concordante y transicional, en un intervalo que ocupa unos 20 m de la columna." Más adelante mencionan que el contacto está dado por el cambio de color de los sedimentos, que pasan de amarillo beige a rojo violáceo y pardo rojizo en la Formación Cuche.

Janvier y Villarroel (2000, p. 733), mencionan que la Formación Cuche descansa concordantemente sobre la Formación Floresta, además señalan que esta transición se marca por el cambio de color de los sedimentos, los cuales pasan de colores amarillentos en la unidad infrayacente a tonos púrpuras y rojizos en la Formación Cuche.

Límite superior:

Botero (1946, p. 283), señala que “la existencia de un conglomerado basal establece, por definición, una discordancia entre el Permo-Carbonífero y la Formación Girón.

Mojica y Villarroel (1984, p. 68), escriben: “la Formación Cuche se encuentra recubierta por las formaciones Girón (Jurásico Superior) y Tibasosa (Cretácico Inferior, Hauteriviano-Aptiano según Cediell, 1976:25).” Más adelante comentan: que en la localidad de “Puerto Arepas” (vía Duitama-Sogamoso), se observan “areniscas rojas, replegadas y falladas de la Formación Cuche se ven recubiertas angularmente por sedimentos abigarrados (areniscas, limolitas y conglomerados) de la parte más baja de la Formación Tibasosa (**Foto M344**).

Janvier y Villarroel (2000, p. 733), indican que la Formación Cuche se encuentra cubierta discordantemente por conglomerados de la Formación Girón del Jurásico; sin embargo, en algunas localidades como en Puerto Arepas esta unidad se halla cubierta discordantemente por areniscas conglomeráticas pertenecientes a la Formación Tibasosa del Cretácico Inferior.



**Foto M344.** Estación M344 (transecta-3): relación discordante entre la Formación Tibasosa y la Formación Cuche. La parte superior muestra conglomerados compactos, mal seleccionado, de gránulos, guijos, guijarros y bloques (miembro basal de la Formación Tibasosa), reposando sobre capas rojas de la Formación Cuche (localidad conocida como Puerto Arepas, sobre la vía Tibasosa-Duitama).



### 3.3.3.9 Reseña histórica

Botero (1946, p. 270) fue el primer autor utilizó el nombre Cucho para designar a las sedimentitas finas de color rojo y rojo violáceo, comprendidas entre la formación Floresta y el Cretáceo inferior, que afloran en el sector comprendido entre los municipios de Belén, Cerinza, Corrales, Floresta, Nobsa y Santa Rosa de Viterbo (Departamento de Boyacá) y que habían sido asignadas por otros autores a la Formación Girón (Dickey 1945 en Botero 1950 p. 270, Olsson y Caster, 1939, en Botero 1950, p. 270).

Renzoni (1981), en la Memoria de la Plancha J 12-Tunja, acepta la definición y rango de la unidad establecido por Botero (1946); Mojica y Villarroel (1984) con base en observaciones de campo y apoyadas en determinaciones paleontológicas, analizan la secuencia sedimentaria del Paleozoico en el área de Floresta (Departamento de Boyacá), especialmente la Formación Cucho; finalmente Moreno-Sánchez (2006, tesis doctoral no publicada), estudia en detalle el contenido florístico encontrado en la Formación Cucho, determinando especies, edad e implicaciones paleoambientales para el Devoniano en Colombia.

### 3.3.3.10 Subdivisión

Mojica y Villarroel (1984, p. 65), dividen la unidad en un Conjunto Inferior de 150 m de espesor, en el que predominan las arenitas y un Conjunto Superior de interposiciones de lutitas y arenitas con 250 m de espesor.

Moreno-Sánchez (2004, p. 28), para facilitar la descripción de la unidad en la Sección de la Quebrada Potrero Rincón, la divide informalmente en tres partes, la parte inferior de 190 m de espesor constituida por intercalaciones de arenitas y limolitas micáceas, la parte intermedia de 140 m de espesor que corresponde a un cuerpo de arenitas cuarcíticas amalgamadas y la parte superior de 430 m de espesor que consiste en interposiciones de arenitas líticas, limolitas rojizas y arcillolitas.

### 3.3.3.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Mojica y Villarroel (1984, p. 65), escriben que los afloramientos de la unidad se restringen al ámbito del Macizo de Floresta.

Las exposiciones de la Formación Cucho descritas durante la fase de campo del presente estudio se localizan hacia la parte central de la Transecta-3 (Plancha 171-Duitama), las mejores exposiciones se encuentran sobre la carretera que comunica a los municipios de Duitama y Tibasosa (Departamento de Boyacá), en





el sitio Puerto Arepas a unos 2,5 km al sureste de la población de Duitama, y desde este sitio hay varios afloramientos en dirección S-SE hasta unos 3 km.

#### Variación lateral:

En el área de estudio, la Formación Cucho mantiene constantes sus características litológicas; los cambios de espesor se deben posiblemente al carácter discordante del límite superior de la unidad.

#### Correlación:

Botero (1946, p. 277), la correlaciona con el Piso de Soapaga de Hubach, quien le atribuye una edad Pérmica.

Mojica y Villarreal (1984, p. 75), concluyen: "la Formación Cucho representa una facies prácticamente sin paralelo en Colombia y aún en Suramérica. No obstante, por su posición estratigráfica y características litológicas, podría ser comparada con un conjunto rojo, limo-arenoso que, en la región al oeste y al norte de Bucaramanga, aparece por debajo del Carbonífero fosilífero. Se trata del Conjunto Basal de Navas (1962:27), o *Basal Series*" de Rabe (1977:39), infrayacente a calizas fosilíferas (Formación Diamante) del Pensilvaniano. Así, la Formación Cucho constituye un evento sedimentario, hasta cierto punto comparable con la facies de *Arenisca Antigua roja* (= *Old Red Sandstone*), de amplia distribución en el hemisferio norte durante el Devoniano".

Berry *et al.* (2000, p. 266), señalan que la flora y la fauna de la Formación Cucho y otros sedimentos del Devoniano Medio y Superior de Colombia y Venezuela, muestran similitudes con sedimentos del este de Norteamérica y del oeste de la Europa alpina.

#### 3.3.3.12 Localidad tipo y estratotipo

Botero (1946, p. 271-272) menciona "a lo largo del camino que de Floresta conduce a la Vereda de Cucho, perteneciente esta última al Municipio de Santa Rosa de Viterbo".

Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 239) resume la litología descrita por Botero (1946, p. 272-275) de base a techo:

- Arcillitas de color rojo violeta o carmín con bandas de color amarillento-crema.
- Arcillas de color amarillo, crema y gris.
- Arcillitas de color rojo violeta con parches de color amarillo ocre.



- Arcillitas de color amarillo crema con intercalaciones de areniscas duras de color rojo violeta con parches de areniscas amarillentas y ocre.
- Arcillitas arenosas y areniscas duras de color rojo violeta, 10 m.

Arcillas pizarrosas de color amarillo crema con intercalaciones de capas arcillosas delgadas de color rojo o carmín”.

### **3.3.4 Formación Tibasosa (Berriasiano superior? a Aptiano superior)**

#### 3.3.4.1 Referencia original

Renzoni (1981: “Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja”, escrito en 1967), hace referencia a la Formación Tibasosa en su página 41, diciendo: “Esta nueva formación se observa a la entrada al pueblo de Tibasosa y subiendo desde... (5-d).”

#### 3.3.4.2 Proponente del nombre

El nombre y el rango de esta unidad litoestratigráfica fueron propuestos por Renzoni (1981, p. 41).

#### 3.3.4.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad deriva del pueblo de Tibasosa (Renzoni, 1981, p. 41). Este municipio pertenece al Departamento de Boyacá.

#### 3.3.4.4 Área tipo

Renzoni (1981, p.41) inicia la descripción de la Formación Tibasosa así: “Esta nueva formación se observa a la entrada al pueblo de Tibasosa y subiendo desde el cementerio por la Quebrada Guadube (4-d), y en los alrededores de Toledo por las quebradas Naranjos y Capellanía (5-d)”. Todos los nombres geográficos están por supuesto dentro del cuadrángulo J-12 Tunja, Boyacá. El municipio de Tibasosa está a 180 Km por vía pavimentada desde Bogotá y limita por el norte con Duitama y Santa Rosa, por el oriente con Nobsa y Sogamoso, por el occidente con Paipa y por el sur con Firavitoba (Cf. <http://tibasosa-boyaca.gov.co/sitio.shtml>).

#### 3.3.4.5 Cronoestratigrafía

Este estudio igual que el elaborado por el autor de la unidad, coincide en que la Formación Tibasosa yace discordante sobre la Formación Cuche (**Foto M344**) y concordantemente por debajo de la Formación Une.



Renzoni (1981, p. 41-42) reporta que se encontraron fósiles en dos niveles ("miembros") calcáreos de la Formación Tibasosa, los cuales les permitieron datarlos como Hauteriviano inferior y Albiano medio al Albiano superior respectivamente.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), sugieren que la Formación Tibasosa en el área de estudio abarca del **Berriasiano superior? al Aptiano superior** (muestras SgFES49P, SgFES50P, SgFES52P, SgFES62P, SgFES83P, SgFES95P, SgFES96P, SgFES97P, SgFES98P y SgFES10bP).

La asignación de la parte cuspidal del miembro superior de la Formación Tibasosa: "Albiano medio al Albiano superior" (Cf. Renzoni, *op. cit.*, p. 42); se asigna en el presente estudio por revisión bioestratigráfica, al Aptiano superior.

#### 3.3.4.6 Descripción geológica

##### Concepto básico y características distintivas

La Formación Tibasosa propuesta para representar la sucesión litológica que aflora a la entrada al pueblo de Tibasosa, consta según Renzoni (1981, p. 41-42) de: "un **Miembro basal (Kit4)** de conglomerado heterogéneo mal calibrado (en la pura base), seguido por conglomerado homogéneo y mejor calibrado, luego por limolitas verdes y moradas y por arenisca a veces conglomerática con estratificación entrecruzada; un **Miembro calcáreo inferior (Kit3)** de shales negros, de caliza más o menos arenosa (20% de capas calcáreas en Tibasosa y 17% en Toledo) y de arenisca (3% de capas de arenisca en Tibasosa y 22% en Toledo);...; un **Miembro arenáceo intermedio (Kimt2)** de shales grises oscuros y areniscas (31% de arenisca en Tibasosa y 76% en Toledo)...; y un **Miembro calcáreo superior (Kmt1)** así compuesto: una parte inferior de shales grises oscuros, de caliza lumaquélica rica en equínidos y ostreas (47% de capas calcáreas en Tibasosa y 46% en Toledo) y de arenisca (11% en Toledo), y una parte superior de shales negros de unos 50 m de espesor....".

##### Espesor

Renzoni (*op. cit.*, p. 42) reporta un espesor total para la Formación Tibasosa de 574 m y que éste disminuye en sentido sur-norte (hacia el Macizo de Floresta) a 355 m.

Alzate y Bueno (1994, p. 9) en la "sección de San Antonio" (1,5 Km al noreste de Duitama, Boyacá) midieron 345 m de la Formación Tibasosa.

### 3.3.4.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Tibasosa se basa en estaciones de campo, realizadas en la transecta-2, por la carretera no pavimentada que desvía hacia el municipio de Rondón desde la carretera Ramiriquí-Zetaquirá; y en la transecta-3, a las afueras de Tibasosa, por la carretera no pavimentada que desvía hacia Tibasosa desde la carretera Firavitoba-Pantano de Vargas y en los alrededores de los municipios de Toledo y San Antonio a los que se llega por la carretera no pavimentada desde Firavitoba.

#### Descripción:

En el área de Rondón, se observaron calizas (wackestones), de color negro, con bivalvos de tamaño milimétrico y centimétrico, con interposiciones de arcillolitas y shales de color gris y gris oscuro, ligeramente calcáreas, con amonitas de tamaño decimétrico (**Foto FES9**) y *Thalassinoides*.

A las afueras de Tibasosa (vía a Duitama) se observó el miembro basal de la Formación Tibasosa, compuesto por capas subtabulares, medianas a gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco a gris claro, con tonos púrpura, de grano grueso a conglomerático, con intercalaciones de capas delgadas a medianas de lodolitas de color verde claro y arenitas algo lodosas, de color verde claro, de grano medio (**Foto M343**).

En el área de Firavitoba-Tibasosa, la Formación Tibasosa muestra: lodolitas de color pardo, gris-pardo, gris claro, y rojo vino-tinto, muscovíticas, laminadas y físciles, a veces con concreciones lodosas ferruginosas, algo micáceas, y dispuestas en paquetes muy gruesos, con algunas intercalaciones de capas delgadas de areniscas lodosas de grano muy fino, de color amarillo, muscovíticas, algunas fosilíferas, con glauconita; shales de color gris oscuro y negro, pardo a ocre de alteración, con interposiciones de capas medianas y gruesas de calizas (wackestones, menor packtones), de color gris oscuro a negro (amarillo de alteración), con algunas venas de calcita y con amonitas y conchas de tamaño centimétrico de bivalvos (**Foto C131**).

En el área de Toledo y San Antonio (transecta-3: Gámbita-Pajarito), se observaron respectivamente: lodolitas, de color gris claro, con bivalvos, amonitas y restos de erizos y ocasionalmente con niveles delgados y lentes calcáreos, con conchas de ostra; y arenitas cuarzosas, blancas, de grano muy fino, friables, oxidadas, algunas con abundantes moldes de bivalvos, con interposiciones gruesas de lodolitas color gris claro, meteorizadas.



**Foto FES9.** Estación FES9 (transecta-2): Amonita del Barremiano en shales grises oscuros de la Formación Tibasosa (vía a Rondón desde la carretera Ramiriquí-Zetaquirá).



**Foto M343.** Estación M343 (transecta-3): Arenitas cuarzosas, de color blanco a gris claro, de grano grueso a conglomerático, con intercalaciones de lodolitas y arenitas de color verde claro, del miembro basal de la Formación Tibasosa (carretera Tibasosa-Duitama).





**Foto C131.** Estación C131 (transecta-3): Calizas (wackestone) de color gris, amarillo por alteración, con conchas de bivalvos, de la Formación Tibasosa (bloque colgante de la Falla de Soapaga).

#### Génesis:

Revisando la descripción litológica original de la Formación Tibasosa (Renzoni, 1981, p. 41-42), los tres miembros superiores tienen características muy similares a la Formación Apón descrita en la Sierra Nevada del Cocuy por Fabre (1985, p. XIX-7). En este sentido, es probable que las facies de lodolitas de la Formación Tibasosa se hubiesen depositado en parte por debajo del nivel base de las olas sobre un fondo agitado ocasionalmente por corrientes y que las facies de carbonatos se hubiesen generado en aguas bien oxigenadas de una plataforma interna (Cf. Fabre, 1985, p. XIX-7).

#### Otros aspectos:

Al observar el mapa geológico de la plancha 191 Tunja de Renzoni *et al.* (1998), se aprecia que la Formación Tibasosa se sitúa estructuralmente en el bloque colgante de la Falla de Soapaga y, en sentido amplio, forma el núcleo de pliegues anticlinales.

#### 3.3.4.8 Límites y contactos

La Formación Tibasosa yace discordante sobre la Formación Cuche (unidad paleozoica) y es suprayacida concordantemente por la Formación Une. En la columna-6 de Renzoni (1981), que corresponde a las sucesiones estratigráficas levantadas en la quebrada Guadube y en los alrededores de Toledo por las



quebradas Los Naranjos y Capellanía, se observa una conspicua discordancia angular entre la Formación Cuche y la Formación Tibasosa.

#### 3.3.4.9 Reseña histórica

El nombre "Formación Tibasosa" fue propuesta por Renzoni (1981, p. 41: publicado en 1967 como "Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja"), para una sucesión de conglomerados limolitas verdes y moradas, arenisca conglomerática, shales negros y grises oscuros, caliza arenosa, caliza lumaquélica rica en equínidos y ostras, y areniscas, situada entre la Formación Cuche (del Paleozoico) sobre la que reposa discordantemente y la Formación Une a la que subyace concordantemente. La sección tipo de esta unidad fue establecida por el autor a la entrada al pueblo de Tibasosa y por la Quebrada Guadube y en los alrededores de Toledo por las quebradas Naranjos y Capellanía, y fue dividida en cuatro "miembros" denominados: "Miembro basal", "Miembro calcáreo inferior", "Miembro arenáceo intermedio" y "Miembro calcáreo superior".

Ulloa *et al.* (2003, p. 62), en su estudio de la plancha 172-Paz de Río, por facilidades cartográficas dividieron la Formación Tibasosa en dos conjuntos. Menciona éstos, "El Conjunto Inferior (Kit1) correspondiente al Miembro Basal (Kit4) de Renzoni y el Conjunto Medio Superior (Kit2) correspondiente al Miembro Calcáreo Inferior (Kit3), Miembro Arenáceo Intermedio (Kimt2) y al Miembro Calcáreo Superior (Kmt1) de Renzoni."

#### 3.3.4.10 Subdivisión

Como se describió arriba, la Formación Tibasosa propuesta por Renzoni (1981, p. 41-42) fue subdividida por él en cuatro "miembros" denominados: "Miembro basal", "Miembro calcáreo inferior", "Miembro arenáceo intermedio" y "Miembro calcáreo superior".

#### 3.3.4.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Renzoni (1981, p. 42), dice: "Comprobamos en rápidas excursiones que la formación ocupa el área del Macizo de Floresta y que el Miembro calcáreo superior (Kmt1) con sus capas de shales suprayacentes a calizas con equínidos, sigue aflorando hasta el área de Tibirita (sobre la carretera que conduce a Guateque, Cuadrángulo K-12) donde se superpone a shales negros infrapuestos por la Formación Alto de Cáqueza (Kc1)."

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Tibasosa: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la carretera no pavimentada que



desvía hacia el municipio de Rondón desde la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (Plancha 191-Tunja). 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), por la carretera no pavimentada que desvía hacia Tibasosa desde la carretera Firavitoba-Pantano de Vargas (Plancha 171-Duitama).

#### Variación lateral:

Renzoni (*op. cit.*, p. 41) narra que al comparar la sucesión levantada en la quebrada Guadube con la levantada en los alrededores de Toledo por las quebradas Naranjos y Capellanía, presenta notables aumentos de espesores y pequeñas diferencias en los elementos litológicos.

#### Correlación:

Según Renzoni (*op. cit.*, p. 42): "La formación..., es coeva con las formaciones Ritoque, Paja, San Gil Inferior y con una parte baja de la San Gil Superior;...". Renzoni expresó además, que el Miembro calcáreo superior de la Formación Tibasosa seguía aflorando hasta el área de Tibirita (sobre la carretera que conduce a Guateque, Cuadrángulo K-12).

De esto interpretamos que la parte superior de la Formación Tibasosa es correlacionable con la parte superior de la Formación Fómeque.

#### 3.3.4.12 Localidad tipo y estratotipo

Renzoni (1981, p. 41) relata: "Esta nueva formación se observa a la entrada al pueblo de Tibasosa y subiendo desde el cementerio por la Quebrada Guadube (4-d), y en los alrededores de Toledo por las quebradas Naranjos y Capellanía (5-d)."

### **3.3.5 Formación Batá (¿Berriasiano inferior?)**

#### 3.3.5.1 Referencia original

Es Geyer (1967, en Geyer, 1973, p. 74) el primer autor que utiliza el término "Batá-Formation" para referirse a la sucesión de capas denominadas anteriormente por Bürgl (1961, p. 181) como "Liásico del río Batá".

#### 3.3.5.2 Proponente del nombre

Geyer (1967, en Geyer, 1973, p. 74) nombra formalmente como Formación Batá (Batá-Formation) a la sucesión de capas denominadas por Bürgl (1961, p. 181) como "Liásico del río Batá".



### 3.3.5.3 Derivación del nombre

El nombre Batá deriva del río homónimo (actual río Garagoa), departamento de Boyacá.

### 3.3.5.4 Área tipo

De acuerdo a Geyer (1973, p. 76), la Formación Batá se restringe al extremo norte del Macizo de Quetame en la región límite de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

### 3.3.5.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Batá descansa sobre el Grupo Farrallones, y subyace a la Formación Lutitas de Macanal.

Con base en la clasificación de la fauna colectada en la sección del río Batá, Bürgl (1961, p. 181-182) le asigna a esta unidad una edad Liásico Superior. Este autor sin embargo añade, que en el sector de Santa María, las Trigonias liásicas se encontraron en la parte más alta de la formación, por lo cual "es bien posible que en sus capas inferiores estén representados el Rético y tal vez niveles más antiguos".

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), mencionan: "En la parte superior de esta unidad se colectó fauna que fue clasificada por Diana Gutiérrez como del Liásico, lo cual está de acuerdo con la edad establecida por Bürgl, H. (1960, p. 181). Los estratos inferiores de esta unidad sin fauna, pueden corresponder al Rhético."

Etayo *et al.* (2003, p. 117), reinterpreta las determinaciones paleontológicas realizadas por Bürgl (1961) y Geyer (1973) y considerando nuevas evidencias paleontológicas, encontraron que la Formación Batá tiene una edad Valanginiano tardío - Hauteriviano.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), permiten sugerir que la Formación Batá se ubica cronoestratigráficamente en su área tipo en el **¿Berriasiano inferior?** (muestras SgFES39P y SgFES40P).

### 3.3.5.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

De acuerdo a la descripción de Bürgl (1961, p. 181), en el valle del río Batá ocurren areniscas cuarcíticas que "Están estratificadas en bancos aproximadamente de medio metro de espesor, y los planos de estratificación



muestran con gran frecuencia marcas de oleaje. La capa basal es una brecha que contiene bloques subangulares hasta de medio metro de diámetro de rocas devonianas en un cemento arenoso. Esta brecha tiene un espesor de 5 m. En toda la serie hay intercalaciones de guijarros de 5-20 m de diámetro que son más frecuentes y más grandes en la parte baja y desaparecen paulatinamente hacia arriba. El color de las areniscas es predominantemente gris amarillento, y si se presentan colores verdosos o violados, son mucho menos vivos que en el Carboniano”.

La descripción que Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16) hacen de la Formación Batá es: “La unidad en el cañón del río Batá, está constituida por 70 m (conjunto A) de conglomerados con cantos de arcillolitas, cuarcitas y cuarzo en una matriz limolítica de color verde rojizo; 625 m (conjunto B) compuestos por limolitas silíceas, micáceas; arcillolitas; areniscas cuarzosas, de grano fino a medio cuarcitas y conglomerados, estos últimos con cantos subredondeados a redondeados de limolitas y cuarcitas en una matriz limolítica; en este conjunto predominan los colores verdes y violetas; le suprayacen 265 m (conjunto C) compuestos por una alternancia de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, conglomerados y lutitas grises claras a oscuras con niveles fosilíferos; su techo lo constituyen 200 m (conjunto D), compuestos de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino a medio, estratificadas en bancos hasta 80 cm de espesor con intercalaciones de lutitas negras compactas, las cuales predominan en la parte superior”.

Etayo *et al.* (2003, p. 113-115), en su trabajo hacen la siguiente descripción: “The light-colored conglomerate deposits exposed at the base of the section named ‘Conjunto A’ by Ulloa and Rodríguez (1979) was derived from erosion of the underlying sedimentary rocks. The upper part of the section consists of medium-grained quartz sandstone and fine conglomerate interbedded with black mudstone layers that become dominant in the upper part of the section”.

### Espesor

Refiriéndose al Liásico del río Batá, Bürgl (1961, p. 182) indica: “En Santa María esta formación tiene un espesor de 1.300 m...”. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), reportan un espesor de 1.160 m para esta unidad en su localidad tipo. De acuerdo a Etayo *et al.* (2003, fig. 2), el espesor de la Formación Batá es de aproximadamente 950 m.

### 3.3.5.7 Litología

La descripción litológica aquí presentada de la Formación Batá se basa en observaciones realizadas en campo. En el área de estudio, esta unidad aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, sobre la vía pavimentada que de la





presa La Esmeralda conduce a Santa María de Batá (a lo largo del Río Garagoa, anteriormente llamado Río Batá), y en los alrededores de este municipio, (transecta-1: Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno).

### Descripción:

En este trabajo, las sucesiones estudiadas de la Formación Batá, son las que afloran en los alrededores del municipio de Santa María de Batá. En esta área, de base a tope se observan:

-Arenitas conglomeráticas rojizas, con Qz redondeado y líticos angulares, que se disponen en capas medianas a gruesas.

-Limolitas y arenitas de grano muy fino, en capas muy gruesas, con interposiciones de arenitas tobáceas líticas; el color de las rocas es morado o rojizo.

-Sublitoarenitas lodosas de grano fino, micáceas, cementadas, de color gris y litoarenitas calcáreas de grano medio, con líticos tamaño gránulo y moldes de bivalvos. Ocurren en capas gruesas a muy gruesas subtabulares y lentiformes.

-Sublitoarenitas y litoarenitas de grano fino a medio, matriz (<5%), cemento silíceo, localmente calcáreo, muy cementadas, color gris verdoso, que se disponen en capas delgadas a gruesas tabulares y lentiformes.

-Limolitas silíceas color gris oscuro, micáceas, duras, en capas delgadas y medianas, lentiformes con contactos netos, levemente ondulados.

-Lodolitas negras, oxidadas, con abundantes bivalvos (pectínidos y otros).

-Arenitas micáceas, de grano muy fino, de color gris oscuro, muy cementadas, que ocurren en capas medianas a gruesas subtabulares.

-Limolitas color gris oscuro, con abundante moscovita, sulfuros y granos angulares de cuarzo, duras, en capas medianas tabulares.

-Lodolitas y limolitas carbonosas, de color gris oscuro a negro, con nódulos de arenita de grano muy fino color pardo, que se disponen en capas medianas a gruesas, subtabulares a lentiformes.

-Lentes delgados de limolitas silíceas color gris oscuro, con trazas de moscovita y nódulos de arenita glauconítica de grano fino.

-Lodolitas arcillosas grises, con lentes delgados de arenitas sublíticas, lodosas, de grano fino, en capas delgadas a gruesas subtabulares.

-Alternancia de lentes de cuarzoarenita de grano fino, amarillentas y arcillolitas de color gris oscuro (**Foto FES46**).

-Arenitas sublíticas de grano fino a muy fino, lodosas, con láminas carbonosas y moscovita, ocurren en capas delgadas, lentiformes.

-Lodolitas carbonosas color gris oscuro, que se disponen en capas delgadas lentiformes, con contactos netos planos y laminación ondulada paralela.

-Interposiciones de capas delgadas de limolitas negras, algunas carbonosas (con láminas de arena) y capas medianas subtabulares a cuneiformes de arenitas calcáreas-a calizas terrígenas grises, de grano grueso que contienen cuarzo azul. Algunas arenitas contienen cuarzo angular, son pobremente seleccionadas y

muestran gradación desde guijarros hasta arena de grano medio (**Foto FES39**).  
Ocurre un nivel con abundantes espinas de erizos.

-Lodolitas carbonosas micáceas, con lentes delgadas y nódulos de limolita silícea ferruginosa, que ocurren en capas delgadas y medianas lentiformes, con interposiciones de arenitas sublíticas de grano fino.

-Sublitoarenitas calcáreas de grano grueso, con trazas de cuarzo azul y concreciones con sulfuros, en capas delgadas a gruesas lentiformes.



**Foto FES46.** Estación FES46: sucesión invertida de la Formación Batá: alternancia de lentes de cuarzoarenita de grano fino, amarillentas y arcillolitas de color gris oscuro, con deformación penetrativa. Vía Santa María de Batá-San Luis de Gaceno.



**Foto FES39.** Estación FES39: sucesión invertida de la Formación Batá: Interposiciones de capas delgadas de limolitas negras, algunas carbonosas y capas medianas subtabulares a cuneiformes de arenitas calcáreas a calizas terrígenas grises. Algunas arenitas muestran gradación desde guijarros hasta arena de grano medio, donde se evidencia que la sucesión esta invertida. Vía Santa María de Batá-San Luis de Gaceno.



### Génesis:

Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), las características litológicas de la Formación Batá indican un ambiente continental a marino de aguas de poca profundidad.

### Otros aspectos:

En el área de Santa María de Batá, la expresión morfológica de esta unidad es en general de escarpes fuertes, que contrasta con la geomorfología de la Formación Lutitas de Macanal. En varios sectores los ángulos de buzamiento son muy altos o verticales, y en la base y tope de la sección, hacia los contactos con el Grupo Farallones y la Formación Lutitas de Macanal, la sucesión está invertida.

#### 3.3.5.8 Límites y contactos

De acuerdo al estudio de Bürgl (1961, p. 181) en el río Batá, el contacto superior del Carboniano "está muy bien marcado por el conglomerado transgresivo del Liásico", y añade "Sobre el Carboniano reposa concordantemente una serie de areniscas cuarcíticas, que se distinguen relativamente poco del Carboniano".

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), indican: "El contacto inferior de la Formación Batá se encontró descansando inconformemente sobre los estratos del Grupo Farallones...". Acerca del límite superior de la unidad, estos autores mencionan: "...y el superior infrayaciendo en contacto fallado los estratos del Grupo Cáqueza".

A partir de las observaciones realizadas a lo largo de la carretera que va paralela al Río Garagoa (anteriormente llamado Río Batá) y que conduce de la presa La Esmeralda al municipio de Santa María de Batá, se identificó una sucesión que aflora unos 700 m al oeste de la desembocadura de la quebrada Las Mayas, la cual ha sido interpretada en este estudio como Formación Batá, y estaría reposando directamente en contacto discordante sobre rocas devónicas del Grupo Farallones. Este límite está marcado donde limolitas color verde claro, talcosas, ligeramente foliadas, pasan a arenitas de grano fino hasta medio y arenitas conglomeráticas, muy cementadas, color gris metálico, con cuarzo redondeado flotante y micas, algunas con sulfuros y superficies grafitosas, que ocurren en capas desde delgadas hasta gruesas subtabulares. Estas rocas han sido interpretadas como correspondientes a la Formación Batá, a partir de la comparación con las sucesiones de esta unidad que afloran en cercanías de Santa María de Batá. En este sector, el límite inferior de la formación está definido donde arenitas conglomeráticas rojizas, con Qz redondeado y líticos angulares, que ocurren en capas medianas a gruesas, yacen en contacto discordante sobre rocas carbonianas (cuarcitas y argilitas verdosas) del Grupo Farallones; el límite

superior se define donde sublitoarenitas calcáreas de grano grueso, con trazas de cuarzo azul y concreciones con sulfuros, que ocurren en capas delgadas a gruesas lentiformes, pasan en contacto neto concordante a limolitas carbonosas moscovíticas en capas delgadas a gruesas tabulares a lentiformes, de la Formación Lutitas de Macanal.

#### 3.3.5.9 Reseña histórica

Bürgl (1961, p. 181), describió en el valle del río Batá un conjunto de estratos con un espesor de 1.300 m que denominó Liásico del río Batá. Geyer (1967, en Geyer, 1973, p. 74) nombra formalmente como "Formación Batá" (Batá-Formation) a la sucesión de capas denominadas por Bürgl (1961) "Liásico del río Batá". Según Julivert *et al.* (1968, p. 578), a estos mismos estratos se les denominó "Formación Santa María" y anotan: "RADELLI (1967, p. 196 y 159) da este nombre a los materiales descritos por BÜRGL (1960b, pp. 181- 182) como liásicos de la región del Río Batá...".

Ulloa *et al.* (1975), en el "Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12, Guateque, Colombia" emplean el término "Formación Batá" para referirse a "Conglomerados, limonitas, areniscas de tonalidades violeta verdoso y gris claro en la parte basal a media, en la parte superior conglomerados finos, areniscas y lutitas con tonalidades grises oscuras a grises claras con niveles fosilíferos".

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), en el cuadrángulo K-12, Guateque, proponen de manera formal el nombre de Formación Batá, y señalan: "Se propone en este trabajo el nombre de Formación Batá para designar un conjunto de 1.160 m, compuesto por conglomerados, limolitas y areniscas que afloran en el cañón del río Batá, carretera Guateque - Santa María." Sin embargo, estos autores pasan por alto el trabajo publicado por Geyer (1967) ignorando esta propuesta anterior.

#### 3.3.5.10 Subdivisión

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), subdividieron la Formación Bata en cuatro conjuntos de base a techo: conjunto A: "de conglomerados con cantos de arcillolitas, cuarcitas y cuarzo en una matriz limolítica de color verde rojizo"; conjunto B: compuesto por "limolitas silíceas, micáceas; arcillolitas; areniscas cuarzosas, de grano fino a medio cuarcitas y conglomerados, estos últimos con cantos subredondeados a redondeados de limolitas y cuarcitas en una matriz limolítica"; conjunto C: compuesto "por una alternancia de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, conglomerados y lutitas grises claras a oscuras con niveles fosilíferos"; y conjunto D: compuesto "de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino a medio, estratificadas en bancos hasta 80 cm de espesor con intercalaciones de lutitas negras compactas, las cuales predominan en la parte superior"





### 3.3.5.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La Formación Batá aflora en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, ha sido cartografiada en el cuadrángulo K-12 Guateque, y en el área de estudio en la plancha 229, transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno): sobre la vía pavimentada que de la presa La Esmeralda conduce al municipio de Santa María de Batá, a lo largo del Río Garagoa (Río Batá) y en cercanías de este municipio.

#### Variación lateral:

Las descripciones de la Formación Batá mencionadas por diferentes autores en estudios anteriores, muestran características litológicas similares, variaciones faciales significativas dentro de esta unidad no son evidentes. En este estudio, se observaron facies calcáreas al tope de la formación, en el sector de Santa María de Batá. Los espesores citados previamente varían de 950 m (Etayo *et al.*, 2003, fig. 2) a 1.300 m (Bürgl, 1961, p. 182).

#### Correlación:

La sucesión que Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979), cartografiaron en la región de Santa María de Batá (cuadrángulo K-12) como "Calizas del Guavio", en el presente estudio por verificación de campo ha sido interpretada como Formación Batá. Esta última ha sido correlacionada con la Formación Cumbre (Gaona, 2001).

### 3.3.5.12 Localidad tipo y estratotipo

Gaona (2001, p. 3) escribe: "La sección tipo de la Formación Batá está localizada al oriente del Departamento de Boyacá sobre la carretera que conduce de la cabecera municipal de Guateque a la de Santa María de Batá."

## **3.3.6 Formación Lutitas de Macanal (Berriasiano superior a Valanginiano)**

### 3.3.6.1 Referencia original

Ulloa *et al.* (1975) "Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia", como la unidad media del Grupo Cáqueza. El autor del nombre del grupo fue Hubach (1945, en Hubach, 1957, p. 55; publicado en edición facsímil como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XII, Ingeominas, 1994) como Grupo de Cáqueza. Anota Hubach "se estableció el



nombre de Grupo de Cáqueza para los sedimentos que abarcan el Hauteriviano y el Valanginiano, y posiblemente el Portlandiano. El grupo se halla típicamente expuesto al este de Bogotá, sobre la carretera de esta capital a Villavicencio, entre el Puente de Cáqueza y la Población de Quetame en posición más o menos desconforme debajo del Barremiano arcilloso del Villeta e inconforme encima del grupo complejo de Quetame.”

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 16), escriben: “En el presente trabajo se subdivide el Grupo Cáqueza en tres formaciones que en orden ascendente corresponden a: Calizas del Guavio, Lutitas de Macanal y Areniscas de Las Juntas.”.

Pimpirev, Patarroyo y Sarmiento (1992, en Ulloa *et al.*, 2000b, p. 20) subdividen el Grupo Cáqueza en las formaciones Buenavista, Macanal y Alto de Cáqueza. La primera de éstas, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 179) fue originalmente denominada como Brechas de Buenavista en el cuadrángulo L-11 Villavicencio por Renzoni en 1965. Posteriormente Dorado (1990, p. 8-9), le da el rango de formación a estas rocas. La Formación Alto de Cáqueza fue definida por Renzoni (1963, p. 67).

#### 3.3.6.2 Proponente del nombre

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 18) proponen el nombre de Lutitas de Macanal.

#### 3.3.6.3 Derivación del nombre

Cuando Ulloa y Rodríguez (1979), proponen el nombre de la unidad, localizan la sección tipo entre las quebradas “El Volador y La Esmeralda”, área en la que está situado el pueblo de Macanal, el cual no es mencionado por éstos. Posteriormente, Ulloa *et al.* (2000c, p. 4) especifican que: “El nombre de esta unidad litoestratigráfica proviene del Municipio de Macanal, Departamento de Boyacá, localizado al norte del cañón del Río Batá...” (Cf. plancha topográfica 210-III-D).

#### 3.3.6.4 Área tipo

Ulloa *et al.* (2000c), señalan: “Como área tipo se considera el cañón del Río Batá, en el sitio donde actualmente se encuentra el embalse de Chivor; al noreste de esta represa, se localiza la población de Macanal y los Cedros, y al sureste, la inspección de policía de Chivor, importante por sus yacimientos esmeraldíferos; en esta zona la unidad está bien expuesta, pero es de anotar que el sitio (carretera antigua Las Juntas - Santa María) donde se levantó por medio de poligonales la columna tipo de la formación actualmente se encuentra inundado por las aguas de la represa.”

### 3.3.6.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, se observó la Formación Lutitas de Macanal reposando concordantemente sobre la Formación Batá, en los alrededores de Santa María, y en contacto fallado con rocas del Grupo Quetame (según el mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, de Ulloa *et al.*, 1975), en la quebrada Esmeraldas (o Esmeralda o La Esmeralda). Esta unidad subyace a la Formación Areniscas de Las Juntas.

En el catálogo "Lutitas de Macanal" preparado por Ulloa *et al.* (2000c, p. 36) se hace la siguiente reseña: "Las Lutitas de Macanal en el área de los cuadrángulos K-11 y K-12 suprayace (*sic.*) diferentes unidades. Descansa discordante sobre rocas del grupo Farallones (*sic.*),..., en el cabeceo del Anticlinorio de Los Farallones.... y en la parte oriental del Anticlinorio de Farallones, en los alrededores de Santa María de Batá, la unidad se encuentra reposando concordante sobre las Calizas del Guavio." Sin embargo, en el presente estudio consideramos que lo que Ulloa *et al.* (2000c) llamaron Calizas del Guavio (Ulloa *et al.*, 1975 y Ulloa *et al.*, 2000c), corresponde en realidad a la Formación Batá. En cuanto a la unidad suprayacente estos autores dicen "La unidad Arenisca de Las Juntas, en toda su extensión, suprayace a las Lutitas de Macanal," (Ulloa *et al.*, 2000a, p. 28).

Bürgl (1961, pl. IX y X) registra fósiles de sus estaciones HB-1769 a HB-1808, que de acuerdo a la posición geográfica y a la cartografía geológica realizada en este estudio, quedarían incluidas dentro de la Formación Lutitas de Macanal. Bürgl consideró que las capas de donde procedían estas muestras abarcarían desde el Titoniano hasta el Valanginiano superior. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) señalan que para la misma localidad los fósiles indicaban el intervalo "Berriasiano a Valanginiano". Etayo-Serna (1985a, p. XXIII-2) plantea que los fósiles de la muestra HB-1769 utilizados por Bürgl (1961) para reconocer el Titoniano, señalarían mejor el Berriasiano.

La porción de Las Lutitas de Macanal que aflora en la Sierra Nevada del Cocuy, representa el Valanginiano (Etayo-Serna, 1985b, p. XXIV-15).

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), permiten indicar que la unidad en su área tipo representaría el intervalo **Berriasiano superior a Valanginiano** (muestras SgV31P, SgV33P, SgSRC1P, SgV21P, SgV27P, SgV29P, SgM131P, SgFES37P, SgFES41P, SgP190P y SgM193P).



### 3.3.6.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 18, 21) propusieron el nombre Lutitas de Macanal "para designar un conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso", y agregan: "La unidad está compuesta en su parte inferior por 760 m (conjunto A) de lutitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas y láminas de yeso; la parte media está constituida por 145 m (conjunto B) de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino y estratificación gruesa a maciza, con intercalaciones de lutitas negras, micáceas, fosilíferas; 1.350 m (conjunto C) de lutitas grises oscuras a negras, ligeramente calcáreas con venas de calcita y nódulos arenosos hasta 10 cm de diámetro, y lentejones de yeso hacia el tope; su techo está compuesto por 680 m (conjunto D) de lutitas negras, micáceas con intercalaciones de arenisca gris clara, de grano fino, estratificadas en bancos hasta 20 cm de espesor."

#### Espesor

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) con relación a las Lutitas de Macanal escriben: "Su espesor total es de 2.935 m (...)". Etayo-Serna (1985b, p. XXIV-12) reporta para el segmento de la Formación Lutitas de Macanal que aflora en la Sierra Nevada del Cocuy", reporta: "... 560 m de espesor medido donde no se ve su base, el espesor total aproximado es de más o menos 1000 m".

### 3.3.6.7 Litología

Durante este estudio, en el área tipo (sobre la carretera Las Juntas-Santa María) se midió parcialmente el espesor estratigráfico de la Formación Lutitas de Macanal, con apoyo en poligonal y GPS. La descripción litológica sucinta de la unidad, se basa en la integración de las observaciones de campo y de las logradas entre el m 0 y m 965 de la sección antes citada. Esta sección se representó (a escala 1:1.000) en la columna estratigráfica El Volador-El Dátil (**Anexo 3.7**).

#### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

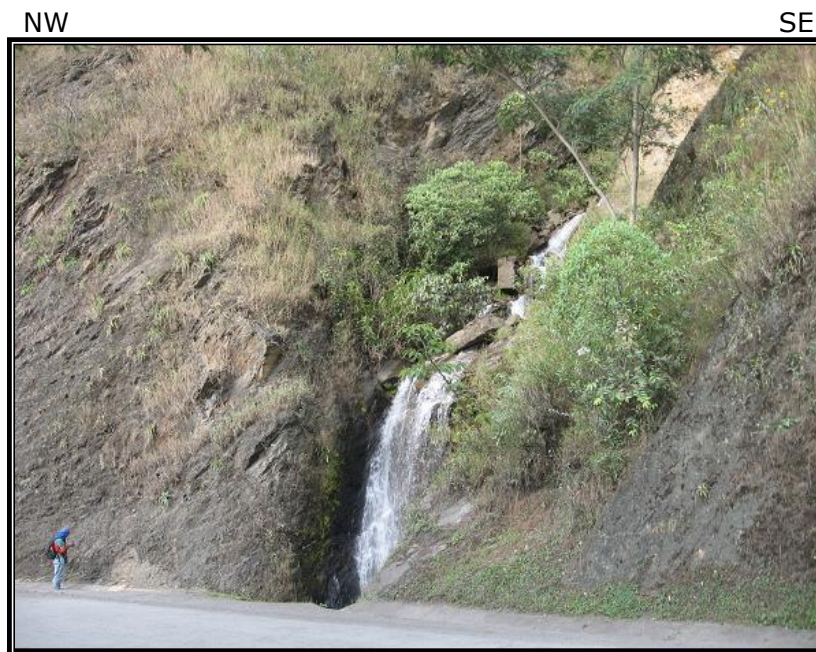
Iniciales:	E: 1.081.290	N: 1.042.850
Finales:	E: 1.079.618	N: 1.045.643

#### Descripción:

La Formación Lutitas de Macanal está compuesta predominantemente por shales grises oscuros a negros, algunos rojizos y pardos de alteración, compactos, con

algunos moldes de amonitas y con frecuentes a abundantes concreciones y nódulos piritosos, ferruginosos o calcáreos, comúnmente elongados, de tamaño centimétrico y decimétrico (**Foto VD1 y VD3**); con intercalaciones de arenitas cuarzosas, de color gris claro, gris y negro, ocre y amarillo de alteración, de grano muy fino y fino a medio, compactas, muscovíticas, a veces con glauconita, dispuestas en capas medianas a gruesas, algunas delgadas, tabulares a subtabulares, con laminación ondulada no paralela, y bioturbación. También se presentan niveles muy gruesos de limolitas grises oscuras a negras, a menudo oxidadas, localmente físis, con frecuentes nódulos y concreciones limosas o calcáreas (**Foto VD2**); con intercalaciones de capas tabulares, gruesas a muy gruesas, y delgadas a medianas, de arenitas cuarzosas, negras, de grano muy fino y fino, muscovíticas, con nódulos ferruginosos.

En otras localidades diferentes a la de la medición de la sección estratigráfica El Volador-El Dátil, se observó paquetes muy gruesos, bioturbados, de compuestos por interlaminaciones onduladas no paralelas continuas finas (ritmitas) hasta gruesas de lodolita y arenita cuarzosa de grano muy fino, además de laminación, flaser, lenticular conectada y desconectada (**Foto M135**).



**Foto VD1** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Interposiciones de paquetes gruesos de shales grises a negros, y capas delgadas de arenitas cuarzosas negras, micáceas, de la Formación Lutitas de Macanal. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



**Foto VD3** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Shales negros con algunas concreciones ferruginosas, centimétricas, con intercalaciones de capas delgadas, de limolitas silíceas, negras, de la Formación Lutitas de Macanal. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.

#### Génesis:

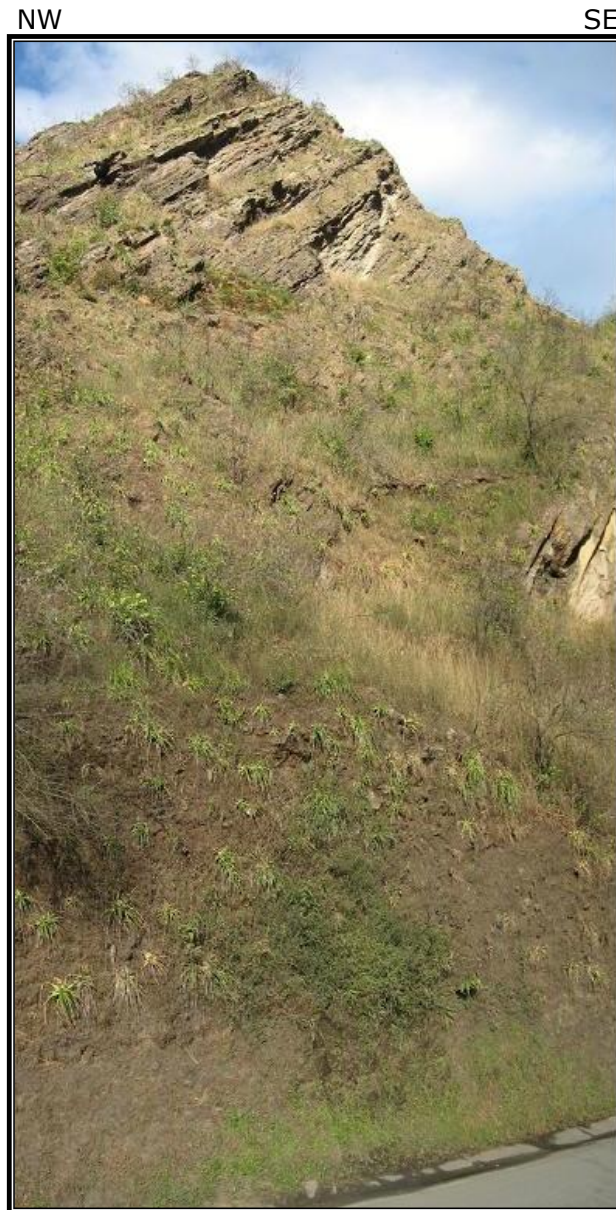
Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21), proponen para las Lutitas de Macanal un "ambiente marino, de aguas someras en una cuenca cerrada". Sin embargo, estos autores no dan argumentos que sustenten su interpretación.

Por su parte Fabre (1985, p. XIX-6), en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, sugiere con base en análisis sedimentológicos-estratigráficos que las facies más finas de la Formación Lutitas de Macanal representan "depósitos de la parte superior de un prodelta", mientras que las facies de grano relativamente más grueso representan "barras distales formadas delante del frente deltáico".

#### Otros aspectos:

En el área tipo, la expresión en el terreno de la Formación Lutitas de Macanal es de morfología suavemente ondulada, en parte por su constitución litológica poco resistente a la erosión y en parte porque a menudo presenta anticlinales y sinclinales amplios. La unidad, en términos generales, está bien expuesta sobre la actual carretera Las Juntas - Santa María, lo que permite obtener una descripción litológica amplia de la misma, a pesar de que la base está afectada por la Falla de La Esmeralda como lo anotan Ulloa *et al.* (2000c, p. 4).





**Foto VD2** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Limolitas gris-oscuras a negras, algunas físis, con intercalaciones de capas tabulares, delgadas a medianas, de arenitas cuarzosas, amarillas, de grano fino, de la Formación Lutitas de Macanal. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



**Foto M135.** Estación M135 (transecta-1): Paquetes muy gruesos de ritmitas: láminas finas hasta gruesas de lodolita y arenita muy fina; laminación ondulada no paralela continua, flaser, lenticular conectada y desconectada, algunos niveles están bioturbados. Formación Lutitas de Macanal, vía Puente Batá-Almeida.

### 3.3.6.8 Límites y contactos

#### Límite inferior:

Ulloa y Rodríguez (1979) no describen el límite inferior de la unidad, pero en su figura 8 (p. 22) que corresponde a la columna estratigráfica levantada sobre la carretera Guateque-Santa María, ponen en contacto inconforme a las Lutitas de Macanal sobre el Grupo Farallones. Posteriormente, Ulloa *et al.* (2000a) describen este límite de la siguiente manera: "El límite inferior de Las Lutitas de Macanal, en la sección tipo, corresponde a una discordancia entre lutitas de la unidad y metamorfitas del Grupo Quetame,".

#### Límite superior:

Ulloa y Rodríguez (1979) no describen el límite superior de la unidad, pero en su figura 8 (p. 22), ponen en contacto concordante a las Lutitas de Macanal con la suprayacente Formación Arenisca (*sic.*) de Las Juntas. En el catálogo de la unidad



(Ulloa *et al.*, 2000b, p.36), dicen: "El límite superior de las Lutitas de Macanal en la localidad tipo, corresponde a un contacto normal entre las lutitas y las areniscas basales del miembro Arenisca El Volador (*sic.*) de la Arenisca (*sic.*) de Las Juntas".

En la sección estratigráfica El Volador-El Dátil, medida en este estudio, el límite superior de la Formación Lutitas de Macanal se definió con base en su morfología, debido a que produce un relieve menos conspicuo en comparación con el relieve escarpado de la suprayacente Formación Areniscas de Las Juntas. Este criterio morfológico y la comparación con las características litológicas descritas en la sección estratigráfica El Volador-El Dátil tanto de la Formación Lutitas de Macanal como de la Formación Areniscas de Las Juntas, se siguió en otros sectores diferentes al área tipo para definir el límite superior de las Lutitas de Macanal.

