



## **GEOLOGÍA DE LA SABANA DE BOGOTÁ**

**Informe No.        .**

**Bogotá, marzo de 2005**

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS



Libertad y Orden

**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS**

**SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA BÁSICA**

**GEOLOGÍA DE LA SABANA DE BOGOTÁ**

**Por**

**Diana María Montoya Arenas  
Germán Alfonso Reyes Torres**

**Bogotá, marzo del 2005**

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	9
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>11</b>
1.1 POBLACIÓN Y VIAS DE ACCESO .....	11
1.2 FISIOGRAFÍA .....	11
1.2.1 Altiplano.....	11
1.2.2 Zona montañosa de la Cordillera Oriental. ....	14
1.3 PISOS BIOCLIMATICOS .....	14
1.3.1 Piso Andino .....	16
1.3.2 Piso Altoandino .....	16
1.4 METODOLOGÍA .....	16
<b>2. ESTRATIGRAFÍA.....</b>	<b>18</b>
2.1 FORMACIÓN SIMIJICA (K <sub>2</sub> S) .....	21
2.1.1 Litología.....	21
2.1.2 Posición estratigráfica y edad.....	21
2.1.3 Correlaciones.....	22
2.2 FORMACIÓN LA FRONTERA (K <sub>2</sub> F).....	24
2.2.1 Litología.....	24
2.2.2 Posición estratigráfica y edad.....	24
2.2.3 Correlaciones.....	26
2.3 FORMACIÓN CHIPAQUE (K <sub>2</sub> cp) .....	26
2.3.1 Litología.....	26
2.3.2 Posición estratigráfica y edad.....	29
2.3.3 Correlaciones.....	29
2.4 FORMACIÓN CONEJO (K <sub>2</sub> C) .....	29
2.4.1 Litología.....	30
2.4.2 Posición estratigráfica y edad.....	34
2.4.3 Correlaciones.....	34
2.5 FORMACIÓN LIDITA SUPERIOR. (K <sub>2</sub> L) .....	34
2.5.1 Litología.....	35
2.5.2 Posición estratigráfica y edad.....	35
2.5.3 Correlaciones.....	37
2.6 GRUPO GUADALUPE .....	37
2.6.1 FORMACIÓN ARENISCA DURA (K <sub>2</sub> d).....	37
2.6.1.1 Litología .....	37
2.6.1.2 Posición estratigráfica y edad.....	42



2.6.1.3 Correlaciones .....	43
2.6.2 FORMACIÓN PLAENERS. ( $K_2p$ ) .....	43
2.6.2.1 Litología. ....	43
2.6.2.2 Posición estratigráfica y edad. ....	48
2.6.2.3 Correlaciones .....	48
2.6.3 FORMACIÓN ARENISCA LABOR-TIERNIA ( $K_2t$ ).....	49
2.6.3.1 Litología. ....	49
2.6.3.2 Posición estratigráfica y edad.....	51
2.7 FORMACIÓN GUADUAS ( $K_2P_1G$ ) .....	51
2.7.1 Litología.....	52
2.7.2 Posición estratigráfica y edad.....	54
2.7.3 Correlaciones .....	55
2.8 FORMACIÓN CACHO ( $E_1C$ ) .....	55
2.8.1 Litología.....	55
2.8.2 Posición estratigráfica y edad.....	57
2.8.3 Correlaciones .....	57
2.9 FORMACIÓN BOGOTÁ ( $E_{1-2b}$ ) .....	57
2.9.1 Litología.....	58
2.9.2 Posición estratigráfica y edad.....	58
2.9.3 Correlaciones .....	60
2.10 FORMACIÓN REGADERA ( $E_2r$ ).....	60
2.10.1 Litología.....	60
2.10.2 Posición estratigráfica y edad.....	64
2.11 CONGLOMERADOS DE GUANDOQUE. ( $E_3N_1g$ ) .....	64
2.11.1 Litología.....	64
2.11.2 Posición estratigráfica y edad.....	65
2.12 FORMACIÓN USME .....	65
2.12.1 Posición estratigráfica y edad.....	65
2.13 DEPÓSITOS DE ORIGEN EROSIVO.....	65
2.13.1 Formación Marichuela ( $N_1m$ ).....	65
2.13.1.1 Litología.....	66
2.13.1.2 Posición estratigráfica y edad.....	66
2.13.2 Formación Chorrera ( $N_2ch$ ).....	67
2.13.2.1 Posición estratigráfica y edad.....	67
2.13.3 Depósitos coluviales ( $Qc$ ). ....	67
2.14 DEPÓSITOS DE TIPO ALUVIAL Y LAGUNAR .....	68
2.14.1 Formación Tiltá ( $N_1t$ ).....	68
2.14.1.1 Litología.....	68
2.14.1.2 Posición estratigráfica y edad.....	69
2.14.2 Formación Subachoque ( $Q_1su$ ) .....	69
2.14.2.1 Litología.....	71
2.14.2.2 Posición estratigráfica y edad.....	71
2.14.3 Formación Río Tunjuelito ( $Q_1tu$ ).....	71
2.14.3.1 Litología.....	71
2.14.3.2 Posición estratigráfica y edad.....	72



2.14.4 Formación Sabana (Q <sub>1sa</sub> ).....	72
2.14.4.1 Litología.....	72
2.14.4.2 Posición estratigráfica y edad.....	72
2.14.5 Formación Chía (Q <sub>2ch</sub> ).....	72
2.14.5.1 Litología.....	72
2.14.5.2 Posición estratigráfica y edad.....	73
2.15 DEPÓSITOS DE ORIGEN GLACIAR Y PERIGLACIAR.....	73
2.15.1 Formación Río Siecha (Q <sub>1si</sub> ).....	73
2.15.1.1 Litología.....	73
2.15.1.2 Posición estratigráfica y edad.....	74
2.15.2 Formación Chisacá (Q <sub>2chi</sub> ).....	74
2.15.2.1 Litología.....	74
2.15.2.2 Posición estratigráfica y edad.....	74
<b>3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>75</b>
3.1 ZONA ORIENTAL.....	75
3.1.1 Falla de Suralá.....	77
3.1.2 Falla Chocontá - Pericos.....	77
3.1.3 Falla de Guatavita.....	78
3.1.4 Sistema de Fallas de Villapinzón.....	78
3.1.5 Falla de Nemocón.....	78
3.1.6 Falla de Teusacá.....	78
3.1.7 Falla de Bogotá.....	79
3.1.8 Falla del río Tunjuelo.....	79
3.1.9 Sinclinal del Sisga.....	80
3.1.10 Sinclinal de Sesquilé.....	80
3.1.11 Sinclinal de Suesca – Teusacá.....	80
3.1.12 Sinclinal de Checua.....	81
3.1.13 Sinclinal de Usme.....	81
3.1.14 Anticlinal de Chocontá.....	82
3.1.15 Anticlinal Sopó-Sesquilé.....	82
3.1.16 Anticlinal de Bogotá.....	82
3.2 ZONA OCCIDENTAL.....	83
3.2.1 Falla de Sutatausa.....	83
3.2.2 Sistema de Carupa.....	83
3.2.3 Falla El Porvenir.....	84
3.2.4 Falla Chital.....	84
3.2.5 Falla de Subachoque.....	84
3.2.6 Sistema de Fallas de Soacha.....	85
3.2.6.1 Falla de Cajitas.....	85
3.2.6.2 Falla de Sibaté.....	85
3.2.6.3 Falla de Santa Bárbara.....	85
3.2.7 Sistema de Fallas del Tequendama.....	86
3.2.8 Sistema de Fallas de Mondoñedo.....	86
3.2.9 Sistema de Fallas transversales.....	86



3.2.10 Sinclinal de río Frío.....	87
3.2.11 Sinclinal de Subachoque.....	87
3.2.12 Sinclinal de Sibaté.....	88
3.2.13 Anticlinal de Zipaquirá.....	88
3.2.14 Anticlinal de Tabio.....	89
3.2.15 Anticlinal de Mochuelo.....	89
3.2.16 Anticlinal de Soacha.....	89
<b>4 GEOLOGÍA ECONOMICA .....</b>	<b>90</b>
4.1 MINERALES INDUSTRIALES.....	90
4.1.1 Fosfatos.....	90
4.1.2 Calizas .....	90
4.1.3 Sal .....	92
4.1.3.1 Salinas de Zipaquirá.....	91
4.1.3.2 Salinas de Nemocón .....	92
4.1.4 Hierro .....	92
4.1.5 Arcillas.....	92
4.2 RECURSOS ENERGÉTICOS .....	93
4.2.1 Carbón .....	93
4.2.2 Petróleo .....	94
4.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	94
4.3.1 Arenas .....	94
4.3.2 Gravas .....	95
4.3.3 Recebo .....	95
4.4 RECURSOS HÍDRICOS.....	95
<b>5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA .....</b>	<b>97</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>99</b>