#### 3.3.6.9 Reseña histórica

El primer estudio geológico de detalle de la sección Las Juntas – Santa María de Batá (actualmente Santa María) se debe a Bürgl (1961). En el tramo comprendido entre la quebrada Esmeralda y unos 2 Km aguas arriba de Puente Batá (Plancha IX), Bürgl describió "lutitas oscuras, ferruginosas, ricas en pirita...", del Titoniano; "lutitas oscuras, un poco pizarrosas, ferruginosas y laminadas...", del Berriasiano; y "arcillas oscuras, lutíticas, micáceas, a veces arenosas...", del Valanginiano; que considera comprendidas dentro del "Grupo de Cáqueza" (Cf. *op. cit.*, p. 173).

Posteriormente y con relación al mismo sector estudiado por Bürgl, Ulloa *et al.* (1975) cartografiaron esos cuerpos litológicos como Formación Lutitas de Macanal en el Cuadrángulo K-12 Guateque, y en el informe de dicho cuadrángulo las describen y proponen (Ulloa y Rodríguez, 1979, p.18-21).

#### 3.3.6.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Lutitas de Macanal. Arriba se mencionó que Ulloa y Rodríguez (1979, p. 18, 21) subdividieron la unidad en conjuntos: A, B, C y D.

#### 3.3.6.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

Con el nombre de Formación Lutitas de Macanal, ha sido cartografiada una unidad litoestratigráfica que describen como compuesta por lutitas y limolitas negras con intercalaciones de areniscas; localmente bolsones de yeso. Esta unidad se extiende, de Suroeste a Noreste, por sectores de los mapas geológicos:



Cuadrángulo K-12, Guateque (Ulloa *et al.*, 1975), Plancha 211-Tauramena (Ulloa *et al.*, 1983) y Plancha 192-Laguna de Tota (Ulloa *et al.*, 2001).

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad: 1) Dentro del cuadrángulo K-12, en la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno) entre Las Juntas y la quebrada Esmeralda, por la carretera Las Juntas-Santa María (Boyacá), por la carretera no pavimentada Macanal-Garagoa (**Foto V12**), y a unos 3 Km al noreste de Santa María; en la transecta-2 (Sutamarchán- Ururía) entre Miraflores, Páez y Ururia (Boyacá). 2) Dentro de la plancha 192, en la transecta-3 (Gámbita-Pajarito) sobre la carretera Pajarito-Aquitania (**Foto P194 y M230**).



**Foto V12.** Estación V12 (transecta-1): capas tabulares a subtabulares, gruesas a muy gruesas, arenitas cuarzosas, bioturbadas, con concreciones elipsoidales, de la Formación Lutitas de Macanal (carretera Macanal-Garagoa).

#### Variación lateral:

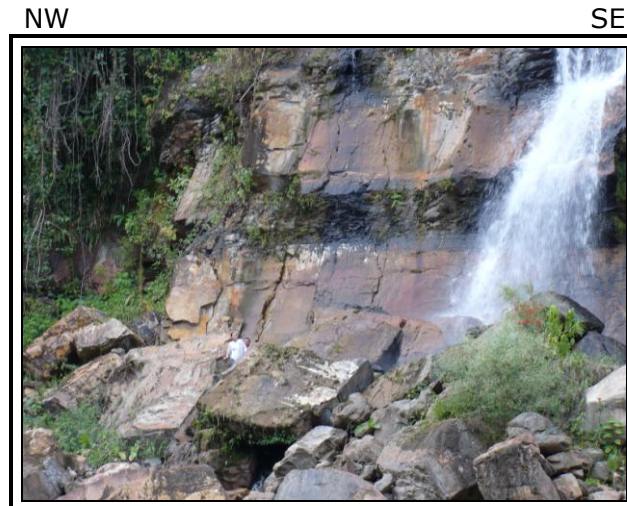
En las transectas objeto de este estudio, no se observó variación en las características litológicas de la formación. Sin embargo, en la actual carretera Las Juntas - Santa María, el espesor de la unidad es aparentemente más potente hacia el Oeste, en el área del municipio de Macanal, que hacia el Este, en el área del municipio de Santa María.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Lutitas de Macanal se cronocorrelaciona con parte de la formaciones Tibasosa y Ritoque.

### 3.3.6.12 Localidad tipo y estratotipo

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 18) establecen como localidad tipo de la Formación Lutitas de Macanal, el cañón del río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda.



**Foto P194.** Estación P194 (transecta-3): afloramiento en el Río Cusiana, de interposiciones tabulares, muy gruesas, de lodolitas grises oscuras a negras, laminadas y físis, y arenitas cuarzosas, de color gris claro, ocre de alteración; de la Formación Lutitas de Macanal (flanco oriental del Sinclinal del Desespero, al norte de Pajarito).



**Foto M230.** Estación M230 (transecta-3): Capas subtabulares, muy gruesas y medianas, de arenitas de grano muy fino, con algunas interposiciones medianas y delgadas de lodolitas a limolitas color gris oscuro, de la Formación Lutitas de Macanal (carretera Pajarito-Toquilla).





### 3.3.7 Formación Areniscas de Las Juntas (¿Hauteriviano?)

#### 3.3.7.1 Referencia original

Ulloa *et al.* (1975) "Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia".

#### 3.3.7.2 Proponente del nombre

Los proponentes del nombre de esta unidad son Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21). Sin embargo, Ulloa *et al.* (2000a), señalan que el nombre parece no ser el más adecuado debido a que se han empleado los términos "Areniscas" y "Arenisca" para denominar la unidad y dos de los miembros que la componen. Por lo tanto sugieren, para mayor claridad, emplear para la unidad el término "Formación Las Juntas".

#### 3.3.7.3 Derivación del nombre

De acuerdo con la precisión de Ulloa *et al.* (2000a), el nombre de la unidad proviene del caserío de Las Juntas, en jurisdicción del municipio de Garagoa, Boyacá (Cf. plancha topográfica 210-III-D).

#### 3.3.7.4 Área tipo

En la descripción original se dice: "su localidad tipo se ha establecido entre las cuchillas de El Volador y El Dátil (carretera Guateque-Santa María,...)", posteriormente Ulloa *et al.* (2000a), mencionan que el área tipo de la Formación Areniscas de Las Juntas se localiza en la carretera Guateque-Santa María (Boyacá), en el punto donde se desprende la carretera a Garagoa, en la margen norte del Embalse de Chivor.

#### 3.3.7.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Areniscas de Las Juntas suprayace a la Formación Lutitas de Macanal e infrayace a la Formación Fómeque.

En la sección tipo no se han encontrado fósiles que permitan determinar la edad de la unidad en forma precisa. En el sector cubierto por el estudio de Bürgl (1961) "El Jurásico e infracretáceo del río Batá...", quedaría incluida el área tipo de la Formación Areniscas de Las Juntas de Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21); sin embargo, no son válidos los planteamientos de Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) y Ulloa *et al.* (2001, p. 15) acerca de que: "la edad de la formación ha sido considerada por Bürgl,..., en el área del río Batá, como Hauteriviano...", puesto que Bürgl en su trabajo describe en realidad la estratigrafía de los alrededores de



Cáqueza (*op. cit.*, p. 187). No obstante, Bürgl registra de su estación HB-1809 (que de acuerdo a la posición geográfica estaría localizada a unos 500 m al oeste del actual Túnel El Volador; Cf. Plancha topográfica 210-III-D), la presencia de *Olcostephanus*, que permite decir que las capas que lo contenían no serían más modernas que el Hauteriviano.

Otras asignaciones de edad han sido hechas por comparación con unidades interpretadas como equivalentes por su aparente posición estratigráfica. En la plancha 137 El Cocuy (dos kilómetros al norte de Ratoncito), Etayo-Serna (1985b, p. XXIV-12) con base en fósiles encontrados en la Formación Areniscas de Las Juntas, da una edad Hauteriviano-Aptiano en parte?.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), permiten indicar que la Formación Areniscas de Las Juntas en su área tipo representa el **¿Hauteriviano?** (muestras SgFES33P y SgFES35P). La falta de hallazgos paleontológicos no permite establecer de manera más precisa los límites cronoestratigráficos de la unidad.

### 3.3.7.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

La Formación Areniscas de Las Juntas fue definida por Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) como una unidad compuesta "por dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico". El nivel arenoso inferior presenta "areniscas cuarzosas, gris amarillentas, de grano fino, estratificadas en bancos de 10 cm a 2 m de espesor, con delgadas intercalaciones de lutitas negras micáceas y un espesor de 145 m". El nivel intermedio está "constituido por lutitas negras con nódulos arenosos paralelos a la estratificación e intercalaciones de areniscas cuarzosas, gris claras, de grano fino, estratificadas en bancos hasta de 1 m de espesor". El nivel arenoso superior fue dividido en cuatro conjuntos descritos así: "Conjunto A, 100 m, de areniscas cuarzosas, gris claras, grano fino, estratificación gruesa maciza, con delgadas intercalaciones de lutitas negras; Conjunto B, 100 m, de lutitas negras micáceas, con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas, blancas, grano fino, en bancos hasta de 1 m de espesor; Conjunto C, 100 m, de areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, grano fino, estratificación gruesa, con delgadas intercalaciones de lutitas negras; Conjunto D, 170 m, de alternancia de lutitas negras y areniscas cuarzosas, gris claras, de grano fino".

#### Espesor

Espinosa (1986, p. 24) en su trabajo al sureste de Bogotá (cuadrángulo L-11, borde W del Macizo de Quetame) reporta un espesor máximo medido de la Formación Arenisca de Cáqueza (= Formación Alto de Cáqueza de Renzoni, 1963,

p. 67 y equivalente a la Formación Areniscas de Las Juntas) de unos 129 m en una sección por la carretera Cáqueza-Une. Ulloa *et al.* (2000a) mencionan que el espesor de las Areniscas de Las Juntas se ha medido y calculado en ambos flancos del Anticlinorio de Los Farallones (se refieren al Anticlinorio de Los Farallones de Medina de Segovia y Renzoni, 1965, p. 7). En la región de la Sierra Nevada del Cocuy también se registran datos de espesores. En las **tablas 8 y 9** se relacionan respectivamente estos datos:

**Tabla 8.** Espesores de la Formación Areniscas de las Juntas en el Anticlinorio de los Farallones de Medina

FLANCO W	LOCALIDAD	ESPESOR EN m (método de medida)	AUTOR
Las Juntas-Puente Batá	Localidad tipo	1.000 (cinta y brújula)	Bürgl, 1961
Cuadrángulo K-12	Localidad tipo	910 (no se explica)	Ulloa y Rodríguez, 1979
Plancha 192-Laguna de Tota	Laguna de Tota-Pajarito	773 (no se explica)	Ulloa <i>et al.</i> , 2001
FLANCO E	LOCALIDAD	ESPESOR (m)	AUTOR
Cuadrángulo K-12	Quebrada Las Brazas (al noreste de Santa María)	480 (no se explica)	Ulloa y Rodríguez, 1979
	Al S de Mámbita	655 (no se explica)	Salazar, 1997
Cuadrángulo K-13	Al S de Chámeza	380 (no se explica)	Ulloa y Rodríguez, 1981
Plancha 193-Yopal		1.100 (cinta y brújula)	Renzoni, 1991

**Tabla 9.** Espesores de la Formación Areniscas de las Juntas en la Sierra Nevada del Cocuy

FLANCO W	LOCALIDAD	ESPESOR EN m (MÉTODO DE MEDIDA)	AUTOR
Plancha 153-Chita	Chita	2.200 (cinta y brújula)	Fabre, 1983
Plancha 137-El Cocuy	2 Km al norte de Ratoncito	2.120 (cinta y brújula)	Etayo según Fabre, 1985



Durante este estudio, en la transecta-1 (sobre la carretera Guateque-Santa María: área tipo) se midió el espesor estratigráfico de la Formación Areniscas de Las Juntas, en el sector El Volador-El Dátil, con apoyo en poligonal y GPS, obteniéndose un espesor de 689 m.

### 3.3.7.7 Litología

La descripción litológica sucinta de la Formación Areniscas de Las Juntas, se hizo con base en las observaciones logradas entre el m 965 y m 1.654 de la sección estratigráfica El Volador-El Dátil (**Anexo 3.7**):

#### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.081.290 N: 1.042.850  
Finales: E: 1.079.618 N: 1.045.643

#### Descripción:

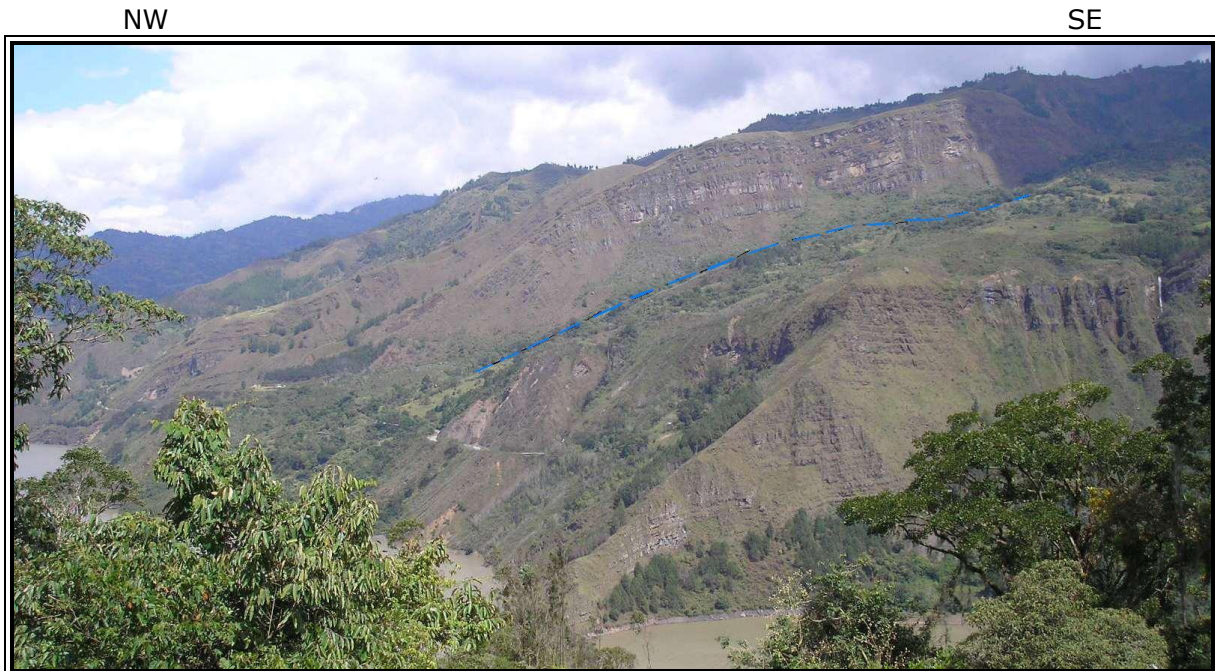
La Formación Areniscas de Las Juntas, se caracteriza por dos intervalos de areniscas separados por uno de lodolitas (**Foto VD4 y VD8**):

#### *Intervalo inferior de areniscas (m 965 – m 1.165):*

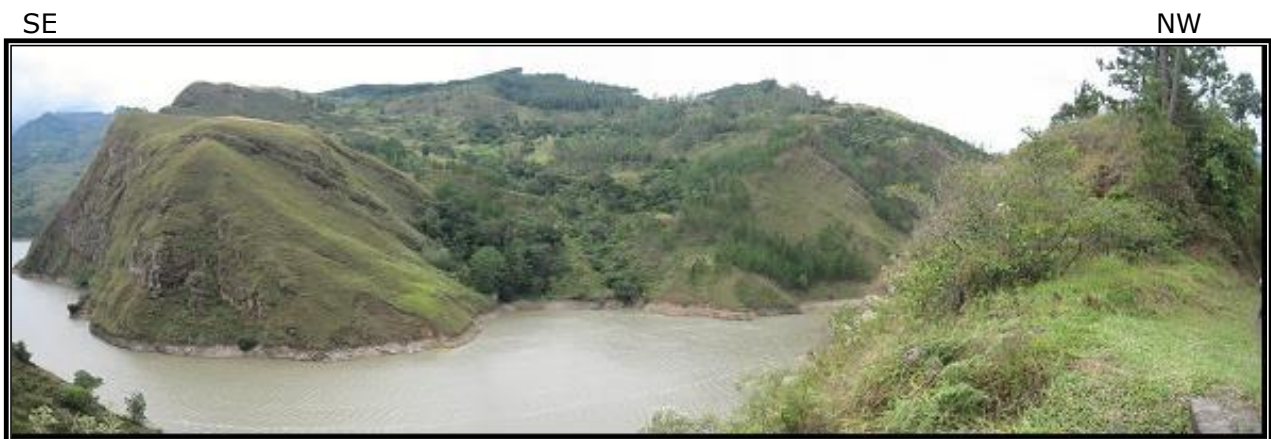
Se trata de 200 m de espesor, compuesto por areniscas cuarzosas, de color gris, gris claro y blanco, de grano fino a medio, muy cementadas (compactas), con 1-5% de líticos carbonosos negros y 2-5% de muscovita; dispuestas en capas delgadas, medianas y gruesas, algunas muy gruesas (principalmente al techo del intervalo), subtabulares a convexas en la base y tabulares, con estratificación en artesa, algunas altamente bioperturbadas en sus bases por *Thalassinoides* (**Foto VD5**).

Hacia la base del intervalo, se presentan interlaminações de shale negro, y hacia el techo de éste se presentan intercalaciones de capas delgadas y medianas, compactas, de lodolitas carbonosas o con lentes carbonosos oxidados (**Foto VD6**) y shales micáceos, en general con nódulos limosos y arenosos, de tamaño centimétrico.



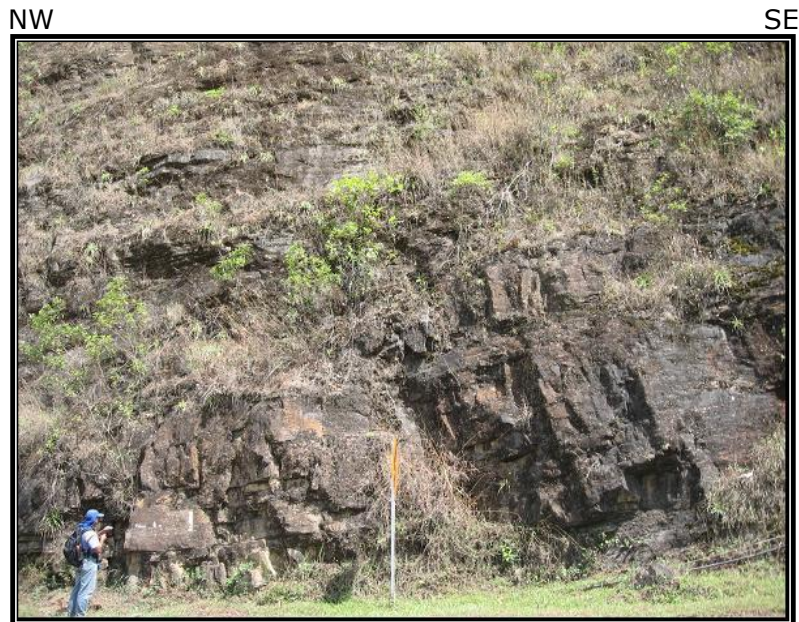


**Foto VD4** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Contacto concordante neto entre la Formación Areniscas de Las Juntas (parte superior) y la Formación Lutitas de Macanal (parte inferior) en la carretera Las Juntas-Santa María. La primera con dos dos intervalos de areniscas separados por uno de lodolitas. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



**Foto VD8** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Panorámica de la parte inferior de la Formación Areniscas de las Juntas, al sur del Embalse de Chivor. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.





**Foto VD5** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1) Capas subtabulares a canalíformes, medianas a gruesas, de arenitas cuarzosas, de color gris claro, de grano fino a medio, bioturbadas, de la Formación Areniscas de Las Juntas. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



**Foto VD6** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1) Lodolitas negras, compactas, algunas carbonosas, con interposiciones de capas tabulares de arenitas cuarzosas, de grano fino a medio, compactas, de la Formación Areniscas de Las Juntas. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.

*Intervalo medio de lodolitas (m 1.165 - m 1.577):*

Intervalo de 412 m de espesor, pero se incluye un tramo cubierto de 157 m inmediatamente por debajo del intervalo superior de areniscas. Está constituido predominantemente por lodolitas (menor limolitas) negras y grises, a veces con alteración rojiza y anaranjada, laminadas y físciles, con interlaminações y lentes milimétricos de arenisca y algunos nódulos arenosos a limosos. Hacia la parte más inferior del intervalo se intercalan capas medianas y delgadas, tabulares, de areniscas cuarzosas, blancas y grises, de grano medio a fino (granodecrecientes) o fino, muy cementadas (compactas), con láminas carbonosas a la base de las capas (**Foto VD7**).

*Intervalo superior areniscas (m 1.577 - m 1.654):*

Se trata de 77 m de espesor, compuesto por interposiciones de areniscas y lodolitas. Las areniscas son cuarzosas, grises oscuras, de grano fino y muy fino, muy cementadas (compactas), micáceas, macizas; dispuestas en capas gruesas a muy gruesas, tabulares a subtabulares, bioperturbadas, que hacia el techo del intervalo algunas se hacen calcáreas y presentan abundantes conchas de bivalvos y venas de calcita. Las lodolitas son grises oscuras a negras, laminadas y físciles, micáceas, en capas delgadas a medianas (gruesas al techo del intervalo), tabulares, con concreciones limosas, de tamaño centimétrico, hacia el techo del intervalo.



**Foto VD7** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Lodolitas compactas, grises a negras, laminadas, con intercalaciones de capas tabulares, medianas, de arenitas cuarzosas, con gradación normal, de la Formación Areniscas de Las Juntas. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



### Génesis:

Fabre (1985) en su trabajo acerca de la "Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy", analiza la distribución geográfica de la Formación Areniscas de Las Juntas (*op. cit.*, fig. 4) y la interpreta como acumulada en ambientes deltáicos.

### Otros aspectos:

Como se mencionó anteriormente, la Formación Areniscas de Las Juntas aflora en ambos flancos del Anticlinorio de Los Farallones de Medina. Esta unidad se observó replegada en la transecta-1 (Carmen de Carupá – San Luis de Gaceno), entre los municipios de Guateque, Almeida y Macanal (Boyacá), sobre el flanco occidental del anticlinorio, y con buzamientos localmente invertidos, en las transectas-1 y 2 (Sutamarchán – Ururia), en los alrededores de Santa María y Ururia (Boyacá), sobre el flanco oriental del anticlinorio.

#### 3.3.7.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica El Volador-El Dátil, medida en el presente estudio, el límite inferior de la Formación Areniscas de Las Juntas se definió con base en las primeras capas de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, cementadas (compactas), con estratificación en artesa, que afloran en el metro 965 del levantamiento (E: 1.080.430, N: 1.044.389) y que coinciden con una zona escarpada, situada estratigráficamente por encima de un gran tramo cubierto de topografía suave.

##### Límite superior:

El límite superior de la Formación Areniscas de Las Juntas se definió, en la sección estratigráfica El Volador-El Dátil, en el metro 1.654 del levantamiento (E: 1.079.664, N: 1.045.506), donde termina la sucesión de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino a muy fino, calcáreas, con abundantes conchas de bivalvos y venas de calcita, e interposiciones de lodolitas, grises oscuras a negras, situada al techo de la unidad.

En otros sectores diferentes al área tipo, los límites de la Formación Areniscas de Las Juntas se definieron, con base en su morfología, debido a que aparece como un nivel más resistente a la erosión en comparación con las formaciones infra y suprayacente, que fácilmente se identifica en imágenes de sensores remotos (**Foto P204**). Una vez identificada morfológicamente la Formación Areniscas de Las Juntas, el siguiente paso, para confirmar los límites de la unidad fue recurrir a



la comparación con las características litológicas descritas en la sección estratigráfica El Volador-El Dátil.



**Foto P204.** Tomada desde la Estación P204 (transecta-3): afloramiento en la margen izquierda del Río Cusiana, que muestra la morfología escarpada de la Formación Areniscas de Las Juntas (flanco occidental del Anticlinal del Río Suncé, al este-sureste de Aquitania).

#### 3.3.7.9 Reseña histórica

El primer estudio geológico de detalle de la sección Las Juntas – Santa María de Batá (actualmente Santa María) se debe a Bürgl (1961). A las areniscas que se observan “acercándose a Las Juntas,...”, las reconoció como “la Arenisca de Cáqueza”, las asignó al Hauteriviano y les asignó un espesor de 1.000 m (*op. cit.*, p. 177, 188).

En el “mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia” (Ulloa *et al.*, 1975), en el mismo sector estudiado por Bürgl, describen la estratigrafía de parte del Cretácico inferior bajo la denominación litoestratigráfica de “Grupo de Cáqueza”, subdividiéndolo en tres unidades formacionales, a una de las cuales denominan “Formación Areniscas de Las Juntas”. Sin embargo, es en el trabajo de Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) donde se propone de manera formal el nombre “Areniscas de Las Juntas”. Además en este trabajo, los autores mencionados, subdividen esta unidad en tres miembros, el superior de los cuales “parece corresponder a la Arenisca del (*sic.*) Cáqueza”.



### 3.3.7.10 Subdivisión

La Formación Areniscas de Las Juntas fue subdividida por Ulloa y Rodríguez (1979), de base a techo, en las siguientes unidades: "Miembro Arenisca de El Volador" de 145 m de espesor, "Miembro Lutitas Intermedias" de 250 a 295 m de espesor, y "Miembro Arenisca de Almeida" de 180 m de espesor. Según Ulloa *et al.* (2000a) "La Arenisca del Volador (*sic.*), suprayace en contacto transicional y concordante a las Lutitas de Macanal", "El Miembro Lutitas Intermedias suprayace en contacto neto y concordante a la Arenisca del Volador" y "El Miembro Arenisca de Almeida, se encuentra reposando en contacto concordante y neto sobre las Lutitas Intermedias".

### 3.3.7.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Con el nombre de Formación Areniscas de las Juntas, ha sido reconocido y cartografiado un cuerpo litológico de areniscas en la parte media de la Cordillera Oriental, desde la laguna de Chingaza -al sur- hasta la región de Chita -al norte-, en una extensión de 190 km, que involucra áreas del Cuadrángulo K-12 Guateque y de las planchas: 192-Laguna de Tota, 172-Paz de Río, 211-Tauramena, 193-Yopal, 153-Chita y 173-Río Pauto (Ulloa *et al.*, 2000a).

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Areniscas de Las Juntas: 1) Dentro del Cuadrángulo K-12, en la transecta-1 entre Guateque y Macanal (Boyacá), y a unos 2 Km al noreste de Santa María (Boyacá); en la transecta-2 entre Miraflores, Páez y Ururia (Boyacá). 2) Dentro de la Plancha 192, en la transecta-3 a unos 18 Km al este-sureste de Aquitania, sobre la carretera Pajarito-Aquitania (Boyacá).

#### Variación lateral:

En las transectas objeto de este estudio, no se observó variación en las características litológicas de la formación. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) reconocen variaciones en el espesor de los distintos miembros de la unidad. Además al estudiar la figura 4 de Fabre (1985) que muestra la distribución de las Areniscas de Las Juntas, se observa que hay un incremento en el espesor de la unidad, en dirección Noreste, aproximadamente desde 900 m en la localidad tipo hasta 2.000 m en el área del Cocuy.

#### Correlación:

Al observar la figura 4 de Fabre (1985) se concluye que la Formación Areniscas de Las Juntas se litocorrelaciona con la Formación Rio Negro al norte de la Sierra



Nevada del Cocuy y con la Formación Arenisca de Cáqueza (= Formación Alto de Cáqueza de Renzoni, 1963, p. 67), al sur de Bogotá. Dentro del área de estudio, la Formación Areniscas de Las Juntas se cronocorrelaciona con parte de las formaciones Paja y Tibasosa.



**Foto M237.** Estación M237 (transecta-3): Paquetes gruesos de limolitas grises oscuras, con interposiciones de capas subtabulares, gruesas, de arenitas cuarzosas grises claras, de grano fino, de la Formación Areniscas de Las Juntas (carretera Pajarito-Toquilla).

#### 3.3.7.12 Localidad tipo y estratotipo

La sección tipo de la Formación Areniscas de Las Juntas se estableció "entre las cuchillas de El Volador y El Dátil" (carretera Guateque-Santa María,...). La carretera a la cual hacen referencia Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21) discurría por el cañón del Río Batá "actual río Garagoa", pero en la actualidad se encuentra inundada por el Embalse de Chivor.

Una sección de la Formación Areniscas de Las Juntas que podría servir como sección de referencia (o como neotipo), aunque con un porcentaje de cubierto considerable, se localiza en la carretera actual Las Juntas-Macanal, paralela a la anterior y en una cota topográfica más alta. Esta sección denominada en el presente estudio El Volador-El Dátil (**Anexo 3.7**), se midió al metro, con poligonal y GPS, y se representó a escala 1:1.000. Para formalizar esta nueva sección es recomendable realizar un levantamiento estratigráfico detallado, acompañado de estudios bioestratigráficos y con la correspondiente publicación.



### 3.3.8 Formación Fómeque (Barremiano a Aptiano)

#### 3.3.8.1 Referencia original

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 101-102: como edición facsímil "Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia") en la región oriental de Cundinamarca, utilizó el nombre conjunto de Fómeque para la parte inferior del llamado "Piso de Villeta". El autor de término Villeta, según Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 546), fue Hettner en 1892 como *Villetaschichten & Stufe der Villetaschichten*.

Hubach (1957: "Contribución a las unidades Estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 47: como edición facsímil "Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia") anota bajo el título de "Grupo Villeta": "Hettner consideró como "piso" de Villeta la parte inferior, arcillosa, arenosa y calcárea del Cretáceo de la Cordillera Oriental (Cordillera de Bogotá), definiéndola vastamente desde Santander del Norte hasta Cundinamarca y documentándola con fósiles del Barremiano, Aptiano y Albiano." Enseguida añade: "Debido a... no definió los límites del Villeta, el cual reunía localmente el actual Cáqueza, el Girón y partes del Guadalupe.". Más adelante escribe: "Hubach, E., 1933.- En un cuadro anexo al trabajo de Kehrer, W. (1933) se expuso la delimitación y subdivisión del grupo de Villeta con base en la sección de la carretera Chipaque-Cáqueza, al E de Bogotá." En el cuadro anexo al trabajo de Kehrer (1933: "Columna estratigráfica en la Cordillera Oriental"), aparece subdividido de base a techo el "Piso de Villeta" en: "Conjunto de Fómeque", "Conjunto de Une" y "Conjunto de Chipaque".

#### 3.3.8.2 Proponente del nombre

Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p. 47), en su descripción del "Grupo Villeta", expresa: "Debajo de la formación de Chipaque se halla la Arenisca de Une, formación de agua dulce y salada.... Esta arenisca se coloca sobre la formación arcillosa y calcárea-arenosa de Fómeque,". Renzoni (1963, p. 67 y 68) utiliza la expresión Formación Fómeque para referirse al conjunto de rocas que descansa sobre el Grupo Cáqueza y subyacente a al Formación Une. Esta última expresión se utiliza en el presente estudio como nombre de la unidad.

#### 3.3.8.3 Derivación del nombre

El nombre de la unidad deriva de la región de Fómeque (Cf. Hubach, 1931, en Ingeominas, 1993, p. 102; Julivert en Julivert *et al.* 1968, p. 294).



#### 3.3.8.4 Área tipo

De acuerdo con Hubach (1931 en Ingeominas, 1993, p. 102) con relación a la descripción original de la Formación Fómeque, dice: "abarca la parte media de la angostura del río Une y un vasto campo en el triángulo Ubaque-Choachí-Fómeque,". Estos tres municipios pertenecen al Departamento de Cundinamarca.

#### 3.3.8.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Fómeque se sitúa estratigráficamente por encima de la Formación Areniscas de Las Juntas y por debajo de la Formación Une. Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24), refiriéndose a la Formación Fómeque indican: "El contacto inferior y superior de esta unidad, se observó concordantemente..."

En el área tipo, Renzoni (1963, p. 68) sitúa a la Formación Fómeque suprayaciendo a la Formación Alto de Cáqueza e infrayaciendo a la Formación Une.

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 102) indica que su "conjunto de Fómeque", "representa el aptiano y puede abarcar todavía parte del barremiano.". Igualmente Hubach en Kehrer (1933, Columna estratigráfica en la Cordillera Oriental), indica que el "Conjunto de Fómeque" en edad representaría del "Aptiano, hasta Barremiano medio, aproximadamente."

Hubach (1957: "Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 48) anota: "La formación de Fómeque contiene en la parte media amonitas aptianas y en la parte baja barremianas. La parte alta no contiene fósiles y puede ser Aptiano Superior o Albiano, siendo posible que exista una desconformidad fuerte con el Une." Esta anotación de Hubach se refiere a la sección de la carretera Chipaque-Cáqueza, al este de Bogotá.

Los datos bioestratigráficos del presente estudio (anexo paleontológico), sugieren que la unidad representaría el intervalo **Barremiano a Aptiano** (muestras SgV11BP, SgFES10bP y SgFES48P).

#### 3.3.8.6 Descripción geológica

##### Concepto básico y características distintivas

Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21), dentro del cuadrángulo K-12, Guateque, la Formación Fómeque "está constituida por lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y lentejones de calizas grises oscuras a negras, con frecuentes intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises



claras, de grano fino, micáceas, estratificadas en bancos de pocos centímetros hasta 3 m de espesor.”

### Espesor

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 21), en el cuadrángulo K-12, Guateque, calcularon por medio de cortes geológicos el espesor de la unidad. Para la región occidental del Anticlinorio de Los Farallones les dio 1.200 m, mientras que en el área oriental calcularon 800 m.

Durante este estudio, al sureste de Santa María (transecta-1) se midió con apoyo en poligonal y GPS, un espesor estratigráfico de 388 m de la Formación Fómeque, que se representó a escala 1:1.000, en la columna estratigráfica Alto de La Burra-Santa María (**Anexo 3.8**).

### 3.3.8.7 Litología

La descripción litológica de la unidad se basa en la integración de las observaciones logradas durante la medición de la sección Alto de La Burra-Santa María y de las logradas en estaciones de campo.

### Coordenadas de la poligonal (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.092.243	N: 1.027.276
Finales:	E: 1.092.921	N: 1.027.296

### Descripción:

Aproximadamente los primeros 30 m de la unidad muestran lodolitas y lodolitas arenosas, algunas físciles, de color gris oscuro a negro, con lentes medianos con laminación ondulada, de arenitas cuarzosas, de grano fino y muy fino a limo, cementadas, grises oscuras a negras, a veces calcáreas (**Foto M160**). Aunque el tramo restante de la unidad aflora muy poco, parecen predominar las lodolitas grises, muscovíticas, con restos de vegetales carbonizados, concreciones limolíticas piritosas, centimétricas y decimétricas, moldes internos de bivalvos; dispuestas en capas delgadas a gruesas, subtabulares a tabulares, con contactos netos planos y laminación ondulada paralela (**Foto AB1**).

### Génesis:

Montoya y Reyes (2003, p. 24) anotan: “Las características descritas para la Formación Fómeque en donde prevalecen lodolitas con intercalaciones esporádicas de arenisca de grano fino indican que fue depositada en un ambiente marino de plataforma media a externa.” Y retoman de Mayorga y Vargas (1995)



que en la región del Guavio, ellos consideran para la asociación facial de esta formación condiciones de depósito por debajo del nivel de acción de las olas, con bajos niveles de energía y baja tasa de sedimentación sobre una plataforma media a zona de transición.



**Foto M160.** Estación M160 (transecta-2): Capas tabulares, gruesas y medianas, de arenitas de grano muy fino a limo, de color gris oscuro, calcáreas, carbonosas, de la Formación Fómeque (carretera Zetaquirá-Miraflores).



**Foto AB1** (Sección Alto de La Burra-Santa María, transecta-1). Capas subtabulares a tabulares, elgadas y medianas, de lodolitas grises, con concreciones limolíticas piritosas, de la Formación Fómeque. Flanco oriental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



Otros aspectos:

La Formación Fόμεque se encuentra entre dos unidades de arenitas escarpadas y más resistentes a la erosión (Areniscas de Las Juntas y Une) y presenta una morfología suave y ondulada, con desarrollo de anticlinales y sinclinales, a menudo apretados y afectados por fallas.

## 3.3.8.8 Límites y contactos

Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica Alto de La Burra-Santa María (**Anexo 3.8**), el límite inferior de la Formación Fόμεque se definió con base en las primeras capas lentiformes de arenitas lodosas, de grano fino a muy fino, con gránulos flotantes de cuarzo, con cemento silíceo, que afloran en el metro 9 del levantamiento (E: 1.092.267, N: 1.027.270). Sin embargo, en la sección estratigráfica El Volador-El Dátil (**Anexo 3.7**), el límite inferior de la Formación Fόμεque se definió en el metro 1.654 del levantamiento (E: 1.079.664, N: 1.045.506), donde comienza la sucesión de lodolitas grises oscuras, laminadas y físilas, algunas calcáreas, con concreciones limosas y con interposiciones de calizas (wackestones) con terrígenos (cuarzo y lodo), grises oscuras, con fragmentos de conchas de bivalvos (**Foto VD9**).



**Foto VD9** (Sección El Volador-El Dátil, transecta-1). Paquetes gruesos a muy gruesos de lodolitas grises oscuras, laminadas y físilas, a veces calcáreas, con concreciones limosas, con interposiciones de capas subtabulares, gruesas a muy gruesas, de calizas grises oscuras, de la Formación Fόμεque. Flanco occidental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.



### Límite superior:

En la sección estratigráfica Alto de La Burra-Santa María, el límite superior de la unidad se definió, en el metro 397 del levantamiento (E: 1.092.908, N: 1.027.273), con base en su morfología, debido a que produce un relieve menos conspicuo en comparación con el relieve escarpado que forman las primeras arenitas de grano grueso a conglomerático de la suprayacente Formación Une (**Foto AB2**).

Para definir los límites inferior y superior de la Formación Fόμεque en los diferentes sectores estudiados, se utilizó como primer criterio la expresión morfológica de la unidad, es decir, se tuvo en cuenta que se presenta con topografía suave ubicada entre relieves escarpados (más resistentes a la erosión), correspondientes a las formaciones Areniscas de Las Juntas y Une. El segundo criterio fue la comparación con las características litológicas descritas por terceros y en la sección estratigráfica Alto de La Burra-Santa María.

#### 3.3.8.9 Reseña histórica

Hubach (1931, p. 101-102, en Ingeominas, 1993), en la región oriental de Cundinamarca, utilizó el nombre "conjunto de Fόμεque" para la parte inferior del llamado "Piso de Villeta" por Hettner en 1892. Al respecto véanse Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p. 47)

Hubach (1957 en Ingeominas 1994, p. 47-48), en su descripción del "Grupo Villeta" primero hace referencia a "la delimitación y subdivisión del grupo de Villeta" (*sic.*), presentado como cuadro anexo al trabajo de Kehrer (1933: "Columna estratigráfica en la Cordillera Oriental") en donde se había utilizado la expresión "Piso de Villeta", y segundo, emplea la expresión "Formación de Fόμεque". Renzoni (1963, p. 68) utiliza la expresión Formación Fόμεque para esta unidad, expresión que se utiliza en el presente estudio.

Dos reseñas históricas acerca de esta unidad han sido escritas por Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 294) y Ulloa *et al.*, (2000d, p. 8-12).

#### 3.3.8.10 Subdivisión

Ulloa *et al.* (2001, p. 17), en el área de la plancha 192 Laguna de Tota, subdividen la Formación Fόμεque en cuatro "conjuntos", nombrados en orden ascendente A, B, C y D.



**Foto AB2** (Sección Alto de La Burra-Santa María, transecta-1). Capas canaliformes, gruesas y muy gruesas, de arenitas cuarzosas de color gris, de grano grueso a conglomerático, de la Formación Une. Flanco oriental del Anticlinorio de Los Farallones de Medina.

#### 3.3.8.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad:

- 1) Dentro del cuadrángulo K-12, en la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno) sobre la carretera Machetá-Santa María (Boyacá), más o menos desde 1 Km antes del desvío a Tibirita hasta el caserío de El Dátil (**Fotos V01 y V02**); en la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia) sobre la carretera Zetaquirá-



Páez-Ururia, Boyacá (**Foto FES 10 a y FES10 b**), desde Zetaquirá hasta unos 6 km hacia el sureste del cruce que conduce a Miraflores y Berbeo, y desde unos 2 km antes de llegar a Ururia.

2) Dentro de la plancha 192, en la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), de Sureste a Noroeste sobre la carretera Pajarito-Aquitania y, de Noroeste a Sureste sobre la carretera no pavimentada Aquitania-Páramo de Hirva (Boyacá).

Un cuadro de la distribución geográfica se puede ver en Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 294) y en Ulloa *et al.*, (2000d, p. 4-5).

#### Variación lateral:

En las transectas objeto de este estudio, no se observó variación destacable en las características litológicas de la Formación Fómeque. Sin embargo, en la transecta-1 (Carmen de Carupá-San Luis de Gaceno) y transecta-2 (Sutamarchán-Ururia) se detecta un aparente cambio el espesor de la unidad, siendo mucho mayor en la parte W del Anticlinorio de Los Farallones de Medina que en la parte E.



**Foto V01.** Estación V01 (transecta-1): Bivalvos milimétricos en lodolitas grises a negras, de la Formación Fómeque (flanco oriental del Anticlinal de Guayatá, al este de Guateque).



**Foto V02.** Estación V02 (transecta-1): interposiciones tabulares, medianas a gruesas, de lodolitas y limolitas grises oscuras, a veces físilas, y cuarzoarenitas, de color gris y amarillo por alteración, de la Formación Foméque (flanco oriental del Anticlinal de Guayatá, al este de Guateque).



**Foto FES10 a.** Estación FES10 (transecta-2): Shales de color gris oscuro a negro, con interposiciones tabulares, gruesas y muy gruesas, de calizas (wackestones), grises oscuras, de la Formación Foméque (a unos 400 m al sur de Zetaquirá).





**Foto FES10 b.** Estación FES10 (transecta-2): Moldes de amonitas en shales de color gris oscuro a negro, de la Formación Fómeque (a unos 400 m al sur de Zetaquira).

Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Fómeque se cronocorrelaciona solamente con la parte superior de la Formación Paja.

3.3.8.12 Localidad tipo y estratotipo

Hubach (1931, p. 101-102), hace la descripción original del nombre así: "abarca la parte media de la angostura del río Une y un vasto campo en el triángulo Ubaque-Choachí-Fómeque,....Este conjunto se llamará conjunto de Fómeque, porque se halla bien caracterizado en la región de Fómeque (...).

**3.3.9 Formación Une (Albiano superior? a Cenomaniano)**

3.3.9.1 Referencia original

Es Hubach (1931, p. 102) el primer autor que utiliza el término "conjunto de areniscas de Une" para referirse a la parte media del "Piso de Villeta". Este trabajo de Hubach está publicado en edición facsímil de este informe que apareció publicada como Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XII (Ingeominas, 1993).



### 3.3.9.2 Proponente del nombre

Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p. 47), en su "Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia" (edición facsímil en la Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XVII Ingeominas, 1994), al describir el Grupo Villeta y como una subdivisión del mismo dice: "la Arenisca de Une, formación de agua dulce y salada...". Posteriormente Renzoni (1963, p. 69) utiliza el nombre Formación Une.

### 3.3.9.3 Derivación del nombre

El nombre Une parece derivar del río homónimo (ver Hubach, 1931, p. 102) y no del pueblo de Une, que no se encuentra sobre la formación como lo anota Julivert (en Julivert *et al.* 1968, p. 531).

### 3.3.9.4 Área tipo

Se puede atribuir a Julivert (en Julivert *et al.* 1968, p. 531) la escogencia de la localidad tipo cuando escribe: "La localidad tipo se encuentra al sureste de Bogotá, en la carretera Bogotá-Villavicencio, entre Chipaque y Cáqueza,".

### 3.3.9.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Une se encuentra entre la Formación Fómeque, sobre la que se apoya, y la Formación Chipaque que se le superpone.

Según Hubach (1958, columna estratigráfica de la sabana de Bogotá), la Arenisca de Une abarcaría del Albiano Superior (*sic.*) (?) al Cenomaniano en parte. Bürgl (1958, p. 124) anota: "...suponemos que la parte baja de esta arenisca representa el Albiano superior. Y agrega más adelante, refiriéndose al Cenomaniano: "Cerca de Choachí se colectaron algunos ejemplares mal conservados de *Mantelliceras* en las partes altas de la Arenisca de Une."

Numpaque y Rolón (1998, p. 126) concluyen: "Con base en los puntos de vista convergentes de Ulloa y Rodríguez y Fabre, se puede admitir como hipótesis válida de trabajo exploratorio la equivalencia litológica parcial entre la Formación Une y la Formación Areniscas de Chiquinquirá (Fig. 3 y 4),...". Terraza (2004, p. 164) comenta: "De los diferentes segmentos que conforman la Arenisca de Chiquinquirá se recogieron amonitas (Tabla 4-2, Anexo 4-2) lo cual permitió ubicarla cronoestratigráficamente entre el Albiano superior bajo y el Cenomaniano."

La posición cronoestratigráfica adoptada en este estudio para la Formación Une, se fundamenta en la integración de las consideraciones de Numpaque y Rolón, de

los datos reportados por Terraza y de los datos bioestratigráficos del presente estudio (muestra SgFES16P en anexo paleontológico). La Formación Une correspondería al intervalo **Albiano superior? a Cenomaniano.**

### 3.3.9.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24) en el cuadrángulo K-12, Guateque, describen la unidad así: "La Formación está constituida por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza; presenta estratificación cruzada, calcos de carga y marcas de oleaje. Dentro de esta unidad se presentan delgadas intercalaciones de lutitas negras, las cuales son más frecuentes hacia la parte superior."

#### Espesor

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24) en su estudio geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, indican: "En la región occidental del área investigada se le calculó a esta unidad un espesor de 500 m; mientras que en la región oriental alcanza un espesor de 1.100 m (fig. 10 y 11)". La figura 10 (región occidental) de estos autores corresponde a la sección carretera Garagoa-Pachavita-Tibaná y la figura 11 (región oriental) corresponde a una columna al este de Santa María.

Fabre (1985, p. XIX-8) por su parte anota: "Al este de la Cordillera Oriental (SNC, Labranzagrande) la Formación Une alcanza 1000 a 1200 m de espesor."

Baquero (1991, p. 9) en la región de Choachí-Fómeque-Ubaque (Cundinamarca), calculó cartográficamente un espesor de 800 m para la Formación Une.

Arciniegas y Montoya (1992, p. 13 y 30), al sureste de Bogotá, midieron 472 m de la Fm Une en el sector de Une-Fosca y 469 m en el sector Cáqueza-Vereda Caraza.

Alzate y Bueno (1994, p. 9) en la "sección de San Antonio" (1,5 Km al noreste de Duitama, Boyacá) midieron 230 m de la Formación Une (faltando el tope de la unidad porque no aflora).

Ulloa *et al.* (2001, p. 17, 20), en su estudio de la plancha 192 Laguna de Tota, señalan que la Formación Une alcanza un espesor de 955 m, con base en la columna estratigráfica levantada en la Peña del Salitre y la Peña del Higuerón.



Montoya y Reyes (2003, p. 25) reportan en la carretera Manta-Machetá, una columna estratigráfica de la Formación Une, con un espesor de 1.453 m.

### 3.3.9.7 Litología

Durante este estudio, al norte y noroeste de Tibirita (transecta-1) se midieron con apoyo en poligonal y GPS espesores estratigráficos parciales de la Formación Une; estos dieron 503 m y 730 m respectivamente y se representaron a escala 1:1.000, en las columnas estratigráficas correspondientes Tibirita-Laguna de Tibirita (**Anexo 3.9**) y Tibirita-Machetá (**Anexo 3.10**). La descripción litológica de esta formación se basa en la integración de las observaciones logradas en estas dos secciones y en algunas estaciones de campo.

#### Coordenadas de la poligonal Tibirita-Laguna de Tibirita (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.062.266 N: 1.052.605  
Finales: E: 1.062.107 N: 1.053.683

#### Coordenadas de la poligonal Tibirita-Machetá (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.061.259 N: 1.052.443  
Finales: E: 1.059.194 N: 1.053.389

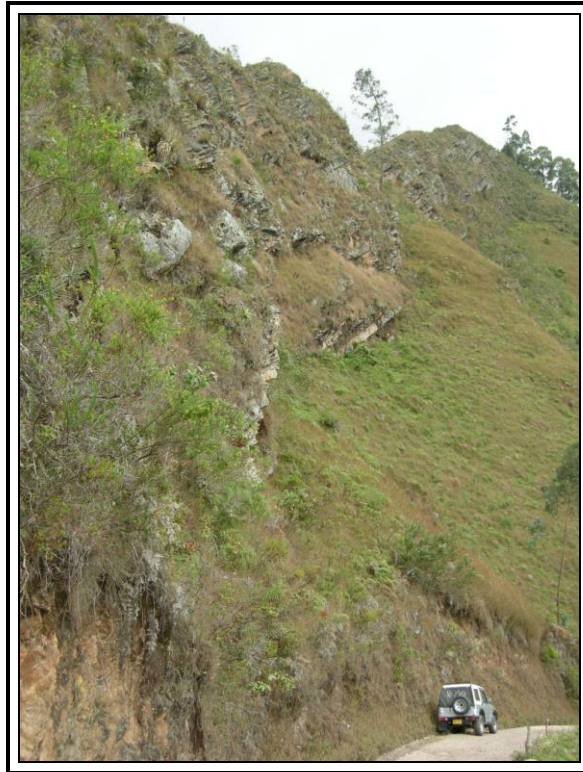
#### Descripción:

La Formación Une está compuesta por capas medianas, gruesas y muy gruesas, menor delgadas, subtabulares y algunas lenticulares conectadas, con contactos netos ondulados, laminación ondulada no paralela carbonosa e inclinada plana, y bioturbación moderada a alta por madrigueras verticales y horizontales (**Foto TM5**), de arenitas cuarzosas de color blanco, gris claro, gris, gris-verdoso y pardo claro, con matriz lodosa (3-8%), de grano muy fino, fino, medio, y grueso a muy grueso (localmente conglomerático), subangular a subredondeado, moderadamente a bien calibrados, con cemento silíceo (a veces ferruginoso), compactas, muscovíticas, con glauconita que varía de base a techo de la unidad, desde trazas hasta 20-25%, fragmentos y líticos carbonosos (**Fotos LT1, LT2, LT3, LT4, LT5, TM3, TM4, TM6**). Estas arenitas presentan intercalaciones muy gruesas, gruesas y medianas de lodolitas grises oscuras, frecuentemente físilas, micáceas, carbonosas, con nódulos ferruginosos, algunas con interposiciones delgadas de arenitas de grano fino a medio, ferruginosas, con moldes de bivalvos, o de lentes delgados de limolitas ferruginosas, muscovíticas, o de calizas (wackestones) y arenitas calcáreas, grises oscuras, carbonosas, con bivalvos (**Fotos TM1, TM2, TM7**). En la parte media y superior de la unidad aumenta la frecuencia de las lodolitas.





**Foto TM5** (Sección Tibirita-Machetá). Madrigueras verticales y horizontales, en capas gruesas de cuarzoarenitas de grano medio a fino, de la Formación Une.



**Foto LT1** (Sección Tibirita-Laguna de Tibirita). Capas subtabulares y lentiformes, gruesas, de cuarzoarenitas de grano grueso en la base y fino al tope, de la Formación Une.

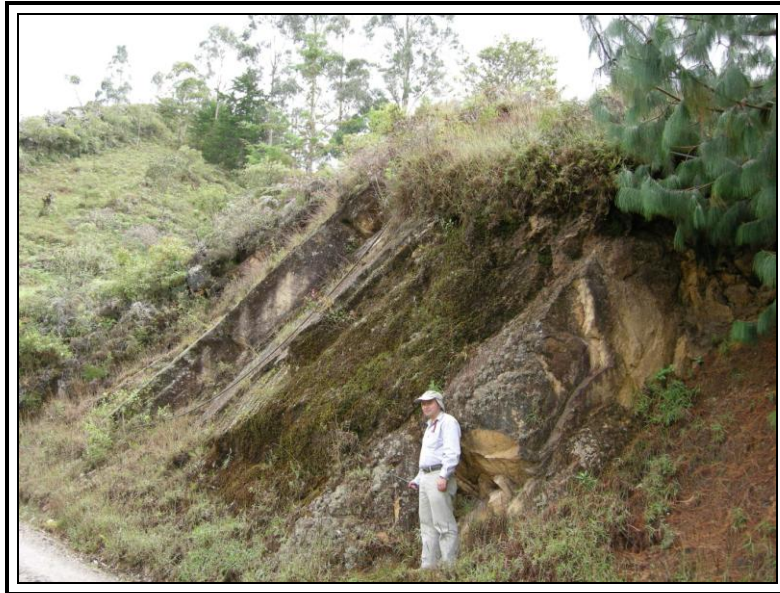




**Foto LT2** (Sección Tibirita-Laguna de Tibirita). Capas subtabulares y lentiformes, medianas y delgadas, de cuarzoarenitas de color pardo claro, de grano fino, de la Formación Une.



**Foto LT3** (Sección Tibirita-Laguna de Tibirita). Capas tabulares, medianas, con laminación ondulada, de cuarzoarenitas de grano medio a fino, de la Formación Une.



**Foto LT4** (Sección Tibirita-Laguna de Tibirita). Capas subtabulares y lentiformes, medianas a gruesas, de cuarzoarenitas de color gris claro y amarillo, de grano fino, bioturbadas, de la Formación Une.



**Foto LT5** (Sección Tibirita-Laguna de Tibirita). Capas gruesas y muy gruesas, de arenitas ligeramente lodosas, cuarzosas, de grano fino, bioturbadas, de la Formación Une.





**Foto TM3** (Sección Tibirita-Machetá). Capas subtabulares, gruesas a muy gruesas, de arenitas de grano fino, glauconíticas, de color gris verdoso, de la Formación Une.



**Foto TM4** (Sección Tibirita-Machetá). Capas subtabulares, gruesas, de cuarzoarenitas de grano medio a fino, con láminas carbonosas onduladas no paralelas, de la Formación Une.



**Foto TM6** (Sección Tibirita-Machetá). Capas subtabulares, medianas, gruesas y muy gruesas, de cuarzoarenitas de color gris claro, de grano fino, de la Formación Une.

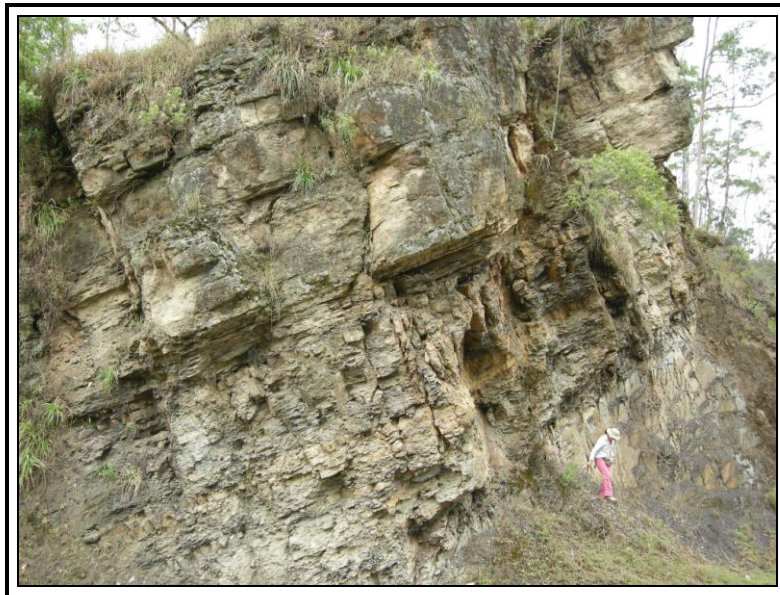


**Foto TM1** (Sección Tibirita-Machetá). Interposiciones de arenitas cuarzosas de color pardo claro, de grano fino, glauconíticas, y shales grises oscuros, de la Formación Une.





**Foto TM2** (Sección Tibirita-Machetá). Interposiciones de paquetes gruesos de shales grises oscuros y capas subtabulares, gruesas, de arenitas cuarzosas pardas, de la Formación Une.



**Foto TM7** (Sección Tibirita-Machetá). Capas lentiformes de sublitoarenitas lodosas, de color pardo, de grano fino, y debajo lodolitas limosas, grises, físciles, de la Formación Une.





**Foto TM8** (Sección Tibirita-Machetá). Capas subtabulares, muy gruesas, de cuarzoarenitas grises, de grano fino, duras, de la base de la Formación Arenisca Dura.

#### Génesis:

Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p. 47), con relación a la denominada por él "Arenisca de Une", menciona que es una "formación de agua dulce y salada...". Renzoni (1963, p. 72) concluye que en la Formación Une hay elementos litológicos de ambiente litoral.

Por su parte Fabre (1985, p. XIX-8), en su trabajo en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, analiza la distribución geográfica de la Formación Une (*op. cit.*, fig. 5) e interpreta las partes inferior y media como depósitos de playas y barras litorales (algunos sometidos a la acción de las olas y corrientes de deriva litoral), y de lagunas litorales; mientras que para la parte superior sugiere ambientes de "foreshore" y shoreface". Luego expresa (*op. cit.*, p. XIX-8) "La forma de prisma de las areniscas de la Formación Une (fig.5)... indican que esta formación representa un frente deltáico que progradó hacia el occidente..."

#### Otros aspectos:

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24) anotan: "En el cuadrángulo K-12, Guateque, esta unidad aflora en el occidente y oriente Anticlinorio de Los Farallones (*sic.*) y está caracterizada por una topografía de grandes escarpes, que contrasta con la topografía suavemente ondulada de las formaciones blandas que le infrayacen y suprayacen."



### 3.3.9.8 Límites y contactos

En las secciones estratigráficas, medidas durante este estudio al norte y noroeste de Tibirita (transecta-1), denominadas Tibirita-Laguna de Tibirita (**Anexo 3.9**) y Tibirita-Machetá (**Anexo 3.10**), no se observaron los límites de la Formación Une, salvo el límite superior de la unidad en la sección Tibirita-Machetá, que se definió en el metro 730 del levantamiento (E: 1.092.267, N: 1.027.270), donde termina la sucesión de arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas) de grano muy fino y fino, cementadas (compactas), grises claras, en capas subtabulares a lentiformes conectadas, delgadas, medianas y muy gruesas, bioperturbadas y con laminación ondulada no paralela, con glauconita, muscovita y líticos carbonosos.

El límite inferior de la unidad se observó concordante y neto por la carretera Santa María-San Luis de Gaceno, más precisamente en la quebrada La Leona, cerca de la confluencia con el Río Lengupá (**Foto P69**).

#### Límite inferior:

Existe disparidad en la definición del límite inferior de la Fm Une: Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 531) infiere de Campbell (1962), que el contacto entre la Arenisca de Une y la Formación Fόμεque es fuertemente discordante; Ulloa *et al.* (2003, p. 64), en la plancha 172 Paz de Río, describen el contacto inferior como concordante sobre las formaciones Fόμεque y Tibasosa; para Ulloa *et al.* (2001, p. 17, 20), en la plancha 192 Laguna de Tota, y para Montoya y Reyes (2003, p. 25), en la plancha 209 Zipaquirá, éste es neto y concordante. Renzoni (1963, p. 69) dice "el autor desea evidenciar la situación debajo del Portachuelo, en donde la Formación Fόμεque parece entrar en la Formación Une,...", sugiriendo una interdigitación de facies.

#### Límite superior:

Ulloa *et al.* (2003, p. 64), en su estudio geológico de la plancha 172 Paz de Río, describen: "El contacto superior con la Formación Chipaque, observado en otras localidades del área estudiada, es concordante y transicional,".

### 3.3.9.9 Reseña histórica

En la tabla que acompaña el trabajo de Kehrer (1933) Hubach claramente, sitúa el Conjunto de Une en la parte media del "Piso de Villeta".

Hubach (1931, p. 102), en su trabajo "Geología Petrolífera del Departamento Norte de Santander", publicado por Ingeominas (1993) como edición facsímil, hace la primera mención del nombre de la unidad de la siguiente manera: "El conjunto que se halla en la parte media del piso de Guadalupe (*sic. lapsus*

*calami*), está formado casi exclusivamente de areniscas,....de Choachí. Este conjunto de areniscas de Une se destaca en el terreno.....”.

Julivert (en Julivert *et al.* 1968, p. 531) anota “*Otras formas de emplear el término*: Formación Une (REZONI, 1962, pp. 67...)” Renzoni (1963, p. 69) efectivamente utiliza el término Formación Une para describir las secciones de las carreteras Une-Fosca y Choachí-Bogotá, pero no hace una proposición formal de la unidad.



**Foto P69.** Estación P69 (transecta-1): afloramiento en la quebrada La Leona (cerca de la confluencia con el Río Lengupá), que muestra capas subtabulares, gruesas y medianas, de arenitas cuarzosas de la Formación Une (en la parte izquierda), en contacto concordante neto con lodolitas grises y grises oscuras, laminadas a físciles, de la Formación Fómeque (en la parte derecha). (Bloque yacente de la Falla de Santa María, al este de Santa María).

#### 3.3.9.10 Subdivisión

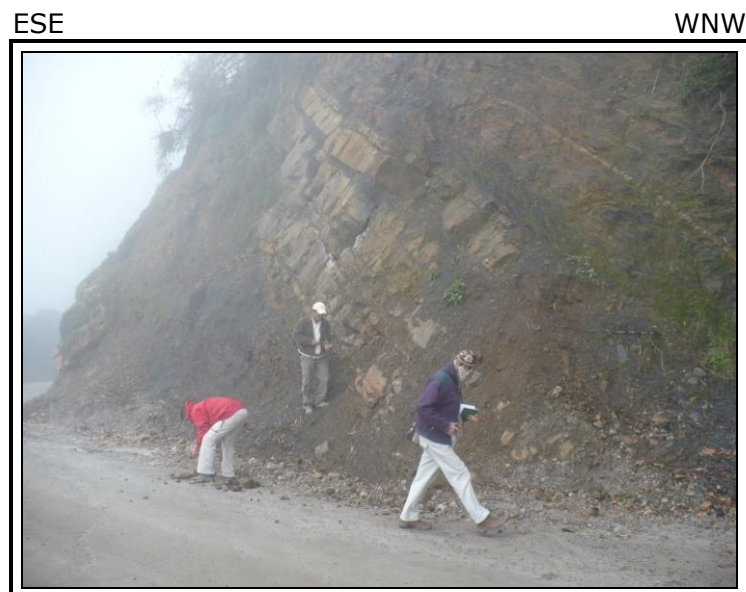
No hay subdivisiones formales de la Formación Une. Renzoni (1963, p. 69-70) subdividió la unidad en cinco niveles (“Primer nivel”, “Segundo nivel”, “Tercer nivel”, “Cuarto nivel” y “Quinto nivel”), en la zona Une-Fosca (al sureste de Bogotá) y Fabre (1985, p. XIX-8) la subdividió en tres conjuntos (“K4a”, “K4b” y “K4c”), en la Sierra Nevada del Cocuy.

Montoya y Reyes (2003, p. 25-35), en la carretera Manta-Machetá, levantaron una columna estratigráfica de la Formación Une, y para mejor descripción de la unidad la subdividieron en tres segmentos de base a techo: A, B y C.

### 3.3.9.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Fabre (1985), con base en su figura 5 concluye: "durante el Albiano-Cenomaniano inferior las facies arenosas de la Formación Une se extendían sobre un ancho de 150 Km entre el borde este de la "Cordillera" y la región de Villa de Leiva." En esta figura 5, Fabre muestra además que la Formación Une se extiende en dirección Noreste hasta el área de la Sierra Nevada del Cocuy, y en dirección Suroeste pone en evidencia que se extiende más al sur y suroeste del área de la Sabana de Bogotá. Con relación a esto último, Rodríguez (2000a, p. 7) menciona "La Formación Une está ligada geográficamente a la parte central de la Cordillera Oriental, y se extiende con la nomenclatura de la Sabana de Bogotá, desde la región de Colombia, Huila en el sur, hasta la región de la Sierra Nevada del Cocuy en el norte,".



**Foto FES3.** Estación FES3 (transecta-2): Intercalaciones de capas tabulares, gruesas y medianas, algunas muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color gris claro, compactas, de grano fino a medio, y paquetes de shales de color gris oscuro a negro, de la Formación Une.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Une: 1) En la transecta-1 (Carmen de Carupá-San Luis de Gaceno); dentro del cuadrángulo K-11, Zipaquirá, en los alrededores del municipio de Machetá (Cundinamarca) y dentro del cuadrángulo K-12, Guateque, al noroeste y norte de Tibirita y por las carreteras Machetá-Guateque y Santa María-San Luis de Gaceno. 2) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia); dentro de la plancha 191-Tunja, por la carretera Ramiriquí-Rondón, Boyacá (**Foto FES3**); dentro del cuadrángulo K-12,



por las carreteras Ramiriquí-Zetaquirá (**Foto P120**), Zetaquirá-San Antonio, y en los alrededores de Ururía, Boyacá. 3) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito); dentro de la plancha 171-Duitama, por la carretera Firavitoba-Pantano de Vargas (Boyacá) y dentro de la plancha 192-Laguna de Tota, por la carretera Pajarito-Aquitania (Boyacá).



**Foto P120.** Estación P120 (transecta-2): Capas tabulares, gruesas y muy gruesas, de arenitas cuarzosas blancas, de grano medio y grueso, muy compactas, con intercalaciones de capas muy delgadas y delgadas, de shales negros, micáceos, lutrosos, de la Formación Une (bloque yacente de la Falla de Soapaga, entre Ramiriquí y Zetaquirá).

#### Variación lateral:

La Formación Une en el área de estudio conserva relativamente constante sus características litológicas. Cabe anotar que se observó glauconita en la parte superior de la unidad (Cf. Fabre, 1985, p. XIX-8), pero en los afloramientos por la carretera Pajarito-Aquitania no se observó este mineral.

Fabre (1985, p. XIX-8 y fig. 5), analiza la distribución geográfica versus isopacas de la Formación Une y concluye, al igual que otros autores, que su espesor disminuye de oriente a occidente, desde 1.211 m medidos hasta 0 m.

#### Correlación:

La figura 5 de Fabre (1985) muestra que la Formación Une se litocorrelaciona con la base de la Formación Churuvita (hacia el Oeste en el área de Villa de Leiva), con las "Areniscas Inferiores" (hacia el Este en la región de los de los Llanos) y





con la Formación Aguardiente (hacia el norte de la Sierra Nevada del Cocuy). Dentro del área de estudio, la Formación Une se cronocorrelaciona con parte de las formaciones Churuvita y San Gil Superior.

#### 3.3.9.12 Localidad tipo y estratotipo

Julivert (en Julivert *et al.* 1968, p. 531) escribe: "La localidad tipo se encuentra al sureste de Bogotá, en la carretera Bogotá-Villavicencio, entre Chipaque y Cáqueza,".

### 3.3.10 Formación Chipaque (Turoniano a Coniaciano y Santoniano?)

#### 3.3.10.1 Referencia original

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 102) como "conjunto de Chipaque" refiriéndose al "conjunto superior de Villeta".

#### 3.3.10.2 Proponente del nombre

Hubach en un cuadro anexo ("Columna Estratigráfica en la Cordillera Oriental") al trabajo de Kehrer (1933), denomina "Conjunto de Chipaque" al conjunto superior del "Piso de Villeta" y lo sitúa en el "Cretáceo Medio" (*sic.*). Posteriormente Hubach (1957: "Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia", en Ingeominas, 1994, p. 47), utiliza la expresión "formación de Chipaque" para referirse a la parte superior del "grupo de Villeta". Sin embargo, es Renzoni en 1963 (p. 67 y 72) quien utiliza el nombre Formación Chipaque para la unidad superior del "Grupo Villeta".

#### 3.3.10.3 Derivación del nombre

El nombre Chipaque parece derivar del nombre homónimo de la población (ver Hubach, 1957, en Ingeominas, 1994, p. 47).

#### 3.3.10.4 Área tipo

Hubach (1931: "Geología petrolífera del Departamento Norte de Santander", en Ingeominas, 1993, p. 101-102) comienza su descripción del "PISO DE VILLETA" con el subtítulo "LADO ORIENTAL DE CUNDINAMARCA". Enseguida anota: "Como zona de partida para la apreciación del piso de Villeta se aprovechará aquella que se extiende entre Chipaque y la angostura del río Une, que se atraviesa en la carretera del Oriente al bajar de Chipaque a Cáqueza. .... En esta zona, como también en la que se halla más al Norte (Ubaque-Coachí (*sic.*)-Fómeque), el piso de Villeta se divide en tres conjuntos bien destacados. El INFERIOR, que abarca....

El conjunto que se halla en la parte media.... El conjunto superior de Villeta, o sea el conjunto de Chipaque, se asemeja bastante en su desarrollo en al conjunto inferior,..."

### 3.3.10.5 Cronoestratigrafía

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24) apuntan: "La Formación Chipaque descansa normalmente sobre los estratos de la Formación Une, e infrayace concordantemente a las formaciones (*sic.*) Guadalupe y Palmichal.". En el área de estudio, esta unidad se observó estratigráficamente por encima de la Formación Une y por debajo de la Formación Arenisca Dura.

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 104) con relación a la edad de los conjuntos del "Piso de Villeta", escribe del conjunto superior ("conjunto de Chipaque"): "la fauna no es tan variada (en Chipaque), pero también muy característica y la comparación con la fauna del cenomaniano del Perú, según el estudio correspondiente de Schlagintweit (*sic.*), demuestra una coincidencia muy estrecha. ....Según las condiciones litológicas, se puede considerar que el conjunto superior del piso de Villeta corresponde al cenomiano (*sic.*) inferior, advirtiendo que en él se encuentra frecuentemente la *Ostrea Syphax* (...) que ocurre en el Perú, dentro del Albiano y en Túnes y Argeria (*sic.*) dentro del cenomaniano (*sic.*) superior (Schlagintweit)". Más tarde, Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p. 48) cita: "Estudios llevados a cabo hasta el presente al este de Bogotá demostraron que el Chipaque con *E. mermeti* debe ser Cenomaniano Superior (*sic.*) como en Perú y se halla al W (*sic.*) de Bogotá..."

McLaughlin y Arce (1969, p. 17) reportan una amonita turoniana y fauna tardoconiacioniana dentro de depósitos salinos de la Sabana de Bogotá, y sugieren que esto depósitos están en la Formación Chipaque.

Etayo-Serna (1964, p. 25) cita fauna reportada en la Sabana de Bogotá por otros autores, entre éstos Royo y Gómez (1942: "Columna estratigráfica de la Cordillera Oriental de Cundinamarca), e interpreta con base en la descripción litológica que está situada "probablemente en la parte alta del Grupo Villeta y debajo del Miembro del Raizal" (hoy Formación Arenisca Dura como se verá más adelante). Luego Etayo-Serna (*op. cit.*, p. 26), añade: "En base a la fauna de las capas lutíticas Royo considera que son coniacienses."

Etayo-Serna (1985b, p. XXIV-7-8), describe fósiles encontrados en la Formación Chipaque, en el área de la Sierra Nevada del Cocuy, y determina que son de edad: Cenomaniano -pars-, Turoniano y Coniaciano.

La correlación en parte de la Formación Chipaque con la Formación Conejo, como se describe más adelante, y los datos bioestratigráficos de esta última en el



presente estudio (muestras SgJ071P, SgR108P, SgFES31P y SgM25P en anexo paleontológico) permiten indicar que la ubicación cronoestratigráfica más probable de la Formación Chipaque sería entre el **Turoniano, el Coniaciano y probablemente el Santoniano.**

### 3.3.10.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24), en su trabajo geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, describen la Formación Chipaque como una unidad "constituida por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas principalmente hacia la parte inferior alta; en la parte superior se presentan intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras a oscuras, de grano fino, estratificadas en bancos que varían de 1 a 3 m de espesor y un nivel de carbón."

#### Espesor

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 24), indican que en el área de Tibaná-Chinavita, la unidad alcanza un espesor de 520 m, mientras que en la región oriental del cuadrángulo se le calculó un espesor de 350 m.

Etayo-Serna (1985b, p. XXIV-7) reporta, en el área de la Sierra Nevada del Cocuy, un espesor de 620 m para la Formación Chipaque.

Baquero (1991, p. 9) en la región de Choachí-Fómeque-Ubaque (Cundinamarca), calculó a partir de una sección estructural un espesor de 800 m para la Formación Chipaque.

Ulloa *et al.* (2001, p. 20) anotan: "En la quebrada de San Antonio, al occidente del Municipio de San Luis de Gaceno, la Formación Chipaque tiene un espesor de 565 m,.... según columna estratigráfica levantada por Guerrero & Sarmiento (1996)". Estos mismos autores complementan (*op. cit.*, p. 24): "En la carretera Sogamoso-Pajarito, en el sitio del Crucero está expuesta la Formación Chipaque, con un espesor de 480 m (Vergara & Rodríguez, 1997)."

Durante este estudio se midió el espesor estratigráfico de la Formación Chipaque, al noroeste de Tibirita, Cundinamarca, el cual fue de 350 m. Al norte de Tibirita, se midieron 160 m de la parte superior de la unidad.

### 3.3.10.7 Litología

Al noroeste de Tibirita (transecta-1) se midió en este estudio con apoyo en poligonal y GPS, el espesor estratigráfico de la Formación Chipaque, que se



representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Tibirita-Machetá (**Anexo 3.10**). Al norte de Tibirita se midió otra sección que involucra la parte superior de esta unidad (sección Tibirita-Soatama, **Anexo 3.11**). La descripción litológica de esta formación se realiza principalmente con base en las observaciones logradas, entre el m 730 y el m 1080, de la sección Tibirita-Machetá (**Anexo 3.10**) y se complementa con las observaciones entre el m 0 y m 160 de la sección Tibirita-Soatama.

Coordenadas de la poligonal Tibirita-Machetá (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.061.259 N: 1.052.443  
Finales: E: 1.059.194 N: 1.053.389

Coordenadas de la poligonal Tibirita-Soatama (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.062.055 N: 1.056.309  
Finales: E: 1.061.435 N: 1.056.558

Descripción:

En la sección Tibirita-Machetá, la parte inferior de la unidad, de unos de 106 m de espesor, muestra de base a techo con algunos tramos cubiertos, interposiciones de lodolitas grises oscuras, muscovíticas, con laminación heterolítica, y areniscas lodosas (wackas) cuarzosas, en capas delgadas lentiformes, con laminación ondulada y *flaser*; shales y shales limosos, grises oscuros, muscovíticos, con restos vegetales carbonizados y láminas y lentes delgados de arenita de grano muy fino y fino; lodolitas de color gris oscuro, carbonosas, micáceas, con interposiciones de areniscas lodosas, sublíticas, de color pardo, de grano fino, cementadas, en capas lentiformes con laminación *flaser* y ondulada y bioturbación leve (por madrigueras horizontales) y de arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas), de grano medio, en capas con geometría lenticular conectada y lentes, con laminación *flaser*. La parte media y superior de la unidad, corresponde a un tramo cubierto de unos 224 m, seguidos por aproximadamente 20 m estratigráficos de arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas), de color gris claro, de grano fino, bien calibradas, en capas delgadas, lentiformes, con laminación *flaser*; interposiciones de lodolitas, arenitas cuarzosas de grano fino y limolitas ferruginosas, en capas lenticulares, delgadas y medianas, con laminación ondulada paralela; y shales grises parcialmente cubiertos. Es común en todas las litologías la presencia de fragmentos carbonizados, óxidos de hierro y nódulos ferruginosos o piritosos.

En la sección Tibirita-Soatama, la parte superior de la Formación Chipaque (160 m) está compuesta por interposiciones de paquetes gruesos de lodolitas (a menudo físciles-shales), con lentes medianos de arenitas lodosas (wackas);

paquetes de capas subtabulares y tabulares, medianas y gruesas, de arenitas cuarzosas de color gris (**Foto TS1**), pardo y blanco, de grano fino y muy fino, cementado, con laminación ondulada no paralela, algunas con pellets fosfáticos, restos de peces y glauconita (a veces abundantes); paquetes de capas delgadas y medianas, tabulares y lentiformes, con laminación heterolítica (limolita-lodolita), a veces capas de limolitas síliceas.



**Foto TS1** (Sección Tibirita-Soatama). Capas subtabulares, medianas y gruesas, de cuarzoarenitas, grises, de grano fino, de la Formación Chipaque.

Por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (en la transecta-2), se observaron otros tipos de litología: calizas (wackestones a packstones) de color gris, con intercalaciones de capas delgadas de shales grises, con fragmentos carbonosos y arenitas grises de grano fino, y arenitas cuarzosas (cuarzoarenitas), de color gris y pardo ligeramente verdoso, de grano fino, síliceas (compactas), en capas tabulares, delgadas y medianas, con interlaminaciones y *flasers* carbonosos, con líticas negras 3% y glauconita 2%, frecuentemente oxidadas.

#### Génesis:

Fabre (1985, figs. 2 y 7) interpreta las facies de la Formación Chipaque como acumuladas en aguas marinas tranquilas o con corrientes débiles y muy tranquilas, en un ambiente de plataforma interna a externa.

Rodríguez (2000b, p. 35) compila las interpretaciones del ambiente de depósito de la Formación Chipaque, que hacen Mayorga y Vargas (1995), con base en tres secciones: Boquerón de La Ventura (Sierra Nevada del Cocuy), Sogamoso-Yopal





y Guavio (Municipio de Monterrey). En primera sección interpretan un ambiente de depósito que va desde shoreface a zona de transición hasta plataforma media; en la sección Sogamoso-Yopal, interpretan un ambiente de depósito de plataforma media (*offshore*) y zona de transición a *lower Shoreface*; y en la sección Guavio interpretan ambientes de llanuras sublitorales, planicies intermareales a submareales y plataforma interna.

#### Otros aspectos:

Rodríguez (2000b, p. 33) considera que en general, la Formación Chipaque a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Oriental, se halla bastante replegada, formando estructuras sinclinales y anticlinales apretados de poca extensión, de dirección Noreste, y afectada por fallas de cabalgamiento de dirección Noreste y con inclinación hacia el Oeste.

#### 3.3.10.8 Límites y contactos

La definición de los límites de la Formación Chipaque es relativamente fácil debido a que esta unidad por ser esencialmente lodolítica, se diferencia claramente de las unidades infra- y suprayacente que están formadas por areniscas y sobresalen conspicuamente en el relieve.

#### Límite inferior:

En la sección estratigráfica Tibirita-Machetá (**Anexo 3.10**), medida en este estudio, el límite inferior de la Formación Chipaque se definió con base en las primeras interposiciones de capas delgadas de lodolitas grises oscuras, micáceas, con laminación heterolítica, y areniscas lodosas (wackas) cuarzosas, lentiformes, con laminación ondulada y *flaser*, que afloran por encima de un tramo cubierto en el metro 730 del levantamiento (E: 1.059.705, N: 1.052.842).

#### Límite superior:

En la sección estratigráfica descrita anteriormente, el límite superior de la unidad se definió, en el metro 1080 del levantamiento (E: 1.059.154, N: 1.053.307), con base en las capas delgadas, lentiformes, de arenitas cuarzosas de gris claro, de grano fino, bien calibradas, con laminación *flaser*, y las interposiciones delgadas y medianas, de lodolitas, arenitas cuarzosas de grano fino, limolitas ferruginosas y shales grises que se presenta al techo de la unidad; inmediatamente por debajo de capas subtabulares, muy gruesas, de cuarzoarenitas grises, de grano fino, cementadas (compactas), de la base de la Formación Arenisca Dura.

En la sección estratigráfica Tibirita-Soatama (**Anexo 3.11**) el límite superior de la unidad se definió, en el metro 160 del levantamiento (E: 1.061.842, N:

1.056.334), con base en una secuencia al techo de la unidad, de capas tabulares y lenticulares, delgadas y medianas, de lodolitas y limolitas silíceas; situadas por debajo de capas gruesas de arenitas lodosas cuarzosas (cuarzowackas), cementadas (compactas) de la base de la Formación Arenisca Dura.

### 3.3.10.9 Reseña histórica

El nombre de la unidad fue empleado por primera vez por Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 102) en su división del "Piso de Villeta", en el lado oriental de Cundinamarca, en los conjuntos de inferior, medio y superior: "conjunto de Fόμεque", "conjunto de areniscas de Une" y "conjunto de Chipaque". A este último posteriormente Hubach, en un cuadro anexo al trabajo de Kehrer (1933), lo denominaría "Conjunto de Chipaque" y más tarde, Hubach (1957, en Ingeominas, 1994, p.47) utilizaría la expresión "formación de Chipaque". Al respecto, Julivert (en Julivert *et al.*, 1968, p. 251) anota: "La parte más alta de este Conjunto de Chipaque la formaba el Nivel de *Exogyra squamata* cuyo techo era a la vez el límite entre Villeta y Guadalupe. El Guadalupe a su vez se dividía en un Conjunto Superior y uno Inferior. Aceptando el criterio de la COL. SOC. PETR. GEOL. GEOPH. (1961) respecto a la posición de la base del Guadalupe, esta formación queda restringida a la que HUBACH llamaba Guadalupe Superior, quedando por consiguiente el Guadalupe Inferior sin denominar. RENZONI (1962) adopta la nomenclatura a la nueva delimitación del Guadalupe englobando bajo la denominación de Formación Chipaque al Conjunto de Chipaque y al Conjunto Inferior del Guadalupe de HUBACH ya que según RENZONI (1962, p. 72) no existen diferencias litológicas que justifiquen la separación."

### 3.3.10.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Chipaque. Fabre (1985, p. XIX-9) la subdividió en tres conjuntos ("K5a", "K5b" y "K5c"), en la Sierra Nevada del Cocuy.

### 3.3.10.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Fabre (1985, fig. 7), muestra que durante el Turoniano y Coniaciano, las facies de la Formación Chipaque se extendían ampliamente sobre la Cordillera Oriental, desde la Sierra Nevada del Cocuy hasta seguramente más al Sur y Suroeste del área de la Sabana de Bogotá (en dirección Suroeste). Con relación a esto último, Rodríguez (2000b, p. 1) menciona "La Formación Chipaque en el sentido de Renzoni (1963, p.72) es decir limitada en su base por el tope de la Formación Une y su techo hasta la base de la Arenisca Dura, ha sido cartografiada a lo largo de la Cordillera Oriental, desde la región de Colombia, Huila al sur, donde en la



plancha 303, Colombia, en el cañón del Río Ambicá, las unidades del Cretáceo han sido denominadas tentativamente como formaciones Une, Chipaque y Grupo Guadalupe (INGEOMINAS, 1980);”.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la unidad:

1) En la transecta-1 (Carmen de Carupa-San Luis de Gaceno), a unos 8 Km desde Machetá, Cundinamarca, vía hacia Guateque, Boyacá (cuadrángulo K-11, Zipaquirá), y aproximadamente en el sector central entre Santa María y San Luis de Gaceno, Boyacá (cuadrángulo K-12, Guateque).

2) En la transecta-2 (Sutamarchán- Ururia) por la carretera Ramiriquí-Zetaquirá, Boyacá, desde unos 4 Km al sur-suroeste de Rondón hasta Zetaquirá (plancha 191-Tunja y cuadrángulo K-12, Guateque) y a unos 4 Km al sur-suroeste de Ururia, Boyacá (cuadrángulo K-12, Guateque).

3) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), inmediatamente al este-noreste de Aquitania, Boyacá, y en los sectores suroeste y sureste de la Laguna de Tota (plancha 192-Laguna de Tota).

#### Variación lateral:

La Formación Chipaque en el área de estudio conserva relativamente constante sus características litológicas. En cuanto al espesor estratigráfico de la unidad, arriba se dieron algunos datos, incluido el obtenido en este estudio, y se puede concluir que éste tiende a ser constante en el área de estudio y en promedio puede tener 520 m.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Chipaque se crono y litocorrelaciona (con leves diferencias) con las formaciones Simijaca y La Frontera, y la Formación Conejo.

#### 3.3.10.12 Localidad tipo y estratotipo

Hubach (1931, en Ingeominas, 1993, p. 101-102) para describir el “conjunto de Chipaque” como el conjunto superior del “piso de Villeta”, lo hace bajo el subtítulo de “LADO ORIENTAL DE CUNDINAMARCA”. Enseguida anota: “Como zona de partida para la apreciación del piso de Villeta se aprovechará aquella que se extiende entre Chipaque y la angostura del río Une, que se atraviesa en la carretera del Oriente al bajar de Chipaque a Cáqueza.”



### **3.3.11 Grupo Palmichal (Campaniano inferior a Paleoceno inferior y medio)**

En este estudio, estamos de acuerdo con Vergara y Rodríguez (1997) en preferir emplear el nombre Grupo Palmichal para el área del Piedemonte Llanero (el área de los cinturones de cabalgamiento de los Llanos al este de Santa María de Batá), acogiendo las razones expuestas por ellos y que serán mencionadas más adelante. Además, el sentido que le damos al Grupo Palmichal es el definido y descrito por Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979), es decir, el Grupo Palmichal es la sucesión estratigráfica situada entre la Formación Chipaque y la Formación Arcillas de El Limbo.

#### 3.3.11.1 Referencia original

Son Ulloa *et al.* (1975), en el "Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12, Guateque, Colombia" los primeros autores en emplear el término "Grupo Palmichal" para referirse a "Tres miembros arenosos separados por dos miembros de lutitas con algunas intercalaciones de limolitas silíceas".

#### 3.3.11.2 Proponente del nombre

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) proponen el nombre de "Grupo Palmichal" para referirse a una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos, que afloran en la quebrada Palmichal. Los autores proponen formalmente la unidad y la subdividen en 5 conjuntos: A, B, C, D y E.

#### 3.3.11.3 Derivación del nombre

El nombre Palmichal deriva de la quebrada homónima ubicada en la localidad de Santa Teresa, aproximadamente 10 km al norte del municipio de Sabanalarga, en el Departamento de Casanare.

#### 3.3.11.4 Área tipo

De acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) el Grupo Palmichal se ha restringido a la Cuenca del Borde Llanero.

#### 3.3.11.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, el Grupo Palmichal se encuentra entre la Formación Chipaque, sobre la que se apoya, y la Formación Arcillas de El Limbo que se le superpone.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) anotan: "La parte superior del Grupo Palmichal parece corresponder a la Arenisca de El Morro (Van der Hammen, 1957b), datada palinológicamente como de edad Maestrichtiano-Paleoceno Inferior.". También agregan: "La mala conservación de la fauna en esta unidad, no permitió hacer una datación precisa de su edad, pudiéndose identificar únicamente el ejemplar *ostrea abrupta D'Orbigny*, considerado por Diana Gutiérrez como una forma del Cretáceo Superior (*sic.*)".

Rincón (1982, p. 127), señala: "El Grupo Palmichal está constituido por cinco unidades de más antiguas a más jóvenes: Unidad A, B, C, D, E. Las cuatro primeras unidades tienen una edad Cretáceo Superior, según datos micropaleontológicos, realizados por el geólogo Hernando Dueñas, la Unidad E tiene una edad Paleoceno según trabajos anteriores."

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 4) consideran que el Grupo Palmichal, cartografiado y definido por Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979), está en sinonimia con el "Grupo Guadalupe, la Formación Guaduas y la Formación Socha Inferior". Luego (*op. cit.*, p. 18), proponen dividir el Grupo Guadalupe en las unidades Guadalupe Inferior, Guadalupe Medio y Guadalupe Superior, y más adelante (*op. cit.*, p. 20), denominan el Guadalupe Inferior del Piedemonte Llanero como "Formación Arenitas de San Antonio", Guadalupe Medio como "Formación Lodolitas de Aguacaliente" y el Guadalupe Superior como "Formación Arenitas de San Luis de Gaceno". A estas nuevas unidades estos autores (*op. cit.*, fig. 9, p. 51) las asignan con base en palinomorfos al Campaniano temprano, Campaniano tardío y Maastrichtiano temprano respectivamente. De igual forma asignan la parte inferior de la Formación Guaduas al Maastrichtiano tardío y la "Formación Socha Inferior" al Thanetiano (Paleoceno tardío), e interpretan un hiato entre las dos últimas.

Sin embargo, Pardo (2004, p. 47) con relación a las edades dadas por Guerrero y Sarmiento (1996) comenta: Estos autores mencionaron la presencia de *Stephanocolpites costatus* y *Foveotriletes margaritae* en la parte inferior de la Formación Areniscas de Socha y la FAD de *Bombacacidites annae* y *Longapertites vanendeenburgi* en su parte superior. Basado en estos datos una edad Paleoceno temprano-medio es más probable de acuerdo a los esquemas biozonales de Germeraad *et al.* (1968) y Muller *et al.* (1987).

El Grupo Palmichal se correspondería la intervalo **Campaniano inferior a Paleoceno inferior y medio.**





### 3.3.11.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) en el cuadrángulo K-12, Guateque, describen el Grupo Palmichal así: "Esta unidad en su localidad tipo está constituida en su base por 170 m (conjunto A) de areniscas cuarzosas, de grano fino a medio, con intercalaciones delgadas de lutitas y limolitas; la parte media la constituyen 60 m (conjunto B) de lutitas y limolitas grises claras a oscuras; 150 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, friables, estratificación fina a gruesa, con intercalaciones de limolitas y lutitas grises; 40 m (conjunto D) formado por lutitas negras con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas, arcillosas y lentes de calizas; su techo está compuesto por 130 m (conjunto E) de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso y conglomerados finos, con cantos subredondeados de cuarzo hasta 2 cm de diámetro; dentro de este conjunto se observa estratificación cruzada."

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) en el cuadrángulo K-13, Tauramena, lo describen así: "... está constituido por los siguientes conjuntos: a) su base constituida por 180 m de areniscas cuarzosas, blancas, de grano fino, bien sorteadas, con intercalaciones de lutitas y limolitas silíceas; b) lutitas grises claras a oscuras, con intercalaciones de areniscas de pocos metros de espesor; c) areniscas cuarzosas, de grano fino a grueso, macizas, friables con pequeñas intercalaciones de lutitas grises a negras; d) lutitas y limolitas negras con pequeñas intercalaciones de limolitas silíceas y areniscas de poco espesor; e) la parte superior del grupo está compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, lentejones de conglomerados, con guijos de cuarzo lechoso hasta de 5 mm de diámetro."

#### Espesor

Para Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), en la quebrada Palmichal, el Grupo Palmichal unidad alcanza un espesor de 550 m.

Para Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16), en la quebrada Chiquita, la unidad alcanza un espesor de 540 m.

Sumando los espesores dados por Guerrero y Sarmiento (1996, p. 21, 23, 26, 28 y 29) para las unidades que describen como equivalentes al Gr. Palmichal, el espesor total de éste sería de unos 834 m: Formación Arenitas de San Antonio, 214.8 m; Formación Lodolitas de Aguacaliente, 157.5 m; Formación Arenitas de San Luis de Gaceno, 149 m; Formación Guaduas, menor a 80 m; y "Formación Socha Inferior", 231.6 m.



Haciendo el mismo ejercicio con los espesores dados por Vergara y Rodríguez (1997, p. 64 y 66) para las unidades que describen como Gr. Palmichal, el espesor total de éste sería de unos 468 m: Formación Arenitas de San Antonio, 190 m; Formación Lodolitas de Aguacaliente, 40 m; Formación Arenitas de San Luis de Gaceno, 168 m; y Formación Guaduas, menor a 70 m.

En este estudio, por la carretera Santa María-San Luis de Gaceno (Boyacá), en el sitio conocido como Aguacaliente, se midió un espesor estratigráfico de 847 m de la unidad.

### 3.3.11.7 Litología

La sección estratigráfica del Gr. Palmichal, medida con apoyo en poligonal y GPS por la carretera Santa María-San Luis de Gaceno, se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Aguacaliente (**Anexo 3.16**). La descripción litológica de esta unidad se basa en las observaciones logradas, entre el m 423 y el m 1.470 de la sección.

#### Coordenadas de la poligonal Aguacaliente (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.095.591 N: 1.027.096  
Finales: E: 1.096.447 N: 1.025.822

#### Descripción:

El Grupo Palmichal está compuesto en general por paquetes muy gruesos de capas gruesas de arenitas, interpuestos con paquetes muy gruesos de intercalaciones de capas desde muy delgadas hasta muy gruesas de arenitas y lodolitas (a veces físilas) o arcillolitas. La sección Aguacaliente, con amplios tramos cubiertos, muestra de base a techo la siguiente sucesión litológica:

1) Paquetes muy gruesos de capas gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco y amarillo por alteración, de grano medio a grueso, friables, que pasan hacia arriba a capas gruesas de arenitas cuarzosas, de grano medio, friables, localmente compactas, cementadas (**Foto AC1**).

2) Intercalaciones de capas gruesas a muy gruesas de lodolitas y shales grises oscuros y capas gruesas a medianas de arenitas cuarzosas, blancas, de grano muy fino y arenitas fosfáticas (abundantes *pellets*), con laminación flaser, bioperturbadas (*Thalassinoides*) en las bases de las capas (**Fotos AC2 y AC3**).

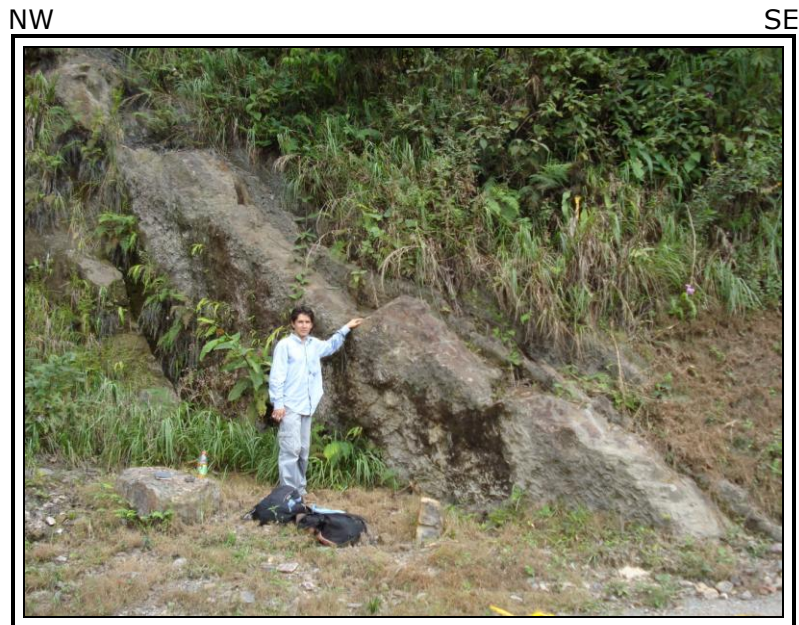
3) Paquetes muy gruesos de capas subtabulares, gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco a amarillo, de grano fino a medio, muy friables, con líticos (2%), intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises oscuras.

- 4) Intercalaciones de capas gruesas a muy gruesas de arenitas cuarzosas, de grano fino a medio, y paquetes de capas interpuestas, muy delgadas a delgadas, de arenitas cuarzosas y shales grises oscuros.
- 5) Intercalaciones de capas delgadas, medianas y algunas gruesas, de arenitas cuarzosas, de grano fino, con interlaminaciones lodosas, y lodolitas negras con laminación lenticular.
- 6) Intercalaciones de capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, blancas a amarillas, de grano medio a grueso, friables, y capas medianas de lodolitas negras con laminación lenticular.
- 7) Intercalaciones de capas gruesas de arenitas cuarzosas, blancas a amarillas, de grano fino, friables, y paquetes de capas interpuestas, muy delgadas, de arenitas cuarzosas y arcillolitas grises a pardas.
- 8) Paquetes muy gruesos de capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, con matriz lodosa (5-10%), de color blanco (localmente rojizo por cemento ferruginoso), de grano fino a medio, sub-redondeado, friables, con laminación en artesa a inclinada plana (**Foto AC4**).



**Foto AC1** (Sección Aguacaliente, transecta-1). Capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco, de grano medio, friables, compactas al tope, localmente laminadas, del Grupo Palmichal. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.





**Foto AC2** (Sección Aguacaliente, transecta-1). Paquetes gruesos y muy gruesos de shales con interposiciones de capas gruesas de arenitas de grano muy fino y arenitas fosfáticas, del Grupo Palmichal. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.



**Foto AC3** (Sección Aguacaliente, transecta-1). Paquetes gruesos de arenitas de grano muy fino y arenitas fosfáticas, con *Thalassinoides*, a la base de las capas. Grupo Palmichal. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.



**Foto AC4** (Sección Aguacaliente, transecta-1). Capas tabulares a subtabulares, muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color blanco-amarillento, localmente rojizo, de grano fino a medio, con laminación en artesa e inclinada plana, al techo del Grupo Palmichal. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.

#### Génesis:

Para Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) el Grupo Palmichal se depositó en un ambiente marino de aguas someras, con influencia deltaica.

Rincón (1982, p. 127), sobre el Grupo Palmichal menciona: "Las Unidades A, B, C, D corresponden a un delta con influencia fluvial y probablemente de olas y mareas en su parte superior y la última Unidad o Unidad E a un ambiente completamente fluvial."

Pérez *et al.* (1984, p. 133), mencionan: "The Palmichal Group is a progradational deltaic sequence, fluvial toward the bottom (units A and B), marine environment toward the middle (units C and D) and fluvial conditions toward the top of the group (unit E)."

#### Otros aspectos:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 15) señalan: "En el Cuadrángulo K-13, Tauramena, el Grupo Palmichal, aflora en un área de 70 km<sup>2</sup>, en el núcleo del Sinclinal de Recetor, en el Sinclinal del Boquerón y al sur del Río Tua y constituye los flancos





del Anticlinal de Monserrate. La unidad se caracteriza por presentar fuertes escarpes, que la hacen fácilmente diferenciable de las formaciones que la infrayacen y suprayacen”.

#### 3.3.11.8 Límites y contactos

##### Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica Aguacaliente (**Anexo 3.16**), el límite inferior del Gr. Palmichal se definió con base en los primeros paquetes muy gruesos de capas gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco y amarillo, de grano medio a grueso, friables, que afloran en el metro 423 del levantamiento (E: 1.095.773, N: 1.026.702).

Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), el Gr. Palmichal suprayace concordantemente a la Formación Chipaque.

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 21) describen su “Formación Arenitas de San Antonio” (equivalente al conjunto A del Gr. Palmichal de Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 31) como una sucesión de cuarzoarenitas de grano fino y medio que suprayace en contacto concordante pero abrupto a las lodolitas de la Formación Chipaque.

##### Límite superior:

En la sección estratigráfica Aguacaliente (**Anexo 3.16**), el límite superior del Gr. Palmichal se definió con base en los paquetes muy gruesos de capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco (localmente rojizo), de grano fino a medio, friables, con laminación en artesa a inclinada plana, que afloran al techo de la unidad en el metro 1.470 del levantamiento (E: 1.096.214, N: 1.025.962).

De acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), el Grupo Palmichal infrayace concordantemente a la Formación Arcillas de El Limbo.

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 29) describen la “Formación Socha Inferior” (equivalente al conjunto E del Gr. Palmichal de Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 31) como una sucesión de arenitas de cuarzo de color amarillo y blanco, de grano predominantemente medio, por sectores fino y muy esporádicamente grueso o muy grueso a angular. Además afirman que el contacto superior de la Formación Socha Inferior es concordante y transicional a abrupto con las lodolitas de la “Formación Socha Superior”.

### 3.3.11.9 Reseña histórica

Son Ulloa *et al.* (1975), en el "Mapa Geológico del Cuadrángulo K-12, Guateque, Colombia" los primeros autores en emplear el término "Grupo Palmichal" para referirse a "Tres miembros arenosos separados por dos miembros de lutitas con algunas intercalaciones de limolitas silíceas". Los autores no indican espesor ni dan más detalles de la unidad; esta se cartografió suprayaciendo a la Formación Chipaque e infrayaciendo a la Formación Arcillas de El Limbo.

Más adelante Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), proponen el nombre de "Grupo Palmichal" para referirse a una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos, que afloran en la quebrada Palmichal. Los autores proponen formalmente la unidad y la subdividen en 5 conjuntos: A, B, C, D y E. Además, agregan: "La parte superior del Grupo Palmichal parece corresponder a la Arenisca de El Morro...", sin embargo no especifican cuales de los conjuntos superiores serian equivalentes y no consideran la correspondencia propuesta por Van der Hammen (1961, p. 96), que señala: "La parte inferior de la arenisca de El Morro corresponde a la formación de Guaduas del área de Sogamoso, y la parte superior a la formación de Socha Inferior de la región de Sogamoso y a la formación Barco del Catatumbo. Solamente la parte más baja del conjunto inferior podría corresponder a la "Arenisca Tierna" de la formación de Guadalupe de la Sabana de Bogotá."