## LISTA DE FIGURAS

1	Fuentes de información según planchas topográficas del IGAC.	12
2	Localización de la Sabana de Bogotá y vías principales.	13
3	Pisos Bioclimáticos determinados en la Sabana de Bogotá.	15
4	Secciones estratigráficas generalizadas y esquemáticas del Cretácico superior en la Sabana de Bogotá.	19
5	Esquema de distribución de facies de las unidades del Cenomaniano-Turoniano.	22
6	Columna estratigráfica de la Formación Simijaca, Alto de los Caballeros Ubaté.	23
7	Formación la Frontera, Alto de los Caballeros, Ubaté.	25
8	Columna estratigráfica de la Formación Chipaque. Sección Machetá-Manta.	27
9	Segmento B de la Formación Chipaque. Vereda Gazuza. Municipio de Manta.	28
10	Columna de la Formación Conejo. Alto de los Caballeros, Ubaté y El Salto (Lenguazaque)	31
11	Calizas del segmento B de la Formación Conejo. Sección Alto de los Caballeros	32
12	Arriba, Liditas del segmento D (12 a). Abajo, Areniscas del segmento F (12 b). Formación Conejo, alto de los Caballeros, Ubaté.	33
13	Lidita Superior. Sección Escuela El Salto (Lenguazaque).	36
14	Distribución de los afloramientos y espesores de las formaciones Arenisca Dura y Lidita Superior en la Sabana de Bogotá.	39
15	Formación Arenisca Dura. Sección Carretera Guasca – Sueva.	40
16	Formación Arenisca Dura. Sección Tabio – Subachoque.	41
17	Bancos de arenisca de la Formación Arenisca Dura. Carretera Tabio - Subachoque	42
18	Formación Plaeners. Sección Vereda Fusunga – Sibaté.	44
19	Afloramiento de la Formación Plaeners. Sección de Mondoñedo	45
20	Formaciones Plaeners y Labor. Sección Vereda Los Puentes – Mondoñedo.	46
21	Formación Plaeners. Sección Boquerón de Tausa.	47
22	Formación Arenisca Tierna. Sección. Vereda Piedra Colorada (Subachoque)	50
23	Contacto neto y concordante entre las formaciones Tierna y Guaduas	51
24	Columna generalizada de la Formación Guaduas, sección de Sutatausa. (Modificado de Sarmiento, 1994).	53
25	Formación Cacho en la sección Vereda La Carbonera – Guatavita.	56
26	Formación Bogota. Sección quebrada El Mochuelo (Zo Grande) – Usme. (adaptada de Hoorn 1988)	59
27	Formación Regadera, sección Quebrada El Chuscas – Usme.	61
28	Formación Regadera, sección carretera El Sisga – Machetá.	63
29	Morfología de los Conglomerados de Guandoque.	64
30	Depósito de gravas de la Formación Marichuela. Carretera Sisga – Machetá.	66
31	Formación Tilatá. Sección El Crucero, vía Chocontá – Cucunubá.	70
32	Mapa estructural de la Sabana de Bogotá.	76
33	Sinclinal de Checua en la localidad de Cucunubá.	81



- 34 Sinclinal de Subachoque, formando el Valle, aflora la formación Guaduas (K2E1g) y hacia los flancos las unidades del grupo Guadalupe (K2d, K2p y K2t). 88

### **LISTA TABLAS**

- |   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Distribución de la Población   | 14 |
| 2 | Cuadro de correlación regional del cretácico al neógeno.                         | 20 |
| 3 | Producción de sal en toneladas por año de acuerdo al uso. (IFI-Concesión Salina) | 91 |



## RESUMEN

La Sabana de Bogotá está localizada en la parte central de la Cordillera Oriental y en ella afloran rocas desde el Cretácico Superior al Cuaternario las cuales evidencian diferentes condiciones de sedimentación. Las rocas más antiguas están representadas en las formaciones Chipaque, La Frontera, Simijaca y Conejo (Turoniano-Santoniano); ésta sedimentación se dió en ambientes marinos con la depositación de 1.200 m aproximados de secuencia. A partir del Campaniano las condiciones de sedimentación varían y se deposita en zonas distales la Formación Lidita Superior y la Formación Arenisca Dura en zonas proximales y continúa la sedimentación en el Campaniano Superior con al Formación Plaeners; la regresión se completa y deja como último registro marino la Formación Labor-Tierna y la parte inferior de la Formación Guaduas y empieza una sedimentación continental de tipo fluvial.

En el Paleógeno y Neógeno la sedimentación de origen fluvial dá origen a las formaciones Cacho, Bogota, Regadera y parte de Tilatá. El Mioceno es una época de tectónica activa, plegamientos, fallamiento y levantamiento de la Cordillera Oriental y afecta las formaciones antes depositadas y posiblemente se forme la cuenca de la actual Sabana de Bogotá; de éste evento al parecer quedaron registros de algunos vestigios tales como la Formación Chorrera, Marichuela y luego se dió el relleno de esta cuenca con las formaciones Subachoque, río Tunjuelito y Sabana acompañados de eventos de glaciación que generaron los depósitos de la Formación Siecha y Chisacá.

Dentro del área de la Sabana de Bogotá se puede establecer dos estilos estructurales: el primero, localizado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, al oriente del sinclinal de Checua, con fallas de cabalgamiento con vergencia al Oriente y las otras de menor importancia se comportan como retrocabalgamiento con vergencia hacia el Occidente. El segundo estilo estructural se presenta al occidente, esta caracterizado por fallas de cabalgamiento con vergencias al occidente como sistemas imbricados que nacen y son controlados por fallas de dirección noroeste que sirven como rampas laterales.

Además de las estructuras regionales, existen zonas con diapirismo de sal generalmente localizadas en el núcleo de los anticlinales. El diapirismo es un generador de estructuras muy complejas como las observadas en Zipaquirá, Nemocón y posiblemente entre el sector de Sesquilé y La Calera.

El área de la Sabana de Bogota es una zona con gran diversidad de recursos que le permiten con un adecuado plan de ordenamiento el abastecimiento para esta misma área y vecinas, en minerales tales como carbón, arcillas, arenas y gravas.

## INTRODUCCION

El Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, tiene entre su misión el levantamiento de la cartografía geológica del territorio Colombiano y en este sentido adelanta estudios para cumplir este objetivo. En este trabajo se realiza la actualización de la cartografía geológica del área que comprende la Sabana de Bogotá a una escala 1:100.000.

En el área de la Sabana de Bogotá confluyen varias planchas geológicas escala 1:100.00, la plancha 209 Zipaquirá (Montoya & Reyes, 2003), 208 Villeta (Ulloa & Acosta, 2002), 227 La Mesa (Acosta & Ulloa, 2001), 228 (Bogota Oriental), 246 Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1998); sin embargo, debido a la utilización de nomenclaturas y conceptos geológicos diferentes, el empate entre estos mapas presentan problemas de tipo estratigráfico y estructural; además, los depósitos cuaternarios fueron trabajados con poco detalle a diferencia de los mapas de Helmes & Van der Hammen (1995), los cuales tiene una diferenciación detallada.

Por lo anterior INGEOMINAS adelantó una actualización de la cartografía geológica del área de la Sabana de Bogotá, en la cual se hizo una diferenciación estratigráfica y una identificación de las estructuras regionales para las rocas preplioceno que permitió ensamblar un mapa geológico escala 1:100.000 con memoria explicativa y para las unidades del plioceno y cuaternarias se integran los mapas de Helmes & Van der Hammen (1995), con los mapas geomorfológicos escala 1:25.000 realizados por Carvajal *et al.* (2004).

A continuación se presenta una descripción de las diferentes unidades cretácicas y cenozoicas y las estructuras que afectaron estas unidades litológicas. Se espera que este informe y mapa proporcione información geológica básica que sirva de soporte para los planes de ordenamiento territorial, exploración de recursos: minerales e hídricos, evolución geológica y además aporte al conocimiento geocientífico de la parte central de la Cordillera Oriental.

## 1. GENERALIDADES

La Sabana de Bogotá está ubicada en el Departamento de Cundinamarca, en la zona axial de la Cordillera Oriental y comprende la Cuenca Hidrográfica Alta del río Bogotá; fisiográficamente está conformada por un altiplano o superficie plana con una altura promedio de 2.600 m.s.n.m, la cual es rodeada por montañas con alturas hasta los 3.600 m.s.n.m.

En esta área se integran seis planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) escala 1:100.000, denominadas 209 (Zipaquirá), 208 (Villeta), 227 (La Mesa), 228 (Bogota Oriental), 246 (Fusagasugá) y 247 (Cáqueza) (Figura 1).

### 1.1 POBLACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

La Sabana de Bogotá, es una región con gran densidad de población ya que en ella se localiza la ciudad de Bogotá y municipios como Zipaquirá, Soacha y Facatativa, además de otros municipios relacionados en la Tabla 1.

Esta zona es atravesada por vías importantes que comunican a Bogotá con diferentes poblaciones, las principales son: Bogotá-Tunja, Bogotá-Zipaquirá-Chiquinquirá y Bogotá-Zipaquirá-Pacho; al occidente: Bogotá-Facatativa, Bogotá-La Vega; al sur: Bogotá-Melgar, Bogotá-La Mesa, Bogotá-Sibaté y al oriente, Bogota-Machetá y Bogota-Gachetá. Además hay un gran número de vías sin pavimentar (Figura 2).

### 1.2 FISIOGRAFÍA

La Sabana de Bogotá, se puede dividir en dos zonas fisiográficas: el altiplano y la zona montañosa de la Cordillera Oriental.

#### 1.2.1 Altiplano.

Se sitúa en la parte central del área, es una zona aplanada con una altura promedio de 2.600 m.s.n.m, se extiende desde Suesca al norte hasta Sibaté en el sur; presenta una extensión aproximada de 88 km, en la parte central se observa la parte más ancha, aproximado de 44 km (en sentido Facatativa-Usaquén); en esta zona se observan planicies lacustres y terrazas altas y es limitada al oriente y occidente por cordones montañosos de la Cordillera Oriental.

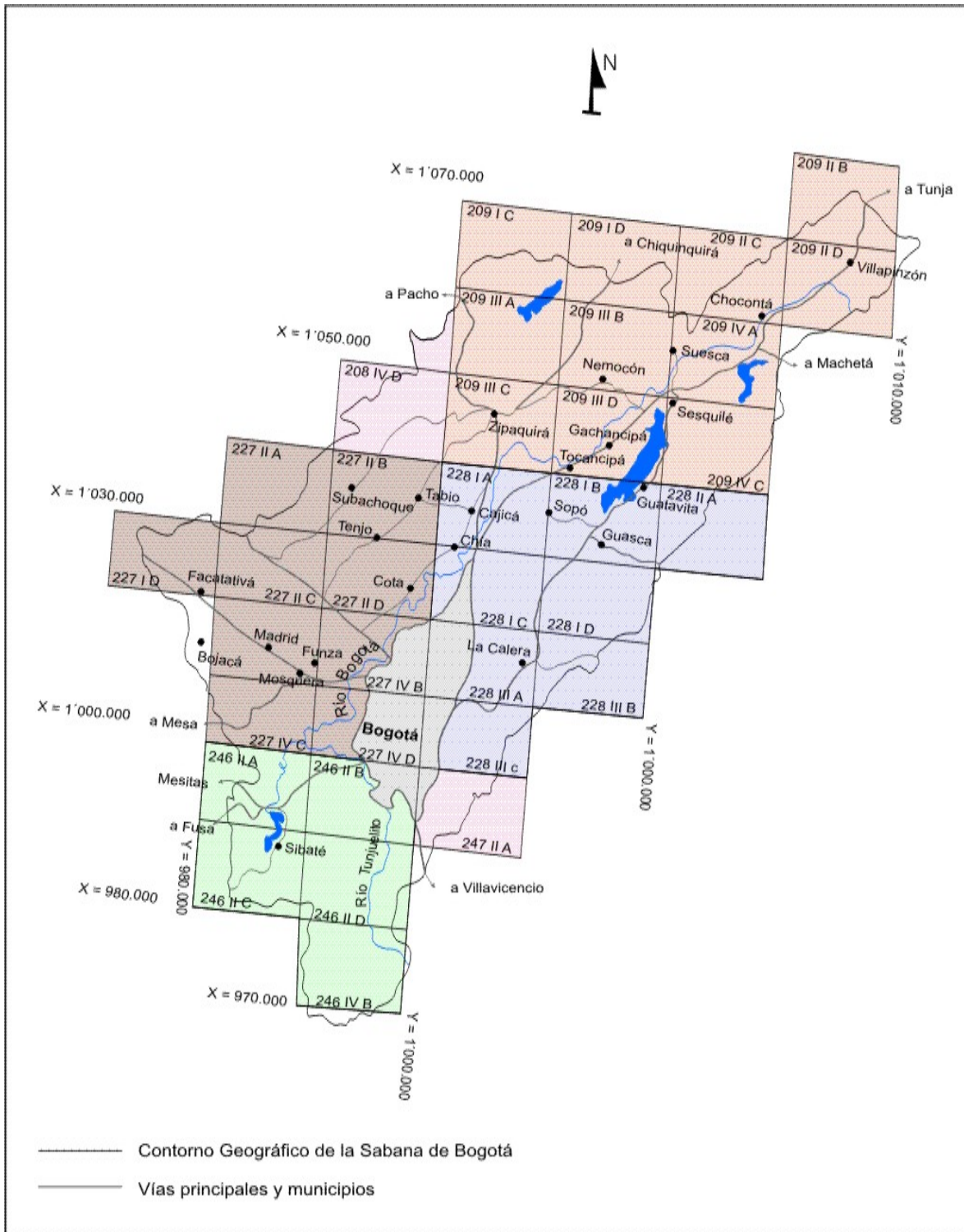


Figura 1. Fuentes de información según planchas topográficas del IGAC.

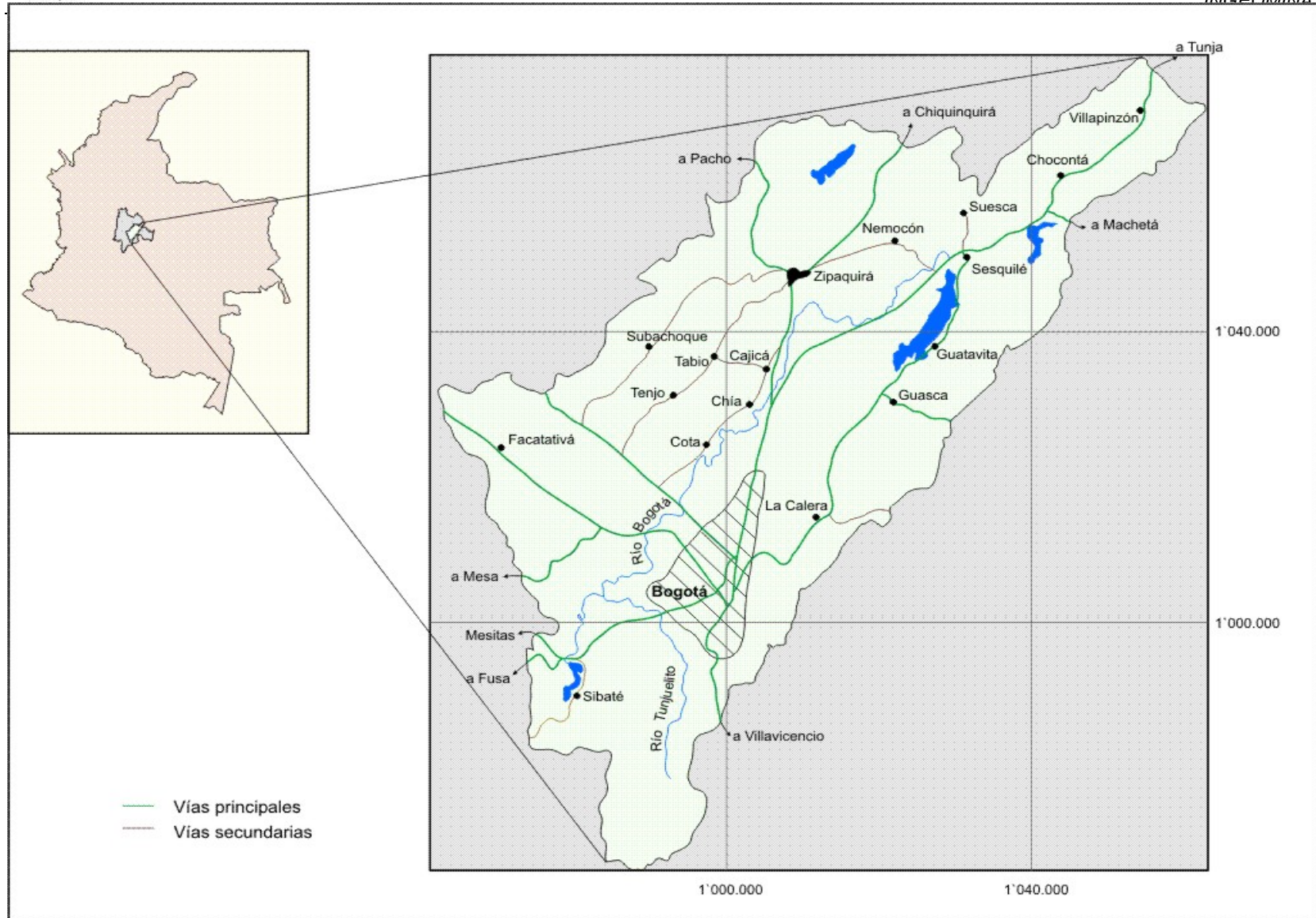


Figura 2. Localización de la Sabana de Bogotá y vías principales.

Tabla 1. Distribución de la Población.