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 4) en su estudio estratigráfico del Piedemonte Llanero indican: "La denominación de Grupo Palmichal propuesta por ULLOA & RODRIGUEZ (1979) estaría en sinonimia, no solamente con el Grupo Guadalupe (HETTNER 1892; RENZONI 1963), la Formación Guaduas (HETTNER 1892, HUBACH 1951) y la Formación Socha Inferior (ALVARADO & SARMIENTO 1944), sino también con la Formación Arenisca de El Morro (VAN DER HAMMEN 1961)". Luego de correlacionar litoestratigráficamente los conjuntos de estratos que se asignaron previamente al Grupo Palmichal y a la Formación Arenisca de El Morro con unidades que habían sido descritas con anterioridad, Guerrero y Sarmiento (1996, p. 5), logran identificar los 5 conjuntos propuestos por Ulloa y Rodríguez y comprobar que en realidad corresponden al Grupo Guadalupe (Conjuntos A-B-C), a la parte inferior de la Formación Guaduas (Conjunto D) y a la Formación Socha Inferior (Conjunto E). Estos autores más adelante (*op. cit.*, p. 18), proponen dividir el Grupo Guadalupe en: "Formación Arenitas de San Antonio", "Formación Lodolitas de Aguacaliente" y "Formación Arenitas de San Luis de Gaceno".

Vergara & Rodríguez (1997, p. 51 y tabla 2), redefinen el Grupo Palmichal excluyendo a la "Formación Socha Inferior", principalmente por existir una discordancia en su límite inferior. Estos autores establecen una correlación entre las unidades que suprayacen a la Formación Chipaque en la Sabana de Bogotá y las unidades que suprayacen a esta unidad en el Piedemonte Llanero, así: "La

Formación Arenisca Dura (Campaniense) del Grupo Guadalupe corresponde a la Formación Arenitas de San Antonio del Grupo Palmichal; la Formación Plaeners (Campaniense-Maastrichtiense) a la Formación Lodolitas de Aguacaliente. La Formación Arenisca de Labor, el llamado nivel de "Lutitas y areniscas finas" y la Formación Arenisca Tierna del Grupo Guadalupe corresponden a la Formación Arenitas de San Luis de Gaceno del Grupo Palmichal. Una parte de la porción inferior de la Formación Guaduas de la Sabana de Bogotá es equivalente a la Formación Guaduas del Grupo Palmichal." Vergara y Rodríguez (*op. cit.*, p. 61) aceptan los nombres formales que Guerrero y Sarmiento (1996) les dieron a los Conjuntos A, B y C de Ulloa y Rodríguez (1979), pero los incluyen en el Grupo Palmichal y no en el Grupo Guadalupe por varias razones, entre estas: 1) Consideran que el Grupo Palmichal no está en sinonimia con el Guadalupe, el Guaduas y el Socha Inferior, sino que estas unidades son simplemente equivalentes a partes del Palmichal. 2) Siguiendo el artículo 7c del Código (NASC 1983), prefieren redefinir el límite superior del Grupo Palmichal, a su abandono. Creen que esto es más práctico y evita la extensión del Grupo Guadalupe hacia el Este, más allá de su área tipo. 3) La condición de que la unidad sea cartografiable es suficientemente cumplida. Ingeominas, la Colombian Geological Survey, la han cartografiado extensamente 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), 266 (PULIDO *et al.*, 1993)", todas de dominio público. De acuerdo a ellos, la unidad se puede seguir a lo largo de Cinturones de Cabalgamiento de los Llanos desde el área de Yopal en el Piedemonte más norte hacia el sur hasta el área de Villavicencio-Acacías. 4) El abandono del Grupo Palmichal podría prácticamente hacer los mapas de Ingeominas inservibles o quitarles validez.

#### 3.3.11.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales del Grupo Palmichal. Sin embargo, Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) dividieron informalmente el Grupo Palmichal en 5 conjuntos: A, B, C, D y E.

#### 3.3.11.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En el Cuadrángulo K-12, Guateque, según Ulloa *et al.* (1975), la unidad constituye los flancos del Sinclinal de Nazareth y el flanco oriental del Sinclinal de Río Amarillo.

En el cuadrángulo K-13, Tauramena, de acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1981, p. 15) la unidad aflora en el núcleo del Sinclinal de Recetor, en el Sinclinal del



Boquerón y al sur del Rio Tua y constituye los flancos del Anticlinal de Monserrate.

Vergara y Rodríguez (1997, p. 61) mencionan que Ingeominas y la Colombian Geological Survey han cartografiado el Grupo Palmichal extensamente 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), 266 (PULIDO *et al.*, 1993)", todas de dominio público. De acuerdo a ellos, la unidad se puede seguir a lo largo de Cinturones de Cabalgamiento de los Llanos desde el área de Yopal en el Piedemonte más norte hacia el sur hasta el área de Villavicencio-Acacías.

En el área de estudio, se observaron afloramientos del Gr. Palmichal en el cuadrángulo K-12 Guateque: 1) En la transecta-1, por la carretera Santa María-San Luis de Gaceno (Boyacá), en el sitio donde se midió la sección Aguacaliente. 2) En la transecta-2, también hacia el extremo de la transecta, al sur-suroeste de Ururia, por la carretera no pavimentada que conduce a Sabanalarga.

#### Variación lateral:

Los espesores estratigráficos reportados del Gr. Palmichal son variables a pesar de haberse medido en el área tipo o relativamente cerca de ésta. Recordando se tiene: Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), en la quebrada Palmichal (cuadrángulo K-12), reportan que el Grupo Palmichal alcanza un espesor de 550 m; Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16), en la quebrada Chiquita (cuadrángulo K-13), reportan que la unidad alcanza un espesor de 540 m; Guerrero y Sarmiento (1996, p. 21, 23, 26, 28 y 29) para las unidades que describen como equivalentes al Gr. Palmichal de Ulloa y Rodríguez (1979), dan un espesor total de 834 m; Vergara y Rodríguez (1997, p. 64 y 66) quienes redefinen el Gr. Palmichal (similar al de Ulloa y Rodríguez, 1979, excepto que excluyen la "Formación Socha Inferior") dan espesores para las unidades que lo componen que suman unos 468 m. Si en este último caso se suma el espesor máximo reportado por Vergara y Rodríguez (1997, fig. 9) de la "Formación Socha Inferior" que es 140 m, entonces la sucesión estratigráfica nombrada en este estudio como Gr. Palmichal y que se sitúa entre la Formación Chipaque y la "Formación Socha Superior" (o Formación Arcillas de El Limbo en este estudio) tendría un espesor de 608 m.

#### Correlación:

De acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), la unidad se correlaciona con las formaciones Guadalupe y Guaduas de la Sabana de Bogotá. También los autores agregan: "La parte superior del Grupo Palmichal parece corresponder a la Arenisca de El Morro...", sin embargo no especifican cuales de los conjuntos superiores serian equivalentes y no consideran la correspondencia propuesta por



Van der Hammen (1961, p. 96), que señala: "La parte inferior de la arenisca de El Morro corresponde a la formación de Guaduas del área de Sogamoso, y la parte superior a la formación de Socha Inferior de la región de Sogamoso y a la formación Barco del Catatumbo. Solamente la parte más baja del conjunto inferior podría corresponder a la "Arenisca Tierna" de la formación de Guadalupe de la Sabana de Bogotá."

Por otra parte Guerrero y Sarmiento (1996, p. 4-5), indican: "La denominación de Grupo Palmichal propuesta por ULLOA & RODRIGUEZ (1979) estaría en sinonimia, no solamente con el Grupo Guadalupe (HETTNER 1892; RENZONI 1963), la Formación Guaduas (HETTNER 1892, HUBACH 1951) y la Formación Socha Inferior (ALVARADO & SARMIENTO 1944), sino también con la Formación Arenisca de El Morro (VAN DER HAMMEN 1961)". Más adelante agregan: "A pesar que la descripción litológica de ULLOA & RODRIGUEZ (1979) es muy generalizada, se pueden identificar los 5 conjuntos propuestos por ellos y comprobar que en realidad corresponden al Grupo Guadalupe (Conjuntos A-B-C), a la parte inferior de la Formación Guaduas (Conjunto D) y a la Formación Socha Inferior (Conjunto E).

Según Vergara & Rodríguez (1997, tabla 2), los conjuntos A, B y C del Grupo Palmichal de Ulloa y Rodríguez (1979) corresponden estratigráficamente con la Formación Arenitas de San Antonio, la Formación Lodolitas de Aguacalientes y la Formación Arenitas de San Luis de Gaceno, unidades definidas para el Piedemonte Llanero por Guerrero & Sarmiento (1996); y una parte de la porción inferior de la Formación Guaduas de la Sabana de Bogotá es equivalente a la Formación Guaduas (conjunto D) del Grupo Palmichal. De esta manera, los autores redefinen el Grupo Palmichal como lo mencionan en su página 51: "excluyendo a la Formación Socha Inferior, principalmente por existir una discordancia en su límite inferior,". La Formación Socha inferior correspondería al conjunto E de Ulloa y Rodríguez (1979).

#### 3.3.11.12 Localidad tipo y estratotipo

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) proponen como localidad tipo del Grupo Palmichal la quebrada Palmichal ubicada 10 km al norte del municipio de Sabanalarga, donde afloran una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos.

### **3.3.12 Formación Areniscas de Socha (Paleoceno inferior a medio)**

#### 3.3.12.1 Referencia original

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 529) la referencia original como Formación Socha Inferior se debe a: "ALVARADO (B.) & SARMIENTO (R.), 1944. – Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la





región de paz de Río (Departamento de Boyacá), Serv. Geol. Nal., Informe 468, Bogotá.”

#### 3.3.12.2 Proponente del nombre

Los autores del nombre Formación Socha Inferior son Alvarado y Sarmiento (1944, según Valencia en Porta *et al.*, 1974, p. 529).

Ulloa *et al.* (2003, p. 83), en su descripción estratigráfica de la plancha 172-Paz de Río, señalan: “Se utiliza en este trabajo el nombre de Formación Areniscas de Socha para designar a una gruesa secuencia de areniscas que reposa concordantemente sobre la Formación Guaduas, a la que inicialmente Alvarado & Sarmiento (1944) denominaron Socha Inferior, y consideraron, como localidad tipo, la sucesión litológica aflorante en Socha Viejo. Se plantea no utilizar el nombre inicialmente propuesto por Alvarado & Sarmiento, pues, según la Guía Estratigráfica Internacional (1994), los términos inferior, medio y superior no deben ser usados para subdivisiones formales de unidades litoestratigráficas.”

#### 3.3.12.3 Derivación del nombre

Es claro, según el numeral anterior, que el nombre de esta unidad deriva del municipio de Socha Viejo. Sin embargo, según la página Web <http://www.socha-boyaca.gov.co/sitio.shtml>, este municipio haría hoy en día parte del nuevo Municipio de Socha (Departamento de Boyacá).

#### 3.3.12.4 Área tipo

De acuerdo con Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 529), el área tipo sería el Valle Alto del río Chicamocha en la región de Paz de Río (Departamento de Boyacá), Cordillera Oriental.

#### 3.3.12.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Areniscas de Socha se superpone a la Formación Guaduas y subyace a la Formación Arcillas de Socha.

Fabre (1985, fig. 2) sitúa la Formación Areniscas de Socha a comienzos del Paleoceno.

Pardo (2004, p. 47) cita, con relación a la Formación Areniscas de Socha: Van der Hammen (*in* Hubach, 1957, p. 83) encontró en esta unidad las especies de polen *Proxapertites operculatus*. El sugirió una edad Paleoceno temprano y correlacionó esta unidad con la parte superior de la Formación Guaduas del área de la Sabana de Bogotá, la Formación Lisama de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena y la

Formación Barco de la región del Catatumbo. Germeraad *et al.* (1968) registró las especies *Bombacacidites annae* y ubicó esta unidad (llamada "Arenisca de Cacho" en su trabajo) en su zona palinológica Caribe *Ctenolophonidites lisamae*. Más adelante, Pardo (2004, p. 51) manifiesta dentro de su capítulo "3.3.2. Comparison with some palynologic biozonations of NW South America": La distribución estratigráfica de polen y esporas del área de Sogamoso-Paz de Río es comparada con los esquemas de Germeraad *et al.* (1968), Muller *et al.* (1987), y algunos datos del límite de los Llanos cerca de Sabanalarga (e.g. Guerrero y Sarmiento, 1996; Jaramillo y Dilcher, 2001). Luego (*op. cit.*, p. 55) menciona: Basado en datos palinológicos, Guerrero y Sarmiento (1996) propusieron una edad Paleoceno "tardío" ("Thanetiano") y... para las formaciones Areniscas de Socha y... respectivamente, en el área límite de los Llanos. Estos autores mencionaron la presencia de *Stephanocolpites costatus* y *Foveotriletes margaritae* en la parte inferior de la Formación Areniscas de Socha y la FAD de *Bombacacidites annae* y *Longapertites vanendeburgii* en su parte superior. Basado en estos datos una edad Paleoceno temprano-medio es más probable de acuerdo a los esquemas biozonales de Germeraad *et al.* (1968) y Muller *et al.* (1987).

En este estudio, adoptando la sugerencia de Pardo (2004, p. 55), se ubica cronoestratigráficamente la Formación Areniscas de Socha en el **Paleoceno inferior a medio**.

### 3.3.12.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 529-530) describe: "ALVARADO & SARMIENTO (1944) dan la siguiente descripción de esta unidad en la sección tipo: ... "las areniscas son de grano medio, color blanco y consistencia en su parte superior. La parte inferior del conjunto es de grano grueso y presenta zonas de grano muy grueso, hasta guijoso. Las areniscas son compactas y tienen estratificación cruzada. Su color es blanco, pero en partes muestra tintes verdosos. El tamaño medio de los guijos es de 1/2 cm de diámetro pero en partes alcanza a 2 cm. Los guijos son cuarzo blanco y forma redondeada..."."

#### Espesor

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 530) escribe: "El espesor de esta formación oscila entre los 100 y 150 m."

Ulloa y Rodríguez (1979, fig. 12 y p. 30) bajo el título de "Arenisca de Socha" (*sic.*) reportan, en la localidad de Pachavita-Tibaná, tres conjuntos de la unidad que en total tienen un espesor de 180 m.



Fabre (1981, fig. 1, p. 5) en la "Columna estratigráfica simplificada de la Sierra Nevada del Cocuy", le da un espesor a la Formación Barco de 294 m. Posteriormente (Fabre, 1985, fig. 2, p. XIX-4) reemplaza la Formación Barco por la unidad T1 (Formación Areniscas de Socha).

Ulloa *et al.* (2001, p. 33) en la plancha 192 Laguna de Tota escriben respecto a al Formación Areniscas de Socha: "La descripción se hace con base en la columna medida en el sur de Sogamoso (cuadrícula A2), donde presenta un espesor de 140 m".

Ulloa *et al.* (2003, p. 83) en la plancha 172 Paz de Río, anotan: "La Formación Areniscas de Socha aflora en la parte central del área estudiada. Su descripción se hace con base en la sección medida en la carretera Corrales - Paz de Río (D5), donde alcanza un espesor de 156 m (...)."

Pardo (2004, p. 49) describe: "Interval 2 (0-130 m). Areniscas de Socha Formation." Por encima de éste el autor reporta 16 m de cubierto. Estos espesores hacen parte de su sección "Curva de Cosgua Norte" ubicada al noreste de Betétiva.

En este estudio, inmediatamente al sur-suroeste de Sogamoso (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 131 m de la Formación Areniscas de Socha.

### 3.3.12.7 Litología

La sección medida con apoyo en poligonal y GPS, al sur-suroeste de Sogamoso, de la Formación Areniscas de Socha, se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**). Esta columna de 492 m estratigráficos se dividió en tres intervalos estratigráficos: 1) un intervalo inferior que corresponde a la Formación Areniscas de Socha con 131 m de espesor; 2) un intervalo superior que corresponde a la Formación Picacho de 118 m de espesor; y 3) un intervalo intermedio, cubierto, de unos 218 m de espesor; que ocuparía la posición estratigráfica de la Formación Arcillas de Socha. Sin embargo, este último espesor puede no ser real debido a que es probable que por este tramo cubierto exista una falla. La descripción de la Formación Areniscas de Socha se realiza entonces con base en las observaciones logradas, entre el m 0 y el m 131, de la sección Loma Peñalisa.

#### Coordenadas de la poligonal Loma Peñalisa (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.126.983	N: 1.121.254
Finales:	E: 1.127.089	N: 1.122.786



### Descripción:

La Formación Areniscas de Socha se puede subdividir en dos intervalos estratigráficos:

#### *Intervalo inferior de areniscas (m 0 – m 61):*

Compuesto por capas subtabulares, medianas a gruesas, medianas y delgadas hacia el techo de la sucesión, de areniscas y areniscas lodosas (10-15% de matriz), cuarzosas, de color blancuzco, amarillo y amarillo rojizo, de grano fino, muy fino a fino hacia el techo de la sucesión, subangular, bien seleccionado, con matriz caolinítica y arcillosa, líticos negros (1-3%), intraclastos arcillosos a la base, compactas, macizas, con difusa laminación inclinada plana de bajo ángulo y ligeramente ondulosa hacia el techo de la sucesión.

#### *Intervalo superior de arcillolitas con interposiciones areniscas (m 61 – m 131):*

Compuesto arcillolitas de color gris claro a pardo y gris-verdoso a gris pardusco, con moteamiento rojo-vinotinto y púrpura, macizas; con interposiciones de capas subtabulares, medianas a gruesas, de areniscas y areniscas lodosas, cuarzosas, de color amarillento y pardo-ocre, algunas rojizas ferruginosas, de grano fino, con frecuentes intraclastos arcillosos de color gris-pardo y laminación inclinada de bajo ángulo. Al techo de este intervalo, areniscas lodosas (15% de matriz), cuarzosas, de grano fino, de color amarillo-naranja, bioturbadas.

### Génesis:

Fabre (1985, fig. 2, p. XIX-4) ubica la Formación Areniscas de Socha en un ambiente litoral, con depósitos de playas y barras.

Pardo (2004, p. 45) afirma: La Formación Areniscas de Socha fue acumulada en ambiente fluvial dominado por carga de fondo. Más adelante amplía su interpretación (*op. cit.*, p. 59-60): La presencia de ondulitas de corriente y dunas pequeñas que cubren las unidades de gran estratificación cruzada, indican cambios de periodos largos y/o cortos en el régimen de flujo. Estas asociaciones pueden ser interpretadas como el producto de la migración of mega-óndulas o barras en canales fluviales. La ocurrencia repetitiva de ondulas y dunas, algunas de ellas superimpuestas una sobre otra son características dominantes de ríos de carga de fondo arenosa. La ocurrencia de sedimentos clásticos menores delgados, de grano fino, indica deposición en áreas abandonadas de canales normalmente activos. Algunos de estos depósitos fueron erodados durante la migración del canal, como lo evidencia la abundancia de intraclastos de shales en la base de las capas de areniscas. Las facies con predominio de arenisca, junto con las estructuras de erosión común entre los cuerpos de arena y la baja frecuencia de

depósitos finos, indican una tasa relativamente baja de agradación vertical del sistema fluvial.

Pardo (2004, p. 59) reunió de otros autores: 1) Reyes (1984) interpretó esta unidad como "estuarina" y depósitos lacustrinos. El trabajo de Reyes es: "Geología de la región de Duitama-Sogamoso-Paz de Río (departamento de Boyacá)". 2) Osorno (1994) estudió esta unidad en la sección Peña Blanca, sobre la carretera Tasco-Corrales. Basado en sus características litofaciales y algunos datos palinológicos de Gustavo Sarmiento, Osorno (1994) interpretó la unidad como depósitos fluviales meandriformes y trenzados. 3) Guerrero y Sarmiento (1996), propusieron un origen fluvial trenzado para una unidad similar en la sección límite de los Llanos.

#### Otros aspectos:

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 529-530) describe: "ALVARADO & SARMIENTO (1944) dan la siguiente descripción de esta unidad en la sección tipo: ... "las areniscas son de grano medio, color blanco y consistencia en su parte superior. La parte inferior del conjunto es de grano grueso y presenta zonas de grano muy grueso, hasta guijoso. .... Estas areniscas se diferencian de las de El Picacho, que yacen estratigráficamente más arriba, en el tamaño del grano, que es generalmente más fino en las del Socha Inferior"."

Ulloa *et al.* (2001, p. 33): "En la Plancha 192 Laguna de Tota, la unidad aflora en la parte noroccidental, y presenta morfología de lomas alargadas, que contrasta con la morfología de bajas topografías de las unidades infra y suprayacentes Guaduas y Socha Superior, respectivamente."

Con base en las observaciones de campo en este estudio, la Formación Areniscas de Socha cartográficamente se restringe en general a áreas situadas en el bloque yacente de la Falla de Soapaga.

#### 3.3.12.8 Límites y contactos

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 530) describe: "La Formación Socha Inferior suprayace discordante a la Formación Guaduas e infrayace concordante a la Formación Socha Superior."

Ulloa *et al.* (2003, p. 83) deducen: 1) Refiriéndose a la Formación Guaduas: "El contacto superior con la Formación Arenisca (*sic.*) de Socha es paraconforme en la mayoría del área y en algunas localidades se observa en discordancia angular (Carretera Tasco - Paz de Río) y se ha marcado en la base de una secuencia gruesa de arenita media, de cuarzo." 2) Refiriéndose a la Formación Areniscas de Socha: "El contacto superior con la Formación Arcillas de Socha es concordante y





transicional, y se ha marcado en el tope de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio.”

#### Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**), el límite inferior de la Formación Areniscas de Socha se definió con base en las primeras capas de areniscas y areniscas lodosas, cuarzosas, de grano fino, con laminación inclinada plana de bajo ángulo, que afloran en el metro 0 del levantamiento (E: 1.126.983, N: 1.121.254) y que coinciden con una zona de loma, situada estratigráficamente por encima de una zona de topografía suave.

#### Límite superior:

El límite superior de la Formación Areniscas de Socha se definió, en la sección estratigráfica Loma Peñalisa, en el metro 131 del levantamiento (E: 1.126.857, N: 1.121.421), donde termina la sucesión de areniscas lodosas, cuarzosas, de color amarillo-naranja de alteración, de grano fino, bioturbadas, situadas al techo de la unidad y que subyace a una zona de morfología suave y ondulada.

#### 3.3.12.9 Reseña histórica

Para la reseña histórica de la Formación Areniscas de Socha, en este estudio se acudió a Pardo (2004). La transcripción hecha de la página 45 del capítulo 3 de su trabajo (“Stratigraphy, Palynology and Palynofacies of the lower Tertiary rocks from the Paz de Rio Region (Chicamocha river valley, Eastern Cordillera, Colombia”), permite relatar de manera casi textual lo siguiente:

El área de Paz de Río (Departamento de Boyacá, Colombia) está localizada a 200 km al noreste de Bogotá en la Cordillera Oriental de Colombia. ... La exploración geológica en esta área comenzó en los 1920’s, seguido por el trabajo de Alvarado and Sarmiento (1944), quienes iniciaron estudios estratigráficos sistemáticos para el plan de hierro y acero colombianos (Reyes, 1984); desafortunadamente, este trabajo no fue publicado y el reporte original desapareció en Ingeominas (Guzmán, G., comunicación escrita). Alvarado y Sarmiento (1944) propusieron los términos formaciones “Socha Inferior”, “Socha Superior” y “Picacho” para las rocas del Terciario inferior que afloran en el área del río Chicamocha. Aunque esta nomenclatura no fue publicada oficialmente, fue utilizada en otras regiones del departamento de Boyacá (Ej. Renzoni, 1981). Después, Reyes (1984) hizo un mapa geológico y una descripción general de las unidades estratigráficas en el área....; no obstante, esta información tampoco fue publicada. ...Recientemente, Ulloa *et al.* (2001) propusieron los términos formaciones “Areniscas de Socha” y “Arcillas de Socha” para remplazar los “Socha Inferior” y “Socha Superior” de Alvarado and Sarmiento (1944). ... Esta nomenclatura también fue utilizada por

Rodríguez y Solano (2000) en la reciente memoria explicativa del mapa geológico digital del Departamento de Boyacá. ... Basados en la nomenclatura del Código Estratigráfico Norteamericano (NACSN, 1983), Guerrero and Sarmiento (1996) propusieron los términos "Alogrupo Socha" limitado por inconformidades regionales, las cuales incluyeron la Aloformación Socha Inferior (equivalente a la Formación Areniscas de Socha) y Aloformación Socha Superior (equivalente a la Formación Arcillas de Socha).

#### 3.3.12.10 Subdivisión

Ulloa y Rodríguez (1979, fig. 12 y p. 30) bajo el título de "Arenisca de Socha" (*sic.*), subdividen la unidad en la localidad de Pachavita-Tibaná, en los conjuntos A, B y C.

#### 3.3.12.11 Aspectos regionales

##### Distribución geográfica:

En la figura 1 de Fabre (1985, p. XIX-3) se observa que la Formación Areniscas de Socha se extiende desde la Sierra Nevada del Cocuy, en dirección Sur-Suroeste, hasta la región de Guateque (Boyacá). La figura 2.8 de Sarmiento (2001, p. 20) por su parte muestra que esta unidad se extiende desde la región de Pajarito (Boyacá), en dirección Oeste-Noroeste, hasta la región de Tunja (Boyacá). Sin embargo, la cartografía realizada en este estudio y la elaborada para las planchas geológicas 172 Paz de Río, 191 Tunja, 192 Laguna de Tota y el mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, restringen en general los afloramientos de esta unidad a áreas situadas al este de la Falla de Soapaga.

La Formación Areniscas de Socha aflora: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), en la Cuchilla Mesetas, situada en la parte central entre Ramiriquí y Zetaquirá, con afloramientos por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (a unos 13 Km en línea recta, al oeste de Zetaquirá); cuadrángulo K-12 Guateque. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), dentro de la plancha 192-Laguna de Tota (Boyacá): al norte de Iza; en el sector noreste de la Laguna de Tota; y en el sector SW de esta laguna (con afloramientos por la vía Aquitania). Dentro de la plancha 172 Paz de Río: al sur-suroeste de Sogamoso, donde se midió la sección Loma Peñalía.

##### Variación lateral:

En general y haciendo un resumen de los espesores reportados de la Formación Areniscas de Socha, se puede decir que ésta se adelgaza estratigráficamente en dirección Suroeste desde la Sierra Nevada del Cocuy. En esta región tiene 294 m de espesor, en Socha entre 100 y 150 m, en la carretera Corrales - Paz de Río



156 m, al sur de Sogamoso 140 m y 131 m (medidos en este estudio) y en la localidad de Pachavita-Tibaná 180 m.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Areniscas de Socha se correlaciona con la Formación Cacho que aflora en la parte W del área de estudio y con la parte superior Grupo Palmichal que aflora en el sector E de la transecta-1 (en la zona de San Luis de Gaceno).

Pardo (2004, p. 47) menciona que Van der Hammen (*in* Hubach, 1957, p. 83) correlacionó esta unidad (refiriéndose a la Formación Areniscas de Socha) con la parte superior de la Formación Guaduas del área de la Sabana de Bogotá, la Formación Lisama de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena y la Formación Barco de la región del Catatumbo.

#### 3.3.12.12 Localidad tipo y estratotipo

Pardo (2004, p. 47) relata: Alvarado y Sarmiento (1944) propusieron la localidad tipo de la Formación Areniscas de Socha cerca a la localidad de Socha Viejo, 7 km al norte del pueblo de Paz de Río. Sin embargo, no se dispone de una sección estratigráfica detallada en esta área.

### **3.3.13 Formación Arcillas de Socha (Paleoceno superior)**

#### 3.3.13.1 Referencia original

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 530) la referencia original como Formación Socha Superior se debe a: "ALVARADO (B.) & SARMIENTO (R.), 1944. – Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de paz de Río (Departamento de Boyacá), Serv. Geol. Nal., Informe 468, Bogotá."

#### 3.3.13.2 Proponente del nombre

Los autores del nombre Formación Socha Superior son Alvarado y Sarmiento (1944, según Valencia en Porta *et al.*, 1974, p. 530).

Ulloa *et al.* (2003, p. 85), en su descripción estratigráfica de la plancha 172-Paz de Río, señalan: "Se propone en este trabajo el nombre de Formación Arcillas de Socha, que reemplaza al de Formación Socha Inferior de Alvarado & Sarmiento (1944), dado que la Guía Estratigráfica Internacional recomienda no utilizar términos como inferior, medio o superior en la definición de nombres de unidades formales."

### 3.3.13.3 Derivación del nombre

El nombre de esta unidad deriva, como en el caso de la Formación Areniscas de Socha, del municipio de Socha Viejo; actualmente Municipio de Socha (Departamento de Boyacá) que cuenta con dos asentamientos rurales o Centros Poblados denominados Santa Teresa y Socha Viejo.

### 3.3.13.4 Área tipo

De acuerdo con Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 529), el área tipo sería el Valle Alto del río Chicamocha en la región de Paz de Río (Departamento de Boyacá), Cordillera Oriental.

### 3.3.13.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arcillas de Socha se superpone a la Formación Areniscas de Socha y subyace a la Formación Picacho.

Fabre (1985, fig. 2) sitúa la Formación Arcillas de Socha entre finales del Paleoceno y comienzos de Eoceno.

Pardo (2004, p. 47) cita, con relación a la Formación Arcillas de Socha: Germeraad *et al.* (1968) registraron las especies *Longapertites vaneendenburgi*, *Retidiporites magdalenensis*, *Proxapertites operculatus*, *Proxapertites cursus*, *Ctenolophonidites lisamae* y *Foveotricolpites perforatus* en esta unidad (llamada Formación Bogotá en su trabajo). Estos autores ubicaron el límite entre las zonas palinológicas *Foveotricolpites perforatus* y *Psilabrevitricolpites triangulatus* en la parte superior de esta formación. Van der Hammen (in Hubach, 1957b, p. 82) mencionó el dominio de *Proxapertites operculatus* en esta unidad; él también mencionó *Bombacacidites annae* y *Ephedripites vanegensis*. Basado en estos datos se sugirió una edad Paleoceno tardío.

Más adelante, Pardo (2004, p. 51) manifiesta dentro de su capítulo "3.3.2. Comparison with some palynologic biozonations of NW South America": La distribución estratigráfica de polen y esporas del área de Sogamoso-Paz de Río es comparada con los esquemas de Germeraad *et al.* (1968), Muller *et al.* (1987), y algunos datos del límite de los Llanos cerca de Sabanalarga (e.g. Guerrero y Sarmiento, 1996; Jaramillo y Dilcher, 2001). Luego (*op. cit.*, p. 55) menciona: Basado en datos palinológicos, Guerrero y Sarmiento (1996) propusieron una edad... Eoceno temprano ("Ypresian") para las formaciones... y Arcillas de Socha respectivamente, en el área límite de los Llanos... Por otro lado, la edad Ypresiano propuesta por Guerrero y Sarmiento (1996) para las Formación Arcillas de Socha es sugerida por la presencia de las especies *Retibrevitricolpites*

*triangulatus*, las cuales fueron usadas por Germeraad *et al.* (1968) para proponer la zona Caribe del Eoceno temprano *Retibrevitricolpites triangulatus*. No obstante, Guerrero y Sarmiento (1996) registraron también *Foveotricolpites perforatus* en esta unidad, una especie marcadora de la zona Caribe del Paleoceno más tardío de Germeraad *et al.* (1968) y Muller *et al.* (1987). Esta incompatibilidad no fue discutida por los autores. De todos modos, los datos palinológicos obtenidos por Jaramillo y Dilcher (2001) para toda la Formación Arcillas de Socha en esta área sugiere más una edad Paleoceno "tardío" (zona *Foveotricolpites perforatus* de Germeraad *et al.*, 1968), y son muy similares a aquellas encontradas en la parte inferior-media de la Formación Arcillas de Socha en el área de Paz de Río.

Con base en lo anterior, se adopta para la Formación Arcillas de Socha una ubicación cronoestratigráfica **Paleoceno superior**.

### 3.3.13.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 530) describe la "Formación Socha Superior" así: "La parte inferior de la formación consta de arcillas arenosas, de color verde oscuro con algunas intercalaciones de areniscas. La parte media está formada por arcillas verdosas con mantos de carbón que se superponen a un nivel de areniscas lajosas. En su parte superior aparecen bancos de areniscas de grano medio que alternan con arcillas. En casi todas las secciones aparece yeso en la parte superior de la formación."

#### Espesor

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 531) reporta varios espesores: En La Quebrada Las Leonas alcanza los 380 m, en la sección de Socha Viejo 400 m, en el Cerro Fraile 300 y en la Quebrada Chiguasá 180 m.

Ulloa y Rodríguez (1979, fig. 12 y p. 30) bajo el título de "Arcillas de Socha" reportan: "En la carretera de Pachavita-Tibaná (...) su espesor medido fue de 400 m."

Fabre (1981, fig. 1, p. 5) en la "Columna estratigráfica simplificada de la Sierra Nevada del Cocuy", le da un espesor a la Formación Los Cuervos de 495 m. Posteriormente (Fabre, 1985, fig. 2, p. XIX-4) reemplaza la Formación Los Cuervos por la unidad T2 (Formación Arcillas de Socha).

Ulloa *et al.* (2001, p. 33) en la plancha 192 Laguna de Tota escriben respecto a al Formación Arcillas de Socha: "La descripción de esta formación se hace con base



en la columna estratigráfica levantada al sur de Sogamoso (...). En esta localidad la unidad presenta un espesor de 217 m”.

Ulloa *et al.* (2003, p. 83) en la plancha 172 Paz de Río, anotan: “La descripción de esta unidad litoestratigráfica se hace con base en las secciones medidas en la carretera Corrales - Paz de Río (...), donde presenta un espesor de 345,25 m (...) y al occidente del colegio Sugamuxi de Sogamoso (...), donde alcanza 172,35 m de espesor (...).”

Reyes (1984: “Geología de la región de Duitama-Sogamoso-Paz de Río [departamento de Boyacá]”: en Pardo, 2004, p. 47) menciona que el espesor de la unidad varía entre 250 y 270 m.

Pardo (2004, p. 49) describe: “Interval 3 (146-242 m). Lower part of Arcillas de Socha Formation.” & “Interval 4 (242-408 m). Upper part of the Arcillas de Socha Formation.” Es decir, describe 262 m de la Formación Arcillas de Socha, que hacen parte de su sección “Curva de Cosgua Norte” ubicada al noreste de Betétiva.

En este estudio, inmediatamente al sur-suroeste de Sogamoso (Boyacá), se calculó un espesor de 218 m de un intervalo cubierto entre las formaciones Areniscas de Socha y Picacho, que correspondería a la Formación Arcillas de Socha. Sin embargo, este espesor puede no ser real debido a que es probable que por este tramo cubierto exista una falla.

### 3.3.13.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Arcillas de Socha se basa en las observaciones de campo, realizadas en la transecta-2: por la parte central de la carretera Ramiriquí-Zetaquirá y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio; y en la transecta-3: al norte de Iza (**Foto M306**), en el sector NE de la Laguna de Tota, y en el sector SW de esta laguna (con afloramientos por la vía Aquitania). Al norte de la transecta-3, al sur-suroeste de Sogamoso (plancha 172 Paz de Río), se observó un pequeño afloramiento de la unidad, casi en el contacto con la Formación Picacho, donde se midió la sección Loma Peñalisa (**Foto LP1**).

#### Descripción:

La Formación Arcillas de Socha está compuesta por arcillolitas de color rosado a púrpura, macizas, y lodolitas de color gris y pardo claro, a veces arenosas, con intercalaciones de areniscas lodosas (12-15% de matriz), sublíticas y líticas (5-20% de líticos negros carbonosos), de color blanco-amarillento y pardo, con tonos púrpura, rojizos o gris-verdosos a pardos, friables a moderadamente

compactas, de grano muy grueso y grueso, con gradación hacia el techo de las capas a grano medio o fino a muy fino, dispuestas en capas subtabulares, muy gruesas, gruesas y medianas, con difusa laminación inclinada plana de bajo ángulo a plana paralela e intraclastos a la base de las capas.



**Foto M306.** Estación M306 (transecta-3): Lodolitas abigarradas, de color gris claro, morado, rojizo y ocre, con intercalaciones de arenitas sublíticas, parduzco-amarillentas, de grano fino a medio, de la Formación Arcillas de Socha (carretera Iza-Lomas de Gotua).



**Foto LP1** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Capas canaliformes a subtabulares, gruesas a muy gruesas, de arenitas lodosas de color pardo, algunas oxidadas, con intercalaciones de lodolitas de color pardo claro, de la Formación Arcillas de Socha. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".



### Génesis:

Fabre (1985, fig. 2, p. XIX-4) ubica la Formación Arcillas de Socha en un ambiente litoral a continental, con depósitos parálisos, de llanura aluvial y fluviales.

Ulloa *et al.* (2001, p. 34) interpretan para la Formación Arcillas de Socha, un ambiente de depósito que corresponde a llanuras aluviales de inundación con canales distributarios.

Pardo (2004, p. 45) afirma: la Formación Arcillas de Socha fue formada por ríos de carga mixta (contrario a la Formación Areniscas de Socha) con abundantes depósitos de pantano y de inundación (*crevasse splay*). El cambio hacia arriba de depósitos lodosos gris-verdosos a predominantemente moteados indican un cambio de condiciones pobremente a bien drenadas en la planicie aluvial. Más adelante amplía su interpretación (*op. cit.*, p. 60): En la parte inferior de la Formación Arcillas de Socha, la abundancia de sedimentos de grano fino, de color gris, con algunas capas de carbón y restos de plantas bien preservados y huellas de raíces, indican suelos pobremente drenados cubiertos con vegetación en planicies de inundación. Algunas áreas estuvieron predominantemente sumergidas, con abundantes lagos someros. La presencia de altas cantidades de *Ovoidites*, una forma similar a la alga *Spyrogira* que vive en agua dulce, en una muestra de lodolita localizada en la parte superior de la secuencia, indica hábitats de agua dulce somera estancada y más o menos mesotrófica. Los niveles delgados de areniscas laminadas interestratificadas con capas de limolita y lodolita sugieren depósitos menores de inundación (*crevasse splay deposits*) en los cuales el arribo episódico de corrientes formó ondulitas y dunas pequeñas de menos de 50 cm de espesor. La parte superior se caracteriza por la abundancia de lodolitas moteadas, las cuales indican una fluctuación marcada en la tabla de agua. En esta situación dominaron condiciones oxidantes, destruyendo la mayoría de la materia orgánica sedimentaria. Como en la parte inferior de esta Formación, la mayoría de los niveles laminados de arenisca y limolita pueden ser asociados a depósitos de inundación (*crevasse splay deposits*). Una secuencia de arenisca grano-decreciente en la base de este intervalo se interpreta como un depósito de orillal (*point bar deposits*).

### Otros aspectos:

La unidad presenta una morfología de valles que contrasta con la de escarpes de las unidades infra- y suprayacente, Formación Areniscas de Socha y Formación Picacho, respectivamente.

Con base en las observaciones de campo en este estudio, la Formación Arcillas de Socha cartográficamente se restringe en general a áreas situadas en el bloque yacente de la Falla de Soapaga.

### 3.3.13.8 Límites y contactos

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 531) describe: "La Formación Socha Superior yace concordante con las areniscas de la Formación Socha Inferior. El contacto superior con las areniscas de la Formación Picacho es posible que sea discordante. Según ALVARADO & SARMIENTO, donde parece que puede observarse esta discordancia es en el Cerro Fraile y en la sección que se observa por el camino Tasco-Corrales."

Ulloa *et al.* (2003, p. 83 y 85) en el área Paz de Río, deducen: 1) Refiriéndose a la Formación Areniscas de Socha: "El contacto superior con la Formación Arcillas de Socha es concordante y transicional, y se ha marcado en el tope de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio..." 2) Refiriéndose a la Formación Arcillas de Socha: "El contacto de esta unidad litoestratigráfica con la suprayacente Formación Picacho es concordante y neto, y se ha marcado en la base de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio a grueso."

Ulloa *et al.* (2001, p. 34) en el área de la Laguna de Tota, concluyen: "La unidad se observa reposando concordantemente a la Formación Socha Inferior e infrayace en contacto paraconforme con la Formación Picacho,".

### 3.3.13.9 Reseña histórica

La reseña histórica hecha para la Formación Areniscas de Socha, es aplicable para la Formación Arcillas de Socha (véase). Las conclusiones más importantes de esa reseña son:

Alvarado y Sarmiento (1944) propusieron los términos formaciones "Socha Inferior", "Socha Superior" y "Picacho" para las rocas del Terciario inferior que afloran en el área del río Chicamocha. Recientemente, Ulloa *et al.* (2001) propusieron los términos formaciones "Areniscas de Socha" y "Arcillas de Socha" para remplazar los "Socha Inferior" y "Socha Superior" de Alvarado and Sarmiento (1944). Basados en la nomenclatura del Código Estratigráfico Norteamericano (NACSN, 1983), Guerrero and Sarmiento (1996) propusieron los términos "Alogrupo Socha" limitado por inconformidades regionales, las cuales incluyeron la Aloformación Socha Inferior (equivalente a la Formación Areniscas de Socha) y Aloformación Socha Superior (equivalente a la Formación Arcillas de Socha).

### 3.3.13.10 Subdivisión

Ulloa *et al.* (2003, fig. 24) dividen la columna levantada de la Formación Arcillas de Socha en la carretera Corrales-Paz de Río (plancha 172-Paz de Río), en una parte inferior (148,90 m) y una parte superior (196,35 m).

Pardo (2004, p. 60), basado en las características faciales, subdivide la Formación Arcillas de Socha en una parte inferior y otra superior. Este autor en la pág. 49 escribe: "Interval 3 (146-242 m). Lower part of Arcillas de Socha Formation." & "Interval 4 (242-408 m). Upper part of the Arcillas de Socha Formation."

### 3.3.13.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

En la figura 1 de Fabre (1985, p. XIX-3) se observa que la Formación Areniscas de Socha se extiende desde la Sierra Nevada del Cocuy, en dirección Sur-Suroeste, hasta la región de Guateque (Boyacá). Por encima de esta unidad aparece un nivel de lodolitas (de acuerdo con las convenciones de la figura), que debe corresponder a la Formación Arcillas de Socha, razón por la que suponemos que tiene la misma distribución geográfica. La figura 2.8 de Sarmiento (2001, p. 20) por su parte muestra que la Formación Arcillas de Socha se extiende desde la región de Pajarito (Boyacá), en dirección Oeste-Noroeste, hasta la región de Tunja (Boyacá). Sin embargo, la cartografía realizada en este estudio y la elaborada para las planchas geológicas 172 Paz de Río, 191 Tunja, 192 Laguna de Tota y el mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, restringen en general los afloramientos de esta unidad a áreas situadas al este de la Falla de Soapaga.

La Formación Arcillas de Socha aflora: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la parte central de la carretera Ramiriquí-Zetaquirá y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio; plancha 191-Tunja y cuadrángulo K-12 Guateque. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), dentro de la plancha 192-Laguna de Tota (Boyacá): al norte de Iza, en el sector NE de la Laguna de Tota y en el sector SW de esta laguna (con afloramientos por la vía Aquitania).

Dentro de la plancha 172 Paz de Río se observó un pequeño afloramiento de la unidad, al sur-suroeste de Sogamoso, donde se midió la sección Loma Peñalisa.

#### Variación lateral:

Omitiendo el espesor de 400 m de la Formación Arcillas de Socha, dado por Ulloa y Rodríguez en la localidad de Pachavita-Tibaná (1979, fig. 12 y p. 30), se puede decir en términos generales y con base en los otros datos de espesor registrados, que la Formación Arcillas de Socha se adelgaza estratigráficamente en dirección





Suroeste desde la Sierra Nevada del Cocuy. En esta región tiene 495 m de espesor, en Socha 400 m, en la carretera Corrales - Paz de Río 345 m, al occidente del colegio Sugamuxi de Sogamoso 172 m, al sur de Sogamoso 217 m. En esta última localidad, en este estudio, se calculó un espesor de 218 m de un intervalo cubierto entre las formaciones Areniscas de Socha y Picacho, que correspondería a la Formación Arcillas de Socha. Sin embargo, este espesor es dudoso por la probable existencia de una falla cuyo trazo estaría en este tramo cubierto.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Arcillas de Socha se correlaciona con la Formación Bogotá aflorante en el sector W del área de estudio y con la Formación Arcillas de El Limbo (o Formación Los Cuervos) que aflora en el sector E de la transecta-1 (en la zona de San Luis de Gaceno).

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 30), en su estudio del cuadrángulo K-12, concluyen: "Las Formaciones (*sic.*) Arcillas de Socha se correlaciona con las formaciones Bogotá y Arcillas de El Limbo."

Ulloa *et al.* (2003, p. 85 y 90) afirman que palinológicamente, la Formación Arcillas de Socha es correlacionable con una parte de la Formación Bogotá, de la Sabana de Bogotá, con la parte superior de la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena y también, con una porción de la Formación Los Cuervos, de la cuenca del Maracaibo.

Pardo (2004, p. 48) menciona que Van der Hammen (1957) correlacionó esta unidad (refiriéndose a la Formación Arcillas de Socha) con las formaciones Lisama y Los Cuervos en el Valle Medio del Magdalena y la región del Catatumbo respectivamente.

#### 3.3.13.12 Localidad tipo y estratotipo

Pardo (2004, p. 47) relata: "The type locality is located south of the Sochaviejo town, near Chicamocha river valley (Alvarado & Sarmiento 1944, in Reyes, 1984)." Ulloa y Rodríguez (1979, p. 30) por su parte escriben: "Se emplea el término Arcillas de Socha en el sentido que Alvarado y Sarmiento (1944) dieron a un conjunto de arcillas grises y verdosas... que afloran en la población de Socha Viejo (localidad tipo) y que denominaron Formación Socha Superior." Sin embargo, Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 530) describe: "La localidad tipo está situada entre las poblaciones de Tasco y Corrales."

### 3.3.14 Formación Picacho (Eoceno en parte)

#### 3.3.14.1 Referencia original

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455) la referencia original como Formación Picacho se debe a: "ALVARADO (B.) & SARMIENTO (R.), 1944. – Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la Región de Paz de Río (Departamento de Boyacá), Serv. Geol. Nal., Informe 468, Bogotá."

#### 3.3.14.2 Proponente del nombre

Los autores del nombre Formación Picacho son Alvarado y Sarmiento (1944, según Valencia en Porta *et al.*, 1974, p. 455).

#### 3.3.14.3 Derivación del nombre

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455), la sección tipo de esta Formación se encuentra al norte de Betéivita en las proximidades de los Cerros El Fraile y Picacho, del cual deriva su nombre, situados al oeste de Paz de Río.

#### 3.3.14.4 Área tipo

De acuerdo con Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455), el área tipo sería la región de Sogamoso-Paz de Río (Departamento de Boyacá), Cordillera Oriental.

#### 3.3.14.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Picacho se superpone a la Formación Areniscas de Socha y subyace a la Formación Concentración. Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455) las relaciones estratigráficas de la Formación Picacho con estas dos unidades son discordantes.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 30) mencionan que Van der Hammen ("1957b") estableció una edad Eoceno inferior para esta unidad.

Germeraad *et al.* (1968, en Ulloa *et al.*, 2001, p. 34) asignan esta unidad al Eoceno temprano.

Fabre (1985, fig. 2) sitúa la Formación Picacho en la parte media del Eoceno.

Pardo (2004, p. 44) en el resumen de su capítulo 3, menciona: "A study of the palynostratigraphy and palynofacies on the Paleogene of the Paz de Río región (Eastern Cordillera of Colombia) is presented. It includes.... the Picacho Formation



(Eocene).” Más adelante (*op. cit.*, p. 78) en la síntesis palinostratigráfica escribe: “*Corsinipollenites* sp. (including *Corsinipollenites psilatus* of Jaramillo & Dilcher, 2001) is relatively frequent in the Paleocene deposits. .... It is also observed in some Eocene sections (e.g. at the base of the Picacho Formation...).”

La Formación Picacho representa cronoestratigráficamente el **Eoceno en parte**.

### 3.3.14.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455) describe: “La parte inferior de la Formación Picacho consta de arenisca conglomerática con cantos que pueden alcanzar hasta 3 cm. Siguen después areniscas de grano medio. En la parte superior se encuentra un nivel de areniscas conglomeráticas con cantos de cuarzo y areniscas blancas de grano medio y grueso. Tan sólo en la región de El Fraile aparecen intercalaciones de arcillas. ALVARADO & SARMIENTO citan la presencia de impregnaciones de asfalto...”

#### Espesor

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455) registrar un espesor entre 90 y 115 m para la Fm Picacho.

Ulloa y Rodríguez (1979, fig. 12 y p. 30) reportan, en la localidad de Chinavita-Umbita, un espesor de 180 m.

Fabre (1981, fig. 1, p. 5) en la “Columna estratigráfica simplificada de la Sierra Nevada del Cocuy”, le da un espesor a la Formación Mirador de 284 m. Posteriormente (Fabre, 1985, fig. 2, p. XIX-4) reemplaza la Formación Mirador por la unidad T3 (Formación Picacho).

Ulloa *et al.* (2001, p. 34), al sur de Sogamoso, reportan un espesor medido de 580 m de la Formación Picacho.

Ulloa *et al.* (2003, p. 90) en la plancha 172 Paz de Río, anotan: “En el área estudiada, esta unidad litoestratigráfica, de acuerdo con las secciones medidas por la carretera Corrales - Paz de Río (D5), presenta un espesor de 138,80 m (...), mientras al occidente del Colegio Sugamuxi (...) presenta un espesor de 181,50 m (...).”

Pardo (2004, p. 49) sólo reporta 70 m de espesor de la Formación Picacho que corresponden a la parte inferior de la unidad. Sin embargo, en una sección estratigráfica compuesta (*op. cit.*, fig. 3.4) a partir de sus secciones Curva de



Cosgua Norte y Curva de Cosgua Sur, representa un espesor aproximado de 200 m para esta unidad basado en Reyes (1984).

En este estudio, inmediatamente al sur-suroeste de Sogamoso (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 118 m de la Formación Picacho.

### 3.3.14.7 Litología

La sección medida de la Formación Picacho, al sur-suroeste de Sogamoso (al norte de la transecta-3), con apoyo en poligonal y GPS, se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**). Esta columna de 492 m estratigráficos se dividió en tres intervalos estratigráficos: 1) un intervalo inferior que corresponde a la Formación Areniscas de Socha con 131 m de espesor; 2) un intervalo superior que corresponde a la Formación Picacho de 118 m de espesor; y 3) un intervalo intermedio, cubierto.

La descripción de la Formación Picacho se realiza entonces con base en las observaciones logradas, entre el m 349 y el m 467, de la sección Loma Peñalisa.