Municipio	Población	Municipio	Población
Bogotá		Mosquera	27.753
Bojacá	6010	Nemocón	10.778
Cajicá	40.158	Sesquilé	6.779
Chía	61.783	Sibaté	29.808
Chocontá	17.974	Soacha	283.889
Cogua	15.202	Sopo	14.586
Cota	14.784	Suesca	13.680
El Rosal	8.014	Subachoque	13.751
Facatativa	90.266	Sutatausa	4.668
Funza	51.808	Villapinzón	13.312
Gachancipá	6.707	Tabio	11.962
Guasca	11.208	Tenjo	19.357
Guatavita	6.953	Tocancipá	17.000
La Calera	24.188	Zipaquirá	91.113

\*\* Fuente página web de la Gobernación de Cundinamarca; [www.cundinamarca.gov.co](http://www.cundinamarca.gov.co)

### 1.2.2 Zona montañosa de la Cordillera Oriental.

La zona montañosa esta ubicada en la parte axial de la Cordillera Oriental con alturas que varían desde 2.600 a 3.600 m; las mayores alturas se presentan en el sur (zona de Sumapaz), en Villapinzón (nacimiento del Río Bogotá) y al occidente del embalse del Neusa en el sinclinal de río Frío. En estos sectores se observan montañas con pendientes escarpadas, cañones profundos, con geformas de origen fluvio-glaciar, fluvial y montañas con formas redondeadas.

### 1.3 PISOS BIOCLIMÁTICOS

La Sabana de Bogotá, presenta precipitaciones que van desde 600 hasta 1.200 mm, lo que permite la delimitación de zonas con diferentes concentraciones de lluvia, en donde el régimen es bimodal y se caracteriza por la ocurrencia de dos épocas mayores de lluvias, separadas por dos épocas de menores (IGAC, 1992).

Lo anterior más factores como la altura y el clima determinan dos pisos térmicos: frío y de páramo; el frío, esta caracterizado por alturas desde los 2000 hasta 3000 m.s.n.m, con temperaturas de 12 a 18°C y el piso térmico de páramo tiene temperaturas inferiores a los 12°C y se encuentra por encima de los 3.000 m (IGAC, 1992).

La vegetación es respuesta de las altitudes y del clima; todas estas variantes se agrupa en delimitación de los pisos bioclimáticos que a continuación se describen (Figura 3):

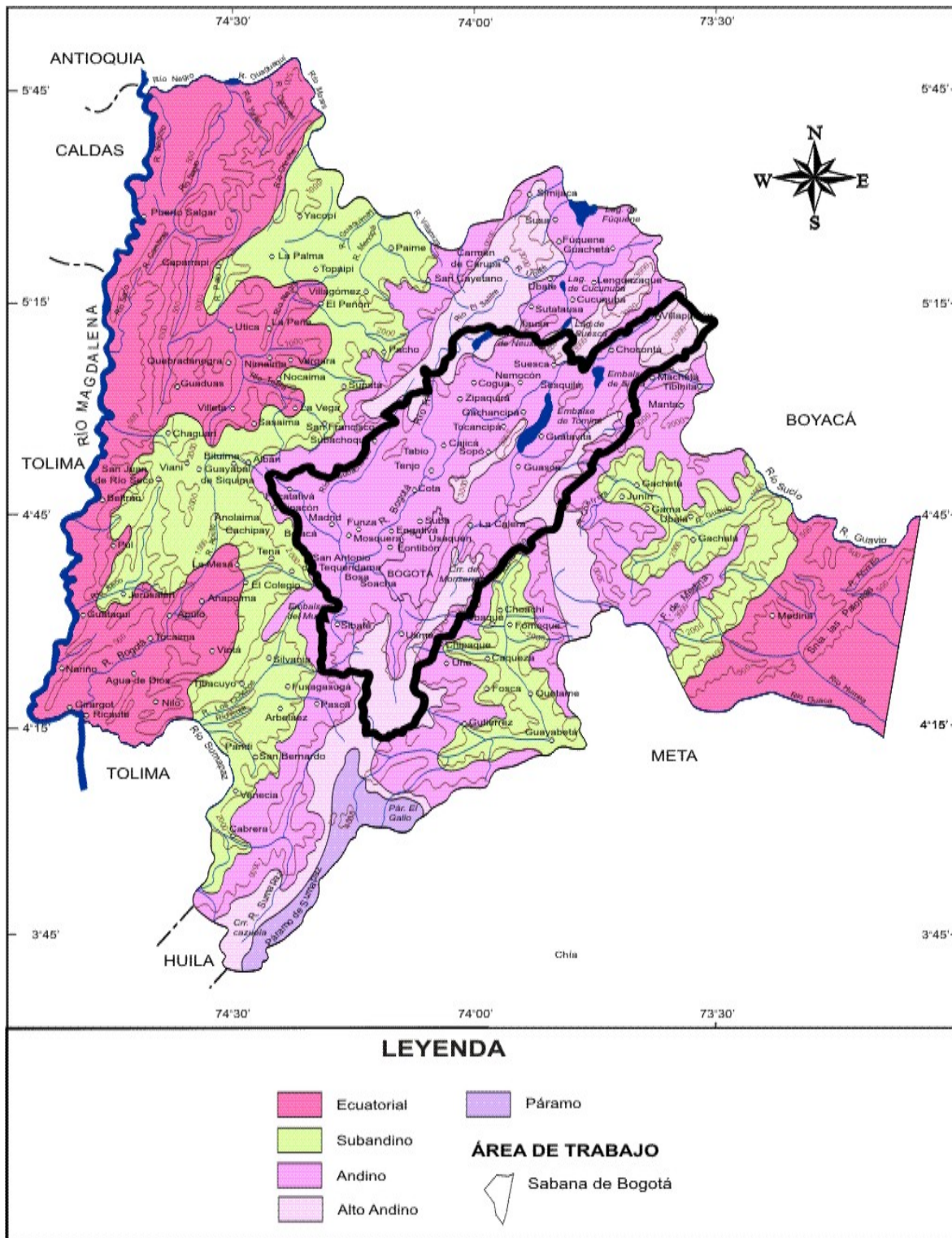


Figura 3. Pisos Bioclimáticos determinados en la Sabana de Bogotá.

**1.3.1 Piso Andino.** Se extiende en la mayor parte de la Sabana de Bogotá, entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m; la pluviosidad varía entre los 600 y 1200 mm y en las zonas más altas 1.200 a 2.000 mm. La vegetación típica son el canelo, el arrayán, el sietecueros y el riñón; se han establecido cultivos de papa, hortalizas, flores y pastos (IGAC., 1992).

**1.3.2 Piso Altoandino.** En el área de estudio, se presenta como ventanas dispersas en las zonas montañosas, se extiende desde los 3.000 hasta 3.500 m.s.n.m; con precipitaciones que oscilan entre 1.200 y 1.500 mm. La vegetación típica de este piso es de árboles de talla pequeña tales como el encenillo, el romero, el diente de león y frailejones en las partes más altas (IGAC., 1992).

#### 1.4 METODOLOGÍA

Para la elaboración del informe y mapa de la Sabana de Bogotá se llevaron a cabo las siguientes labores.

**Mapa preliminar.** En el mapa geológico preliminar de la Sabana de Bogotá se ensamblaron los mapas geológicos publicados por INGEOMINAS, escala 1:100.000 (Figura 1), 209 Zipaquirá (Montoya & Reyes, 2003), 208 Villeta (Ulloa & Acosta, 2002), 227 La Mesa (Acosta & Ulloa, 2001), 228 (Bogotá Oriental), 246 Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1998) y 247 (Cáqueza). A partir de esta integración se observaron problemas de tipo litológicos tales como empates de unidades y de nomenclatura y de tipo estructural, entre los principales: continuación o no de estructuras y definición de estilos estructurales.

**Revisión bibliográfica.** Para la elaboración del informe se tuvieron en cuenta los estudios realizados por varios autores, quienes publicaron o desarrollaron trabajos que han servido de base para el conocimiento actual; los más destacados se mencionan a continuación:

Hubach (1931 y 1957); estudia la secuencia sedimentaria al Este y Oeste de la Sabana de Bogotá, define el Grupo Villeta y Grupo Guadalupe para el Cretáceo y las formaciones que constituyen la secuencia Paleógena y Neógena (pisos de Guaduas, Bogotá y Tilatá).

Etayo (1968, 1979), Cáceres & Etayo (1969) en Villa de Leyva y Apulo realizan trabajos paleontológicos y litoestratigráficos y formalizan algunas unidades del Cretácico. Renzoni (1962), al este de Bogotá hace una redefinición de las unidades del Grupo Villeta y Grupo Guadalupe con base en criterios litológicos.

Julivert (1961, 1962, 1963, 1968), estudió las rocas de edad paleógena y neógena del Grupo Guadalupe. Pérez & Salazar (1978), definieron formalmente las unidades que conforman el Grupo Guadalupe en el cerro El Cable, al oriente de Bogotá. Más en detalle Sarmiento (1994, 1994 a) desde el punto de vista estratigráfico y palinológico caracterizó la Formación Guaduas; Helmens & Van del Hammen (1995) estudiaron la secuencia miocénica-pliocénica que aflora en la Sabana de Bogotá

En el contexto regional, es decir involucrando la Cordillera Oriental, hay varios autores que han planteado modelos de evolución y estilos estructurales apoyados en información



geofísica y estructural, entre otros mencionamos a Cooper *et al.* (1995) Villamil & Arango (1998), Colletta *et al.* (1990), Dengo & Covey (1993), Villamil (1999), Rowan & Linares (2000), Sarmiento (2002), Acosta (2002), Branquet *et al.* (2002).

**Fotointerpretación.** En esta etapa con base en los problemas de empate de unidades geológicas y estructuras que se determinaron en el mapa geológico preliminar, se hizo una fotointerpretación con fotografías aéreas e imágenes de satélite (Landsat TM), se visualizaron y clarificaron estos problemas para ser resueltos en la etapa de campo.

Para los depósitos de edad neógena –cuaternaria se realizó una fotointerpretación (geólogos José Henry Carvajal, Jaime Romero y Ricardo Cortes), con el objeto de obtener mayor resolución en la cartografía de esos depósitos, entender su origen para su posterior agrupación, denominación y asociación con los depósitos de Helmens & Van del Hammen (1995)

**Campo.** Después del ensamblaje de los mapas y la revisión bibliográfica y la determinación de problemas cartográficos se vio la necesidad de realizar un trabajo de campo que permitiera estandarizar y clarificar la nomenclatura y estructuras por medio de observaciones en el terreno.

Se hizo el levantamiento de columnas estratigráficas con poligonal en diferentes sectores que mostraron cambios o similitudes de las unidades geológicas y se recolectó fauna (amonitas) cuyas determinaciones paleontológicas fueron realizadas por el doctor Fernando Etayo Serna.

Para la descripción de la geometría de los estratos se utilizaron los criterios de Ingram (1954) modificados por Campbell (1967). La clasificación de las areniscas se hizo de acuerdo con Folk (1954) y para las rocas silíceas se utilizó la metodología propuesta por de Hallsworth & Knox (1999), en donde el *chert* es la roca silícea, densa, muy dura con brillo vítreo y la *porcelanita o lidita* es la roca silícea porosa, con textura, brillo y la fractura concoide similar a la de la porcelana.

**Elaboración de mapa geológico final.** Los datos de campo fueron localizados en mapas topográficos del IGAC escala 1:25.000 y luego comparados con el mapa preliminar elaborado en la primera etapa y de esta manera obtener un mapa actualizado de cartografía de las estructuras geológicas y las unidades cretácicas, paleógenas y neógenas; para los depósitos neógenos y cuaternarios se tomaron los depósitos delimitados en el mapa geomorfológico de la Sabana de Bogotá (Carvajal *et al.*, 2005).

**Elaboración del informe final.** Después del análisis de la información obtenida en campo, de las columnas estratigráficas y la información bibliográfica, se redactó la memoria explicativa de la geología de la Sabana de Bogotá.

## 2. ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio esta ubicada en la Cordillera Oriental, en la zona axial y el inicio de los flancos oriental y occidental y abarca las siguientes planchas geológicas a escala 1:100.000 publicadas por INGEOMINAS: 209 Zipaquirá (Montoya & Reyes, 2003), 208 Villeta (Acosta & Ulloa, 2002), 227 La Mesa (Acosta & Ulloa, 2001) y 246 Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1998). En la zona las unidades geológicas están representadas en una secuencia sedimentaria con edades del Cretáceo Superior, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

Se tomará como referencia geográfica el río Bogotá, para separar las partes Oriental y Occidental de la Sabana y al Sur se escogió el río Tunjuelito; éstos, sirven de referencia y no tienen un significado geológico.

Se escogió la nomenclatura que cumpliera los requerimientos mínimos de la Guía Estratigráfica Internacional (1994): antigüedad, difusión y uso ampliamente reconocidos y aceptados. La nomenclatura para la secuencia del Cretácico Superior (Cenomaniano hasta el Santoniano), difiere entre el oriente y el occidente de la cordillera (Figura 4) en este intervalo la nomenclatura que se utiliza al Oriente corresponde a la Formación Chipaque en el sentido de Renzoni (1962) y al Occidente a las Formaciones Simijaca, La Frontera y Conejo definidas en la región de Chiquinquirá y Villa de Leyva (Etayo, 1968 y 1979). Mientras para las unidades de edad Campaniano y Maastrichtiano, la nomenclatura utilizada son las formaciones que conforman el Grupo Guadalupe: Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna que fueron definidas formalmente por Pérez & Salazar (1978), al Oriente de Bogotá y se aplicará para toda el área (Tabla 2).

Sin embargo, en la parte norte-central para las rocas correspondientes al Campaniano Inferior, se presentan dos litologías diferentes, entre las Formaciones Conejo y Plaeners aflora una unidad de composición silíceas que aunque en posición corresponde con la Formación Arenisca Dura, litológicamente es diferente y es llamada en este trabajo Lidita Superior en el sentido de De Porta (1965), se utiliza esta nomenclatura por comparación cronoestratigráfica y litológica con las unidades del Valle Superior del Magdalena (Montoya & Reyes, 2003).

Para las unidades litoestratigráficas paleógenas y neógenas, la nomenclatura que se adopta ha sido ampliamente utilizada en la Sabana de Bogotá y alrededores (Tabla 2), como son las Formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá, Regadera, Usme y Tilatá. Para el Cuaternario se usan denominaciones que tienen que ver con el tipo de depósito y con la nomenclatura de Helmes y Van der Hammen (1995).

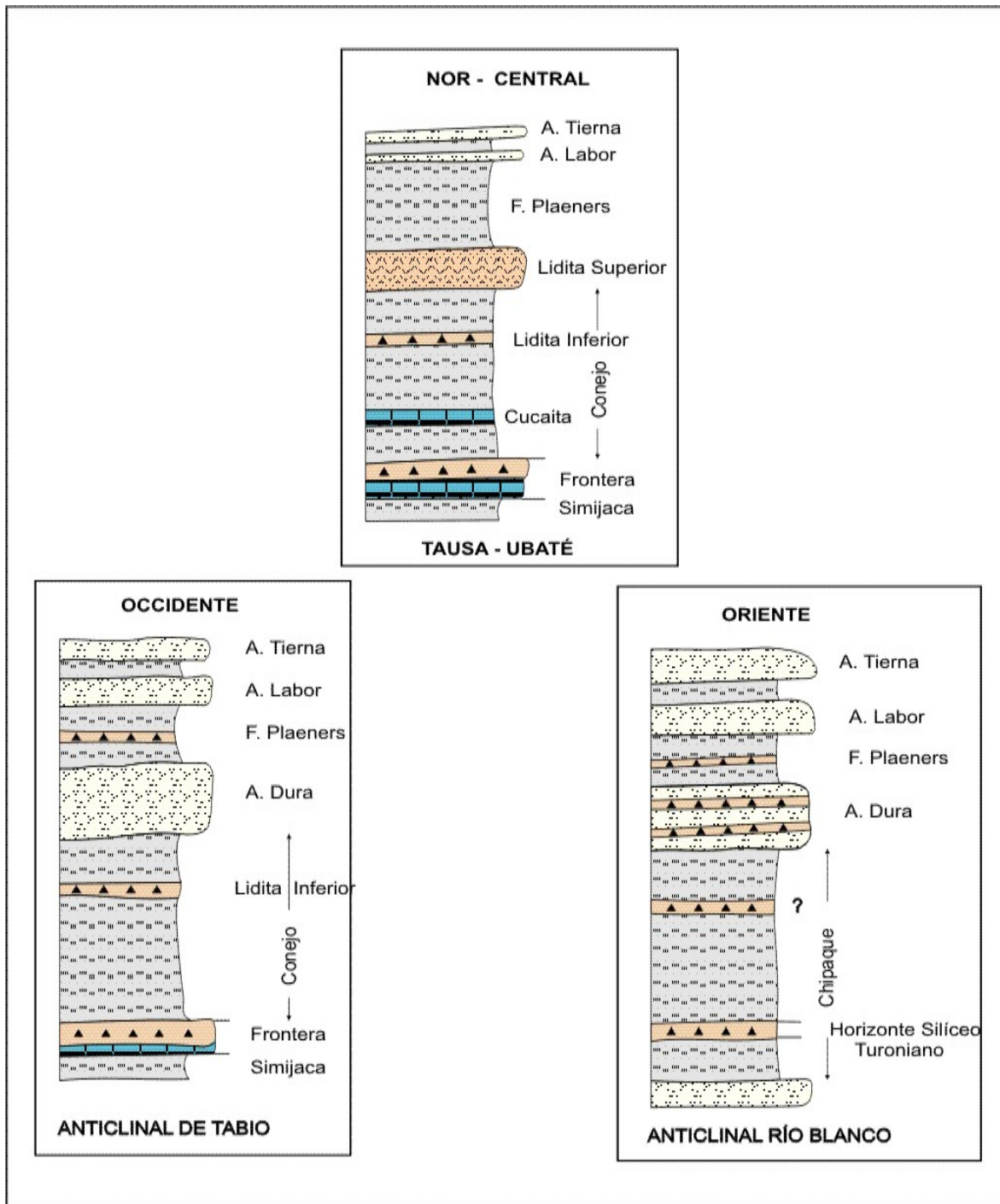


Figura 4. Secciones estratigráficas generalizadas y esquemáticas del Cretácico superior en la Sabana de Bogotá.