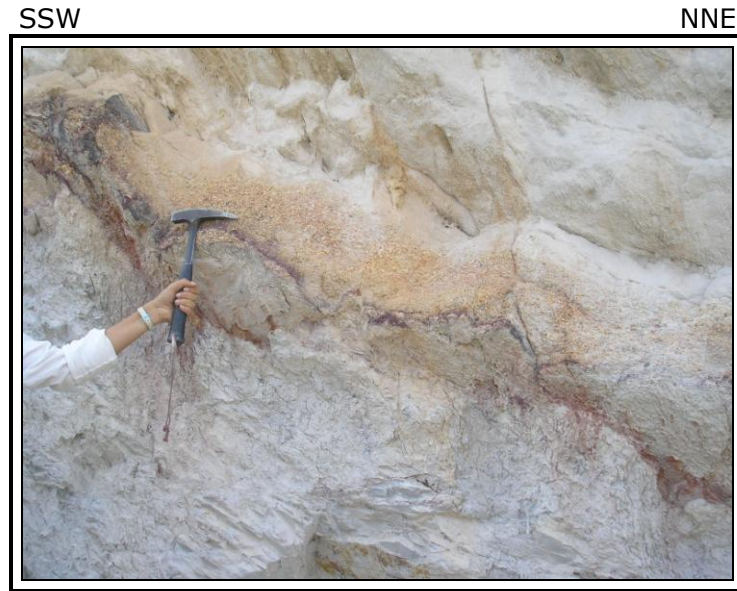
#### Coordenadas de la poligonal Loma Peñalisa (origen Bogotá):

Iniciales: E: 1.126.983 N: 1.121.254  
Finales: E: 1.127.089 N: 1.122.786

#### Descripción:

La Formación Picacho está compuesta de base a techo, por un conglomerado basal de gránulos y guijos de cuarzo (**Foto LP2**); seguido por capas subtabulares, medianas, gruesas y muy gruesas, menor muy delgadas, de arenitas lodosas (15% matriz), de color blanco y amarillento, con tonos púrpura y rojo, de grano medio a grueso y medio a fino, cuarzosas, friables, con laminación inclinada plana de mediano ángulo, con intraclastos arcillosos, con intercalaciones de arcillolitas grises y niveles medianos a gruesos, lenticulares de lodolitas de color gris claro con oxidación rojiza (**Fotos LP3, LP4 y LP5**); capas canaliformes y subtabulares, muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de grano medio y fino, moderadamente compactas, con laminación cruzada plana y niveles de guijos finos de cuarzo lechoso e intraclastos lodosos; capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, de color blanco y amarillento con tonos naranja, de arenitas lodosas de grano medio y grueso, algunas con gránulos flotantes e intraclastos lodosos grises claro; interpuestas por lodolitas arenosas de color gris claro a blanco en capas delgada a muy delgadas; capas subtabulares, muy gruesas, gruesas y medianas, de arenitas cuarzosas, de color blanco a crema, con oxidación amarillenta, de grano medio a grueso, moderadamente seleccionados, friables, ligeramente muscovíticas, ocasionales líticos; capas subtabulares, muy gruesas,

de arenitas cuarzosas, de color blanco amarillento, de grano fino, bien seleccionado, con laminación cruzada planar de muy bajo ángulo; nivel mediano, de arenitas de grano muy fino, de color morado, púrpura, cemento ferruginoso (**Foto LP6**).



**Foto LP2** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Contacto entre arcillolitas grises claras de la Formación Arcillas de Socha y arenitas conglomeráticas blanco-amarillentas, de la Formación Picacho. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".



**Foto LP3** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, de arenitas lodosas cuarzosas, blanco-amarillentas, con laminación inclinada plana, de la Formación Picacho. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".





**Foto LP4** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, de arenitas lodosas cuarzosas, blanco-amarillentas, con estratificación inclinada plana, de la Formación Picacho. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".



**Foto LP5** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Capas subtabulares, gruesas y muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color blanco y amarillo naranja de alteración, con estratificación inclinada plana, de la Formación Picacho. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".



**Foto LP6** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Contacto entre arenitas de color blanco amarillento y rojizo de la Formación Picacho y arenitas lodosas de color blanco a gris claro con oxidación ocre de la Formación Concentración. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".

#### Génesis:

Fabre (1985, fig. 2, p. XIX-4) ubica la Formación Picacho en un ambiente continental a litoral, con depósitos fluvial y de playas.

Osorno (1994, en Ulloa *et al.*, 2001, p. 34) interpreta un ambiente de depósito de ríos trenzados para la Formación Picacho.

Pardo (2004, p. 45) afirma: La Formación Picacho evidencia el retorno de ambientes fluviales de carga de fondo con episódicos lagos de agua dulce ricos en *Pediastrum*. Más adelante este autor (*op. cit.*, p. 61) amplía diciendo: Los depósitos sedimentarios de la parte inferior de la Formación Picacho pueden interpretarse como depósitos de canales fluviales. La abundancia de *Pediastrum* en todas las facies de grano fino indica el desarrollo episódico de estanques y lagos de agua dulce, interrumpido por la migración del canal. El espesor de estas facies y su limitada extensión lateral sugiere lagos someros efímeros. Sin embargo, los intraclastos de lodo en las areniscas de canal sugieren erosión y retrabajamiento de estos depósitos y, consecuentemente, una posible pérdida de parte de su geometría y espesor originales. La parte superior de la Formación Picacho es caracterizada por capas de areniscas de canal grano-decrecientes.



Sarmiento (2001, p. 82) narra con respecto a la Cordillera Oriental: "In the axial region of the EC a braided fluvial fining upward succession with conglomerate at the bottom followed by coarse to medium grained sandstone (...; Picacho Fm, Giraldo *et al.*, 1993)..."

#### Otros aspectos:

Ulloa *et al.* (2001, p. 34): "La formación presenta morfología de lomas escarpadas, que resalta comparada con la morfología de valles de las unidades Socha Superior y Concentración que la infrayacen y suprayacen, respectivamente."

Con base en las observaciones de campo en este estudio, la Formación Picacho cartográficamente se restringe en general a áreas situadas en el bloque yacente de la Falla de Soapaga.

#### 3.3.14.8 Límites y contactos

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455) las relaciones estratigráficas de la Formación Picacho con subyacente "Formación Socha Superior" y la suprayacente "Formación Concentración" son discordantes.

Ulloa *et al.* (2003, p. 85 y 90) deducen: 1) Refiriéndose a la Formación Arcillas de Socha: "El contacto de esta unidad litoestratigráfica con la suprayacente Formación Picacho es concordante y neto, y se ha marcado en la base de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio a grueso." 2) Refiriéndose a la Formación Picacho: "El contacto superior con la Formación Concentración es concordante y neto, y se marca en el techo de una sucesión de arenita de cuarzo media a gruesa."

#### Límite inferior:

En el área de estudio, en la sección estratigráfica Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**), el límite inferior de la Formación Picacho se definió con base en la primera capa de conglomerado de gránulos y guijos de cuarzo, seguida por capas subtabulares, medianas y gruesas, arenitas lodosas, de color blanco y amarillento, de grano medio a grueso, cuarzosas, friables, con laminación inclinada plana de mediano ángulo, con intraclastos arcillosos; que afloran en el metro 349 del levantamiento (E: 1.127.254, N: 1.122.723) por encima de un intervalo de arcillolitas grises claras (**Foto LP2**), que hace parte de una zona de topografía suave.



#### Límite superior:

El límite superior de la Formación Picacho se definió, en la sección estratigráfica Loma Peñalisa, en el metro 467 del levantamiento (E: 1.127.125, N: 1.122.784), donde termina la sucesión de capas subtabulares, muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color blanco-amarillento, de grano fino a muy fino, bien seleccionado, algunas ferruginosas, con estratificación cruzada planar de muy bajo ángulo; situadas al techo de la unidad y que subyace a una sucesión de arenitas lodosas de color blanco a gris claro con oxidación ocre (**Foto LP6**) que dan una morfología suave y ondulada.

#### 3.3.14.9 Reseña histórica

Igual que en la descripción de la Formación Areniscas de Socha, la reseña histórica de la Formación Picacho se basa en la transcripción (casi textual) de Pardo (2004, p. 45), quien relata lo siguiente:

El área de Paz de Río (Departamento de Boyacá, Colombia) está localizada a 200 km al noreste de Bogotá en la Cordillera Oriental de Colombia. ... La exploración geológica en esta área comenzó en los 1920's, seguido por el trabajo de Alvarado and Sarmiento (1944), quienes iniciaron estudios estratigráficos sistemáticos para el plan de hierro y acero colombianos (Reyes, 1984); desafortunadamente, este trabajo no fue publicado y el reporte original desapareció en Ingeominas (Guzmán, G., comunicación escrita). Alvarado y Sarmiento (1944) propusieron los términos formaciones "Socha Inferior", "Socha Superior" y "Picacho" para las rocas del Terciario inferior que afloran en el área del río Chicamocha. Aunque esta nomenclatura no fue publicada oficialmente, fue utilizada en otras regiones del departamento de Boyacá (e.g. Renzoni, 1967). Después, Reyes (1984) hizo un mapa geológico y una descripción general de las unidades estratigráficas en el área...; no obstante, esta información tampoco fue publicada.

#### 3.3.14.10 Subdivisión

Ulloa *et al.* (2001, fig. 11 y p. 34), al sur de Sogamoso, subdividieron la Formación Picacho de base a techo en: "Segmento A", "Segmento B" y "Segmento C".

Ulloa *et al.* (2003, p. 90) subdividen cada una de las secciones medidas por ellos (sección de la carretera Corrales - Paz de Río y sección al occidente del Colegio Sugamuxi), de base a techo, en los conjuntos inferior, medio y superior.



### 3.3.14.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La figuras 2.7 y 2.8 de Sarmiento (2001, p. 19 y 20) muestran que la Formación Picacho se extiende desde la región de Pajarito (Boyacá), en dirección Oeste-Noroeste, hasta la región de Tunja (Boyacá) y en dirección Noreste hasta la latitud de la Sierra Nevada del Cocuy. Sin embargo, en el primer caso, la cartografía realizada en este estudio y la elaborada para las planchas geológicas 172 Paz de Río, 191 Tunja, 192 Laguna de Tota y el mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, restringen en general los afloramientos de esta unidad a áreas situadas al este de la Falla de Soapaga.

La Formación Picacho aflora: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), en la Cuchilla de Caguata, situada en la parte central entre Ramiriquí y Zetaquirá, con afloramientos por la carretera que une estos dos municipios (plancha 191-Tunja) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio, a unos 13 Km en línea recta, al oeste de Zetaquirá, (cuadrángulo K-12 Guateque). 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), dentro de la plancha 192-Laguna de Tota (Boyacá): al norte de Iza; en el sector NE de la Laguna de Tota (**Foto P256**); y en el sector SW de esta laguna (con afloramientos por la vía Aquitania). 3) Cerca de la transecta 3, al sur-suroeste de Sogamoso (plancha 172 Paz de Río), donde se midió la sección Loma Peñalisa.



**Foto P256.** Estación P256 (transecta-3): afloramiento sobre la vía Toquilla-Sogamoso, que muestra bancos de wackas cuarzosas, blancas, con estratificación inclinada, de la Formación Picacho (flanco oriental del "Anticlinal de El Crucero", al noreste de la Laguna de Tota).





### Variación lateral:

Omitiendo el espesor de 580 m de la Formación Picacho, dado por Ulloa *et al.* (2001, p. 34) al sur de Sogamoso (plancha 192-Laguna de Tota), el espesor de la Formación Picacho varía entre los 90 m y los 284 m. En la Sierra Nevada del Cocuy tiene 284 m de espesor, en Paz de Río y Betétiva entre 90 y 115 m, por la carretera Corrales - Paz de Río 139 m, en Sogamoso 181,5 m y 118 m (medidos en este estudio) y en Chinavita-Umbita (al sur del área de estudio) 180 m. En sentido muy amplio, la Formación Picacho se adelgaza en dirección Suroeste desde la Sierra Nevada del Cocuy. Sin embargo el valor promedio, haciendo a un lado el espesor menor y el mayor de estos últimos mencionados, el espesor de la Formación Picacho es de unos 147 m.

### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Picacho se correlaciona con la Formación Regadera que aflora al oeste del área de estudio y con la Formación Areniscas de El Limbo (ó Formación Mirador) que aflora en la parte E de la transecta-1.

Pardo (2004, p. 48) menciona que Van der Hammen (1961), con base en datos palinológicos no publicados, correlacionó la Formación Picacho, con la Formación La Paz en el área del Valle Medio del Magdalena.

#### 3.3.14.12 Localidad tipo y estratotipo

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 455), la sección tipo de esta Formación se encuentra al norte de Betétiva en las proximidades de los Cerros El Fraile y Picacho, situados al oeste de Paz de Río.

### **3.3.15 Formación Concentración (Eoceno superior a Oligoceno)**

#### 3.3.15.1 Referencia original

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172) la referencia original como Formación Concentración se debe a: "ALVARADO (B.) & SARMIENTO (R.), 1944", en el "Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de paz de Río (Departamento de Boyacá), Serv. Geol. Nal., Informe 468, Bogotá."

#### 3.3.15.2 Proponente del nombre

Los autores del nombre Formación Concentración son Alvarado y Sarmiento (1944, según Valencia en Porta *et al.*, 1974, p. 172).

### 3.3.15.3 Derivación del nombre

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172) describe: "La sección tipo de esta formación, está localizada a lo largo del Río Soapaga entre el Caserío de Concentración y el puente de Uvo." A unos 8 Km al oeste de Paz de Río según Walthall and Berry (1961, p. 75).

### 3.3.15.4 Área tipo

De acuerdo con Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172), el área tipo sería la región de Sogamoso-Paz de Río (Departamento de Boyacá), Cordillera Oriental.

### 3.3.15.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Concentración se observó sobre la Formación Picacho.

Van der Hammen (1961, p. 93) menciona de la "Formación de Concentración":

Edad: "La edad de la parte inferior es probablemente Eoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b), pero faltan por completo los datos palinológicos directos.

Según datos palinológicos la parte media corresponde al Eoceno Superior y al Oligoceno Inferior; la parte superior es de edad Oligoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.)."

Fabre (1985, fig. 2) sitúa la Formación Concentración entre finales del Eoceno y el Oligoceno.

Pardo (2004, fig. 1.2. A., p. 9-10) muestra la Formación Concentración en el Oligoceno y más adelante (en la p. 84) cita, con relación a la Formación La Paz: ... es más... que la Formación Concentración la cual es incluida por Germeraad *et al.* (1968, llamada "San Fernando shale") en la zona *Verrucatosporites usmensis* del Eocene tardío.

Se admite en este estudio para la Formación Concentración una ubicación cronoestratigráfica **Eoceno superior a Oligoceno**.

### 3.3.15.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172) menciona que en la sección tipo Alvarado & Sarmiento describen la siguiente sucesión estratigráfica:



“Conjunto superior: Arcillas amarillas y grises, con varios bancos (hasta 10) de areniscas de grano medio a grueso y lechos de arcilla de grano fino. En las areniscas hay zonas guijosas paralelas a la estratificación. Espesor...650 m”

“Conjunto medio: Arcillas grises, grises verdosas, meteorizadas a amarillo, con lechos delgados de areniscas arcillosas de grano fino y color verdoso y algunos pocos bancos de arenisca de grano medio. En esta parte el yeso es común. Espesor...400 m”

“Conjunto inferior: Banco de areniscas de grano medio de color amarillo...4 m  
Arcillas amarillas y grises, verdosas con banco grueso de areniscas...90-100 m  
Banco de óxidos de hierro oolítico... 4-6 m  
Areniscas de grano medio... 150-300 m  
Arcillas grises verdosas, con un banco grueso de arenisca fuertemente guijosa... 70-80 m”

### Espesor

De acuerdo con Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172), el espesor de la Formación Concentración dado por Alvarado y Sarmiento, varía entre 1.368 y 1.540 m. Este último dato podría ascender a 1.554 m, si se tiene en cuenta que Alvarado y Sarmiento describen un “Banco de óxidos de hierro oolítico con espesor de 4-6 m, mientras que Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172), con base en Hubach (1957, p. 78), reporta que el espesor de esta banco oolítico varía de 4-20 m de espesor.

Van der Hammen (1961, p. 93), divide la “formación de Concentración” en tres partes: una parte inferior de 300 m, una parte media de 500 a 600 m y una parte superior que oscila entre 650 y 700 m.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) reportan que en el área del cuadrángulo K-12 Guateque, sólo afloran 200 m basales de esta unidad.

Fabre (1981, fig. 1, p. 5) en la “Columna estratigráfica simplificada de la Sierra Nevada del Cocuy”, le da un espesor parcial a la Formación Carbonera de 315 m. Posteriormente (Fabre, 1985, fig. 2, p. XIX-4) reemplaza la Formación Carbonera por la unidad T4 (Formación Concentración).

Ulloa *et al.* (2003, p. 93), en su estudio de la plancha 172-Paz de Río, anotan: “Basado en la sucesión litológica medida en la carretera Paz de Río - Cerinza (A5, Figura 28), la Formación Concentración puede dividirse en varios conjuntos. Uno inferior de 350,15 m de espesor,... Un conjunto medio, de 166,80 m de espesor,... El conjunto superior de 945,50 m de espesor,”. El espesor total de la unidad sería de 1462,45 m.



### 3.3.15.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Concentración se basa principalmente en las observaciones de campo, realizadas por la parte central de la carretera Ramiriquí-Zetaquirá (**Foto V84**) y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio (transecta-2), y al norte de Iza (transecta-3). Además, se utiliza la descripción de la sección Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**), localizada inmediatamente al sur-suroeste de Sogamoso (al norte de la transecta-3), entre el m 467 y el m 492, tramo que corresponde a los 25 metros basales de la unidad (**Foto LP7**).

#### Descripción:

La Formación Concentración presenta en la base un intervalo muy grueso de arenitas lodosas (10-20% matriz), de color blanco grisáceo, de grano muy fino, con 5% de líticos negros, laminación plana paralela a subparalela; con algunas interposiciones delgadas de limolitas y concreciones ferruginosas (de hasta 20 cm de diámetro) de color púrpura.

Los afloramientos de la transecta-2, corresponden a interposiciones de capas medianas y gruesas, de arcillolitas de color gris, gris claro o gris-verdoso y rojo-vinotinto moteados, macizas, con vestigio de laminación ondulada, y capas gruesas de arenitas arcillosas, de color gris claro, rojo-vinotinto y naranja, moteados, o gris a amarillo claro con tonos rojizos, cuarzosas, de grano fino y medio, moderadamente compactas, macizas.

Los afloramientos de la transecta-3, corresponden a arenitas de color rojizo, de grano grueso, con láminas y lentes conglomeráticos de gránulos y guijos de cuarzo blanco y rosado, arcillolitas caoliníticas, y chert; capas delgadas a medianas de arenitas lodosas (15 % de matriz), blancas con tonos púrpura, de grano fino a medio, con 3% de líticos, moderadamente compactas; conglomerados arenosos (matriz de grano grueso a muy grueso), de color amarillo-naranja, con gránulos y guijos medianos y pequeños de cuarzo, con intercalaciones de arcillolitas y lodolitas arenosas de color gris-púrpura; capas gruesas y medianas de arenitas de color amarillo rojizo, subfeldespáticas, de grano fino a medio, con algunos lentes conglomeráticos de gránulos y guijos de cuarzoarenita y porcelanita de color crema.



**Foto V84.** Estación V84 (transecta-2): Capas subtabulares, delgadas hasta muy gruesas de arenitas (algunas lodosas) grises y gris-verdosas, de grano fino hasta grueso, con interposiciones de lodolitas grises moteadas rojizo y arcillolitas de color verde y violáceo, ligeramente calcáreas; de la Formación Concentración (bloque yacente de la Falla de Soapaga, entre Ramiriquí y Zetaquirá).



**Foto LP7** (Sección Loma Peñalisa, al norte de transecta-3). Paquetes muy gruesas, de arenitas lodosas de color blanco a gris claro, con niveles delgados de limolitas y concreciones ferruginosas de color rojo-vinotinto, de la Formación Concentración. Flanco occidental del "Anticlinal de Iza".





### Génesis:

Fabre (1985, fig. 2, p. XIX-4) representa la Formación Concentración como un depósito de offshore.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) interpretan para la Formación Concentración, un ambiente lagunar continental a marino cenagoso.

Ulloa *et al.* (2001, p. 35) le adjudican a Alvarado y Sarmiento (1944) que la unidad se acumuló en un ambiente litoral o de pantano marino.

Pardo (2004, p. 61) afirma con respecto a la Formación Concentración: Nueve kilómetros al norte en el área de Paz de Río, una capa de 2 a 12 metros de espesor de hierro oolítico se presenta en la parte inferior de esta unidad (Reyes, 1984). De acuerdo a Kymberley (1980) estas clases of depósitos se forman como barras litorales en mares interiores.

Pardo (*op. cit.*, p. 84) además reseña: Villamil (1999)... en su carta paleo-estratigráfica del Paleoceno Tardío (...) la Formación La Paz lateralmente cambia al este en facies estuarinas del Mirador superior y depósitos de planicie lodosa costera de la Formación Concentración.

### Otros aspectos:

La Formación Concentración presenta una morfología de colinas bajas y cartográficamente se restringe en general a áreas situadas en el bloque yacente de la Falla de Soapaga.

#### 3.3.15.8 Límites y contactos

Vargas *et al.* (1981, p. 57), con relación a la Formación Concentración, mencionan: "el límite inferior de la formación con el Picacho parece ser normal.

Ulloa *et al.* (2003, fig. 28) con base en su columna estratigráfica de la Formación Concentración, levantada en la carretera Paz de Río-Cerinza, describe una alternancia de arcillolitas, grises claras, oscuras y negras y arenita de cuarzo, grano fino, gris clara, cemento silíceo, en capas medias; que se apoyan en contacto neto sobre arenita de grano medio a grueso, con lentes de conglomerados de cuarzo, de la Formación Picacho. Hacia el techo de la Formación Concentración, representa arcillolitas grises claras y arenitas de cuarzo, de grano fino, grises, en capas delgadas y gruesas, por debajo de un intervalo cubierto de 40 m.



En la sección estratigráfica Loma Peñalisa (**Anexo 3.15**), el límite inferior de la formación se definió, en el metro 467 del levantamiento (E: 1.127.125, N: 1.122.784), donde comienza un intervalo muy grueso de arenitas lodosas (wackas), de color blanco grisáceo, de grano muy fino, con laminación plana paralela a subparalela, con algunas interposiciones delgadas de limolitas y concreciones ferruginosas (de hasta 20 cm de diámetro) de color púrpura, que aflora por encima de una sucesión de capas subtabulares, muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de color blanco amarillento, de grano fino a muy fino, con laminación cruzada plana de muy bajo ángulo, ferruginosas al tope.

El límite superior no se observó debido a que la Formación Concentración es la unidad estratificada más reciente, tanto en la transecta-2 como en la transecta-3, y forma el núcleo de estructuras sinclinales.

#### 3.3.15.9 Reseña histórica

Retomando la reseña histórica hecha para la formaciones Areniscas de Socha, Arcillas de Socha y Picacho, puede decirse que la exploración geológica en el área de Paz de Río (Departamento de Boyacá, Colombia) comenzó en los 1920's, seguido por el trabajo de Alvarado and Sarmiento (1944), quienes iniciaron estudios estratigráficos sistemáticos para el plan de hierro y acero colombianos (Reyes, 1984); desafortunadamente, este trabajo no fue publicado y el reporte original desapareció en Ingeominas (Guzmán, G., comunicación escrita). Alvarado y Sarmiento (1944) propusieron, entre otros, el término Formación Concentración para las rocas del Terciario que afloran en el área del Río Soapaga. Después, Reyes (1984) hizo un mapa geológico y una descripción general de las unidades estratigráficas en el área. Aunque ni la nomenclatura de Alvarado y Sarmiento ni la información de Reyes fueron publicadas oficialmente, si fue y ha sido utilizada en otras regiones del departamento de Boyacá por otros autores (Ej. Van der Hammen, 1961, p. 93; Renzoni, 1981, p. 46; Ulloa y Rodríguez, 1979, p. 30-31).

#### 3.3.15.10 Subdivisión

Según Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172) en la sección tipo de la Formación Concentración, Alvarado y Sarmiento describieron la sucesión estratigráfica subdividiéndola de techo a base en los "Conjuntos superior, medio e inferior".

Ulloa y Rodríguez (1979, fig. 12 y p. 31) reportan que en el área del cuadrángulo K-12 Guateque, sólo afloran 200 m basales de esta unidad, y los subdividen para su descripción en los "conjuntos A, B y C".

Ulloa *et al.* (2003, p. 93), subdividen la Formación Concentración medida en la carretera Paz de Río – Cerinza, en los "conjuntos inferior, medio y superior".



### 3.3.15.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

La figuras 2.7 y 2.8 de Sarmiento (2001, p. 19 y 20) muestran que la Formación Concentración se extiende desde la región de Pajarito (Boyacá), en dirección Oeste-Noroeste, hasta la región de Tunja (Boyacá) y en dirección Noreste hasta la latitud de la Sierra Nevada del Cocuy. Sin embargo, en el primer caso, la cartografía realizada en este estudio y la elaborada para las planchas geológicas 172 Paz de Río, 191 Tunja, 192 Laguna de Tota y el mapa geológico del cuadrángulo K-12 Guateque, restringen en general los afloramientos de esta unidad a áreas situadas al este de la Falla de Soapaga.

La Formación Concentración aflora: 1) En la transecta-2 (Sutamarchán-Ururia), por la parte central de la carretera Ramiriquí-Zetaquirá y por la carretera no pavimentada Zetaquirá-Corregimiento de San Antonio; plancha 191-Tunja y cuadrángulo K-12 Guateque. 2) En la transecta-3 (Gámbita-Pajarito), dentro de la plancha 192-Laguna de Tota (Boyacá): a unos 3 Km al norte de Iza (a unos 8 Km, en línea recta, al NW del sector norte de la Laguna de Tota).

#### Variación lateral:

Vargas *et al.* (1981, p. 57) al describir al suroeste del Cocuy, en las planchas 153-I-B y D, una secuencia que cartografiaron como Formación Concentración, mencionan: "Esta secuencia parece a primera vista, ser un poco diferente a la observada en el área de Paz de Río, pues aparentemente contiene menor cantidad de sedimentos arenosos;".

En cuanto al espesor de la unidad, este es aparentemente constante si se tienen en cuenta los datos más completos que son: el de Alvarado y Sarmiento quienes dicen que varía entre 1.368 y 1.554 m (Valencia, en Porta *et al.*, 1974, p. 172), y el de Ulloa *et al.* (2003, p. 93) quienes reportan unos 1462 m. Sin embargo, Vargas *et al.* (1981, p. 56), anotan: "En la zona en la cual aflora el Concentración dentro del Cuadrángulo I-13, el espesor es más o menos reducido y limitado quizá a su parte más basal. En efecto el Concentración aparece siempre formando los núcleos de varios sinclinales y limitado a un espesor máximo de 150 m." Estos autores de manera tácita adjudican la reducción del espesor a procesos erosivos.

#### Correlación:

Dentro del área de estudio, la Formación Concentración se correlaciona con la Formación San Fernando (aflorante en la parte más E de la transecta-1) y su parte inferior con la Formación Regadera (aflorante en la parte W de la transecta-1).



Van der Hammen (1961, p. 93), con respecto a correlación de esta unidad, dice: "Corresponde la formación de Concentración (menos la parte inferior) a las formaciones de San Fernando y Diablo del borde oriental de la Cordillera Oriental, y a las formaciones Carboneras (*sic.*) y León del Catatumbo."

Vargas *et al.* (1981, p. 57) mencionan que la Formación Concentración "se correlaciona con las formaciones Carbonera y León de la Cuenca de Maracaibo y con las formaciones Esmeralda (*sic.*) y Mugrosa del Valle Medio del Magdalena."

Ulloa *et al.* (2003, p. 35) correlacionan la Formación Concentración con la Formación San Fernando en el Borde Llanero, la Formación Carbonera de la Cuenca del Maracaibo y con la Formación Usme en la Sabana de Bogotá.

#### 3.3.15.12 Localidad tipo y estratotipo

Valencia (en Porta *et al.*, 1974, p. 172) describe: "La sección tipo de esta formación, está localizada a lo largo del Río Soapaga entre el Caserío de Concentración y el puente de Uvo." Ulloa *et al.* (2001, p. 34) añaden: "(carretera Santa Rosa-Paz de Río-Socha)".

### 3.3.16 Formación Arcillas de El Limbo (Paleoceno superior)

Esta unidad es mencionada por algunos geólogos de la industria del petróleo como Formación Los Cuervos. Sin embargo, en este estudio no empleamos este nombre porque fue definido en la cuenca del Catatumbo, Departamento de Norte de Santander. Al respecto véase Solé de Porta (en Porta *et al.*, 1968, p. 381).

#### 3.3.16.1 Referencia original

Según Van der Hammen (1961, p. 97), es Renz, 1938 (informe inédito de la Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad. La primera publicación del nombre fue hecha por Van der Hammen (1958, plancha. 2), en su estudio "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)", quien utilizó el término "Arc. del Limbo" para referirse a la sucesión arcillosa que se encuentra entre la "Arenisca del Morro" y la "Arenisca del Limbo" y la sitúa en el Paleoceno; en la localidad de El Morro, Rio Cravo Sur, en el Departamento del Casanare.

#### 3.3.16.2 Proponente del nombre

Según Van der Hammen (1961, p. 97), el nombre de "Arcillas de El Limbo" fue establecido por Hubach, 1941 (informe inédito de Shell).

### 3.3.16.3 Derivación del nombre

El nombre El Limbo deriva del caserío homónimo ubicado a 2 km al noroeste de El Morro, Río Cravo Sur, Departamento de Casanare (ver Van der Hammen, 1961, p. 97).

### 3.3.16.4 Área tipo

De acuerdo con Téllez en (Porta *et al.* 1974, p. 219) la Formación Arcillas de El Limbo se ha restringido a la parte norte de la Sierra de La Macarena y el borde oriental de la Cordillera Oriental. Con base en la localidad tipo (caserío El Limbo, 2 km. NW de El Morro, Río Cravo Sur) el área tipo, haría parte de la región nor-noroeste del municipio de Yopal (capital del Depto. de Casanare).

### 3.3.16.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arcillas de El Limbo se encuentra entre el Gr. Palmichal, sobre el que se apoya, y la Formación Arenisca de El Limbo que se le superpone.

Van der Hammen (1961, p. 97), indica: "La edad de las arcillas de El Limbo establecida a base de análisis palinológicos corresponde al Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).".

Guerrero y Sarmiento (1996, p. 4) concluyen que lo que "Ulloa *et al.* 1975" y "Ulloa & Rodríguez 1979", cartografiaron y definieron como Grupo Palmichal incluye y está en sinonimia con unidades previamente conocidas como el "Grupo Guadalupe, la Formación Guaduas y la Formación Socha Inferior". Estos mismos autores en sus figuras 1 y 9, sitúan por encima de la Formación Socha Inferior, como es de esperarse, la Formación Socha Superior. Esta última, mencionada en este estudio como Formación Arcillas de Socha, correspondería entonces a la Formación Arcillas de El Limbo de Ulloa *et al.* (1975) y de Ulloa y Rodríguez (1979). Pardo (2004, p. 55) refiriéndose a la Formación Arcillas de Socha relata: 1) Guerrero y Sarmiento (1996) registraron también *Foveotricolpites perforatus* en esta unidad, una especie marcadora de la zona Caribe del Paleoceno más tardío de Germeraad *et al.* (1968) y Muller *et al.* (1987); 2) los datos palinológicos obtenidos por Jaramillo y Dilcher (2001) para toda la Formación Arcillas de Socha en esta área sugiere más una edad Paleoceno "tardío" (zona *Foveotricolpites perforatus* de Germeraad *et al.*, 1968).

La Formación Arcillas de El Limbo representaría cronoestratigráficamente el **Paleoceno superior**.





### 3.3.16.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare) describe la unidad así: "... está compuesta por gredas y arcillas esquistosas de color gris y gris-verdoso con esquistos arcillosos grises, mantos de carbón, y en la parte baja algunos bancos de arenisca."

Por su parte Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) en el cuadrángulo K-12, Guateque, anotan: "En la sección hecha en el valle formado por las lomas del Silbadero y Monserrate..., la unidad está compuesta por arcillas grises verdosas con intercalaciones de areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano medio a grueso, estratificadas en bancos de 1 a 5 m de espesor."

#### Espesor

Van der Hammen (1961, p. 97), señala: "El espesor en la región de El Morro es aproximadamente de 250 metros."

Para Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31), en la sección hecha en el valle formado por las lomas del Silbadero y Monserrate en el Cuadrángulo K-12, la unidad alcanza un espesor de 180 m."

Pérez *et al.* (1984, p. 135), en la sección de la quebrada La Piñalerita reportan para esta unidad un espesor de 360 m.

En este estudio, a unos 5 Km al oeste-noroeste de San Luis de Gaceno (Boyacá), se calculó un espesor estratigráfico de 210 m de la Formación Arcillas de El Limbo (sección estratigráfica Aguacaliente, **Anexo 3.16**).

### 3.3.16.7 Litología

La descripción litológica de la Formación Arcillas de El Limbo se hace con base en escasos afloramientos localizados en el extremo E de la transecta-1, entre Santa María y San Luis de Gaceno.

#### Descripción:

La Formación Arcillas de El Limbo está compuesta por lodolitas, algunas limosas, compactas, de color gris, con laminas arenosas (de grano muy fino) plana paralelas y lenticulares, y algunas intercalaciones de capas muy delgadas de limolitas siliciclásticas, de color gris y rojizo, muy compactas. Presenta también capas gruesas y muy gruesas, de arenitas lodosas, de color gris-verdoso, pardo-



naranja de alteración, de grano muy fino, friables, con laminación inclinada plana de bajo ángulo.

#### Génesis:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) en el cuadrángulo K-13, Tauramena, de la Formación Arcillas de El Limbo mencionan: "Su ambiente de depósito parece ser pantanoso a lagunar marino."

Pérez *et al.* (1984, p. 136) señalan: "Because of its sedimentary characteristics, El Limbo Claystones Formation is considered to be deposited in a fluvial environment, within coastal plain conditions, with a predominance of floodplain facies over the channel facies (Vasquez, 1983)."

#### Otros aspectos:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) mencionan: "La unidad Arcillas de El Limbo, aflora en el Cuadrángulo K-13, Tauramena, en una faja alargada y angosta, formando los flancos del Sinclinal de El Porvenir, y está caracterizada por una topografía suavemente ondulada, debido a su carácter predominantemente arcilloso."

#### 3.3.16.8 Límites y contactos

Según Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16), la unidad en el Cuadrángulo K-13, Tauramena, se observó suprayaciendo concordantemente a los estratos del Grupo Palmichal e infrayaciendo normalmente a la Formación Arenisca de El Limbo.

Pérez *et al.* (1984, p. 135) por su parte mencionan: "The upper contact is unconformable with the El Limbo Sandstone Formation of Late Eocene age. A hiatus between Early to Middle Eocene time is present in the Eastern Cordillera foothill geology."

En este estudio, a unos 5 Km al oeste-noroeste de San Luis de Gaceno (transecta-1), cerca de la confluencia de la quebrada Las Moyas en el Río Lengupá, se observó en un afloramiento estratigráficamente invertido, la Formación Arenisca de El Limbo discordante sobre la Formación Arcillas de El Limbo (**Foto P74**).



**Foto P74.** Estación P74 (transecta-1): afloramiento estratigráficamente invertido, cerca de la confluencia de la quebrada Las Moyas en el Río Lengupá, que muestra en la parte superior, lodolitas limosas, grises, de la Formación Arcillas de El Limbo; y en la parte inferior capas gruesas y muy gruesas, de arenitas cuarzosas blancas, de la Formación Arenisca de El Limbo (bloque colgante de la Falla de Tesalia, al oeste-noroeste de San Luis de Gaceno).

#### 3.3.16.9 Reseña histórica

De acuerdo con Van der Hammen (1961, p. 97), es Hubach, 1941 (Informe inédito Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad.

Sin embargo, la primera publicación fue hecha por Van der Hammen (1958, plancha 2) en su "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)". En este trabajo el autor utiliza el término "Arc. del Limbo" para referirse a la sucesión arcillosa que se encuentra entre la "Arenisca del Morro" y la "Arenisca del Limbo" en la localidad de El Morro, en el Departamento del Casanare.

Paba y Van der Hammen (1961, fig. 2) en su estudio "Sobre la Geología de la parte Sur de La Macarena", emplean el término "arcilla del Limbo" como una unidad equivalente de la "Formación Guayabero".

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), utiliza el nombre de "Formación Arcillas de El Limbo" para describir una sucesión compuesta por gredas y arcillas esquistosas de color gris y gris-verdoso con esquistos arcillosos grises, mantos de carbón, y en la parte baja algunos bancos de arenisca.



### 3.3.16.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Arcillas de El Limbo. Pérez *et al.* (1984, p. 135), mencionan que Vásquez (1983, trabajo de grado no publicado) dividió informalmente la unidad en tres partes: inferior, media y superior.

### 3.3.16.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Van der Hammen (1961, p. 97), describe esta unidad en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), en el borde oriental de la Cordillera Oriental.

De acuerdo con Téllez en (Porta *et al.* 1974, p. 219) la Formación Arcillas de El Limbo se ha restringido a la parte norte de la Sierra de La Macarena y el borde oriental de la Cordillera Oriental.

En el Cuadrángulo K-12, Guateque, según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 31) la unidad aflora en el valle ubicado entre las lomas del Silbadero y Monserrate. Estas últimas se sitúan entre Sabanalarga y Agua Clara (a unos 15 Km en línea recta al este de San Luis de Gaceno).

En el cuadrángulo K-13, Tauramena, según Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) la unidad aflora en una faja alargada y angosta, formando los flancos del Sinclinal de El Porvenir.

Sarmiento (2001, p. 19-21) en sus figuras 2.7, 2.8 y 2.9 (ubicadas en su fig. 2.2, p. 9), representa la Formación Los Cuervos desde la región del río Cusay (Depto. de Arauca), al norte, hasta cerca de Villavicencio (Depto. del Meta), al sur. Si se tiene en cuenta el área tipo de la Formación Arcillas de El Limbo, es decir, el borde oriental de la Cordillera Oriental (y/o el piedemonte llanero), Los Cuervos que representa Sarmiento correspondería más a la "Formación Arcillas de El Limbo" cartografiada y descrita por Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979), en el cuadrángulo K-12, y por Ulloa y Rodríguez (1981) en el cuadrángulo K-13 Tauramena. En conclusión, la Formación Arcillas de El Limbo se extendería en el borde oriental de la Cordillera Oriental, de norte a sur, desde la región del río Cusay hasta cerca de Villavicencio.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Arcillas de El Limbo en el extremo E de la transecta-1 (entre Santa María y San Luis de Gaceno), en las quebradas Las Moyas y Las Chucas, al sur del Río Lengupá.



### Variación lateral:

La Formación Arcillas de El Limbo, a pesar de su contacto discordante con la suprayacente Formación Arenisca de El Limbo, mantiene un espesor relativamente constante, si se tiene en cuenta que en la región de El Morro (Casanare) es aproximadamente de 250 metros, y según los datos reportados en el Cuadrángulo K-12 Guateque, este puede ser de: 180 m (en el valle formado por las lomas del Silbadero y Monserrate), 360 m (en la quebrada La Piñalerita, al norte de Sabanalarga) y unos 210 m (calculados en este estudio, a unos 5 Km al oeste-noroeste de San Luis de Gaceno, Boyacá) en la sección estratigráfica Aguacaliente (**Anexo 3.16**).

### Correlación:

De acuerdo con Van der Hammen (1961, p. 97), la Formación Arcillas de El Limbo corresponde palinológicamente con la "Formación Socha Superior" de la región de Sogamoso, así como también con la parte superior de la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena y con la Formación Los Cuervos del Catatumbo."

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 30), en su estudio del cuadrángulo K-12, concluyen: "Las Formaciones (*sic.*) Arcillas de Socha se correlaciona con las formaciones Bogotá y Arcillas de El Limbo."

#### 3.3.16.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo de esta unidad fue propuesta por Van der Hammen (1961, p. 97), cerca al caserío El Limbo, 2 km. NW de El Morro, Río Cravo Sur. Téllez en (Porta *et al.* 1974, p. 220), señala: "La formación presenta su facies típica en el borde E de la Cordillera Oriental de Colombia, en las cercanías de El Morro sobre el Río Cravo Sur."

#### **3.3.17 Formación Arenisca de El Limbo (Eoceno superior a Oligoceno)**

Esta unidad es mencionada por algunos geólogos de la industria del petróleo como Formación Mirador. Sin embargo, en este estudio no empleamos este nombre porque procede del Cerro Mirador en la parte alta del Río Lora, al sur del Distrito de Perijá, Estado de Zulia, en Venezuela, y fue introducido en el área de la Concesión Barco, Depto. Santander de Norte. Al respecto véase Solé de Porta (en Porta *et al.*, 1968, p. 417).

##### 3.3.17.1 Referencia original

Según Van der Hammen (1961, p. 97), es Renz, 1938 (informe inédito de la Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad. La primera publicación



del nombre fue hecha por Van der Hammen (1958, plancha. 2) en su estudio "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)". En este trabajo el autor utiliza el término "Arenisca del Limbo" para referirse a la sucesión que se encuentra entre la "Arc. del Limbo" y la "Arc. San Fernando" y la sitúa en el Eoceno; en la localidad de El Morro, Rio Cravo Sur, en el Departamento del Casanare.

#### 3.3.17.2 Proponente del nombre

De acuerdo con Van der Hammen (1961, p. 97), el nombre de "Arenisca de El Limbo" fue establecido por Hubach, 1941 (Informe inédito Shell).

#### 3.3.17.3 Derivación del nombre

El nombre El Limbo deriva del caserío homónimo ubicado a 2 km al noroeste de El Morro, Rio Cravo Sur, Departamento de Casanare (ver Van der Hammen, 1961, p. 97).

#### 3.3.17.4 Área tipo

De acuerdo con Navas en (Porta *et al.* 1974, p. 220) la Formación Arenisca de El Limbo se ha restringido al borde oriental de la Cordillera Oriental.

#### 3.3.17.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación Arenisca de El Limbo se encuentra entre la Formación Arcillas de El Limbo, sobre la que se apoya, y la Formación San Fernando que se le superpone. A unos 5 Km al oeste-noroeste de San Luis de Gaceno (transecta-1), cerca de la confluencia de la quebrada Las Moyas en el Río Lengupá, se observó en un afloramiento estratigráficamente invertido, la Formación Arenisca de El Limbo discordante sobre la Formación Arcillas de El Limbo.

Van der Hammen (1961, p. 97), afirma: "La edad de la arenisca de El Limbo es Eoceno Inferior. En la parte superior podría incluir Eoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).".

Por su parte Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), anotan: "La unidad fue datada como Eoceno Inferior a Medio por Van der Hammen (1957b). Sin embargo, con base en nueva información de polen, se considera en la actualidad Eoceno Superior - Oligoceno (H. Duque, comunicación personal)". Esta última ubicación cronoestratigráfica es la adoptada en este estudio.



Este estudio adopta esta última ubicación cronoestratigráfica de la Formación Arenisca de El Limbo, es decir, **Eoceno Superior a Oligoceno**.

### 3.3.17.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare) describe la unidad así: "La formación llamada Arenisca de El Limbo es una sucesión de areniscas conglomeráceas sobre todo en la parte inferior. En la mitad puede haber una intercalación de areniscas arcillosas y de lutitas arenosas."

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), en su estudio geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, indican: "Esta unidad en el área de la Loma de Monserrate... está constituida por 120 m (conjunto A) de conglomerado con cantos redondeados de cuarzo hasta 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa. El conglomerado en algunas partes del área pasa a ser arenisca de grano fino; le suprayace 27 m (conjunto B) de arcillolitas, lutitas y areniscas de grano fino a medio. Dentro de este conjunto aflora un estrato lenticular de hierro oolítico. La parte superior de esta unidad, está constituida por 16 m (conjunto C) de areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada y huellas de icnofósiles."

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16-18), en su estudio geológico del cuadrángulo K-13, Tauramena, describen la unidad así: "En el área del Sinclinal de El Porvenir, la Arenisca de El Limbo está compuesta por conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo hasta de 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa, a los cuales le suprayacen una serie de arcillolitas, lutitas y areniscas cuarzosas, de grano fino a medio; en este ultimo nivel se presenta la continuación noreste del estrato de hierro oolítico descrito en el Cuadrángulo K-12, Guateque. El techo de la unidad está formado por areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada."

#### Espesor

Van der Hammen (1961, p. 97), señala: "El espesor en la región de El Morro es aproximadamente de 270 metros."

De acuerdo con Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), en el área de la Loma de Monserrate en el Cuadrángulo K-12, la unidad alcanza un espesor de 163 m."



Pérez *et al.* (1984, p. 139) al describir la Formación Arenisca de El Limbo, en la quebrada La Piñalerita, la subdividen en tres partes que tienen un espesor total de 175 m.

En este estudio, en la transecta-1, a unos 3 Km en línea recta al nor-noroeste de San Luis de Gaceno (Boyacá), se midió un espesor estratigráfico de 235 m de la Formación Arenisca de El Limbo.

### 3.3.17.7 Litología

La descripción litológica de la de la Formación Arenisca de El Limbo, se basa en la sección medida con apoyo en poligonal y GPS al nor-noroeste de San Luis de Gaceno (más exactamente a unos 1.5 Km al noroeste del corregimiento El Cairo), la cual se representó a escala 1:1.000 en la columna estratigráfica El Cairo (**Anexo 3.17**).

#### Coordenadas de la poligonal El Cairo (origen Bogotá):

Iniciales:	E: 1.099.486	N: 1.027.656
Finales:	E: 1.099.290	N: 1.027.844

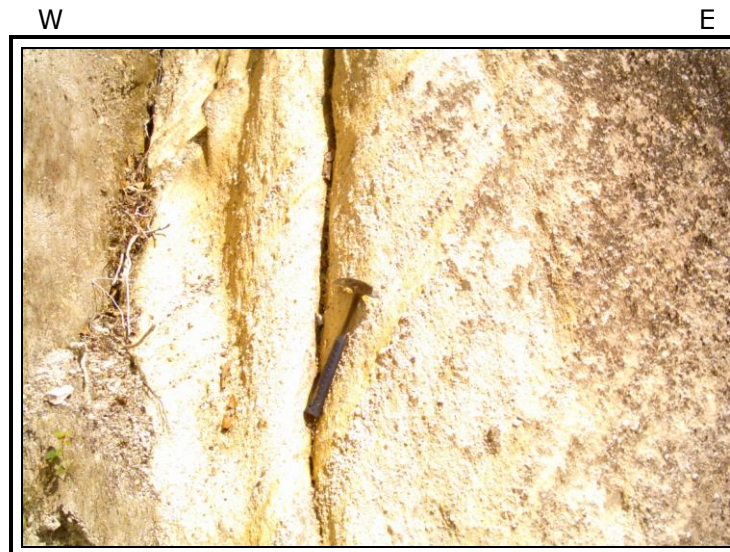
#### Descripción:

La Formación Arenisca de El Limbo está compuesta predominantemente por capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco a amarillento, moderadamente compactas, de grano grueso, subangular a subredondeado, con frecuentes láminas y capas muy delgadas a delgadas, inclinadas, de conglomerado de gránulos y guijos pequeños y medianos, imbricados y redondeados, de cuarzo, porcelanita de color crema y gris, y limolita silícea negra (**Fotos EC1 y EC2**).

Al tope de la unidad, se presenta un conglomerado arenoso, matrizsoportado, localmente clastosoportado, con matriz arenosa de grano grueso y muy grueso y clastos sub-redondeados (gránulos y guijos, pequeños medianos, grandes, excepcional guijos muy grandes y guijarros) de chert negro, cuarzo, chert marrón, limolitas pardas (**Fotos EC3 y EC4**).

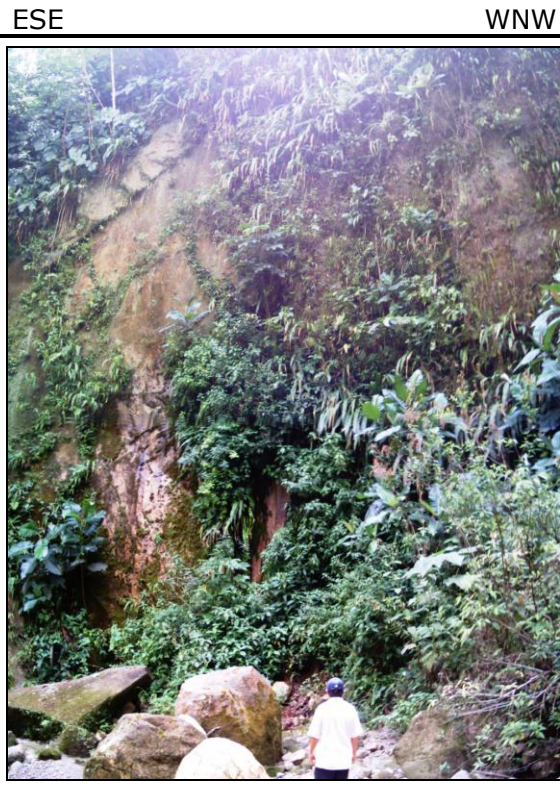


**Foto EC1** (Sección El Cairo, transecta-1). Base de la Formación Arenisca de El Limbo: capas muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de grano grueso, con interposiciones de láminas y capas muy delgadas a delgadas, de gránulos y guijos imbricados. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.



**Foto EC2** (Sección El Cairo, transecta-1). Láminas y capas muy delgadas a delgadas conglomeráticas; hacia la base de la Formación Arenisca de El Limbo. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.





**Foto EC3** (Sección El Cairo, transecta-1). Techo de la Formación Arenisca de El Limbo: capas muy gruesas, de arenitas cuarzosas, de grano grueso a conglomerático. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.



**Foto EC4** (Sección El Cairo, transecta-1). Conglomerado matrizsoportado (localmente clastosopotado) con matriz arenosa de grano grueso y muy grueso; al techo de la Formación Arenisca de El Limbo. Bloque colgante de la Falla de Tesalia.





### Génesis:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18) en el cuadrángulo K-13, Tauramena, de la Formación Arenisca de El Limbo mencionan: "Sus características litológicas y paleontológicas sugieren un ambiente de depósito principalmente deltaico, con algunas influencias lagunares marinas."

Pérez *et al.* (1984, p. 141) señalan: "The Limbo Sandstone Formation, depicts a deltaic environment with a predominance of the fluvial facies in the lower and middle portions and a predominance of the marine facies toward the top (sections at El Secreto - Agua Clara and Piñalerita Creek respectively). This formation represents a marine transgressive event during Late Eocene times."