Tabla 2. Cuadro de correlación regional del cretácico al neógeno.

EDAD	ETAYO (1979) APULO	INGEOMINAS (ACOSTA Y ULLOA) PLANCHAS 208 -227-246	INGEOMINAS (MONTOYA Y REYES) CENTRAL S. OCCIDENTAL	ETAYO (1968) VILLA DE LEYVA	INGEOMINAS (MONTOYA Y REYES) S. ORIENTAL			
PLIOCENO			TILATA		TILATA			
MIOCENO								
OLIGOCENO								
EOCENO					USME			
					REGADERA			
PALEOCENO					BOGOTÁ	BOGOTÁ		
						CACHO		
					GUADUAS	GUADUAS		
MAASTRICHIANO			LABOR TIERNA		TIERNA - LABOR	F. TIERNA-LABOR		TIERNA-LABOR
					PLAENERS	PLAENERS		PLAENERS
CAMPANIANO	LIDITA SUPERIOR	DURA	DURA	LIDITA SUPERIOR	DURA			
				LIDITA SUPERIOR				
SANTONIANO	RAIZAL							
CONIACIANO	LIDITA INFERIOR							
	SHALES INDENOMINADOS							
TURONIANO	LA FRONTERA	LA FRONTERA	LA FRONTERA	B	SAN RAFAEL			
	UNIDAD	LA FRONTERA	SIMIJACA	A				
CENOMANIANO	INDENOMINADA	SIMIJACA	CHURUVITA	CHURUVITA	UNE			
		* ESTE TRABAJO			* ESTE TRABAJO			

## 2.1 FORMACIÓN SIMIJICA (K<sub>2</sub>S)

Este nombre fue propuesto por Ulloa & Rodríguez (1991), para denominar a una sucesión de 693 m de lutitas y limolitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas que afloran al Sur de la población de Simijaca, limitada en su base, por las Areniscas de Chiquinquirá y suprayacida por la Formación La Frontera.

En la plancha 208 Acosta & Ulloa (2002), miden para la Formación Simijaca un espesor de 432 m y la ubican debajo de la Formación La Frontera y suprayaciendo indistintamente a las Formaciones Hilo, Pacho y Arenisca de Chiquinquirá.

En la región de Villa de Leyva, Etayo (1968), propuso la Formación San Rafael con dos conjuntos, el inferior, representado por 62 m de shales grises con bancos calcáreos, en posición estratigráfica similar a la Formación Simijaca de Ulloa & Rodríguez (1991); en tanto que el conjunto superior de la Formación San Rafael está compuesto por dos niveles lidíticos separados por uno arcilloso y presenta la misma posición de la Formación La Frontera de Cáceres & Etayo (1969).

Es claro que el espesor propuesto por Ulloa & Rodríguez (1991) es considerablemente mayor, sin embargo, lo observado en la región de la Sabana de Bogotá coincide con la denominación utilizada por Etayo (1968) y adoptada en la geología de la plancha 209 Zipaquirá por Montoya & Reyes (2003), es decir el nombre de la Formación Simijaca se utiliza por estar más difundida, pero es claro que solo abarca a la unidad lodosa con un espesor aproximado de 100 m que se sitúa por encima de la Formación Churuvita y por debajo de la Formación La Frontera (Figura 5).

### 2.1.1 Litología.

La Formación Simijaca se caracteriza por ser una sucesión lodolítica, en el área aflora en la parte Norte de la Sabana (Anticlinal de Tabio). Montoya & Reyes (2003), en la plancha 209 (Zipaquirá), describen la sección estratigráfica en la Vereda Calera (Municipio de Ubaté), en la vía Ubaté - Carmen de Carupa (N: 1.078.795 y E: 1.022.539), con un espesor de 107 metros, siendo una secuencia monótona constituida por arcillolitas y shales grises, negros, carbonosos, con foraminíferos, e intercalaciones de capas delgadas plano paralelas de calizas y areniscas, con abundantes concreciones de tamaños desde 10 a 80 cm. (Figura 6).

### 2.1.2 Posición estratigráfica y edad

El contacto inferior y superior con las Formaciones Churuvita y La Frontera es neto y concordante con la estratificación de las capas. En el contacto superior se pasa de capas arcillosas de la Formación Simijaca a capas de limolitas silíceas de la Formación La Frontera. La edad asignada por Etayo (1968) para esta unidad es Turoniano (*pars*).

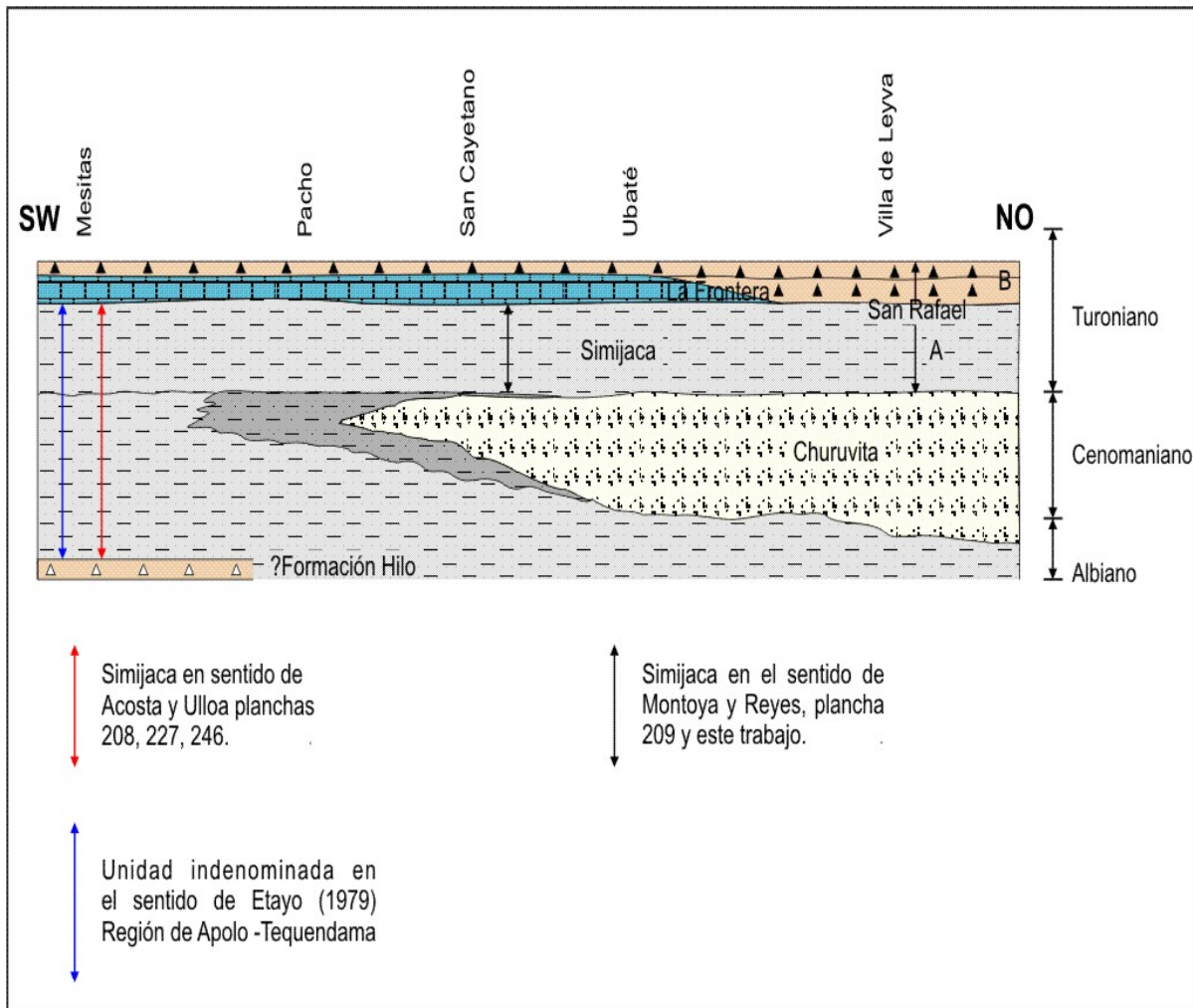


Figura 5. Esquema de distribución de facies de las unidades del Cenomaniano-Turoniano.

### 2.1.3 Correlaciones.

La Formación Simijaca es correlacionable por posición estratigráfica y litología con el conjunto inferior de la Formación San Rafael (Etayo, 1968) y en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, con el segmento A definido para la Formación Chipaque de Montoya & Reyes (2003).

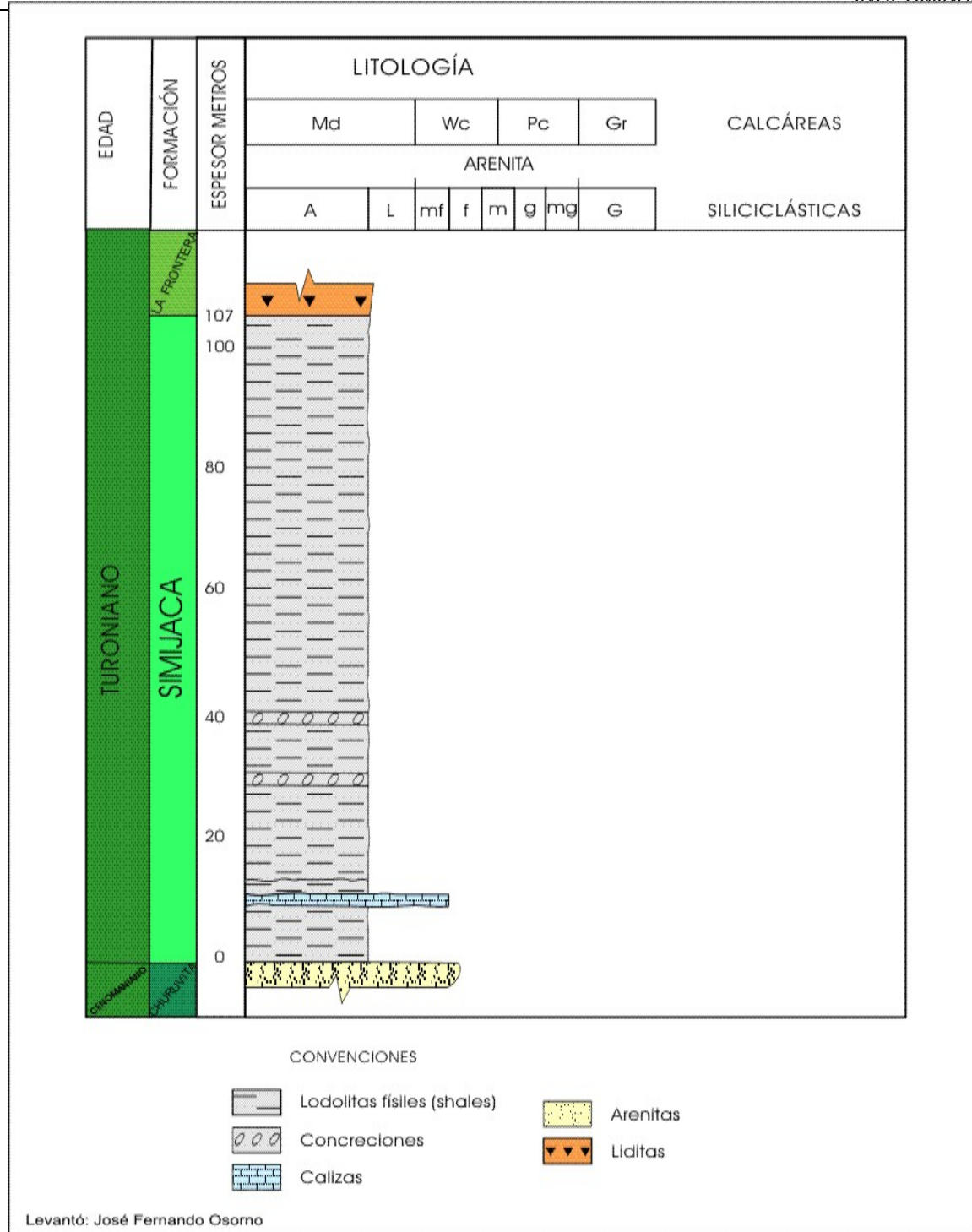


Figura 6. Columna estratigráfica de la Formación Simijaca, Alto de los Caballeros Ubaté.

## 2.2 FORMACIÓN LA FRONTERA (K<sub>2</sub>F)

Cáceres & Etayo (1969), denominan Formación La Frontera en la región del Tequendama (carretera Bogotá - Mesitas del Colegio) a una secuencia de shales calcáreos con concreciones amonitíferas y un nivel superior de limolitas silíceas.

Aunque su litología ha sido reconocida regionalmente, los espesores reportados son variables, en la plancha 208 (Villeta), 175 y 206 m (Acosta & Ulloa 2002), en la 246 (Fusagasugá) es de 80 m (Acosta & Ulloa, 1998) y en la 227 (La Mesa) es de 63 m (Acosta & Ulloa, 2001). Esta unidad litoestratigráfica tiene continuidad regional y ha sido reconocida en la plancha 209 (Zipaquirá) en el flanco occidental, parte central (zona axial) y flanco oriental de la Cordillera Oriental (Montoya & Reyes, 2003); presenta un espesor de 25 m, cuando es esencialmente silícea y de 45 m cuando presenta niveles calcáreos, que aparecen en la base.

En el área de estudio aflora en el Anticlinal de Tabio (Vereda la Platea) y en la vía que conduce de Zipaquirá a Pacho, en esta última es una secuencia calcáreo-silícea que descansa concordantemente sobre la Formación Simijaca y es suprayacida por la Formación Conejo.

### 2.2.1 Litología.

A continuación se describe la columna levantada por Montoya & Reyes (2003), en la Vereda La Calera, sobre la Carretera Ubaté-Carmen de Carupa tomando el carretable hacia el Alto de los Caballeros (N:1.078.185 y E:1.022.539)

**Segmento A.** Tiene un espesor de 21,6 m de calizas (micritas), en capas medias y gruesas planas, paralelas y continuas, con concreciones calcáreas (Figura 7).

**Segmento B.** Con un espesor de 20 m esta constituido por cherts y liditas en capas delgadas planas, paralelas continuas, divididos en tres intervalos dos silícicos separados por un intervalo arcilloso.

### 2.2.2 Posición estratigráfica y edad

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. Las amonitas recolectadas en el techo del segmento A de la Formación La Frontera, levantada en Albarracín (Escuela la Jurpa) y en el Anticlinal de Tabio y analizadas por el doctor Fernando Etayo Serna han arrojado una edad Turoniano (*pars*).



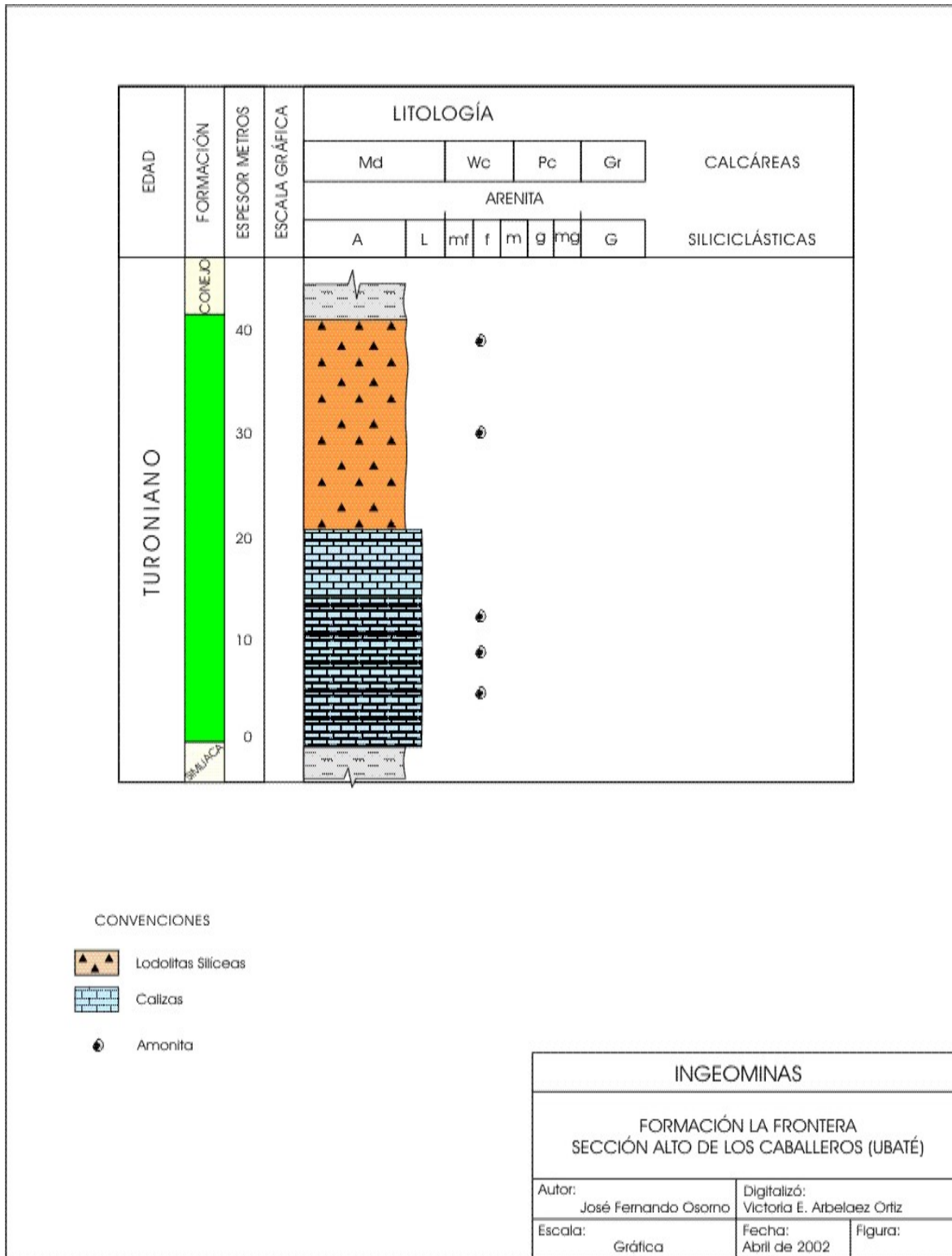


Figura 7. Formación la Frontera, Alto de los Caballeros, Ubaté.