Sarmiento (2001, p. 81-82), interpreta la Formación Mirador (Formación Arenisca de El Limbo en este estudio) como depósitos de arenitas de abanicos fluviales y aluviales de grano grueso y a menudo de guijos.

### Otros aspectos:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) mencionan: "La unidad aflora en el Cuadrángulo K-13, Tauramena, en una franja alargada y estrecha formando los flancos del Sinclinal de El Porvenir. Se caracteriza por presentar topografía de escarpes, lo cual facilita su delimitación con las unidades que le supra e infrayacen."

### 3.3.17.8 Límites y contactos

#### Límite inferior:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18), en el Cuadrángulo K-13 Tauramena, observaron la Formación Arenisca de El Limbo suprayaciendo concordantemente a la Formación Arcillas de El Limbo. Sin embargo, Pérez *et al.* (1984, p. 135), acerca de la Formación Arcillas de El Limbo aclara: "The upper contact is unconformable with the El Limbo Sandstone Formation of Late Eocene age. A hiatus between Early to Middle Eocene time is present in the Eastern Cordillera foothill geology."

En el área de estudio, en la sección estratigráfica El Cairo (**Anexo 3.17**), el límite inferior de la Formación Arenisca de El Limbo se definió con base en las primeras capas muy gruesas de arenitas cuarzosas, de color blanco y amarillo, de grano grueso, con láminas y capas muy delgadas a delgadas, inclinadas conglomeráticas (con clastos de cuarzo, porcelanita y limolita silícea), que afloran en el metro 0 del levantamiento (E: 1.099.486, N: 1.027.656) y que coinciden con una zona escarpada, situada estratigráficamente por encima de un



tramo cubierto de topografía suave que correspondería a la Formación Arcillas de El Limbo.

#### Límite superior:

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18), en el Cuadrángulo K-13 Tauramena, observaron la Formación Arenisca de El Limbo infrayaciendo concordantemente a la Formación San Fernando.

El límite superior de esta unidad se definió con base en la capa de conglomerado arenoso, matrizsoportado a clastosoportado, con clastos sub-redondeados de chert negro y marrón, cuarzo y limolita parda, que aflora al techo de la unidad, en el metro 235 de la sección El Cairo (E: 1.099.290, N: 1.027.844) y que se sitúa por debajo de un tramo cubierto de topografía suave que correspondería a la Formación San Fernando.

#### 3.3.17.9 Reseña histórica

De acuerdo con Van der Hammen (1961, p. 97), es Hubach, 1941 (Informe inédito Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad.

Sin embargo, la primera publicación fue hecha por Van der Hammen (1958, plancha. 2) en su "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)". En este trabajo el autor utiliza el término "Arenisca del Limbo" para referirse a la sucesión que se encuentra entre la "Arc. del Limbo" y la "Arc. San Fernando", en la localidad de El Morro, Río Cravo Sur, en el Departamento del Casanare.

Paba y Van der Hammen (1961, fig. 2) en su estudio "Sobre la Geología de la parte Sur de La Macarena", emplean el término "arenisca del Limbo" como una unidad equivalente de la "Formación Losada".

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), utiliza el nombre de "Formación Arenisca de El Limbo" para describir una sucesión de areniscas conglomeráceas sobre todo en la parte inferior; en la mitad puede haber una intercalación de areniscas arcillosas y de lutitas arenosas.

#### 3.3.17.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación Arenisca de El Limbo. Pérez *et al.* (1984, p. 138), dividieron informalmente la unidad en tres partes: inferior, media y superior.



Suárez (1982, p. 16) subdividió la unidad en "Conjunto A", "Conjunto B" y "Conjunto C".

### 3.3.17.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Van der Hammen (1961, p. 97), describe esta unidad en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), en el borde oriental de la Cordillera Oriental.

De acuerdo con Navas en (Porta *et al.* 1974, p. 220) la Formación Arenisca de El Limbo se ha restringido al borde oriental de la Cordillera Oriental.

En el Cuadrángulo K-12, Guateque, según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33) la unidad aflora en la Loma de Monserrate.

En el cuadrángulo K-13 Tauramena, según Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16) la unidad aflora en una franja alargada y estrecha formando los flancos del Sinclinal de El Porvenir.

Sarmiento (2001, p. 19-21) en sus figuras 2.7, 2.8 y 2.9 (ubicadas en su fig. 2.2, p. 9), representa la Formación Mirador desde la región de los ríos Cusay y Ele (Depto. de Arauca), al norte, hasta la región de Villavicencio (Depto. del Meta), al sur. Si se tiene en cuenta el área tipo de la Formación Arenisca de El Limbo, es decir, el borde oriental de la Cordillera Oriental (y probablemente la parte más occidental de los Llanos), el Mirador que representa Sarmiento correspondería más a la Formación Arenisca de El Limbo cartografiada y descrita por Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979), en el cuadrángulo K-12, y por Ulloa y Rodríguez (1981) en el cuadrángulo K-13 Tauramena. En conclusión, la Formación Arenisca de El Limbo se extendería en el borde oriental de la Cordillera Oriental, de norte a sur, desde la región de los ríos Cusay y Ele hasta Villavicencio y más al sur.

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación Arenisca de El Limbo en el extremo E de la transecta-1 (entre Santa María y San Luis de Gaceno), en la confluencia de la quebrada Las Moyas en el Río Lengupá, y al noroeste de San Luis de Gaceno, donde se midió la sección estratigráfica El Cairo, a unos 1.5 Km al noroeste del corregimiento El Cairo (**Foto 008**).

#### Variación lateral:

Los espesores estratigráficos reportados de la Formación Arenisca de El Limbo son variables: con un máximo de 270 m en la región del Morro (Casanare) y un mínimo de 163 m en el área de la Loma de Monserrate (cuadrángulo K-12). Esta

variabilidad del espesor de esta unidad puede ser atribuible, al menos en parte, a su ambiente de depósito pues se trata de depósitos deltaicos o de abanicos fluviales y aluviales.



**Foto 008.** Tomada desde la Estación 008 (transecta-1): El filo escarpado de la derecha corresponde a la Formación Arenisca de El Limbo (bloque colgante de la Falla de Tesalia, al oeste de San Luis de Gaceno).

#### Correlación:

Según Van der Hammen (1961, p. 97), la Formación Arenisca de El Limbo corresponde al Mirador del Catatumbo, y a la Formación de La Paz del Valle Medio del Magdalena.”.

Suárez (1982, p. 56) presenta una relación de las unidades correlacionables con la Formación Arenisca de El Limbo: “la Formación Mirador de la Cuenca del Catatumbo”, “la Formación Picacho y la parte inferior de la Formación Concentración de la cuenca de Sogamoso” y probablemente “la Formación Areniscas de La Regadera de la Sabana de Bogotá”.

#### 3.3.17.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo de esta unidad fue propuesta por Van der Hammen (1961, p. 97), cerca al caserío El Limbo, 2 km. NW de El Morro, Río Cravo Sur.



### 3.3.18 Formación San Fernando (Oligoceno a Mioceno inferior)

Esta unidad es equivalente a las formaciones Carbonera y León cartografiadas en el Cuadrángulo H-13 Pamplona (ver Ulloa *et al.* 2003, tabla 11). Solé de Porta (en Porta *et al.*, 1968, p. 134 y 370) escribe que los nombres de estas dos últimas formaciones provienen respectivamente de la Quebrada Carbonera y León, afluentes del Río Zulia, en la Concesión Barco. No obstante, algunos geólogos de la industria del petróleo han extendido esta nomenclatura hasta el borde oriental de la Cordillera Oriental. En este estudio, considerando que el área tipo de las formaciones Carbonera y León están muy distantes del sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, adoptamos término Formación San Fernando utilizado por Ulloa y Rodríguez (1979 y 1981) en los cuadrángulos K-12 Guateque y K-13 Tauramena respectivamente.

#### 3.3.18.1 Referencia original

Según Van der Hammen (1961, p. 97), es Renz, 1938 (informe inédito de la Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad. La primera publicación fue hecha por Van der Hammen (1958, p. 201 y plancha II) en su "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)". En este trabajo el autor utiliza indistintamente los términos "formación San Fernando" y "Arc. San Fernando". Dentro del texto hace referencia al término "formación San Fernando" sin dar una descripción de la misma. En la plancha II para referirse a la sucesión arcillosa que se encuentra suprayaciendo la "Arenisca del Limbo", en la localidad de El Morro, Rio Cravo Sur, emplea el término "Arc. San Fernando".

#### 3.3.18.2 Proponente del nombre

Según Van der Hammen (1961, p. 97), el nombre de "Formación de San Fernando" fue establecido por Renz, 1938 (informe inédito de la Shell).

#### 3.3.18.3 Derivación del nombre

No se encontró una localidad homónima del nombre de la Formación San Fernando. Van der Hammen (1961, p. 97) reporta que la localidad tipo se encuentra en la Mesa de "Hernández" en la punta norte de la Sierra de La Macarena.

#### 3.3.18.4 Área tipo

De acuerdo con Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 496-498) la Formación San Fernando se ha restringido a la parte norte de la Sierra de La Macarena y el borde oriental de la Cordillera Oriental.





### 3.3.18.5 Cronoestratigrafía

En el área de estudio, la Formación San Fernando se encuentra entre la Formación Arenisca de El Limbo, sobre la que se apoya, y la Formación Diablo que se le superpone.

Van der Hammen (1961, p. 98), indica: "La edad, palinológicamente establecida, de la formación San Fernando, es Eoceno Superior y Oligoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).".

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), agregan: "En la actualidad con base en nueva información palinológica y micropaleontológica esta unidad es datada como Oligoceno-Mioceno Inferior (H. Duque, comunicación personal).".

Este estudio adopta esta última ubicación cronoestratigráfica de la Formación San Fernando, es decir, **Oligoceno a Mioceno inferior**.

### 3.3.18.6 Descripción geológica

#### Concepto básico y características distintivas

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare) describe la unidad así: "La Formación de San Fernando consta de una serie de lutitas y arcillas esquistas de color gris hasta gris-verdoso con intercalaciones de bancos y capas de areniscas, que se encuentran entre la arenisca de El Limbo y la base de la formación Diablo. La presencia de foraminíferos indica que había ingresiones de agua marina o salobre."

Por su parte Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33) en el cuadrángulo K-12, Guateque, anotan: "La formación en el área estudiada está compuesta por arcillas, arcillolitas grises y areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, en estratos de 1 a 3 m de espesor, con estratificación cruzada; presentando en la parte inferior a media esporádicos lentes de carbón hasta de 30 cm de espesor."

#### Espesor

Para Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), en el Cuadrángulo K-12, Guateque, la Formación San Fernando tiene un espesor que varía entre 800 y 1000 m.

Pérez *et al.* (1985, p. 203) en su artículo del recorrido geológico carretera Bogotá-Villavicencio y campos de petróleo Apiay-Castilla, reportan para esta unidad un espesor de 1.100 m en el área de la quebrada Paujil.

### 3.3.18.7 Litología

La descripción litológica de la Formación San Fernando se hace con base en escasos afloramientos localizados en el extremo E de la transecta-1, a unos 4-5 Km al oeste-suroeste de San Luis de Gaceno, y al nor-noroeste de San Luis de Gaceno sobre la vía que conduce al corregimiento El Cairo (**Foto O10**).



**Foto O10.** Tomada desde la Estación O10 (transecta-1): Al fondo, de izquierda a derecha, el primer cerro corresponde al techo del Grupo Palmichal, el segundo cerro a la Formación Arenisca de El Limbo, el pequeño valle entre estos dos a la Formación Arcillas de El Limbo, y la amplia zona ondulada que cae al río Lengupá corresponde a la Formación San Fernando (bloques colgante y yacente de la Falla de Tesalia, al oeste de San Luis de Gaceno).

#### Descripción:

Los afloramientos de la Formación San Fernando, muestran una sucesión espesa de lodolitas siliciclásticas, de color gris-verdoso, rojizo de alteración, macizas, a veces físilas, con intercalaciones de capas tabulares, delgadas, de limolitas silíceas, compactas, de color gris oscuras. También afloran capas muy gruesas de areniscas lodosas, cuarzosas, friables, de color amarillo y naranja, de grano grueso, localmente conglomerático, con gránulos y guijos de cuarzo y chert marrón. Esta descripción litológica corresponde a la parte superior de la unidad que equivaldría a la Formación León que utilizan en la industria petrolera.

#### Génesis:

Según Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33) la Formación San Fernando se depositó en un ambiente marino lagunar con influencias deltaicas.



#### Otros aspectos:

La morfología de la Formación San Fernando es de suavemente ondulada y contrasta con la morfología escarpada de las unidades infra- y suprayacente. En el extremo E de la transecta-1, esta unidad se observó en contacto fallado con la Formación Arenisca de El Limbo.

#### 3.3.18.8 Límites y contactos

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18), con relación a la Formación San Fernando en el cuadrángulo K-143 Tauramena, describen: "Los límites inferior y superior de esta unidad, son nítidos y normales con los estratos de las formaciones Areniscas (*sic.*) de El Limbo y Diablo, respectivamente (...)."

#### 3.3.18.9 Reseña histórica

Según Van der Hammen (1961, p. 97), es Renz, 1938 (informe inédito de Shell) el primer autor que hace mención de esta unidad.

Sin embargo, la primera publicación fue hecha por Van der Hammen (1958, p. 201 y plancha. II) en su "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia)". En este trabajo el autor utiliza indistintamente los términos "formación San Fernando" y "Arc. San Fernando".

Paba y Van der Hammen (1961, fig. 2) en su estudio "Sobre la Geología de la parte Sur de La Macarena", emplean el término "Formación San Fernando" para referirse a la unidad arcillosa suprayacente de la "Formación Losada"; los autores la ubican en el Eoceno superior y el Oligoceno inferior.

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), utiliza el nombre de "Formación de San Fernando" para describir una serie de lutitas y arcillas esquistas de color gris hasta gris-verdoso con intercalaciones de bancos y capas de areniscas, que se encuentran entre la arenisca de El Limbo y la base de la formación Diablo.

Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 499) menciona: "GERMERAAD, HOPPING & MULLER (1968, fig. 17) dan una sección estratigráfica en la región de Paz de Río en la que figura la San Fernando Shale. No dan ninguna descripción y solo señalan que tiene una facies de plana costera baja o salobre; según la escala de la figura esta unidad tendría un espesor de unos 700 m. Es muy posible que dicha sección corresponda a la de El Morro dada por VAN DER HAMMEN (1957c, 1958).".



### 3.3.18.10 Subdivisión

No hay subdivisiones formales de la Formación San Fernando.

### 3.3.18.11 Aspectos regionales

#### Distribución geográfica:

Van der Hammen (1961, p. 97), describe esta unidad en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare), en el borde oriental de la Cordillera Oriental.

De acuerdo con Porta en (Porta *et al.* 1974, p. 496-498) la Formación San Fernando se ha restringido a la parte norte de la Sierra de La Macarena y el borde oriental de la Cordillera Oriental.

En el Cuadrángulo K-12, Guateque, Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33) describieron la unidad que aflora en el cañón del Río Upía entre San Luis de Gaceno y El Secreto.

En el cuadrángulo K-13, Tauramena, según Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18) la unidad no aflora en forma continua, su base fue observada en el Sinclinal de El Porvenir y su techo en el flanco oriental del Sinclinal de Zapatosa.

Sarmiento (2001, p. 19-21) en sus figuras 2.7, 2.8 y 2.9 (ubicadas en su fig. 2.2, p. 9), representa las formaciones Carbonera y León, en sentido W-E, desde el borde oriental de la Cordillera Oriental hacia los Llanos Orientales, y en sentido N-S, desde la región de los ríos Cusay y Ele (Depto. de Arauca) hasta la región de Villavicencio (Depto. del Meta). Como se relató al principio de este capítulo estas unidades son equivalentes a la Formación San Fernando cartografiada y descrita por Ulloa *et al.* (1975) y Ulloa y Rodríguez (1979) en el cuadrángulo K-12, y por Ulloa y Rodríguez (1981) en el cuadrángulo K-13 Tauramena. En consecuencia, ésta última se extiende desde el borde oriental de la Cordillera Oriental hacia los Llanos Orientales (en sentido W-E) y desde la región de los ríos Cusay y Ele hasta la región de Villavicencio y más al sur (en sentido N-S).

En el área de estudio, se observaron afloramientos de la Formación San Fernando en el extremo E de la transecta-1, a unos 4-5 Km al oeste-suroeste de San Luis de Gaceno, y al nor-noroeste de San Luis de Gaceno sobre la vía que conduce al corregimiento El Cairo.

#### Variación lateral:

Las características litológicas y el espesor de la Formación San Fernando, son relativamente constantes en el área de estudio. Sin embargo, de acuerdo con los



reportes que se tiene de este último, la unidad aparentemente es más espesa hacia el sur.

Correlación:

Para Van der Hammen (1958, p. 201), la Formación San Fernando corresponde a la parte media de la "Formación Usme", al conjunto medio de la "Formación Concentración" y a la "Formación Carboneras" del Catatumbo.

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 18), acerca de la unidad señalan: "La Formación San Fernando corresponde a las formaciones León y Carbones (*sic.*) de la Cuenca de Maracaibo."

De acuerdo con Ulloa *et al.* (2003, Tabla 11), la unidad es correlacionable con las formaciones Carbonera y León en el Cuadrángulo H-13, Pamplona y con la Formación Concentración en el Cuadrángulo I-13, Málaga.

3.3.18.12 Localidad tipo y estratotipo

La localidad tipo según Van der Hammen (1961, p. 97), se encuentra en la Mesa de "Hernández" en la punta norte de la sierra de la Macarena.

**3.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

ALZATE, J. y BUENO, M., 1994. Análisis estratigráfico secuencial de las rocas cretácicas de la parte oriental del departamento de Boyacá, Municipio de Sogamoso, Belencito y Aquitania. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado: 101 p. Bogotá.

ARCINIEGAS, E. y MONTOYA, C., 1992. Ambientes de sedimentación y diagénesis de la Formación Une en un área del sureste de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Tesis de Grado, 110 p. Bogotá.

BALLESTEROS - TORRES, C.I., NIVIA - GUEVARA, J.A. 1985. La Formación Ritoque: registro sedimentario de una albufera. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XIV): 1-17. Bogotá.

BAQUERO, M., 1991. Análisis estructural de la región de Choachí - Fómeque - Ubaque (Cundinamarca). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de





- Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado: 41 p. Bogotá.
- BERRY, C., MOREL, E., MOJICA, J., y VILLARROEL C., 2000. Devonian plants from Colombia, with discussion of their geological and palaeogeographical context. *Geological Magazine*, 137 (3): 257-268. Cambridge.
- BOTERO, G., 1946. Contribución al conocimiento de las unidades paleozóicas del área de Floresta (Cordillera Oriental colombiana; Departamento de Boyacá) y en especial de la Formación Cucho. *Geología Colombiana*, No. 13: 55-78. Bogotá.
- BÜRGL, H. 1958. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. *Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional*, V (1957), No. 2: 113-185. Bogotá.
- BÜRGL, H., 1961. El Jurásico e Infracretáceo del río Batá, Boyacá. *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional*, VI (1958), No. 1-3: 169-211. Bogotá.
- BÜRGL, H., 1964. El Jurá-Triásico de Colombia. *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional*, 12 (1962), 1-2: 5-31. Bogotá.
- BÜRGL, H. y DUMIT TOBÓN, Y., 1954. El Cretáceo Superior en la región de Girardot. *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional*, II (1): 23-48. Bogotá.
- BURROW, C., JANVIER, P., y VILLARROEL C., 2003. Late Devonian acanthodians from Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 155-161. Cambridge.
- CÁCERES, C. y ETAYO-SERNA, F., 1969. Bosquejo geológico de la región del Tequendama. Opúsculo guía de la Excursión Pre-Congreso. 1er Congr. Colomb. Geol., Opúsculo: 1-23. Bogotá.
- CAICEDO, J. 2005. Significado facial de la Formación Churuvita y su respuesta cartográfica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Tesis de Maestría, 157 p. Bogotá.
- CAMPBELL, C., 1962. A section through the Eastern Cordillera of Colombia between Bogotá and Villavicencio. In: *Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1959-1978*, p. 89-118. Printed in 1979. Bogotá.



- CARDOZO-PUENTES, E.A., RAMIREZ - QUIROGA, C.J. Ambientes de depósito de la Formación Rosablanca: Area de Villa de Leiva. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XIII): 1-13. Bogotá.
- CARO, P., PADILLA, J. y VERGARA, H., 1996. Geología de Santafé de Bogotá y Alrededores. Memorias del VII Congreso Colombiano de Geología. Tomo II: 278-288. Bogotá.
- CORRIGAN, H., 1989. Introduction to the Geology of the Bogota Sabana, northern and southern portions. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1980-1989, p. 311-331. Printed in 1992. Bogotá.
- CORTÉS, R. y ESPRIELLA, R. De La, 1984. Contribución al conocimiento del Paleozoico Superior en la sección Quetame-Villavicencio. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, 16, No. 30: 83-101, Fig. 2.
- DÍAZ, L., 1994. Distribución de las facies siliciclásticas correspondientes a la Formación Arenisca Tierna y equivalentes en el Valle Superior del Magdalena. En: Etayo-Serna, F. (ed.), Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena. Pub. ECOPETROL – Universidad Nacional de Colombia, IV: 1-15. Santa Fe de Bogotá.
- DORADO, G., 1990. Contribución al conocimiento de la estratigrafía de la Formación Brechas de Buenavista (Límite Jurásico – Cretácico). Región Noroeste de Villavicencio (Meta). Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 17, p. 7-39.
- ESPINOSA, M., 1986. Formación Arenisca de Cáqueza: columnas estratigráficas características. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado: 84 p. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., 1964. Posición de las Faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, No. 16-17: 5-142. Bucaramanga.
- ETAYO-SERNA, F., 1968a. Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Boletín Geológico, Universidad Industrial de Santander. 21:19-32, 4 figs. 1 tab., 1 mapa. Bucaramanga, Colombia.

- ETAYO-SERNA, F., 1968b. El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Geol. Colombiana, Univ. Nal. Colombia. 5: 5-74, 18 figs., 1 mapa. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., 1972. The Geology of the Eastern Cordillera, between Aguazul – Sogamoso- Villa de Leiva. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1959-1978, p. 381-396. Printed in 1979. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., 1979. Zonation of the Cretaceous of Central Colombia by Ammonites. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 2: 1-186. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F. *et al.*, 1986. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicación Geológica Especial, Ingeominas, 14 (1983):1-235. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., 1985a. El límite Jurásico-Cretácico en Colombia. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XXIII):1-4. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F., 1985b. Paleontología estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XXIV):1-47. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F. y RODRÍGUEZ, G., 1985. Edad de la Formación Los Santos. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XXVI):1-13. Bogotá.
- ETAYO, F., SOLÉ DE PORTA, N., PORTA, J. y GAONA, T., 2003. The Batá Formation of Colombia is truly Cretaceous, not Jurassic. Journal of South American Earth Sciences, 16: 113-117.
- FABRE, A., 1981. Estratigrafía de la Sierra Nevada del Cocuy, Boyacá y Arauca, Cordillera Oriental (Colombia). Geología Norandina, 4 (1-12). Bogotá.
- FABRE, A., 1983. Geología de la extremidad sur de la Sierra Nevada del Cocuy y los alrededores de la Salina y Sácama, Plancha 153 Chita, Boyacá, Arauca y Casanare. Ingeominas, Informe 1911, 142 p. Bogotá.
- FABRE, A., 1985. Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia). Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XIX):1-20. Bogotá.



- FERREIRA, P. y HERNANDEZ, R., 1988. Evaluación geotérmica en el área de Paipa basada en técnicas isotópicas, geoquímica y aspectos estructurales. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Tesis de Grado. Bogotá.
- FORERO, H., SARMIENTO, L. 1985. La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leiva. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XVII): 1- 16. Bogotá.
- FUQUEN, J. y OSORNO, J., 2005. Geología de la plancha 190-Chiquinquirá. Memoria Explicativa, Ingeominas, 225 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- GALVIS, N., Y RUBIANO J., 1985. Redefinición Estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis Facial. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (VII): 1-16. Bogotá.
- GAONA, T., 2001. Los Moluscos Bivalvos – excepto Trigoniidae – de las formaciones Cumbre y Batá, y su significado paleoambiental. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado: 164 p. Bogotá.
- GEYER, O., 1973. Das präkretazische Mesozoikum von Kolumbien. Geologisches Jahrbuch. Reihe B, Heft 5: 1-155. Hannover.
- GRÖSSER, J. R. and PRÖSSL, K. F., 1991. First evidence of the Silurian in Colombia: Palynostratigraphic data from the Quetame Massif, Cordillera Oriental. Journal of South American Earth Sciences, 4 (3): 231-238. Great Britain.
- GUERRERO, J. y SARMIENTO, G., 1996. Estratigrafía Física, Palinológica, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, 20: 3-66. Bogotá.
- GUERRERO, J., 2002. A proposal on the Classification of Systems Tracts: Application to the Allostratigraphy and Sequence Stratigraphy of the Cretaceous Colombian Basin. Part 2: Barremian to Maastrichtian. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, No. 27: 27-49. Bogotá.



- HUBACH, E., 1958. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional, V (1957), No. 2: 93-112. Bogotá.
- INGEOMINAS, 1993. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XII: 1-377, con apéndice de 32 figs. Bogotá.
- INGEOMINAS, 1994. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XVII: 1-400. Bogotá.
- JANVIER, P., y VILLARROEL C., 2000. Devonian vertebrates from Colombia. Palaeontology, vol. 43, Part 4: 729-763. Cambridge.
- JULIVERT, M., 1961. Observaciones sobre el Cuaternario de la Sabana de Bogotá. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, 7: 5-36. Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1963. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, 13-14: 5-102. Bucaramanga.
- JULIVERT, M, BARRERO, D., BOTERO, G., DUQUE, H., HOFFSTETTER, R., NAVAS, J., PORTA, J. de, ROBBINS, R., TABORDA, B., TÉLLEZ, N. y ZAMARREÑO, I., 1968. Lexique Stratigraphique, Amerique Latine, Colombie (première partie) - Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque et intrusions d'âge Mésozoïque-Tertiaire, Centre National de la Recherche Scientifique, V (4a): 1-651. Paris.
- KAMMER, A., 2003. La Formación Tilatá en los alrededores de Chocontá: Marco Tectónico y Ambientes Depositionales. Análisis Geográficos, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 26: 69-100. Bogotá.
- KEHRER, G., 1933. El Carboniano del Borde Llanero de la Cordillera Oriental. Publ. Colegio Alemán, No. 4, 21 p. Bogotá.
- LANGENHEIM, J. H., 1960. Late paleozoic and early mesozoic plant fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón formation. Boletín Geológico Ingeominas, VIII (1-3): 95-132. Bogotá.
- MARTINEZ, J. y VERGARA, L., 1999. La Sucesión Paleoambiental del Cretácico de la Región de Tequendama y Oeste de la Sabana de Bogotá, Cordillera Oriental Colombiana. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, No. 24: 107-147. Bogotá.





- McLAUGHLIN, D., y ARCE, M., 1971. Recursos Minerales de parte de los Dptos de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Boletín Geológico, Ingeominas, XIX (1): 1-102, Ingeominas, Bogotá.
- McLAUGHLIN, D. y ARCE, M., 1972. Geology of the Zipaquirá area (Zona IV), Cordillera Oriental, Colombia. Ingeominas. Bogotá.
- McLAUGHLIN, D. y ARCE, M., 1975. Mapa geológico del Cuadrángulo K-11, Zipaquirá, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.
- MENDOZA, H., 1985. La Formación Cumbre – Modelo de transgresión marina rítmica, de comienzos del Cretácico. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, 16 (XI): 1-17. Bogotá.
- MILLER, T. A., and ETAYO-SERNA, F. 1972. The Geology of the Eastern Cordillera between Aguazul-Sogamoso-Villa de Leiva. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1959-1978, p. 349-396. Printed in 1979. Bogotá.
- MINISTERIO DE INDUSTRIAS, 1934. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia – 1917 a 1933, Tomo I: 1-475. Bogotá.
- MOJICA, J., y VILLARROEL C., 1984. Contribución al conocimiento de las unidades paleozóicas del área de Floresta (Cordillera Oriental colombiana; Departamento de Boyacá) y en especial de la Formación Cucho. Geología Colombiana, No. 13: 55-78. Bogotá.
- MOJICA, J., KAMMER, A., & UJUETA, G., 1996. El Jurásico del Sector Noroccidental de Suramérica y Guía de la Excursión al Valle Superior del Magdalena (Nov. 1 – 4/95), Regiones de Payandé y Prado, Departamento del Tolima, Colombia. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 21 p. 1-40. Bogotá.
- MONTOYA, D. y REYES, G., 2003. Geología de la plancha 209 Zipaquirá. Memoria Explicativa, Ingeominas, 156 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- MONTOYA, D. y REYES, G., 2005. Geología de la Sabana de Bogotá. Memoria Explicativa, Ingeominas, 105 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- MORENO-SÁNCHEZ, M., 2004. Devonian plants from Colombia: geologic framework and paleogeographic implications. (Ph. D. Thesis presented in fulfilment for the degree of Doctor in Sciences Service de Paléontologie Végétale. Université de Liege, 108 p. Liege-Belgique.



- NAVAS, J., 1968 Formación Montebel. En: JULIVERT, M, BARRERO, D., BOTERO, G., DUQUE, H., HOFFSTETTER, R., NAVAS, J., PORTA, J. de, ROBBINS, R., TABORDA, B., TÉLLEZ, N. y ZAMARREÑO, I., 1968. Lexique Stratigraphique, Amerique Latine, Colombie (première partie) - Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque et intrusions d'âge Mésozoïque-Tertiaire, Centre National de la Recherche Scientifique, 5(4a): 1-651. Paris.
- NUMPAQUE, L.; ROLÓN, L. F. 1998. Formación Areniscas de Chiquinquirá: Características sedimentológicas y alternativas de nuevas oportunidades de roca almacenadora en la exploración de hidrocarburos en las cuencas Cordillera Oriental y SE del Valle Medio del Magdalena. In: ACGGP-ECOPETROL, XXX Conferencia Geológica de Campo 1997-1998, Field Trip Guide Book, p. 115-150. Bogotá.
- OSPINA, G., 1981. Columnas estratigráficas Plancha J-12 Tunja. En: Renzoni, Giancarlo. Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico Ingeominas, 24 (1967), No. 2: 31-48. Bogotá.
- PABA, F. y VAN DER HAMMEN, T., 1961. Sobre la geología de la parte sur de La Macarena. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, VI (1958), No. 1-3: 7-30. Bogotá.
- PÁGINA WEB. <http://socha-boyaca.gov.co/sitio.shtml>.
- PÁGINA WEB. <http://tibasosa-boyaca.gov.co/sitio.shtml>
- PARDO, A., 2004. Paleocene-Eocene Palynology and Palynofacies from Northeastern Colombia and Western Venezuela., Université de Liège, Faculté de Sciences, Département de Géologie, Ph. D. thesis: 1-103. Liège, Belgium.
- PARDO, N., 2003. Estratigrafía de las vulcanitas asociadas al Volcán de Paipa, municipios de Paipa y Tuta, Departamento de Boyacá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado. Bogotá.
- PÉREZ, G. y SALAZAR, A., 1978. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, 10 (1971): 1-116. Bogotá.
- PEREZ, V., RINCÓN, G., ULLOA, C., CARO, P. y PÉREZ, G., 1985. Geologic field trip along the Bogotá-Villavicencio road and Apiay-Castilla oil fields. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1980-1989, p. 191-211. Printed in 1992. Bogotá.



- PEREZ, V., ULLOA, C. y SUAREZ, M., 1984. Geologic reconnaissance of the Guateque – Aguaclara area and the Apiay Field. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1980-1989, p. 121-157. Printed in 1992. Bogotá.
- PORTA, J. de, CÁCERES, C., ETAYO, F., HOFFSTETTER, R., JULIVERT, M., NAVAS, J., ROBBINS, R. K., SOLÉ DE PORTA, N., TABORDA, B., TAYLOR, P., TÉLLEZ, N. y VALENCIA, D., 1974. Lexique Stratigraphique International, Amerique Latine, Colombie (deuxième partie) - Tertiaire et Quaternaire, Centre National de la Recherche Scientifique, V (4b): 1-689. Paris.
- PRATT, S., ROWLINSON, N., AITKEN, B., ANDERSON, W., BABCOCK, C., CAMPBELL, C. and MAHER, P., 1962. The Muzo Emerald Mine. In: Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, Geological Field Trips Colombia 1959-1978, p. 33-63. Printed in 1979. Bogotá.
- PULIDO, G., 1979. Geología de las planchas 135 San Gil, y 151 Charalá; Departamento de Santander. Boletín Geológico Ingeominas, 23 (2): 39-78. Bogotá.
- RENZONI, G., 1963. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, X (1962), No. 1-3: 59-79. Bogotá.
- RENZONI, G., 1968. Geología del Macizo de Quetame. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geología, 5 (75-127). Bogotá.
- RENZONI, G., 1981. Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico, Ingeominas, 24 (1967), No. 2: 31-48. Bogotá.
- RENZONI, G. y ROSAS, H., 1967. Geología de la Plancha 171 Duitama. Ingeominas, 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- RENZONI, G., ROSAS, H., ETAYO, F. *et al.*, 1998. Geología de la Plancha 191-Tunja. Ingeominas, mapa geológico (1967), esc. 1:100.000. Bogotá.
- REYES, G., MONTOYA, D., TERRAZA, R., FUQUEN, J., y MAYORGA, M., 2006. Geología del Cinturón Esmeraldífero Occidental Planchas 169, 170, 189 y 190. Ingeominas. 114 p. Bogotá.
- RINCÓN, G., 1982. Petrografía y Paleoambientes de las Areniscas del Cretáceo Superior – Paleoceno en las áreas de San Luis de Gaceno – Aguaclara.



- Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado: 130 p. Bogotá.
- RINCON, M. y ROMERO, F., 1990. Evaluación geovulcanológica en el área de interés geotérmico de Iza (Boyacá). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado. Bogotá.
- RODRÍGUEZ, E., 2000a. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Formación Une. Ingeominas, I-2480.67. Bogotá.
- RODRÍGUEZ, E., 2000b. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Formación Chipaque. Ingeominas, I-2480.65. Bogotá.
- SÁNCHEZ-QUIÑONEZ, C. y TCHEGLIAKOVA, N., 2005. Foraminíferos planctónicos de la Formación San Rafael, Cretácico Superior, en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá, Colombia. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 30, p. 99-126, 6 figs., Bogotá.
- SOUTH AFRICAN COMMITTEE FOR STRATIGRAPHY (SACS), 2003. Catalogue of South African Lithographic Units. Council for Geoscience, Vol. 7. Pretoria.
- SARMIENTO, G., 1992a. Estratigrafía y medios de depósito de la Formación Guaduas. Boletín Geológico, Ingeominas, 32 (1991), No. 1-3: 3-44.
- SARMIENTO, G., 1992b. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigráfica y Sistemática. Boletín Geológico, Ingeominas, 32 (1991), No. 1-3: 45-126.
- SARMIENTO, L., 2001. Mesozoic Rifting and Cenozoic Basin Inversion History of the Eastern Cordillera, Colombian Andes-Inferences from tectonic models. Netherlands Research School of Sedimentary Geology (NSG). Publication number 2002.01.01: 295 p.
- SEGOVIA, A. y RENZONI, G., 1965. Geología del cuadrángulo L-12 Medina, Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional, Mapa Geológico, esc. 1:200.000. Bogotá.
- SUÁREZ, M., 1982. Estratigrafía y Facies de la Formación "Arenisca de El Limbo" en el borde oeste de la Cuenca de los Llanos Orientales. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Tesis de Grado: 1-74. Bogotá.
- SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, 1945. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo VI: 1-505. Bogotá.



- TERRAZA, R., 2004. Significado Facial y Cartografía de la Arenisca de Chiquinquirá en alrededores de la localidad tipo. Tesis Ingeominas. Bogotá.
- TERRAZA, R. y TCHEGLIAKOVA, N., 2005. Registro de Tormentitas en la Formación Areniscas de Chiquinquirá, región central de la Cordillera Oriental, Colombia. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 30, p. 41-48, 9 figs., Bogotá.
- TRUMPY, D., 1943. Pre-Cretaceous of Colombia. Geol. Soc. Am. Bull. 54 (9): 1281-1304. Boulder, Colorado.
- TRUMPY, D., 1949. Geology of Colombia. N. V. de Bataafsche Petroleum Maatschappij, Geological Department, Enclosure, 22: 1-161. The Hague.
- UJUETA, G., 1963. Geología del noreste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, IX (1961) No. 1-3: 23-46. Bogotá.
- ULLOA, C., ARIAS, A. y SOLANO F., 2000a. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Areniscas de Las Juntas. Ingeominas, I-2480.62. Bogotá.
- ULLOA, C., ARIAS, A. y SOLANO F., 2000b. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Calizas del Guavio. Ingeominas, I-2480.63. Bogotá.
- ULLOA, C., ARIAS, A. y SOLANO F., 2000c. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Lutitas de Macanal. Ingeominas, I-2480.64. Bogotá.
- ULLOA, C., ARIAS, A. y SOLANO F., 2000d. Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Formación Fómeque. Ingeominas, I-2480.66. Bogotá.
- ULLOA, C., CAMACHO, R., ESCOVAR, R. *et al.*, 1975. Mapa geológico del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.
- ULLOA, C., y RODRIGUEZ, E., 1978. Reseña explicativa del mapa geológico preliminar 170 Vélez. Ingeominas, 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E., 1979. Geología del cuadrángulo K-12, Guateque. Boletín Geológico, Ingeominas, XXII (1976), No. 1: 3-55. Bogotá.





- ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E., 1981. Geología del cuadrángulo K-13, Tauramena. Boletín Geológico Ingeominas, 24 (1976), No. 2: 3-30. Bogotá.
- ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E. y ESCOVAR, R., 1998. Geología de la Plancha 192 Laguna de Tota, República de Colombia - Departamento de Boyacá, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.
- ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., *et al.*, 1983. Mapa Geológico Plancha 211-Tauramena, República de Colombia - Departamentos de Boyacá y Cundinamarca, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, esc. 1:100.000 (1976). Bogotá.
- ULLOA, C., RODRIGUEZ, E., FUQUEN, J. y ACOSTA, J., 2001. Geología de la Plancha 192 Laguna de Tota. Memoria Explicativa, Ingeominas, Informe 2291 (1998), 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., y RODRÍGUEZ, G., 2003. Geología de la plancha 172 Paz de Río. Memoria Explicativa, Ingeominas (2001), 109 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia). Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional, V (1957), No. 2: 189-203. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T., 1961. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol Geológico, Servicio Geológico Nacional, VI (1958), No. 1-3: 67-128. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T. y HOOGHIEMSTRA, H., 1995. Cronoestratigrafía y correlación del Plioceno y Cuaternario de Colombia. Análisis Geográficos, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 24: 51-67. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T. y PARADA, A., 1958. Investigación de algunos importantes Yacimientos de Diatomita, Caolín y Arcillas de La Sabana de Bogotá. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, 2: 5-25. Bucaramanga.
- VARGAS, R., ARIAS, A., JARAMILLO, L. y TÉLLEZ, N., 1981. Geología del cuadrángulo I-13, Málaga. Boletín Geológico, Ingeominas, 24 (1976), No. 3: 1-76. Bogotá.
- VERGARA, L. y RODRIGUEZ, G., 1997. The Upper Cretaceous and Lower Paleocene of the Eastern Bogotá Plateau and Llanos Thrustbelt, Colombia: Alternative Appraisal to the Nomenclature and Sequence Stratigraphy.



**GEOSEARCH LTDA. CONSULTORES GEOLOGIA Y GEOFISICA**

Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, 22: 51-79.

WALTHALL, B. and BERRY, D. 1961. Paipa-Belencito-Paz de Río Area. In: Geological Field Trips Colombia 1959-1978. Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys, p. 89-118. Printed in 1979. Bogotá.

WHEELER, O. C., 1929. Report on the Palmira Series with notes on stratigraphy of the Umir, Lisama and La Paz Formations near the Eastern part of De Mares Concesion. Informe Geológico Ecopetrol, 37: 18 p.

YEPES, O., 1997. Campanian-Maastrichtian Dinoflagellate Biostratigraphy and Palynofacies Analysis from Los Pinos formation, Colombia – South America. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Soc. Venezolana de Geol. Tomo II, p. 543.



#### **4 CARACTERIZACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA, MEDIANTE AMONITAS Y BIVALVOS, DE LAS FORMACIONES CRETÁDICAS OBSERVADAS EN LAS SECCIONES ESTRUCTURALES ADMISIBLES ENTRE SUESCA Y SOGAMOSO**

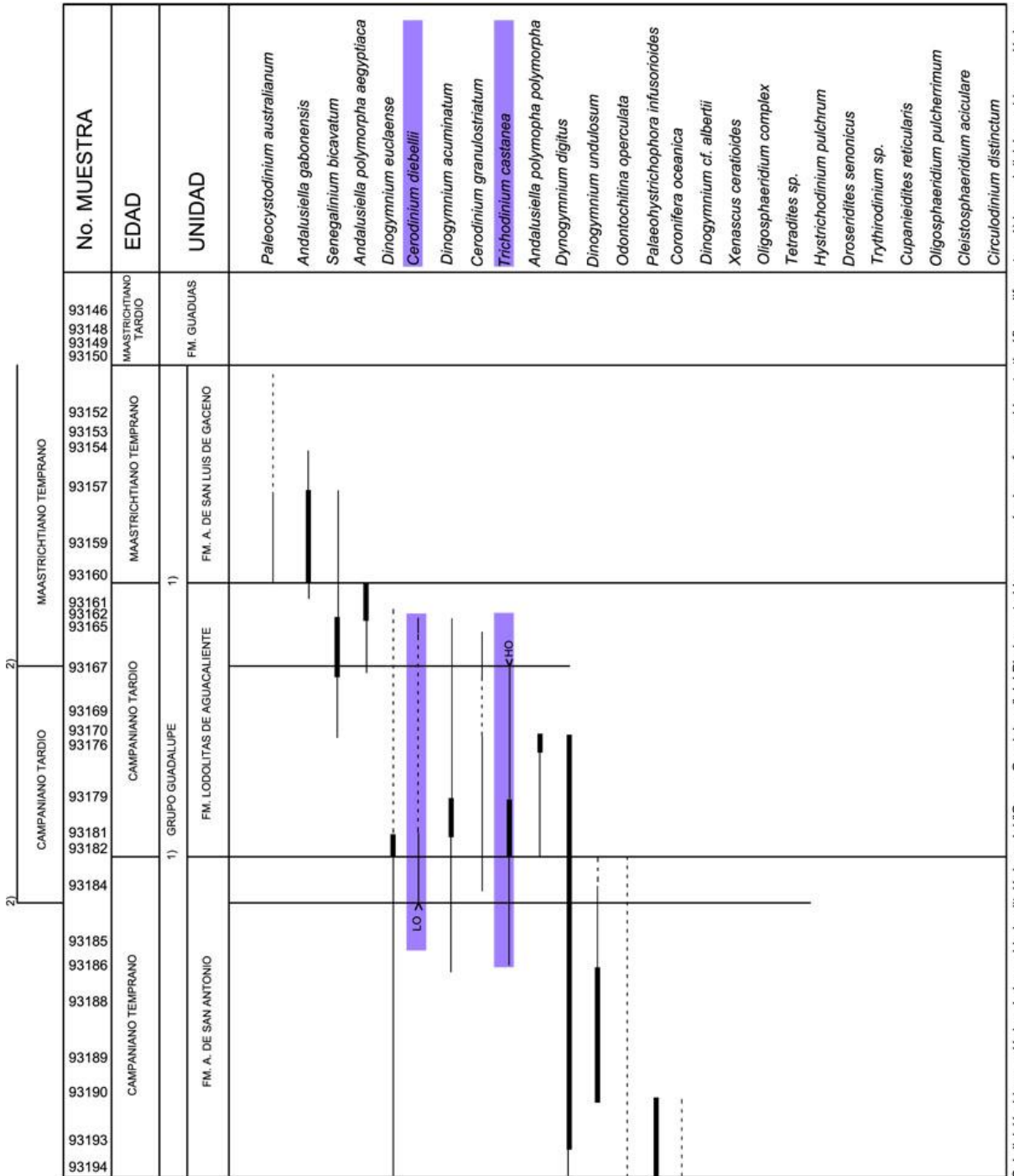
La asignación biocronológica de las diversas formaciones del Cretácico observadas en las secciones estructurales (transectas 1, 2 y 3), se fundamenta en la presencia de fósiles de amonitas y grupos selectos de bivalvos (Trigonidos y Grifeidos), recogidos durante la presente consultoría y apoyada además en la literatura pertinente disponible sobre la región.

Sin embargo, la correspondencia de los límites entre las formaciones con los límites entre los pisos del Cretácico es más aparente que real, por cuanto depende tanto del criterio bioestratigráfico empleado como de la documentación paleontológica disponible, que en general es escasa. Véase el ejemplo del caso del Grupo Guadalupe en el Piedemonte Llanero (**Figura 3**).

##### **4.1 RELACIÓN DE LAS IDENTIFICACIONES PALEONTOLÓGICAS**

La relación de las identificaciones de 248 macrofósiles correspondientes a 115 localidades, situadas a lo largo de las transectas de la "Consultoría para la elaboración de tres (3) secciones estructurales admisibles en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, Cuenca de la Cordillera Oriental", es mostrada en los siguientes anexos:

- 1) Identificaciones paleontológicas ordenado por transecta (**Anexo 8.1**)
- 2) Listado alfabético de los diferentes grupos paleontológicos identificados, junto con su posición estratigráfica (**Anexo 8.2**).
- 3) Listado ordenado por edad/piso de los fósiles identificados en el presente estudio (**Anexo 8.3**).
- 4) Láminas de fósiles seleccionados por pisos (**Anexo 8.4**).



Subdivisión biostratigráfica de las unidades litológicas del "Grupo Guadalupe" del Piedemonte Llanero según dos enfoques biostratigráficos diferentes: 1) Los límites entre las subdivisiones biostratigráficas no coinciden con los límites entre las formaciones y se fundamentan en la ocurrencia más baja (Lowest occurrence: LO), y más alta (Highest occurrence: HO), de grupos escogidos de fósiles (O. Yepes, com. pers.).

**Figura 3.** Ejemplo de la subdivisión biocronológica de las unidades litológicas del "Grupo Guadalupe" del Piedemonte Llanero.



#### 4.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA LOS ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICOS

- AGASSIZ, L. 1840 Études critiques sur les Mollusques Fossiles. Mémoire sur les Trigonies, p. 1-58, pl. 1-8, Neuchâtel.
- BOTERO, G., GONZALEZ, H. 1983. Algunas localidades fosilíferas cretáceas de la Cordillera Central, Antioquia y Caldas, Colombia. Geología Norandina, No. 7, p.15-28, pl. 1-2.
- BROMLEY, R.G. 1970. Borings as trace fossils and *Entobia cretácea* Portlock, as an example. In: T.P. Crimes (Ed.). Trace Fossils. Geological Journal Special Issue 3, p. 49-90, pl. 1-5.
- BÜRGL, H. 1956. Catálogo de las amonitas de Colombia. Parte 1: *Pulchelliidae*. Boletín Geológico, v.4, No. 1, p. 1-119, pl. 1-28.
- BÜRGL, H. 1958. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional, V (1957), No. 2: 113-185. Bogotá.
- BÜRGL, H. 1961. El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá. Boletín Geológico, v.6, No. 1-3, p. 169-211, pl. 1-10.
- CANTU – CHAPA, A. 1963. Étude biostratigraphique des Ammonites du centre et de l'est du Mexique (Jurassique supérieur et Crétacé). Memoires de la Societé Géologique de France (series 5) 42, memoir 99, p. 1-103, pl. 1-8.
- CASEY, R. 1961. The Stratigraphical Palaeontology of the Lower Greensand. Palaeontology, v.3 pt.4, p. 487 – 621, pl.77-84.
- DHONDT, A., DIENI, I. 1988. Early Cretaceous bivalves of Eastern Sandinia. Memorie di Scienze Geologiche, v.40, p. 1-97, pl. 1-13.
- DIETRICH, W. O. 1938. Lamelibranquios cretácicos de la Cordillera Oriental. Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia. Bogotá, p. 81-108, pl. 15-22.
- ETAYO – SERNA, F. 1964. Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. Boletín de Geología, Facultad de Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, No. 16-17, p. 1-142.





- ETAYO – SERNA, F. 1968a. Apuntaciones acerca de algunas amonitas interesantes del Hauteriviano y del Barremiano de la región de Villa de Leiva (Boyacá, Colombia S.A.). Boletín de Geología, Facultad de Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. No. 24, p.51-70, pl. 1-7.
- ETAYO – SERNA, F. 1968b. El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 5, p. 5-74, 1 mapa.
- ETAYO – SERNA, F. 1979. Zonation of the Cretaceous of Central Colombia by Ammonites. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, Bogotá. No. 2, p. 1-186, pl. 1-15.
- ETAYO – SERNA, F. 1985. Paleontología Estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. Proyecto Cretácico. Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, Bogotá. XXIV: 1– 46, pl. 1-7.
- FRENEIX, S. 1972. Les Mollusques bivalves crétacés du Basin côtier de Tarfaya (Maroc méridional). Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, No. 228, p. 49-255, pl. 1-18.
- GAONA – NARVAEZ, T. 2001. Los moluscos bivalvos - excepto Trigonidae – de las Formaciones Cumbre y Batá, y su significado paleoambiental. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de Grado no publicado, p. 1-164, pl. 1-14. Anexos 8.
- GAONA – NARVAEZ, T. 2003. Les Bivalves de l’Albien et du Cénomanién de Colombie (Amérique du Sud) Taxonomie, Paléobiogéographie et Paléoécologie. Mémoire du DEA Paléontologie et Environnements Sédimentaires. Lyon. p. 1-46, pl. 1-3.
- GUERRERO, J., SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía física, palinológica, sedimentológica y secuencial del Cretácico superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en exploración petrolera. Geología Colombiana, No. 20, p. 3-66.
- HAAS, O. 1960. Lower Cretaceous ammonites from Colombia, South America. American Museum Novitates. No. 2005, p. 1-62.
- JAWORSKI, E. 1938. Gasterópodos del Cretácico inferior de Colombia. Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia, p. 109-121, pl. 23.

- LEANZA, H.A. 1972. *Acantholissonia* nuevo género de ammonites del Valanginiano de Neuquen, República Argentina y su posición estratigráfica. Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 27, No. 1, p. 63-70.
- MALCHUS, N. 1990. Revision der Kreide – Austern (Bivalvia: Pteriomorphia) Ägyptens (Biostratigraphie, Systematik). Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. R.A, v.125, p. 1-23), pl. 1-27.
- MOURGUES, F.A.2004. Advances in ammonite biostratigraphy of the marine Atacama basin (Lower Cretaceous), northern Chile, and its relationship with the Neuquén basin, Argentina. Journal of South American Earth Sciences, v. 17, No. 1, p.3-10.
- ORBIGNY, A.D'. 1842. Coquilles et échinodermes fossiles de Colombie (Nouvelle-Grenade), recueillis de 1821 a 1833, par M. Boussingault et décrits par Alcide D`ORBIGNY, p. 1-64, pl. 1-6. Paris, Strasbourg.
- ORBIGNY, A.D'. 1844-1847. Paléontologie française. Description des Mollusques Rayonnés fossiles. Terrains crétacés. III. Lamellibranches [p.1-288, pl.237-343 (1844), p.289-448, pl. 344-386 (1845), p. 449-520, pl. 387-413 (1846), p. 521-807, pl. 414-489 (1847)].
- ORBIGNY, A.D'. 1851. Description de quelques coquilles fossiles remarquables de la République de la Nouvelle-Grenade. Revue et Magazine de Zoologie, 2 série, v.3, p.378-382, pl.10.
- PATARROYO, P. 2002. Equinoideos del miembro calcáreo superior, Formación Tibasosa, en el área de Firavitoba (Boyacá, Colombia). Morfología y fauna asociada. Geología Colombiana, No. 27, p. 95-107, pl. 1-4.
- PATARROYO, P. 2004. Die Entwicklung der Ammoniten der Familie Pulchelliidae aus dem Barrême von Zentral – Kolumbien (Südamerika). Revue de Paléobiologie, Genève, v. 21, No. 1, p. 1-65, pl. 1-6.
- PERVINQUIÈRE, L. 1912. Études de Paléontologie Tunisienne. Part 2. Gasteropodes et Lamellibranches des terrains crétacés. Direction générale des travaux publics. Carte géologique de la Tunisie. Lamarre. Paris, p. 1-352. pl. I - XXIII.
- PICTET, F.J. & CAMPICHE, G. 1865. Description des fossiles du Terrain Crétacé des environs de Sainte – Croix, part 3. Matériaux pour la Paleontologie Suisse (series 4), pl. 105-108.



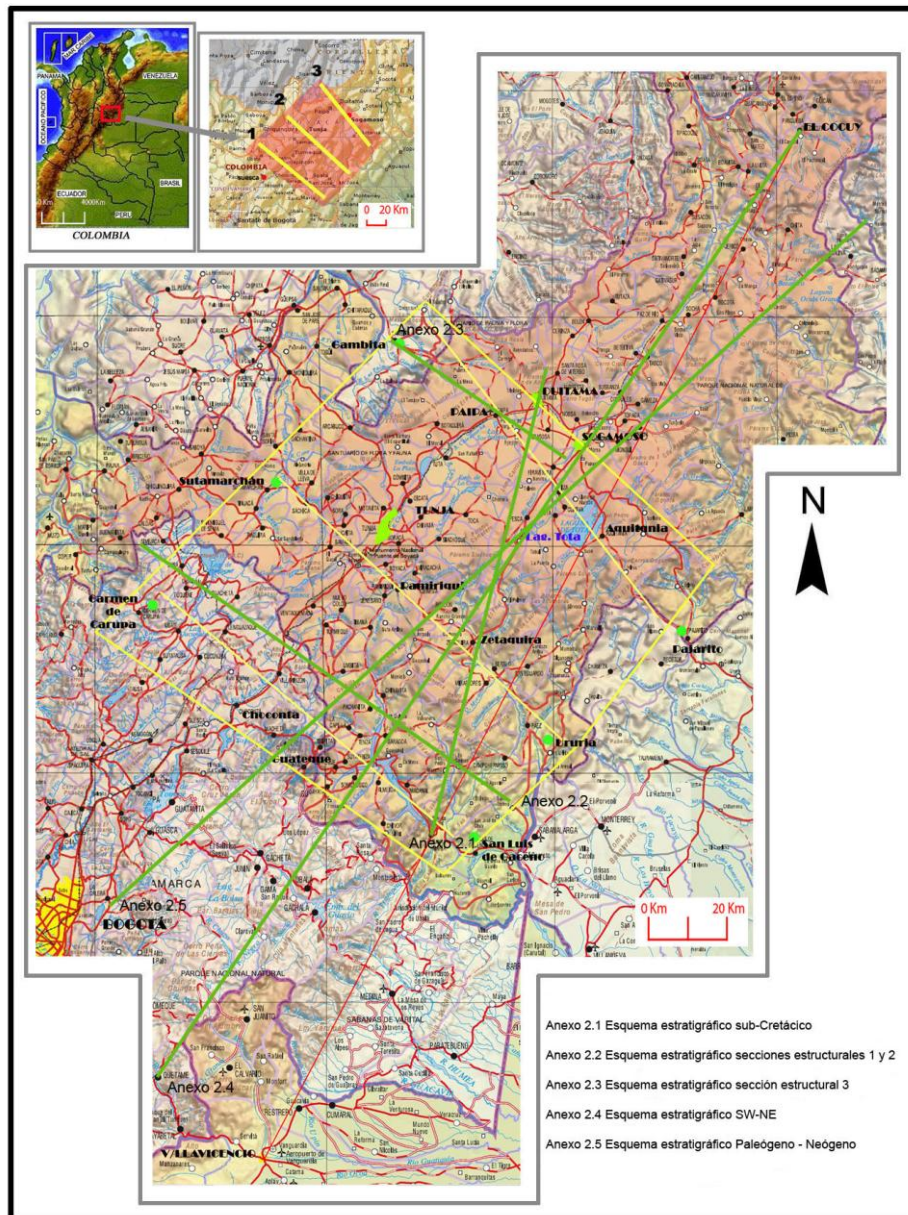
- PICTET, F.J. & CAMPICHE, G. 1870. Description des fossiles du Terrain Crétacé des environs de Sainte – Croix, part 4. Matériaux pour la Paleontologie Suisse (series 5), pl. 164-176.
- PONS, D. 1988. Le Mésozoïque de Colombie. Macroflores et microflores. Cahiers de Paléontologie, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. P. 1-168, pl. 1-30.
- REDTENBACHER, A. 1873. Die Cephalopodenfauna der Gosauschichten in den nordöstlichen Alpen. Abhandlungen der Geologischen Reichsanstalt, Wien. V. 5, No. 5, p.91-140, pl. 22-30.
- RENZ, O. 1982. The Cretaceous ammonites of Venezuela. Maraven Caracas. p. 1-132, pl. 1-49.
- RIEDEL, L. 1938. Ammonites del Cretácico inferior de la Cordillera Oriental. Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia. Bogotá, p. 7-80, pl. 3-14.
- ROSCHEN, E.C.H. 1929. The ammonite family Pulchelliidae in Colombia. The Johns Hopkins University Studies in Geology, No. 10,p. 9-77, pl. 1-8.
- ROSCHEN, E.C.H. 1938. Amonitas de la familia Pulchelliidae en Colombia. Boletín de Minas y Petróleo. No. 103-108 (1937), p. 99-153, pl. 1-8.
- ROYO Y GOMEZ, J. 1942a. Los deslizamientos del “Valle de Tenza” y el proyectado embalse para el acueducto de Guateque (Departamento de Boyacá). Geología y Paleontología de la región. Compilación de los estudios Geológicos Oficiales en Colombia, v. 5, p. 327 – 374.
- ROYO Y GOMEZ, J. 1942b. Contribución a la paleontología de la región Paipa – Duitama – Santa Rosa (Boyacá). In Roberto Sarmiento Soto. Geología Económica de la región Paipa – Duitama – Sta. Rosa de Viterbo, en el departamento de Boyacá. Compilación de los Estudios Geológicos oficiales en Colombia, v.5, p. 43-51.
- SARMIENTO, G. GUERRERO, J. 2000. Palinología del Santoniano tardío al Maastrichtiano del Piedemonte Llanero Colombiano. Correlación con el Paleocinturón Tropical. Geología Colombiana, No. 25, p. 111-147, pl. 1-8.
- SHARIKADZE, M.Z., KAKABADZE, M.V., & Ph. J. HOEDEMAEKER. 2004. Aptian and Albian Douvilleiceratidae, Acanthohoplitidae and Parahoplitidae of Colombia. In: Hoedemaeker, Ph. J. (Comp.), Donovan, S.K. (Eds.) Early



- Cretaceous Ammonites from Colombia. *Scripta Geologica*, No. 128, p.313-514, pl. 1-87.
- SORNAY, J. 1981. Inocérames (Bivalvia) du Turonien inférieur de Colombie (Amérique du Sud). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, v. 67, f.2, p. 135-148, pl. 1-2.
- SPATH, L.F. 1939. The Cephalopoda of the Neocomian Belemnite Beds of the Salt Range. *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica (new series)* 25, memoir 1, p.1-154, pl. 1-25.
- VEGA, F. NYBORG, T., ROJAS – BRICEÑO, A. PATARROYO, P. LUQUE, J., PORRAS MÚZQUIZ, H., & STINNESBECK, W. 2007. Upper Cretaceous Crustacea from Mexico and Colombia: similar faunas and environments during Turonian times. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.24, No. 3, p. 403-422.
- VILLAMIL, T. 1992. Three new species of *Buchotrigonia* Dietrich, 1938 (Bivalvia, Trigonioidea), from the Lower Cretaceous of Colombia. *Revista Geológica de Chile*, v.19, No. 2, p. 227-239, pl. 1.
- WOODS, H. 1899-1913. A Monograph of the Cretaceous Lamellibranchia of England. *Palaeontographical Society, London*. V. 1: 1899, p. 1-72; 1900, p. 73-112; 1901, p. 113-144; 1902, p. 145-196; 1903, p. 197-232; Vol. 2: 1946, p. 1-56; 1905, p. 57-96; 1906, p. 97-132; 1907, p. 133-180; 1908, p. 181-216; 1909, p. 217-260; 1910, p. 261-284; 1911, p. 285-340; 1912, p. 341-437.
- WRIGHT, C.W., CALLOMON, J.H. & HOWARTH, M.K. 1996. Cretaceous ammonioidea Volume 4. Mollusca 4. Part L "revised". In: R. C. Moore & R. L. Kaesler (Eds). *Treatise on invertebrate Paleontology*, p. 1 -362. Geological Society of America and University of Kansas Press, Boulder.

## 5 CRONOESTRATIGRAFÍA DE LAS UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS UTILIZADAS EN LAS TRANSECTAS

Hemos elaborado esquemas estratigráficos con el propósito de mostrar las correlaciones temporales entre los cuerpos litostratigráficos del Cretácico, que afloran en las regiones atravesadas por las secciones estructurales admisibles (Figura 4 y Anexos 2.1 a 2.6).



**Figura 4.** Localización de los esquemas estratigráficos.





Debe notarse que la representación de los diversos cuerpos litológicos se ajusta a los intervalos de tiempo (Ma) establecidos por la International Commission on Stratigraphy en la Geologic Time Scale 2008, y no a sus espesores, que van indicados en escalas gráficas diferentes al lado de cada columna, o entre paréntesis.

Puesto que en la presente consultoría no se contrató de manera taxativa la medida de todas las unidades estratigráficas observadas en las secciones estructurales (transectas 1, 2, 3), fue necesario seleccionar los datos de aquellos trabajos en los que se asigna espesor a dichas unidades estratigráficas teniendo en cuenta que en ellos se indicaran las áreas en donde se hizo la medida, además de las técnicas de medida y las consideraciones acerca de la situación estructural del área (**Anexo 2.7**). En las figuras de los esquemas estratigráficos se indica mediante flechas y números la referencia bibliográfica de donde procede el valor adoptado.

## **5.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA LOS ESPESORES DE LAS UNIDADES EN LOS ESQUEMAS ESTRATIGRÁFICOS**

1. ALZATE, J.C., BUENO, V.M. 1994. Análisis estratigráfico secuencial de las rocas cretácicas de la parte oriental del departamento de Boyacá, Municipio de Sogamoso, Belencito y Aquitania. Trabajo de Grado no publicado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, p. 101, 2 anexos.
2. ARCINIEGAS, M. E.G., MONTOYA, N. C.E. 1992. Ambientes de sedimentación y diagénesis de la Formación Une en un área del sureste de Bogotá. Trabajo de Grado no publicado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, p. 108, 5 anexos.
3. BRAUN, R., 1979. Le Paléozoïque supérieur du Quetame (Cordillère Orientale, Colombie). Un exemple de sédimentation fluvio - deltaïque sur une bordure de cratón. These présentée pour obtenir le titre de Docteur de 3<sup>ème</sup> cycle. Mention Géologie Structurale. Université de Droit D'économie et des sciences daix. Marseille, France. 157 p.
4. BAQUERO, G.M. 1991. Análisis estructural de la región de Choachí - Fómeque - Ubaque (Cundinamarca). Trabajo de Grado no publicado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, 41p.
5. DORADO, G.J. 1990. Contribución al conocimiento de la estratigrafía de la Formación Brechas de Buenavista (Límite Jurásico - Cretácico). Región Noroeste de Villavicencio (Meta). Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 17, p. 7-39.



6. ESPINOSA, A. M. 1986. Formación Arenisca de Cáqueza: columnas estratigráficas características. Trabajo de Grado no publicado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, p.84. Anexos.
7. ETAYO – SERNA, F. 1968. El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 5, p. 5-74, 1 mapa.
8. ETAYO – SERNA, F. 1985. Paleontología Estratigráfica del Sistema Cretácico en la Sierra Nevada del Cocuy. Proyecto Cretácico, Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, No. 16, p. XXIV: 1-47.
9. FABRE, A. 1985. Dinámica de la sedimentación Cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia). Proyecto Cretácico, Contribuciones. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, No. 16, p. XIX: 1-20.
10. GEOSEARCH LTDA. 2008. Consultoría para la elaboración de tres (3) secciones estructurales admisibles en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, Cuenca de la Cordillera Oriental.
11. GRÖSSER, von J.R. & PRÖSSL, K.F. 1990. First evidence of Silurian in Colombia: Palynostratigrafical data for the metamorphic Grupo Quetame, Cordillera Oriental. 12 Geowissenschaft. Lateinamerika – Kolloquium, München, 21.11 – 23.11.1990. Abstracts. 1 página.
12. GUERRERO, J., SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía física, palinológica, sedimentológica y secuencial del Cretácico superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en exploración petrolera. Geología Colombiana, No. 20, p. 3-66.
13. JANVIER, P., VILLARROEL, C. 2000. Devonian vertebrates from Colombia. Palaeontology. London. V. 43, Part 4, p. 729-763.
14. JIMÉNEZ, D. 2000. Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Filitas y Esquistos de Busbanzá. Ingeominas. Bogotá D.C. 18 p.
15. MORENO – SANCHEZ, M. 2004. Devonian plants from Colombia: Geologic framework and Paleogeographic implications. Ph. D. Thesis, Université de Liège, 108 p.



16. OSPINA, G.C. 1981. Columnas estratigráficas Plancha J-12. Tunja. En Renzoni, Giancarlo. Geología del Cuadrángulo J-12 Tunja. Boletín Geológico Ingeominas, 24 (1969), No. 2, p. 31-48. Bogotá.
17. PARDO, A. 2004. Paleocene – Eocene Palinology and Palinofacies from Northeastern Colombia and Western Venezuela. Ph. D. Thesis, Université de Liège, 103 p.
18. PAZ, M.G., URRUTIA, A.D. 1996. Estratigrafía y Ambientes de Depósito de la Formación El Tibet (Macizo de Floresta, Boyacá). Trabajo de Grado no publicado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, p. 76, 3 anexos.
19. PEREZ, G., SALAZAR, A. 1978. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. Geología Colombiana. Universidad Nacional de Colombia. No. 10, p.7-86, pl. 1-32.
20. PORTA, J. de, et al. 1974. Colombie. Lexique Stratigraphique International, V.5, fasc. 4a (deuxième partie). Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque et intrusions d'âge Mésozoïque – Tertiaire, 692 p, Paris.
21. RESTREPO, P.A. M. 1989. Restauración de la sección geológica Cáqueza – Puente Quetame: Moderna interpretación estructural del flanco este de la Cordillera Oriental. Trabajo de Grado no publicado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, 56 p. Anexos.
22. RODRÍGUEZ, G. A. & RODRÍGUEZ, I. 1993. Análisis Litoestratigráfico de las unidades del Cretácico superior que infrayacen y suprayacen a las formaciones Guaduas y Chipaque al NE y SE del municipio de Nuevo Colón (Departamento de Boyacá). Trabajo de Grado no publicado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, 44 p.
23. TERRAZA, M.R. TCHEGLIAKOVA, N. 2005. Registro de tormentitas en la Formación Areniscas de Chiquinquirá, región central de la Cordillera Oriental, Colombia. Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, No. 30, p. 41-48.
24. ULLOA, M. C., RODRIGUEZ, M.E. 1979. Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque. Boletín Geológico, V.22, No. 1, p.1-84.



## 6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En este numeral se hizo el análisis estructural del área que consiste en un análisis descriptivo y un análisis cinemático. El primero se ocupó de la descripción de las estructuras (localización, geometría y orientación) y el segundo se enfocó en la interpretación de los movimientos deformacionales responsables del desarrollo de las estructuras. En algunos casos, debido a la falta de nombre de algunas estructuras en los mapas geológicos del Ingeominas, en este estudio se las denominó con nombres topográficos cercanos y destacados, señalándolas entre comillas (por ejm. "Anticlinorio de Páez").

A partir del análisis estructural y de la utilización de la información recopilada, integrada e interpretada, y de la nueva información aportada en este proyecto, se generó un modelo de evolución estructural y se hizo una discusión sobre la generación, migración y entrapamiento de hidrocarburos.

Los productos resultantes del capítulo de geología estructural son: 1) Un cuadro en el que se incluyen las estructuras principales de las secciones estructurales (pliegues y fallas, con algunos registros fotográficos: **Anexo 9**), 2) Esquemas del modelo de evolución estructural (**Figuras 5.1 a 5.8**), 3) tres mapas geológicos de las transectas con sus respectivas secciones estructurales admisibles (**Anexo 10**), 4) Un mapa estructural del área de estudio (**Anexo 11**), 5) Un mapa imagen satelital (**Anexo 12**) y 6) cuatro pósteres (**Anexo 13**).

### 6.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA GENERAL DEL ÁREA DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES

La cordillera Oriental es uno de los tres ramales principales en los que se divide la cordillera de los Andes en Colombia; se extiende en dirección suroeste-noreste desde el Macizo Colombiano en el departamento del Cauca hasta la Serranía de Perijá en el departamento de La Guajira, constituyéndose en el rasgo predominante del relieve de los departamentos incluidos en la presente investigación. La parte occidental de la Cordillera Oriental constituye la vertiente oriental de la hoya del río Magdalena, mientras que las aguas de la vertiente oriental escurren hacia las hoyas hidrográficas de los ríos de los llanos orientales.

El área de la consultoría se encuentra localizada dentro de la Cuenca de la Cordillera Oriental –en la terminología de la ANH (Cuencas Sedimentarias de Colombia)- en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Casanare, con una extensión aproximada de 1176699.278 ha (**Figura 1**). De sur a norte se estudiaron para esta consultoría, las siguientes secciones estructurales orientadas de Noroeste a Sureste:



Sección Estructural 1: se extiende desde el municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca) hasta el municipio de San Luis de Gaceno (Boyacá), pasando por sectores de los municipios de Ubaté, Guachetá, Cucunubá, Lenguazaque, Hato Grande, Chocontá, Villapinzón, Machetá (Cundinamarca), Tibirita, Guateque, Sutatenza, Somondoco, Almeida, Macanal, Santa María, Chivor y San Luis de Gaceno (Boyacá). En esta sección se reconocen dos dominios topográficos, uno al W de la Falla de Machetá, donde la topografía es ondulada a plana y corresponde al altiplano Cundiboyacense, y el otro al oriente de la misma falla, donde la topografía es más abrupta. La altura máxima en esta sección alcanza los 3300 m.

Sección Estructural 2: se extiende desde el municipio de Sutamarchán (Boyacá) hasta el caserío de Tiliana, a unos 3 ó 4 km al este de Ururia (Boyacá), pasando por sectores de los municipios de Villa de Leiva, Sáchica, Cucaita, Samacá, Boyacá, Jenesano, Ramiriquí, San Antonio, Rondón, Zetaquirá, Berbeo, Miraflores y Páez. En esta sección se distinguen en general dos dominios topográficos, uno al occidente de la Falla Cedral-Romazal, donde la topografía es uniformemente ondulada, y al oriente de esta falla, donde la topografía es más abrupta. La altura en esta sección alcanza los 3150 m.

Sección Estructural 3: se extiende desde el oriente del municipio de Gámbita (Santander) hasta el occidente del municipio de Pajarito (Boyacá), pasando por sectores de los municipios de Palermo (Insp. de Policía), Paipa, Duitama, Tibasosa, Sogamoso, Firavitoba, Iza, Cuítiva, Tota, Llano de Alarcón (vereda), Toquilla (Insp. de Policía), Soriano (Insp. de Policía), Aquitania (otrora Pueblo Viejo), e Hirva (Insp. de Policía). Se distinguen tres dominios topográficos, el primero al occidente de la Falla de Soapaga, donde la topografía es montañosa y asciende hacia el oeste, el segundo al oriente de esta falla, donde la topografía es levemente ondulada y un último dominio a partir de la Falla Cedral – Romazal hacia el oriente, de carácter montañoso y selvático que desciende hacia los llanos Orientales. La altura en esta sección alcanza a los 3820 m; destacan en el relieve el Páramo de la Rusia al noroccidente y el Páramo de Hirva al suroriente.

## 6.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1938 (elaborado en 1932), como resultado de los trabajos de la Comisión Científica Nacional, E. A. Scheibe publica cuatro (4) "Perfiles geológicos de la Cordillera Oriental", utilizando la terminología estratigráfica propuesta por Hettner en 1892. Uno de los perfiles de Scheibe tiene recorrido similar al de la sección estructural 1 y otro al de la sección estructural 2, de la presente consultoría.

Los primeros cortes geológicos regionales modernos de los Andes de Colombia (década de 1940), se deben a geólogos de las compañías petroleras, en especial de la compañía Shell; algunos de estos cortes aparecen en la obra inédita:





"Geology of Colombia" por D. Trümpy (1949). Corresponde a E. Hubach (1945, elaborado en 1931), el primer corte regional a través de la Cordillera Oriental entre Honda y Villavicencio, basado en observaciones de terreno. Este corte muestra estructuras de plegamiento sin presencia de fallas.

Se debe a Bürgl (1961) el "Corte geológico a través del flanco occidental de la Cordillera Oriental en Cundinamarca", en el cual el estilo estructural dominante es el de pliegues cortados por fallas verticales, y en el que en vez de unidades litoestratigráficas utiliza unidades cronoestratigráficas.

Uno de los aspectos a los cuales se atribuyó especial importancia en los cortes regionales en esta década es a la presencia de evaporitas (sal y yeso), con dos tendencias: la primera, enfatizada por Campbell & Bürgl (1965), considera que los cuerpos de sal representan domos, y la segunda, planteada por Ujueta (1961) descarta esta idea (ver también Mc Laughing, 1972).

En la presente consultoría no se encontró sustento a la idea de varios episodios evaporíticos en el Cretácico: en los niveles estructurales inferiores (Formación Lutitas de Macanal; minas de Lusitania, Upín, Restrepo), las evaporitas aparecen interestratificadas y con la misma deformación que las demás capas; por el contrario, en los niveles estructurales más altos (Formaciones Plaeners, Labor, y Tierna; minas de Nemocón y Zipaquirá), la sal se presenta como cuerpos perforantes ramificados, con sección transversal oval a subcircular.

A partir del trabajo de síntesis de M. Julivert (1970), en los cortes regionales a través de la Cordillera Oriental, se llama la atención, al comportamiento mecánico similar de la cobertera Mesozoico-Cenozoica y el basamento no metamórfico.

En esta misma década, como resultado del convenio U. S. Geological Survey y el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras, aparecen publicados a escala 1:100.000 los mapas geológicos K-11 Zipaquirá y K-12 Guateque, que cubren la parte sur del área estudiada en esta consultoría. Estos mapas, cuyos cortes presentan escalas horizontal y vertical a 1:100.000, constituyen un avance notable en el conocimiento geológico de la región. En tales cortes, ni los cuerpos litológicos ni las estructuras (pliegues y fallas) fueron proyectados más allá de los mil metros por debajo de la cota 0 m (nivel del mar), y desde la perspectiva de su construcción parecen hechos a mano alzada. A este respecto vale indicar que en las recientes planchas geológicas publicadas por el Ingeominas -que cubren el resto del área de trabajo de la presente consultoría- (cf. Plancha 190-Chiquinquirá; Fúquen y Osorno, 2005), se continuó utilizando el mismo sistema de presentación de los cortes geológicos.

En la tesis doctoral de A. Fabre (1987), se hace el intento por mostrar en sus cortes regionales las posibles variaciones del comportamiento reológico de la

corteza continental y del manto superior, con base en sus estudios de sedimentación, y dataciones radiométricas de los cuerpos ígneos que cortan los depósitos sedimentarios.

Con Restrepo Pace (1989; inédito) se introduce el método de restauración en la construcción de secciones estructurales en la Cordillera Oriental, basado en metodología consistente en la adquisición detallada de información geológica de terreno y estricto control bioestratigráfico: así se pudo mostrar la repetición de gruesos paquetes rocosos que sugerían un acortamiento importante (42%) debido al apilamiento estructural en la región al oriente de Bogotá. Casi al tiempo con el último trabajo mencionado, aparecen cortes regionales sobre la cordillera Oriental, como soporte para establecer el acortamiento que estaría reflejado en la deformación de ésta, una gran parte de la cual podría haber ocurrido a lo largo de superficies de despegue subhorizontales (Colletta et al., 1990) y Dengo & Covey (1993), quienes señalan la presencia de estructuras distensivas por debajo de las superficies de despegue, localizadas en los niveles inferiores de la sucesión cretácica.

Roeder & Chamberlain (1995), al plantear la evolución cortical de la cordillera Oriental de Colombia en el intervalo Jurásico-Neógeno, llaman la atención sobre la importancia de unificar las escalas vertical y horizontal de los cortes (op. cit. Fig. 5), debido a que al variar la escala vertical, las inclinaciones de las superficies de falla varían de manera notable, así como la morfología del paisaje en los tiempos anteriores al Cretácico.

Jones (1995), presenta un modelo cinemático alternativo para la evolución de la cordillera Oriental, en el sector que coincide con el de las secciones estructurales 2 y 3 de la presente consultoría; en este modelo se supone la superposición de una escama de basamento de por lo menos 10 km de espesor (op. cit. fig. 11). Sin embargo, esta hipótesis no se sustenta con la información geológica reunida en la presente investigación.

Cooper et al. (1995), con base en abundante información de pozos y en datos de superficie, dividen la sucesión sedimentaria de la cordillera en cinco megasecuencias estratigráficas, cada una relacionada con un episodio discreto de deformación; con base en ello presentan una sección regional de la cordillera Oriental (op. cit. fig. 18), que corresponde aproximadamente a la misma región de la sección estructural 3 de este trabajo, donde resaltan las "fallas antiguas distensivas reactivadas y las fallas contraccionales de nueva generación".

Fajardo (1998), aplica el concepto de megasecuencias estratigráficas limitadas por discordancias, y con base en él produce dos cortes estructurales a través de la Cordillera Oriental valiéndose además de cinco líneas sísmicas, orientadas en dirección perpendicular al eje de la Cordillera y cuya interpretación le permite



definir la profundidad y disposición del basamento sub-Cretácico, los ángulos de inclinación y la forma aproximada de las superficies de las fallas principales; lo anterior le permite proponer dos niveles diferentes de deformación: uno inferior que afecta el basamento, y otro superior que afecta de modo independiente la sucesión cretácica-cenozoica.

De Freitas et al. (1997), Branquet et al. (2002), Barrero (2005), y Acosta et al. (2007), llaman la atención sobre la importancia de las fallas de rumbo (strike-slip) profundas, en el análisis e interpretación de las estructuras del margen oriental de la cordillera Oriental.

Luis Sarmiento en su tesis doctoral (2001), resume y enfatiza la relación entre las fallas resultantes de la tectónica distensiva del Mesozoico temprano y los rasgos producidos por la tectónica compresiva de acortamiento e inversión del Cenozoico. Entre las conclusiones de esta tesis, basada en modelamientos flexionales de la litosfera, pertinentes a esta consultoría, tenemos: 1) El acortamiento cortical aproximado de 10 km, que se produce en el Paleógeno generó un levantamiento incipiente de "los márgenes invertidos de la cuenca" que produjo a su vez el desarrollo de anticlinales amplios (op. cit. -appendix-); 2) La inversión completa de la "cuenca cretácica" y su deformación neógena, en la que intervendrían desplazamientos rumbo-deslizantes.

En el mismo orden de ideas, Branquet et al. (2002) en su interpretación del corte Guateque-Medina, destacan que la inversión de las fallas distensivas mesozoicas habría estado acompañada por movimientos transcurrentes dextrolaterales en la zona oriental de su sección, y por tanto el acortamiento obtenido por ellos del 28%, podría no ser correcto debido a la deformación ocurrida por fuera del plano de sección.

Cortés *et al.* (2006), utilizando información de campo, dataciones paleontológicas y líneas sísmicas, proponen un modelo estructural con fallas lítricas distensivas mesozoicas reactivadas inversamente en el Cenozoico, sobre una superficie de despegue inclinada hacia el occidente y localizada a unos 23 km de profundidad por debajo de la "zona axial" de la cordillera. Los autores obtuvieron un valor de acortamiento cortical de 70 km.

Mora *et al.* (2008, p.946-appendix-), presenta un modelo estructural en que tanto las fallas del margen occidental como las del margen oriental de la cordillera convergen a una superficie de despegue lítrica, inclinada hacia el occidente, localizada también a unos 23 km de profundidad y calculan un acortamiento de 58 km.



## 6.3 PROCEDIMIENTOS SEGUIDOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES

### 6.3.1 Fundamentación teórica para la interpretación

Toda interpretación geológica se desarrolla en un marco teórico conceptual, hoy en día llamado modelo, que puede llegar a constreñir y forzar la adecuación de los datos o a soslayar historias geológicas más complejas.

Para construir una sección estructural admisible (es decir, que aquello que se ilustre en la sección sea lo que se ve en el terreno o en las secciones sísmicas; cf. Van der Pluijm & Marschack, 2004, "Earth Structure", p. 468), es preciso disponer de datos estratigráficos, estructurales y cartográficos confiables, y verificables. En este orden de ideas, la información litoestratigráfica y cartográfica del área de estudio fue compilada y evaluada; de ello surgió la necesidad de estudios integrales litoestratigráficos, bioestratigráficos y cartográficos complementarios que permitieran ajustar la estratigrafía local al esquema cronoestratigráfico estándar de la International Commission on Stratigraphy (ICS), y además justificar la adecuación de los espesores conocidos de las unidades litoestratigráficas para la construcción de las secciones estructurales, pues los espesores medidos sufren el "efecto de terreno" propio de cada estilo estructural.

Las razones anteriores permitirán entender que las secciones estructurales construidas a partir de abundantes datos reales de campo y apoyadas en dataciones paleontológicas, resultan bien diferentes de los modelos construidos con bases predominantemente teóricas.

El lector debe notar que las secciones estructurales 1, 2 y 3 han sido dibujadas desde los tres mil quinientos (3500 m) metros de altitud, hasta los seis mil (6000 m) metros de profundidad; sin embargo, como se puede comprobar en las mismas figuras, sólo se puede obtener una imagen visual directa desde los tres mil quinientos (3500 m) de elevación hasta los quinientos (500 m). Con base en los elementos y patrones estructurales observados en el intervalo altimétrico considerado, el dibujo en profundidad se basó en "un modelo" de concordancia geométrica.

En las secciones estructurales que se presentan puede observarse que en todas las fallas identificadas participa el basamento sub-Cretácico. Como lo han demostrado estudios sísmológicos regionales de las últimas décadas - 1970 en adelante- durante las fases tectónicas distensivas, suele generarse rifts asimétricos, segmentados por fallas normales lítricas que convergen en profundidad hacia una superficie de discontinuidad subhorizontal denominada "zona de despegue basal" (cf. Van der Pluijm & Marschack, 2004, "Earth Structure", p. 385).

En concordancia con la información anterior, las fallas que presentan vergencia suroriental y que alcanzan más de dos mil metros (2000 m) de profundidad en las secciones estructurales, representarían la reactivación con sentido opuesto en el movimiento, de prístinas fallas de distensión que han sido dibujadas en color azul. En este orden de ideas, fallas como las de Boyacá y Nemocón, son interpretadas como rasgos estructurales antiguos, reactivados, y no como terminaciones caudales (colas de caballo) de la Falla de Bucaramanga, interpretación coherente además con el marco estructural presentado por Fabre (1987) y Toro (1990).

En la construcción de cualquier cuadro estructural que se ajuste a la realidad debe tenerse presente: las variaciones en espesores (engrosamientos o adelgazamientos), la disposición de las capas con relación al substrato ("onlap", etc.), y las variaciones en sus propiedades litológicas (cambios de facies), así como su distribución geográfica, las cuales son indicadores de la paleogeomorfología del basamento pre-Cretácico o de la deformación durante el Cenozoico (cf. sección estructural 2, mitad noroccidental).

### **6.3.2 Procedimientos para la construcción geométrica**

- Complementación de los mapas geológicos de los corredores correspondientes a cada sección con la información obtenida en el terreno, más la interpretación de las imágenes de sensores remotos.
- Generación de los perfiles topográficos a partir de los mapas topográficos en escala de 1:25.000, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi con origen Bogotá y Magna-Sirgas.
- Traslado (datos corregidos por proyección) de los datos de campo (buzamientos, contactos, litologías, estructuras) a los perfiles topográficos.
- Dibujo a mano alzada de los cortes estructurales preliminares, incluyendo esquemas de campo.
- Confrontación de los cortes estructurales preliminares con los mapas geológicos utilizados en el proyecto (cf. referencias bibliográficas).
- Preparación de los esquemas estratigráficos preliminares.
- Discusión de los cortes preliminares con los geólogos participantes, geólogos representantes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el asesor científico del proyecto.
- Construcción de las secciones con el método de "Kink-bands".
- Verificación de la coherencia estratigráfica y estructural de las secciones geológicas, mediante ensayo y error con el propósito de escoger aquellas versiones que mostraren mayor concordancia con las observaciones de terreno.
- Visitas al terreno para comprobación y complementación de la información requerida para las secciones.
- Estudios bioestratigráficos sobre el material paleontológico colectado en el terreno.



- Elaboración de los esquemas cronoestratigráficos.
- Captura, escaneo y digitalización de la información correspondiente a las secciones dibujadas a mano alzada en el programa AutoCad2009.
- Estandarización de los nombres de las estructuras geológicas en concordancia con los mapas editados por el INGEOMINAS y otras publicaciones relevantes.
- Generación de las secciones estructurales con control bioestratigráfico, en sus versiones definitivas.
- Edición e impresión de los mapas y secciones estructurales.

#### **6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Anexos 1, 9, 10 y 11)**

En el presente informe, hemos utilizado el concepto de Piedemonte Oriental de la Cordillera Oriental, en el sentido original de Trümpy "The Llanos...adjoining foothills" (1949, p. 154) y no la denominación "Llanos Foothills", para significar el sector comprendido entre la falla de Santa María y la falla de Guaicáramo. Este sector representa un prisma de deformación compuesto esencialmente por cabalgamientos y plegamientos imbricados, vergentes al sureste. Según Barrero (2005), y Acosta et al. (2006), las estructuras del prisma habrían sido generadas por transpresión. En este estudio solamente se alcanza el borde occidental de este prisma de deformación.

##### **6.4.1 Sección estructural 3**

El extremo noroccidental de la sección está conformado por el bloque colgante de la falla de Boyacá, en el cual se desarrollan cuatro pliegues amplios y suaves de grandes dimensiones, ligeramente asimétricos con planos axiales moderadamente vergentes hacia el NW: De NW a SE son el anticlinal de La Vieja, el sinclinal de El Cedrón, el anticlinal de Arcabuco y el sinclinal de Los Medios. La envolvente de este patrón de plegamiento está inclinada hacia el NW. La estructura mayor es el anticlinal de Arcabuco (Tausa-Arcabuco), una estructura de dimensiones regionales, que involucra en su núcleo una potente sucesión de unidades jurásicas (formaciones Palermo, Montebel y La Rusia). La falla de Boyacá es una de las estructuras más significativas en esta sección, por cuanto en su bloque colgante acarrea unidades pre-cretácicas que no afloran en su bloque yacente. Por esta razón se ha interpretado como una falla de inversión.

En el bloque yacente de la Falla de Boyacá o colgante de la Falla de Soapaga, se presentan tres fallas inversas de menor magnitud que las dos anteriores: Falla de Chivatá, Falla de Cormichoque y Falla de Firavitoba; las dos primeras se han interpretado como "short-cuts" de la Falla de Boyacá, en tanto que la última mencionada parece corresponder a una estructura dorsal de la Falla de Soapaga.



La falla de Soapaga, de carácter regional, se ha interpretado como una estructura de cabalgamiento vergente al SE, que puede corresponder a un "short-cut" principal de la falla de Boyacá. El bloque colgante conforma una amplia antiforma que representa la prolongación meridional del anticlinorio de Floresta ("macizo de Floresta"). Los afloramientos muestran el mínimo desarrollo de la sucesión del Cretácico inferior y la ausencia de unidades jurásicas en el bloque colgante de la falla, ya que la Formación Tibasosa se apoya directamente sobre unidades paleozoicas o sobre la Formación Girón. La disposición de las unidades cretácicas en su bloque colgante indica que la base de estas unidades se profundiza hacia el occidente.

El bloque yacente de la falla de Soapaga está constituido por una angosta franja NE, deprimida, donde afloran materiales paleógenos y neógenos plegados en estrechos sinclinales alargados, a veces con sus flancos invertidos, y anticlinales apretados subsidiarios. La construcción geométrica del corte indica que la unidad cretácica basal es la Formación Tibasosa.

El bloque yacente de la falla de Soapaga es también el bloque yacente de la falla de Gámeza, la cual tiene vergencia al NW, es decir, opuesta a la de el plano de la falla de Soapaga. La vergencia del plano de la falla de Gámeza es mostrada también por la forma del anticlinal de Iza –en el bloque colgante de la falla- cuyo flanco NW se encuentra invertido. Este anticlinal está limitado al oriente por la falla de San Miguel, la cual se interpreta aquí como un "splay" dorsal de la falla de Gámeza. Desde esta falla hacia el SE, la cartografía muestra que las unidades del Cretácico inferior van engrosando paulatinamente en esa dirección. En esta región, ocurren tres fallas inversas vergentes al NW: fallas de Laguna de Tota, Cedral-Romazal e Hirva. Estas fallas generan el "escalonamiento" de conjuntos de pliegues, los cuales van disminuyendo su longitud de onda hacia el SE y hacia arriba hasta la región de Santa Bárbara.

Desde allí, en dirección SE, la Formación Lutitas de Macanal, aflora a lo largo de unos 12 km. Con base en los buzamientos medidos a lo largo de la sección se ha interpretado este complicado sector, como un conjunto imbricado de pliegues por propagación de cabalgamientos ciegos ("blind thrusts"), que convergen en profundidad a una superficie común de despegue, que aflora más al SE -por fuera de la línea de sección- la Falla de Altagracia.

En la zona central de la sección se ha incluido la posible ubicación y forma de los cuerpos volcánicos de Paipa e Iza, trasladando a la sección la imagen de anomalías magnéticas (Pardo, 2004).



## 6.4.2 Sección estructural 2

La región más noroccidental de la sección, está ocupada por el bloque colgante de la falla de Nemocón, compuesto esencialmente por el amplio anticlinal de Tausa-Arcabuco. En el flanco SE del pliegue, se forma un conjunto de pliegues menores, estrechos y alargados, con moderada vergencia al NW. La cercanía de la línea de sección a los afloramientos meridionales de la Formación Arcabuco (1.200 m al SW de ellos), y su potente espesor, hacen necesario representarla en la sección. Las mismas consideraciones son válidas para las unidades jurásicas que la subyacen en el núcleo del anticlinal de Tausa-Arcabuco, por lo tanto se han incluido también en la sección, en el bloque colgante de la falla de Nemocón. Las relaciones descritas permiten interpretar la falla como una estructura de inversión, posiblemente como la continuación hacia el SW de la falla de Boyacá.

Por otra parte, en el bloque yacente de la falla de Nemocón, ocurren al menos cuatro fallas inversas con vergencia al SE: fallas de Chivatá Occidental, Chivatá Oriental, Rodríguez y Cormichoque. Una estructura de menor rango, vergente al NW, la falla de Jenesano, se interpreta como un retrocabalgamiento de esta última. Si bien en esta sección estas fallas ocurren más alejadas del plano de la falla de Nemocón, en la cartografía se puede observar que sus trazas se dirigen hacia el NNE, en dirección a la falla de Boyacá. Se considera que estas estructuras son "short-cuts" oblicuos de la falla de Boyacá, a la cual se unirían en cercanías de Duitama.

La traza de la falla de Soapaga también se encuentra más alejada de la falla de Boyacá, Sin embargo, aunque mucho más extensa y con menor relieve estructural, la antifforma de su bloque colgante persiste a la altura de esta sección. También en esta sección, la base de las unidades cretácicas se inclina hacia el NW, aunque en mayor grado, como lo muestra la presencia de una sección mucho más gruesa de las unidades cretácicas contra la falla de Nemocón.

El bloque yacente de la Falla de Soapaga, corresponde también al bloque yacente de la falla de Rondón Occidental, una falla inversa vergente al NW, cuyo traza es subparalela a la de Soapaga. La convergencia de los dos planos de falla genera una franja central comprimida, más baja estructuralmente, donde afloran unidades paleógenas plegadas en el estrecho sinclinal de Umbita, que muestra su flanco SE invertido. De la falla de Rondón Occidental se desprende una falla dorsal –falla de Rondón Oriental, de menor magnitud. En el bloque colgante de la falla de Rondón Occidental se genera el anticlinorio de Mirolindo y un patrón de pliegues de menor magnitud que afectan a la sucesión cretácica, cuyo intervalo inferior aumenta rápidamente de espesor hacia el SE, tal como se aprecia en los afloramientos. Hacia el sector suroriental de la sección dominan las estructuras vergentes en esa dirección, si bien no están tan densamente distribuidas ni forman imbricados como en el extremo sureste de la sección estructural 3. De los



retrocabalgamientos observados en dicha sección, aquí sólo se reconoció el de Cedral-Romazal.

### **6.4.3 Sección estructural 1**

La principal estructura en el extremo NW de la sección es la falla de Nemocón; en su bloque yacente ocurren plegamientos suaves y abiertos. El anticlinal de Tausa-Arcabuco, con cabeceo hacia el SW, se reduce drásticamente en dimensiones, en tanto que la deformación se transfiere a dos fallas con vergencia al NW: fallas de Carupa y Sutatausa y a varios pliegues de menores dimensiones. Las dos fallas mencionadas podrían desprenderse de la falla de Nemocón. El bloque yacente de la falla de Nemocón en esta sección aparece deformado por plegamientos por propagación de las fallas de Suesca y Farasia, dos estructuras vergentes al NW que se desprenden de la falla de Chocontá.

En el bloque colgante de la falla de Machetá, se observa un par sinclinal-anticlinal desplazado por la falla de Suralá, que se desprende de la primera. En su bloque yacente se forma una delgada franja deprimida y asimétrica, debido a la convergencia de la falla de Don Alfonso, vergente al NW. Al suroriente de la falla de Chorrera-Salinero la sucesión del Cretácico inferior incrementa rápidamente su espesor y la deformación se expresa principalmente como plegamientos abiertos y suaves, relacionados a las fallas de Almeida y Negra, vergentes al SE, en contraste con la intensa deformación que se observa en el tramo final de la sección, a partir de la falla de Chivor, donde repetidas escamas de basamento y unidades paleozoicas se apilan mediante superficies de falla imbricadas y plegadas, vergentes al NW. Estas fallas (fallas de Chivor, Esmeraldas y Las Moyas), parecen desprenderse del tramo subhorizontal de la falla de Santa María. Esta falla, junto con la de Aguacaliente y la de Tesalia, producen el complejo plegamiento y fracturamiento del bloque colgante de la falla de Aguaclara (localizada al SE, fuera de la sección) incluyendo los pliegues mayores de planos axiales subhorizontales que comprometen las unidades cretácicas y paleógenas.

### **6.5 COMPARACIÓN DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS**

La observación comparativa de las tres secciones estructurales estudiadas muestra que existen dos regiones con rasgos estructurales bien definidos:

1) Una región oriental, a partir de la falla de Chivor, y 2) Una región occidental, de dicha falla hasta el anticlinal de Tausa-Arcabuco.

La región oriental se caracteriza por presentar escamas o láminas deformadas de rocas del basamento, dispuestas a lo largo de fallas subverticales imbricadas, que se anteponen a un prisma de deformación caracterizado por vergencia estructural al SE y compuesto por cabalgamientos, pliegues imbricados y grandes pliegues asimétricos con planos axiales subhorizontales. Esta relación indica que las

estructuras del prisma podrían corresponder a un estilo estructural no puramente compresivo, es decir, que pudieron haber sido generadas por transpresión.

De la falla mencionada hacia occidente, la otra región estructural ofrece rasgos estructurales contrastantes; está conformada esencialmente por plegamientos amplios y suaves que incluyen basamento y cobertera, y fallas inversas de ángulo alto que se arraigan en el basamento. Esta región se puede dividir en tres sectores o sub-regiones aproximadamente paralelos entre si y dispuestos en franjas alargadas con dirección Suroeste-Noreste:

- Un extenso sector occidental, al occidente de la falla de Soapaga que exhibe un patrón de fallas vergentes al SE, el cual incluye la falla de inversión de Boyacá y la falla de inversión? de Nemocón.
- Un amplio sector oriental, dominado por un patrón estructural vergente al NW, localizado al oriente de las fallas de Gámeza (sección estructural 3), Rondón Occidental (sección estructural 2), y Don Alfonso (sección estructural 1).
- Un angosto sector central dispuesto entre los dos sectores anteriores convergentes. Esta disposición espacial ocasiona que el sector central, comprimido entre las estructuras convergentes, se pliegue en estrechos y alargados pliegues de eje sinuoso, a veces dispuestos oblicuamente a la dirección de las fallas, y descienda estructuralmente. Este rasgo es especialmente notable en las secciones estructurales 2 y 3, y está presente con menor expresión en la sección estructural 1.

Cada una de estos sectores muestra historia sedimentológica diferente, especialmente en el desarrollo de la sedimentación cretácica.

Adicionalmente, es de mencionar aquí, algunos rasgos estructurales que son comunes a las dos regiones estructurales:

- En las secciones estudiadas no hay evidencia clara de la ocurrencia de plegamiento por flexión de falla.
- Las fallas no muestran grandes desplazamientos ni planos muy inclinados.
- No se hallan indicios de la ocurrencia de despegues en las unidades apropiadas del Cretácico inferior.

## **6.6 MODELO DE EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL (Figuras 5.1 a 5.8)**

Los rasgos estructurales fundamentales establecidos permiten reconocer que la configuración estructural actual del área estudiada de la cordillera Oriental fue producida por inversión de estructuras distensivas generadas fundamentalmente en el Mesozoico temprano, que posiblemente actuaron a lo largo de superficies de fallas compresivas formadas durante al menos a dos episodios de deformación compresiva, levantamiento concomitante y exhumación (a finales del Ordovícico y a finales del Pérmico).





Las unidades jurásicas principalmente de origen fluvial, fueron llenando paulatinamente las depresiones tectónicas durante su etapa de formación (depósitos synrift). Depósitos de origen fluvial a marginal primero, y luego francamente marinos, terminan el llenado de las depresiones y se extienden sobre las áreas elevadas de los bordes durante el periodo de subsidencia termal concomitante (depósitos post-rift). Al oeste de la falla de Boyacá se depositan potentes sucesiones de detritos tal vez hasta el Jurásico Tardío. Equivalentes de estos depósitos no se conocen al oriente de esta falla.

Durante el Cretácico temprano, el área que recibe mayor sedimentación está al oriente de la falla de Gámeza y equivalentes, en tanto que en la región central (Floresta, Tibasosa), el espesor acumulado es comparativamente delgado, mostrando que esta área, sufrió una subsidencia relativamente menor que las áreas al oriente y occidente de ella. Aparentemente, las áreas de Arcabuco y Floresta, al norte de la región estudiada estaban levantadas en algún grado. Entre el Cretácico cuspidal y el Paleoceno temprano, la sedimentación cambia a condiciones marginales y fluviales, mostrando el cese de la subsidencia.

En el Paleoceno tardío y en el Eoceno tardío ocurre la depositación fluvial de materiales clásticos gruesos, con el inicio o aceleramiento de pulsos de levantamiento generados por compresión desde el occidente.

Durante el Mioceno, el proceso de inversión a lo largo de las fallas distensivas mesozoicas se generaliza, produciendo en los márgenes del sistema y en cuencas intermontanas el depósito de materiales molásicos.

La acumulación de depósitos gruesos durante el Plioceno en las cuencas intermontanas y los piedemontes de las cordilleras indica el final del punto más intenso de la deformación compresiva, responsable de la morfología actual de la cordillera.

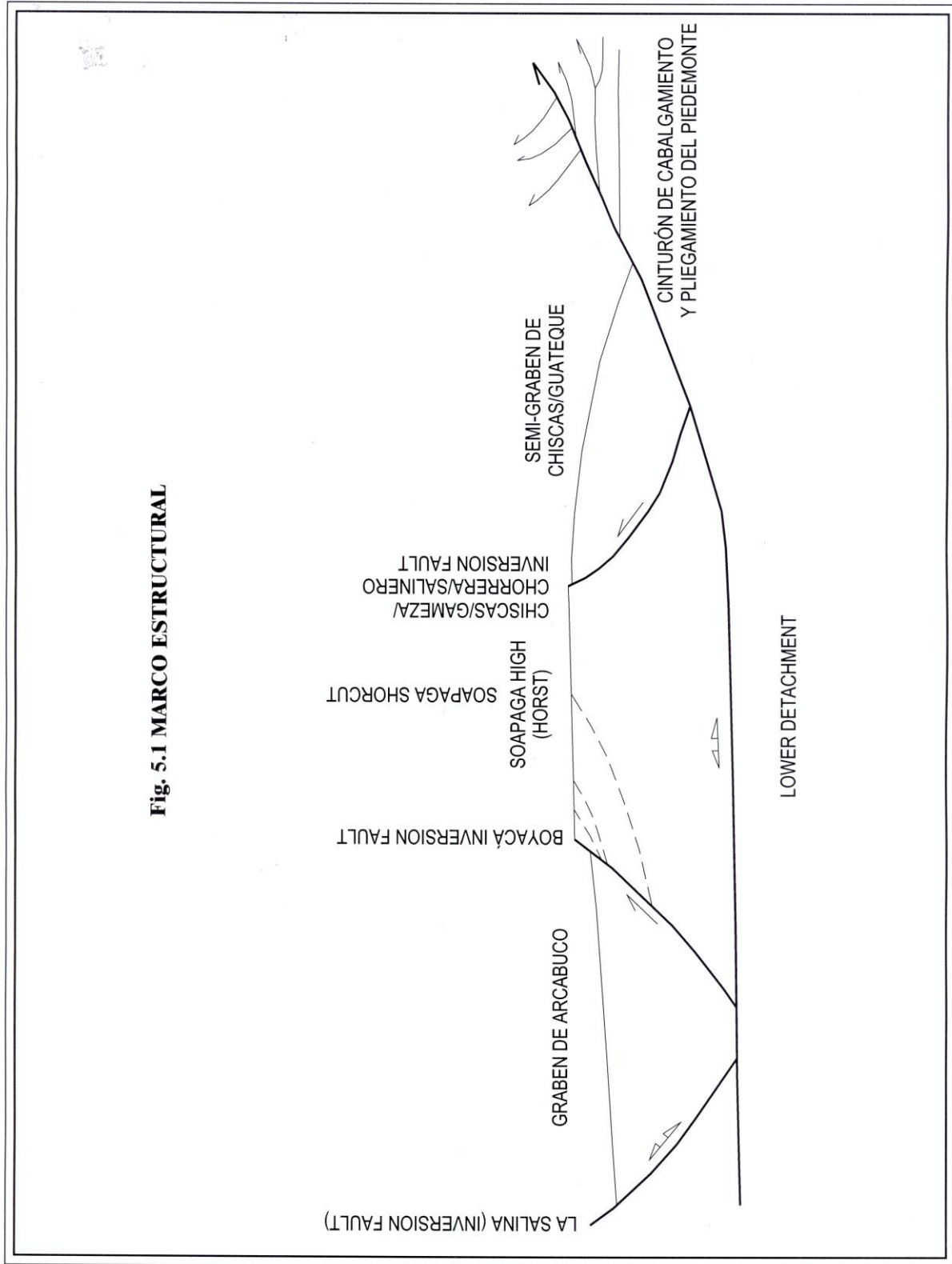
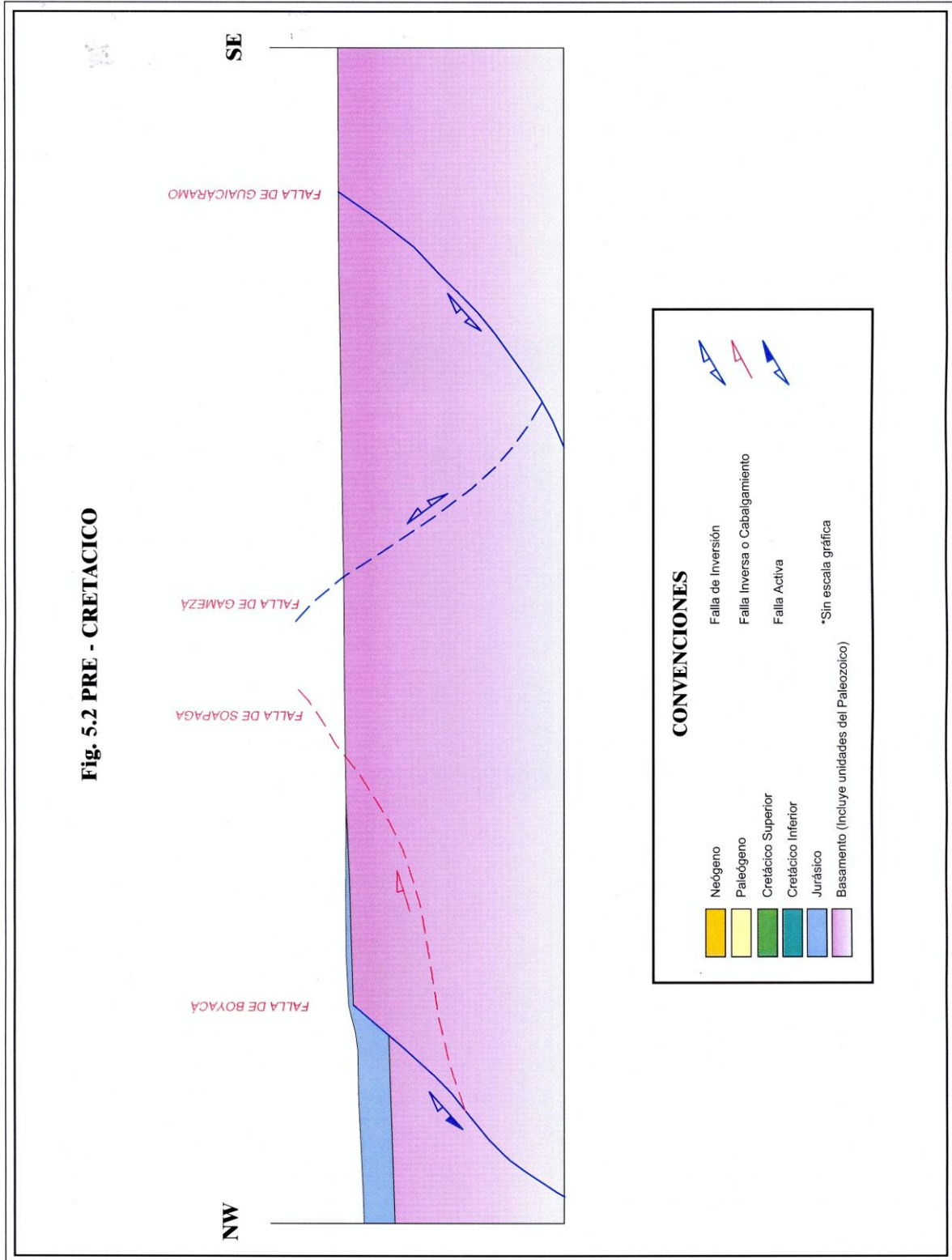
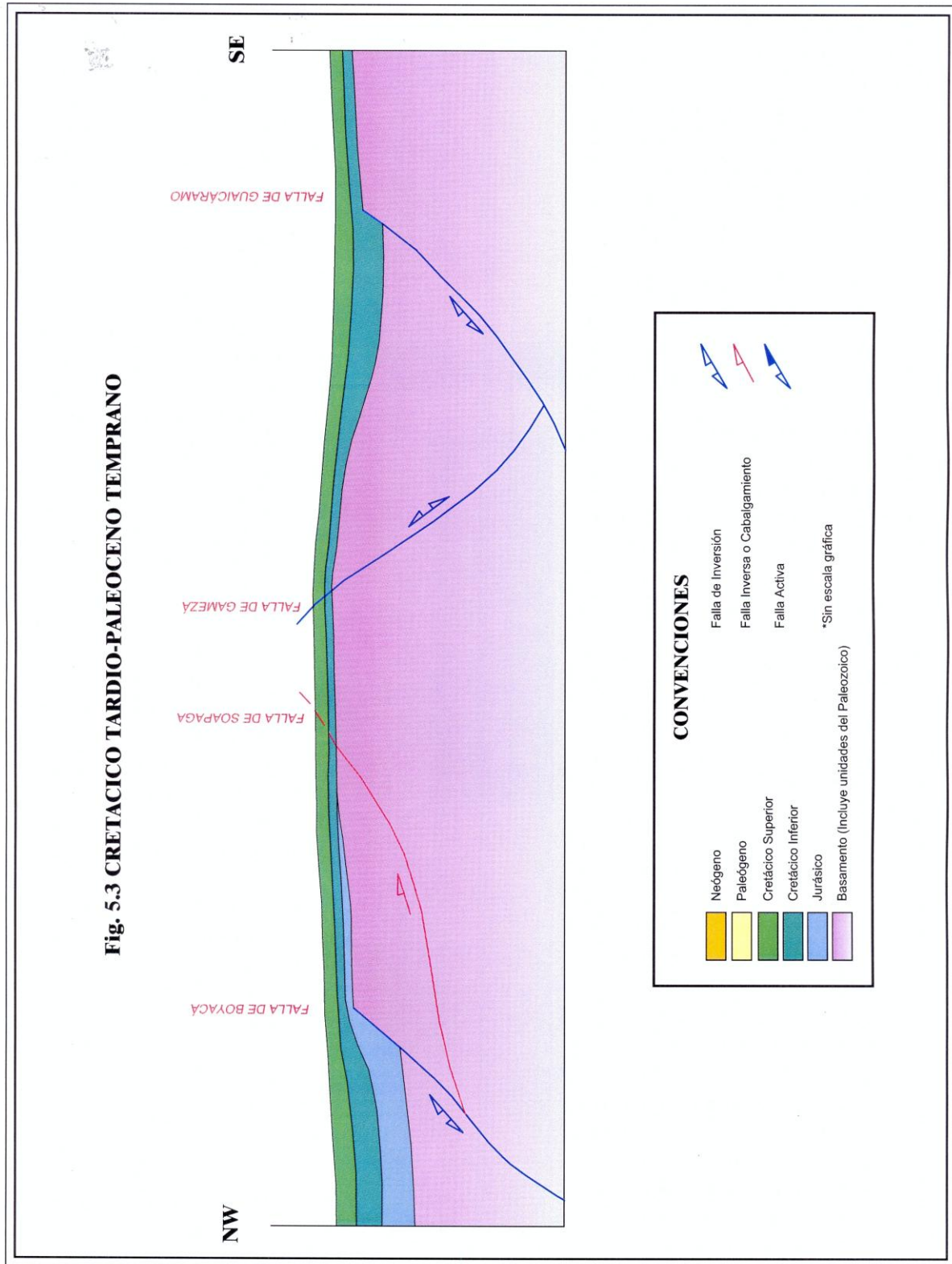
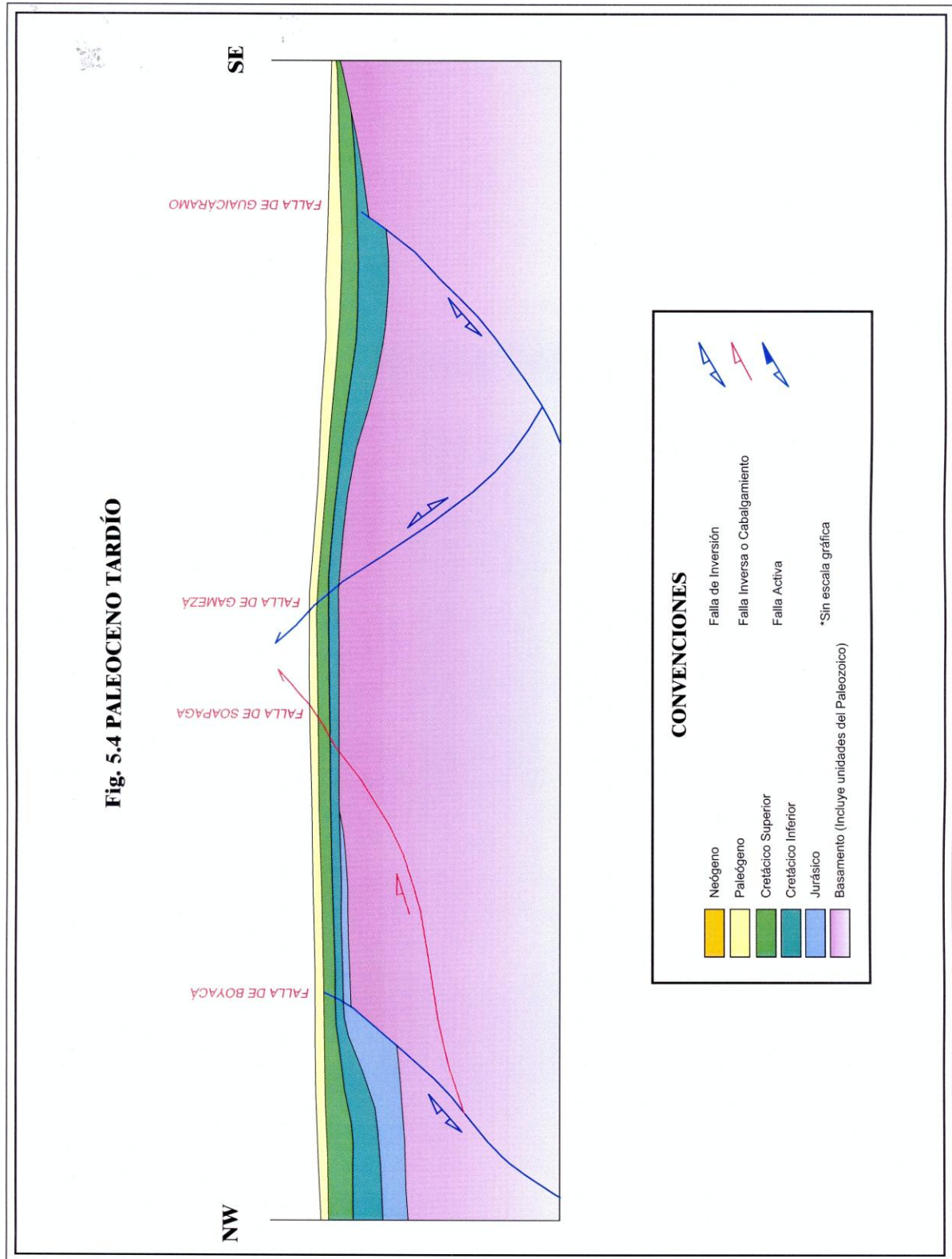


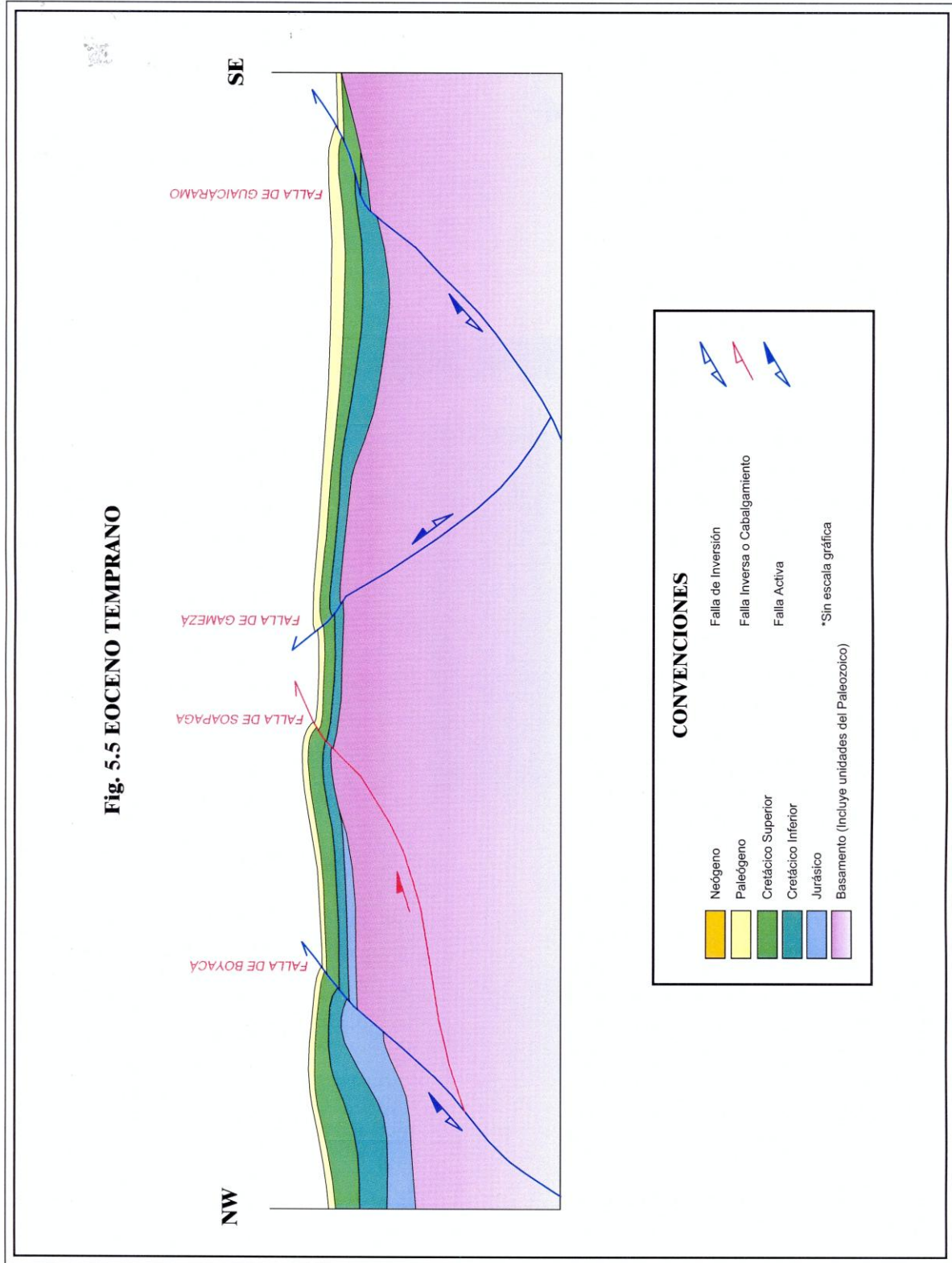
Fig. 5.1 MARCO ESTRUCTURAL

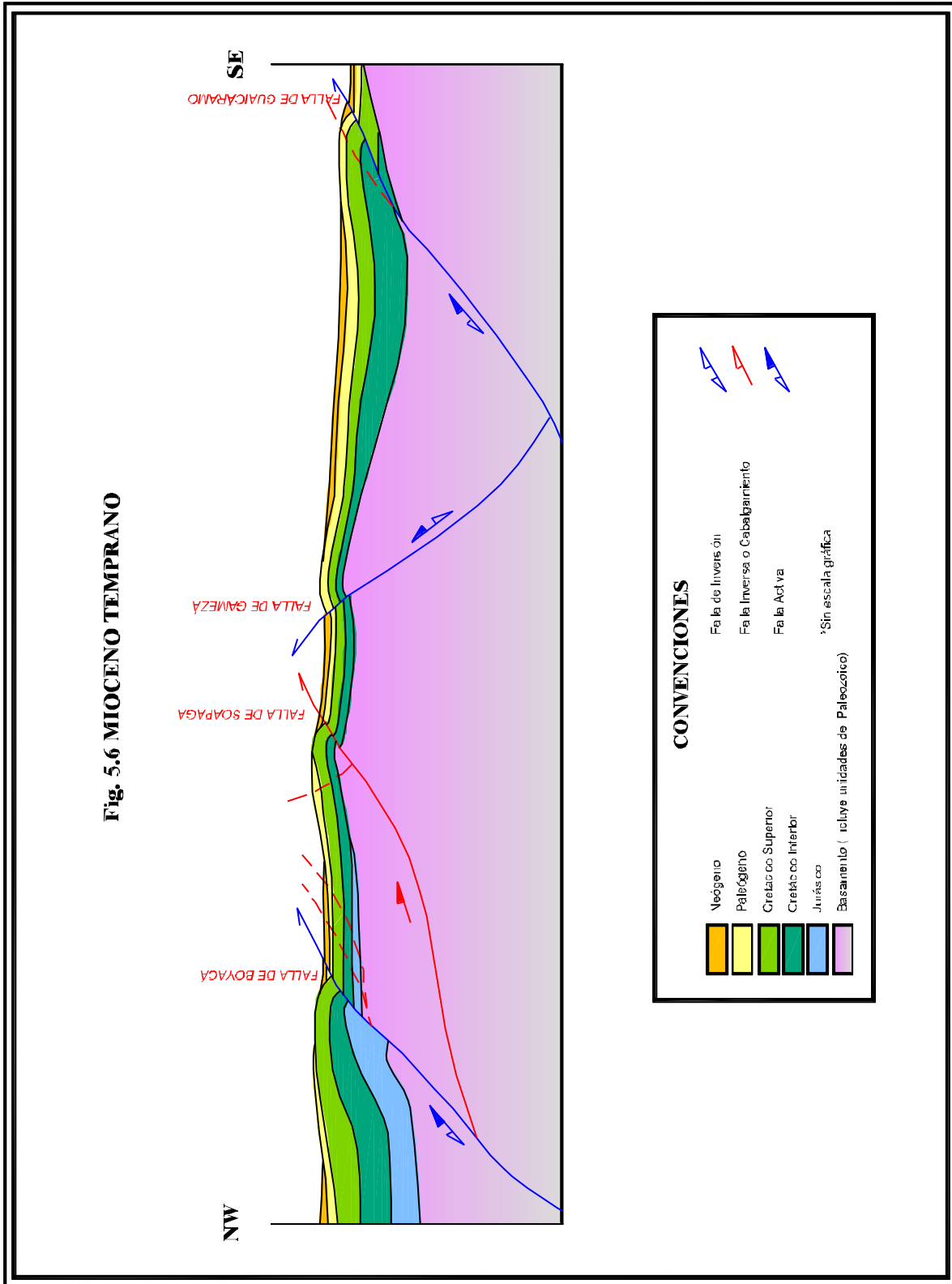


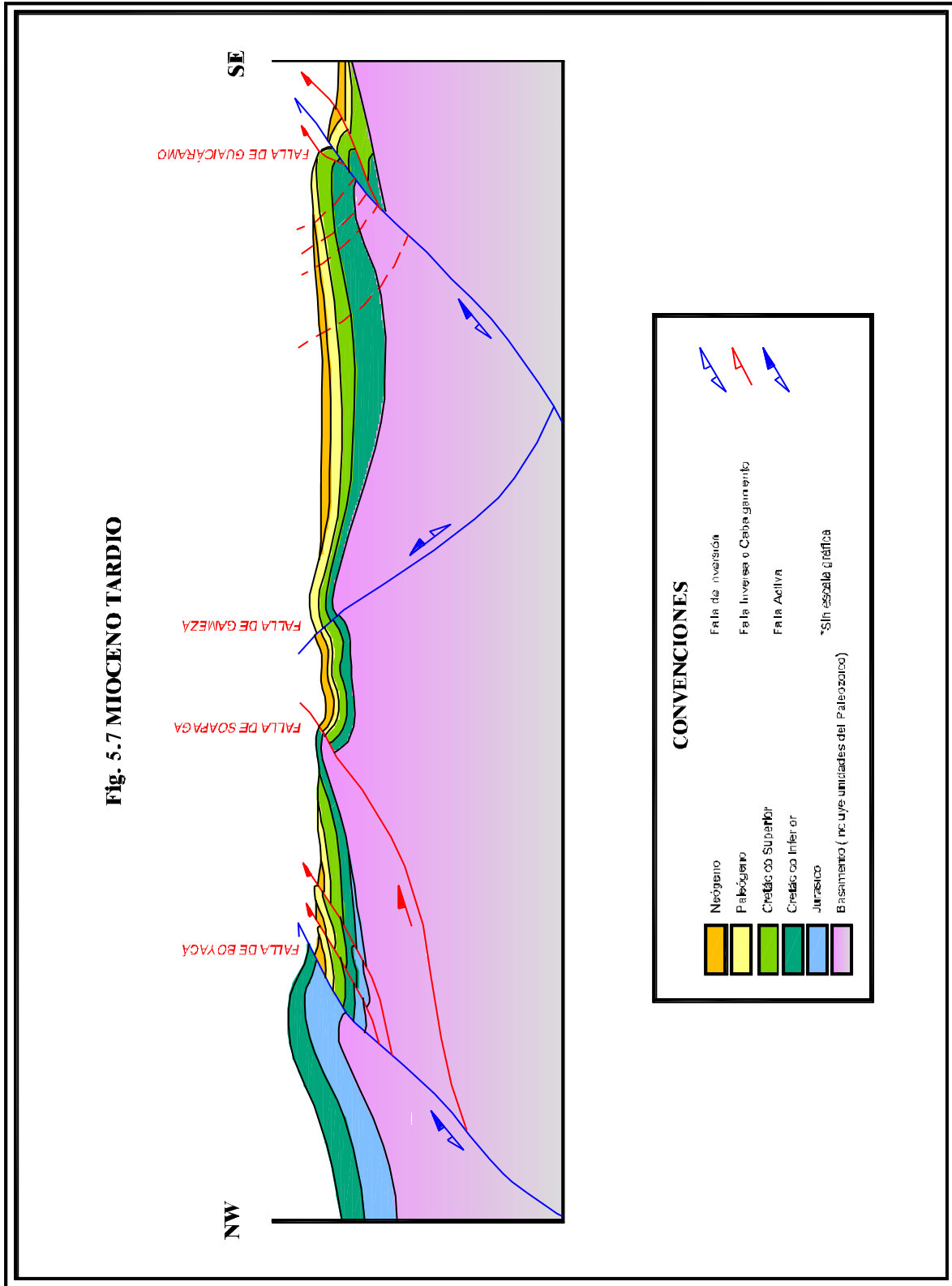


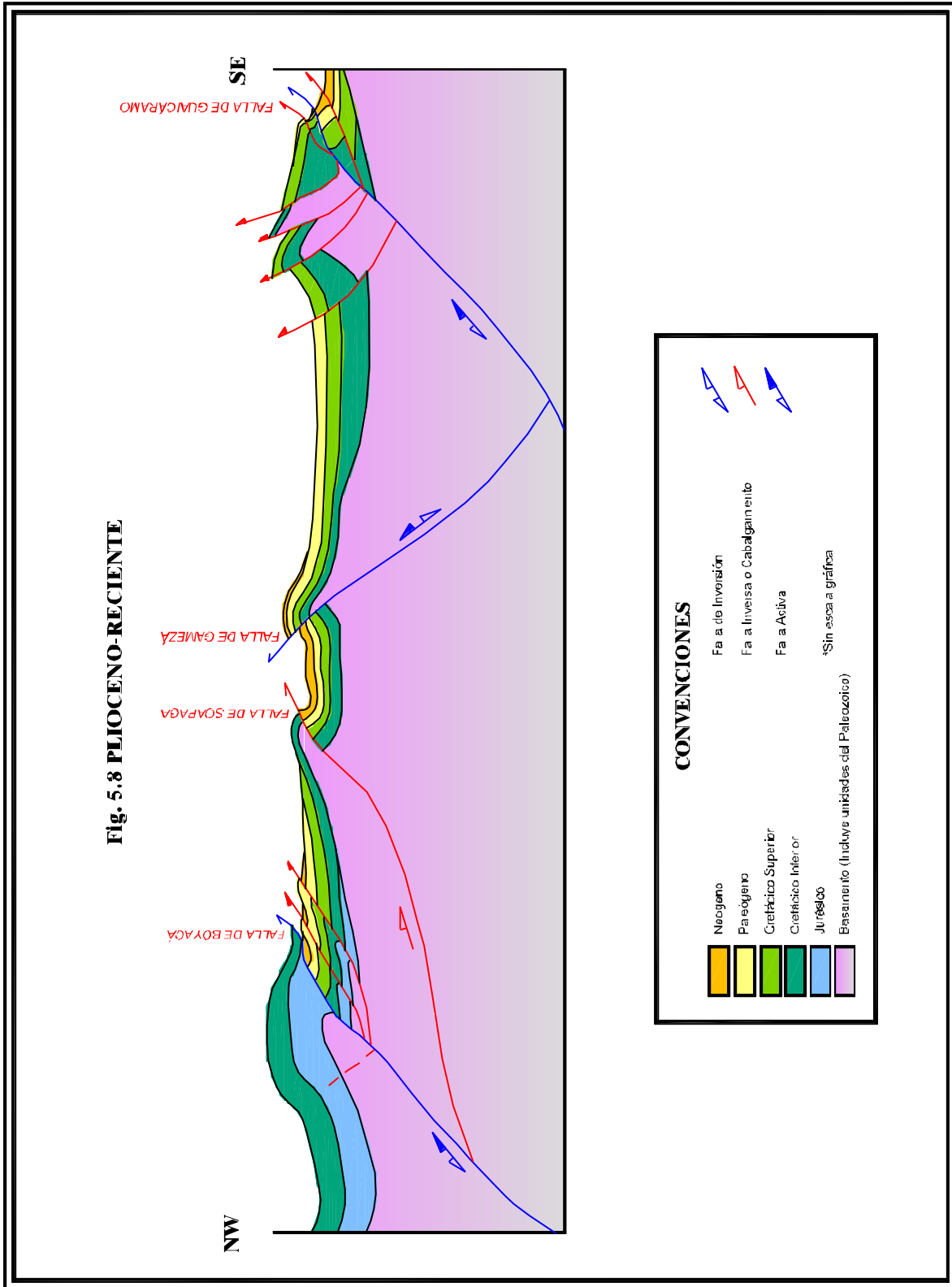














## **6.7 DISCUSIÓN SOBRE LA GENERACIÓN, MIGRACIÓN Y ENTRAMPAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

### **6.7.1 Visión general**

La Cordillera Oriental es considerada un tipo de cuenca de Graben Invertido / Cinturón Plegado, localizado entre el valle del río Magdalena y los Llanos Orientales.

El comienzo del proceso exploratorio en esta cuenca se orientó para confirmar la acumulación en estructuras anticlinales ubicadas en áreas en los alrededores de Tunja, donde se han encontrado múltiples "Oil Seeps". Durante las últimas tres décadas, la perforación se ha orientado principalmente a la exploración de trampas estructurales en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental. Durante el Triásico-Jurásico y Cretácico tardío, fuerzas compresivas tensionales/transensionales, produjeron un sistema de cuencas "half-graben" asimétricas llenadas continuamente con depósitos marinos y costeros a continentales alternantes. La deformación de estos depósitos ocurrió como una sucesión de eventos. El primer evento de edad Eoceno tardío-Oligoceno temprano generó un sistema imbricado. El sistema imbricado fue erodado y cubierto por depósitos del Oligoceno superior. Un evento transpresional subsecuente durante el Mioceno y Pleistoceno reactivó las fallas de cabalgamiento preexistentes y las estructuras replegadas concomitantes con el levantamiento de la cordillera.

### **6.7.2 Fuente de hidrocarburos**

Dos secciones condensadas de mediados del Albiano y Turoniano, depositadas durante eventos anóxicos mundiales, son consideradas las fuentes principales. Además, se cree que rocas fuente menos importantes están presentes en el Cretácico inferior y superior.

### **6.7.3 Migración de hidrocarburos**

El primer pulso de generación ocurrió durante el Cretácico tardío, pero la mayoría del petróleo generado parece que se perdió debido a la falta de trampas en ese tiempo. Un segundo pulso ocurrió desde el Mioceno hasta tiempos recientes, y es el responsable del llenado de trampas gigantes en ambos piedemontes de la cordillera.

### **6.7.4 Reservorios**

Las más importantes rocas reservorio de hidrocarburos se depositaron durante el Albiano y Cenomaniano. También se incluyen las unidades siliciclásticas del





Cretácico superior y del Paleógeno por presentar en general buena porosidad y permeabilidad.

#### **6.7.5 Sellos**

Los sellos regionales para los reservorios cretácicos son las gruesas sucesiones de shale de origen marino. Para los reservorios paleógenos son los shales interestratificados.

#### **6.7.6 Trampas**

Los principales rasgos estructurales son fallas inversas que involucran basamento, resultantes de la inversión de fallas normales preexistentes, pliegues relacionados a fallas contraccionales y estructuras dúplex.

#### **6.7.7 Prospectividad**

La deformación de sedimentos del Neógeno en la cuenca fue probablemente relacionada a movimientos rumbo-deslizantes. Es más probable que los descubrimientos futuros estén asociados con trampas formadas por transpresión. Los pliegues de flexión de falla, los pliegues por propagación de falla y las zonas triangulares son los objetivos principales en la Cordillera Oriental. Un "play" potencial en la zona axial está relacionado con la acumulación contra domos de sal y "plays" de gas no convencionales están asociados a capas de carbón.

En el área de estudio se localizaron algunos sectores con condiciones favorables para la generación, acumulación y entrapamiento de hidrocarburos. Estos sectores se describen en el numeral de áreas prospectivas.

### **6.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA LA DESCRIPCIÓN DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

ACOSTA, J., VELANDIA, F., OSORIO, J., LONERGAN, L. & MORA, H. 2007. Strike – slip deformation within the Colombian Andes. In. RIES, A.C., BUTLER, R.W. H. & GRAHAM, R. H. (eds). Deformation of the continental Crust: The Legacy of Mike Coward. Geological Society, London, Special Publication, 272: 303-319.

BAEZ, LUIS ALEJANDRO & SANCHEZ, P. CARLOS JAVIER. 2003. Un escenario paleo-ambiental para una tectónica extensional jurásica mediante caracterización de las formaciones La Rusia y Montebel, al nor-occidente de la Falla de Boyacá, en cercanías a los municipios de Paipa, Duitama, Cerinza y Belén. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias, Trabajo de grado no publicado, 87p., anexos.



- BARRERO LOZANO, D., 2005. Transpressional Tectonics in the Northern Andes. Implications for hydrocarbon exploration in Colombia. Conferencia presentada a la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo. Premio Jesús A. Bueno.
- BAYONA, G. CORTÉS, M., JARAMILLO. C. OJEDA, G. ARISTIZABAL, J.J., REYES – HARKER, A. 2008. An integrated analysis of an orogen – sedimentary basin pair: Latest Cretaceous – Cenozoic evolution of the linked Eastern Cordillera orogen and the Llanos foreland basin of Colombia GSA Bulletin, 20 (9/10): 1171-1197.
- BRANQUET, Y. CHEILLETZ, A., COBBOLD, P. R., BABY, P., LAUMONIER, B., & GIULIANI, G. 2002. Andean deformation and rift inversión, Eastern edge of Cordillera Oriental (Guateque – Medina area), Colombia. Journal of South American Earth Sciences, 15: 391-407.
- BÜRGL, H., 1961. Historia Geológica de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 11 (43): 137-191.
- CAMPBELL, C.J.M & BÜRGL, H. 1965. Section through the Eastern Cordillera of Colombia, South America. Geological Society of America Bulletin, 76: 567-590.
- CARDOZO, NESTOR & ZUÑIGA JAMER. 1994. Análisis estructural de las zonas del bloque colgante (Hanging Wall) y bloque yacente (Footwall) de la Falla de Soapaga entre Corrales y Paz de Río. Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de grado no publicado, 86p., anexos.
- COLLETA, B., HÉBRARD F., LETOUZEY, J., WERNER, P. AND RUDKIEWIKZ, J. L., 1990. Tectonic style and crustal structure of the Eastern Cordillera (Colombia), from a balanced cross section. In: J. Letouzey (ed.), Petroleum and tectonics in mobile belts. Editions Technip, Paris 11990, p. 81-100.
- COOPER, M.A., ADDISON, F.T., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R.H., HAYWARD, A.B., HOWE, S., MARTINEZ, J., MAAR, J., PULHAM, A.J., & TABORDA, A. 1995. Basin development and Tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, 79 (10): 1421-1443.
- CORTES, MARTIN, COLETTA, BERNARD & ANGELIER JACQUES. 2006. Structure and tectonics of the central segment of the Eastern Cordillera of Colombia. Journal of South American Earth Sciences. 21:437-465.



- DENGO, C.A. and COVEY, M.C., 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap styles and regional tectonics, AAPG Bulletin, 77 (8): 1315-1337.
- DE FREITAS, M.G., FRANCOLIN, J.B.L. and COBBOLD, P.R., 1997. The structure of the axial zone of the Cordillera Oriental, Colombia. IV Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Asociación Colombiana Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Bogotá, p. 38-41.
- DIAZ, S. JHON MAURICIO & SOTELO, G. CLARA INES. 1995. Análisis estructural de la Falla de Boyacá en un área al oeste de los municipios de "Paipa - Duitama". Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias - Trabajo de grado no publicado, 75 p., anexos.
- FABRE, A., 1987. Tectonique et génération d'Hydrocarbures: un modél de l'évolution de la cordillère orientale de Colombie et du bassin des Llanos pendant le Crétacé et le Tertiaire. Arch. Sc. Genève, 40 (2): 145-190. Genève.
- FABRE, A., 1989. Geological Map Tunja Block Central Part. Eurocan Ventures Ltd., 1 map, esc. 1:25.000. Bogotá.
- FAJARDO PEÑA GUILLERMO JOAQUIN, 1998. Structural analysis and basin inversión evolutionary model of the Arcabuco, Tunja and Sogamoso Regions, Eastern Cordillera, Colombia. University of Colorado. Department of Geological Sciences. Master of Science Thesis, no publicada, 114p., anexos.
- FUQUEN, J. y OSORNO, J., 2005. Geología de la plancha 190-Chiquinquirá. Memoria Explicativa, Ingeominas, 225 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- HUBACH, ENRIQUE. 1945. (Escrito en 1991). La Formación "CAQUEZA". Región de Caqueza (Oriente de Cundinamarca). Compilación de los Estudios Geológicos en Colombia, 6: 23-26, lám. VI.
- JULIVERT, M. 1970. Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with Some Other Folded Chains. Geological Society of America Bulletin, 81(12): 3623-3646.
- KAMMER, ANDREAS & SANCHEZ, JAVIER 2006. Early Jurassic rift structures associated with the Soapaga and Boyacá faults of the Eastern Cordillera, Colombia: sedimentological inferences and regional implications. Journal of South American Earth Sciences 21: 412-422.



- Mc LAUGHLIN, DONALD H. Jr. 1972. Evaporite deposits of Bogotá area, Cordillera Oriental, Colombia. The University of Kansas Paleontological Contributions 32: 11-12.
- Mc LAUGHLIN, D. y ARCE, M., 1975. Mapa geológico del Cuadrángulo K-11, Zipaquirá, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.
- MONTOYA, D. y REYES, G., 2003. Geología de la Plancha 209 Zipaquirá. Memoria Explicativa, Ingeominas, 156 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- MORA, ANDRES, PARRA, MAURICIO, STRECKER, MANFRED R., SOBEL, EDWARD R., HOOGHMESTRA, HENRY, TORRES, VLADIMIR & VALLEJO JARAMILLO, JAIME. 2008. Climatic forcing of asymmetric orogenic evolution in the Eastern Cordillera of Colombia. GSA Bulletin, 120 (7/8): 930-949.
- MORA, ANDRES, 2007. Inversion tectonics and exhumation processes in the Eastern Cordillera of Colombia. Tesis Dr. rer.nat., no publicada: 133, Potsdam.
- PARDO, N., 2004. Estratigrafía de las vulcanitas asociadas al Volcán de Paipa, municipios de Paipa y Tuta, Departamento de Boyacá, Colombia. No publicado. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, 148 p. Bogotá.
- PAZ CUELLAR, MANUEL GUILLERMO & URRUTIA PARRA ALVARO DIEGO. 1996. Estratigrafía y ambiente de depósito de la Formación El Tibet (Macizo de Floresta, Boyacá). Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de grado, no publicado, 76p., anexos.
- RENZONI, G. y ROSAS, H., 1967. Geología de la Plancha 171 Duitama. 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.
- RENZONI, G., ROSAS, H., ETAYO, F. *et al.*, 1998. Geología de la Plancha 191-Tunja. Ingeominas, mapa geológico (1967), esc. 1:100.000. Bogotá.
- RESTREPO-PACE, PEDRO A. 1989. Restauración de la sección geológica Cáqueza-Puente Quetame: Moderna interpretación estructural de la deformación del flanco este de la Cordillera Oriental. Trabajo de grado laureado, no publicado. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, 100p.
- RESTREPO-PACE, P. A., F. COLMENARES, C. HIGUERA, AND M. MAYORGA, 2004. A Fold- and-thrust belt along the western flank of the Eastern Cordillera of



- Colombia- Style, kinematics, and timing constraints derived from seismic data and detailed surface mapping, *in* K. R. McClay, ed., Thrust tectonics and hydrocarbon systems: AAPG Memoir 82, p. 598-613.
- REYES, CH. I. 1984. Geología de la región de Duitama – Sogamoso – Paz de Río. (Departamento de Boyacá). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja – Boyacá: 108.
- ROEDER, D., & CHAMBERLAIN, R.L. 1995. Eastern Cordillera of Colombia: Jurassic – Neogene Crustal Evolution. In. A.J. TANKARD, R. SUÁREZ S., and H.J. WELSH, Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62, p. 633-645.
- SARMIENTO ROJAS, LUIS FERNANDO. 2001. Mesozoic rifting and Cenozoic Basin Inversion History of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models. Netherlands Research School of Sedimentary Geology (NSG). Publication number: 2002.01.01: 295p.
- SCHEIBE, E. A., 1938. Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental. Estudios Geológicos y Paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia, 1a Parte:58. Un mapa.
- STOUGH, J.B. 1968. Palynomorphs from the Zipaquirá Salt, Colombia. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 56 (11): 2240-2259.
- UJUETA, LOZANO, G. 1993. Lineamientos Muzo, Tunja, Paipa en los departamentos de Boyacá y Casanare, Colombia. Geología Colombiana, 18: 65-73.
- UJUETA, GUILLERMO. 1969. Salt in the Eastern Cordillera of Colombia: Geological Society of America Bulletin 80 (II): 2317-2320.
- ULLOA, C., CAMACHO, R., ESCOBAR, R. *et al.*, 1975. Mapa geológico del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.
- ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., *et al.*, 1983. Mapa Geológico Plancha 211-Tauramena, República de Colombia - Departamentos de Boyacá y Cundinamarca, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, esc. 1:100.000 (1976). Bogotá.
- ULLOA, C., y RODRIGUEZ, E., 1978. Reseña explicativa del mapa geológico preliminar 170 Vélez. Ingeominas, 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.





ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E. y ESCOVAR, R., 1998. Geología de la Plancha 192 Laguna de Tota, República de Colombia - Departamento de Boyacá, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.

ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., y RODRÍGUEZ, G., 2003. Geología de la plancha 172 Paz de Río. Memoria Explicativa, Ingeominas (2001), 109 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.

VAN DER PLUIJM, BEN & MARSCHACK, STEPHEN, 2004, "Earth Structure", p. 385. W. W. Norton & Company Inc. N. Y.

VASQUÉZ, LUIS EDUARDO. 2003. Evaluación de espectros magnéticos de posibles zonas de mineralización asociadas a esmeraldas, en el municipio de Macanal – Boyacá. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias. Tesis de grado, Maestría en Geología, no publicada, 60 p.

VIDAL GONZALEZ, GLORIA F. & PARRA, SOSA, MIGUEL. 1991. Cartografía geológica y análisis estructural del anticlinal de Tota. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de grado, no publicado, p.66, anexos.



## 7 ÁREAS PROSPECTIVAS

En la cuenca de la Cordillera Oriental no se han realizado grandes estudios regionales, ni se ha perforado un número significativo de pozos exploratorios, para tener un conocimiento adecuado que permita poder afirmar con un grado de certeza aceptable si esta cuenca es altamente atractiva para la prospección de hidrocarburos o si por el contrario se debe considerar estéril.

El presente informe integra los datos obtenidos durante las diferentes fases de campo y de procesamiento de la información, con la consulta y evaluación del material cartográfico y bibliográfico disponible; esto nos permite decir que se ha cumplido con el propósito de entender y comprobar la presencia de algunos de los elementos y procesos esenciales dentro de un sistema petrolífero.

El potencial exploratorio del área es moderado, se localizaron algunos sectores que cumplen con varias características favorables para la generación, acumulación y entrapamiento de hidrocarburos, como las siguientes:

1. Presencia de roca generadora en unidades del Cretácico superior (formaciones Simijaca, Conejo, Chipaque y Los Pinos); al igual que en toda la secuencia de lodolitas y shales del Cretácico inferior (formaciones Cumbre, Ritoque, Paja, Lutitas de Macanal y Tibasosa).
2. Gradientes geotérmicos altos.
3. Suficiente estructuración, debido al desarrollo de diversos tipos de fallamiento (normales antiguas, inverso, de inversión, etc.) y plegamiento por transpresión, que deben haber producido diferentes tipos de trampas estructurales.
4. Además se presentan cambios laterales en la sucesión litoestratigráfica, favoreciendo el desarrollo de trampas estratigráficas.
5. Unidades litoestratigráficas que contienen espesores considerables de shale (formaciones Chipaque, Conejo, Guaduas) que pueden actuar como excelentes sellos.
6. Los intervalos rocosos que muestran mejores condiciones para ser considerados reservorio, corresponden a las arenitas de las formaciones Une, Churuvita y Arenisca Tierna, las cuales en afloramiento presentan excelente porosidad visual.
7. Unidades calcáreas como las formaciones Tibasosa y Rosablanca, pueden ser consideradas como potenciales reservorios debido a que presentan porosidad secundaria.
8. La presencia de "OIL SEEPS" asociados a estructuras mayores como la falla de Soapaga, confirma la existencia de un Sistema Petrolífero activo, cuya extensión está por determinarse.



De sur a norte y de occidente a oriente se relacionan a continuación, las áreas que exhiben mejores condiciones para la prospección de hidrocarburos:

1. Sección estructural 1:

- a. Anticlinal de Guachaneca limitado por las fallas de Cucunubá (al occidente) y Nemocón (al oriente); a pesar de ser una estructura pequeña, involucra en profundidad a rocas de la Formación Churuvita.
- b. El bloque yacente de la falla de Suesca.
- c. El segmento triangular hundido, limitado por las fallas de Machetá (al occidente) y de "Don Alfonso" (al oriente).
- d. El sector altamente deformado y fallado, comprendido entre las fallas de Santamaría y Tesalia.

2. Sección estructural 2:

- a. El sector comprendido entre la falla de Chivatá "Occidental", la falla de Chivatá "Oriental" y la "falla de Rodríguez".
- b. El segmento triangular hundido, limitado por las fallas de Rodríguez (al occidente) y de Jenesano (al oriente).
- c. El bloque yacente (*subthrust*) de la falla de Soapaga.
- d. El bloque yacente (*subthrust*) de la falla de "Rondón Oriental".

3. Sección estructural 3:

- a. Los bloques yacentes de las fallas de Boyacá y Chivatá, que involucran en profundidad a la Formación Une.
- b. El sector triangular limitado por la convergencia de las fallas de Soapaga (al occidente) y Firavitoba (al oriente).
- c. El Anticlinal de Iza limitado por las fallas de Gámeza (al occidente) y de "San Miguel" (al oriente).



## 8 CONCLUSIONES

- La cartografía ejecutada en el área de las transectas permite establecer la existencia de dos regiones estructurales principales. La región oriental consiste en un cinturón imbricado de cabalgamiento y plegamiento, posiblemente originado en transcurrancia dextral a lo largo del borde oriental de la cordillera.
- La región occidental está conformada por tres sectores o sub-regiones coalescentes, orientadas NE, cada una con patrones estructurales diferentes e historia de sedimentación propia. Las dos regiones laterales muestran una simetría convergente, que genera una región central, comprimida y estructuralmente más baja. El espesor de los sedimentos cretácicos se incrementa hacia el occidente y el oriente, a partir de la región central. Esta característica es muy importante desde el punto de vista exploratorio, en cuanto la subregión central contiene unidades con rasgos de reservorio, y las subregiones laterales tienen unidades consideradas potenciales generadoras de hidrocarburos.
- La traza no sinuosa de las fallas y las demás relaciones de campo indican que los planos de falla corresponden a fallas inversas, excepto en la región oriental, conformada por un cinturón de cabalgamiento y plegamiento vergente al oriente.
- El basamento está involucrado en la deformación, como lo demuestra la presencia en superficies de rocas cristalinas en Floresta y Chivor. Lo que se ha llamado "basamento" incluye una potente sucesión de sedimentitas del Paleozoico Superior (unos tres mil metros de espesor), que deben influir notablemente en el comportamiento mecánico de las estructuras y cuyas características reológicas deben ser tenidas en cuenta, en cualquier reconstrucción.
- La ausencia de ruditas en el intervalo Valanginiano-Aptiano superior sugiere que las fallas principales –aunque activas- no alcanzaban la superficie durante la sedimentación de las unidades correspondientes al intervalo. Este rasgo permite suponer un desarrollo tectónico continuo, con variaciones en las tasas de desplazamiento, en vez de "eventos" o fases tectónicas discretas.
- Las relaciones mostradas en las secciones estructurales sugieren que los desplazamientos relativos en la horizontal –y por ende- los cálculos de acortamiento realizados hasta ahora, pueden ser menores a los mencionados en la literatura.



- No sobra mencionar que un aspecto que debería ser tenido en cuenta y que hasta ahora ha sido dejado de lado es la consideración, basada en las observaciones de campo, de que posiblemente la tectónica distensiva del Mesozoico temprano pudo actuar mediante la reactivación de fallas antiguas compresivas, las cuales habían conducido al menos a dos episodios de deformación compresiva, levantamiento concomitante y exhumación (a finales del Ordovícico y a finales del Pérmico), como se observa en Floresta y Chivor.





## 9 RECOMENDACIONES

- La integración y análisis de la cartografía disponible (ver **Anexo 11**), muestra importantes inconsistencias regionales en la continuidad e identificación de estructuras y formaciones. Estas inconsistencias han sido generadas porque los mapas mencionados (planchas 1:100.000, Ingeominas), fueron hechos separadamente en épocas diferentes, por autores diferentes y con propósitos diferentes. Es necesario por tanto, antes de formular cualquier proyecto exploratorio en el área, elaborar la cartografía geológica revisada. En el anexo mencionado se ha conectado estructuras que permiten su continuación cartográfica en escala regional, mostrando un cuadro estructural más coherente, que puede reducir el riesgo exploratorio, incrementando el potencial exploratorio.
- Ligado a la recomendación anterior, y con la se concluye que las formaciones Une, Churuvita y Arenisca Tierna son las unidades con mayor potencial para el almacenamiento de hidrocarburos. Las dos primeras unidades registran ambientes de depósito más variables que la Formación Arenisca Tierna. En este sentido, incrementar el conocimiento principalmente de las Formaciones Une y Churuvita, en términos de sus orígenes deposicionales sería de gran importancia para la prospección de hidrocarburos y por lo tanto es recomendable realizar una campaña exploratoria extensa (cartografía detallada) en las áreas prospectivas señaladas anteriormente, en las que se involucran no sólo las formaciones Une y Churuvita, sino la Formación Arenisca Tierna o "Arenisca de Labor y Arenisca Tierna", y se recomienda por supuesto paralelamente realizar estudios estratigráficos y bioestratigráficos detallados.