### 2.2.3 Correlaciones

La Formación La Frontera es correlacionable con las limolitas silíceas del segmento B de la Formación San Rafael. En el flanco oriental de la Cordillera Oriental, por litología, espesor y posición estratigráfica se correlaciona con el segmento B de la Formación Chipaque Montoya & Reyes (2003).

## 2.3 FORMACIÓN CHIPAQUE (K<sub>2</sub>cp)

Hubach (1931), designó como Conjunto Chipaque a la parte superior del Grupo Villeta que aflora al Oriente de la Sabana de Bogotá y esta constituida por esquistos piritosos con intercalaciones de areniscas calosas, arenisca lajosa y niveles de cal a la base y techo y con gran abundancia de fauna. El mismo autor en 1957, la denomina Formación Chipaque y como límites establece a la Formación Une en la base y el techo lo marca en el nivel de *exogyra squamata*, este nivel separa en el sentido de Hubach (1931) a la Formación Chipaque del conjunto inferior esquistoso del Grupo Guadalupe.

Renzoni (1962) agrupa a los conjuntos denominados por Hubach (1931), Chipaque y el conjunto inferior esquistoso del Grupo Guadalupe y los denomina Formación Chipaque, al no encontrar diferencias litológicas que justifiquen la subdivisión.

En el Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá se sigue el criterio de Renzoni (1962), se determina como Formación Chipaque a la secuencia de rocas finas que suprayace a la Formación Une e infrayace a la Formación Arenisca Dura y que aflora al oriente de los ríos Bogotá y Tunjuelito.

Esta unidad forma el núcleo de los anticlinales de río Blanco-Machetá, San José, Sopó-Sesquilé y Bogotá; sin embargo, numerosos deslizamientos hacen difícil su observación y por lo general se encuentran afloramientos aislados. La morfología que deriva es de valles y crestas, que corresponden a intercalaciones de intervalos arcillosos y arenosos, en algunos sectores se reconocen lentes de calizas como los observados en la región de la Calera en donde son explotados y horizontes silíceos, como los reportados por Montoya & Reyes (2003), cerca de la base, en la región de Manta-Machetá y otro en la parte media, que aflora sobre la carretera Guasca-Gachetá.

### 2.3.1 Litología

A continuación se describe la columna levantada en la sección de Manta en las veredas Gazuca (N: 1.072.793 y E: 1.023.911) y Mulato (N: 1.48.517 y E:1.050.693); la cual tiene un espesor de 1.027 m (Figura 8), en el que se reconocen cuatro segmentos (Montoya & Reyes, 2003):



**Segmento A.** Constituido por 80 m de arcillolitas grises oscuras con gran cantidad de micas, presencia de restos de troncos y de carbón. Las estructuras internas son laminación discontinua y ondulosa dada por areniscas de grano muy fino y hacia la parte superior se observan concreciones ferruginosas.

**Segmento B.** Horizonte síliceo de 15 m que forma relieve; hacia la base se presentan intercalaciones de liditas (7 m) de color gris oscuro, dispuestas en capas delgadas planas, paralelas y continuas en donde es común encontrar amonitas, sobre estas afloran arcillolitas carbonosas y síliceas con amonitas y hacia el techo (3 m) liditas (Figura 9)



Figura 9. Segmento B de la Formación Chipaque. Vereda Gazuza. Municipio de Manta.

**Segmento C.** Con un espesor de 540 m, está caracterizado por una sucesión fina, éste segmento se encuentra cubierto en un 80%, sin embargo la morfología suave indica la presencia de material arcilloso. Está constituido por tres intercalaciones de paquetes arcillosos entre 200 y 250 m con dos bancos arenosos con espesores máximos de 20 m que forman pendientes estructurales.

En los paquetes arenosos, se observan intercalaciones de areniscas con esporádicas capas de arcillolitas; formando secuencias que aumentan el espesor de las capas hacia el techo, además se observa granocrecimiento en el tamaño del grano, pasando de capas delgadas de arcillolitas a capas gruesas de areniscas gradualmente. Las areniscas son de grano fino y muy fino, con estratificación levemente ondulosa; laminación *flaser* y lenticular dado por arenisca de grano medio.

**Segmento D.** Con un espesor de 392 m, aunque predominan los niveles arcillosos es el segmento más arenoso, se presentan intercalaciones limolíticas y areniscas con intervalos de arcillolitas (bancos de varios metros) con laminación interna plana paralela.

Las areniscas están dispuestas en capas medias y gruesas con contactos ondulados, continuos, intercaladas con capas de limolitas con laminación lenticular y continua de areniscas de grano fino. En general las areniscas presentan laminación *flaser* o son macizas y en las intercalaciones limolíticas, predomina la laminación lenticular, afectada en ocasiones por bioturbación.

**Petrografía.** Las areniscas composicionalmente corresponden a cuarzoarenitas, cuarzoarenitas glauconíticas y fosfáticas; son areniscas maduras con cemento silíceo y en ocasionales clorita.

### 2.3.2 Posición estratigráfica y edad

La Formación Chipaque suprayace a la Formación Une, el contacto es neto y concordante, lo marca la aparición de un paquete de 80 m de lodolitas. El contacto superior con la Formación Arenisca Dura es gradual y concordante con la estratificación de las rocas tal como se observa en la vía Guasca-Gachetá.

Para la parte inferior de la Formación Chipaque, en las calizas de la Formación Chipaque han reportado fauna con edad Cenomaniano Superior (Hubach, 1931 y 1957); además amonitas recolectadas y determinadas por el doctor Fernando Etayo-Serna en el segmento B de la Formación Chipaque (Montoya & Reyes, 2003) tienen una edad Turoniano (*pars*). No se tienen amonitas para la parte superior de la Formación Chipaque, sin embargo con base en palinología sería de edad del Santoniano (Guerrero & Sarmiento 1996). De esta manera la edad de la Formación Chipaque es Cenomaniano Superior – Santoniano.

### 2.3.3 Correlaciones

Las descripciones litológicas y las amonitas colectadas, permiten hacer una correlación de la Formación Chipaque con las Formaciones Simijaca, La Frontera y Conejo, que afloran al Occidente del río Bogotá; el segmento A de la Formación Chipaque corresponde a toda la Formación Simijaca, el segmento B con la Formación La Frontera y los segmentos C y D con toda la Formación Conejo.

## 2.4 FORMACIÓN CONEJO (K<sub>2</sub>C)

El nombre de Formación Conejo fue propuesto por Renzoni en 1967 y publicado en 1981, para referirse a la unidad geológica que aflora en la plancha 191 (Tunja) y suprayace a la Formación San Rafael e infrayace al Grupo Guadalupe. Etayo (1968), utiliza esta nomenclatura y la separa en tres conjuntos: el inferior (80m), compuesto por shales negros e intercalaciones de bancos de limolitas o areniscas de grano fino; el conjunto intermedio es

llamado Miembro Cucaita (170 m) y está conformado por dos segmentos, el inferior (segmento A) calcáreo arenoso con presencia de amonitas y el segmento superior B, constituido por arcillolitas y con manifestaciones fosilíferas; el techo de esta unidad (conjunto superior) esta representado por areniscas y calizas con fósiles.

En este informe se utiliza la Formación Conejo, para referirse al conjunto arcilloso y arenoso que aflora en la parte central de la Cordillera Oriental, (occidente del río Bogotá y río Tunjuelito), en los anticlinales de Zipaquirá, Nemocón y Tabio y que descansa sobre la Formación La Frontera.

Esta unidad presenta cambios en la litología de Oriente a Occidente, es así como al Oriente la secuencia esta constituida por arcillolitas, calizas, limolitas silíceas y areniscas en la parte superior en donde la proporción arena-lodo es de 40:60 (sección Alto de los Caballeros – El Salto). En el anticlinal de Tabio, esta formación tiene un espesor medido en mapa y corte de 750 m y se caracteriza por ser más lodosa, tal como se observa en la columna levantada en la plancha 227 La Mesa (Acosta & Ulloa, 2002), en donde aflora una secuencia de 400 m de arcillolitas, limolitas en ocasiones calcáreas, limolitas silíceas, calizas y en menor cantidad areniscas.

#### **2.4.1 Litología.**

En las localidades de el Alto de los Caballeros, Ubaté (N: 1.018.084 y E:1.015.467) y la escuela El Salto en la región de Lenguaque (N:1.079.132 y E:1.045.092), Montoya & Reyes (2003), levantaron una columna compuesta, el espesor medido es de 1.022 m (Figura 10), subdividida en seis segmentos; la parte inferior y media se levantó en el Alto de los Caballeros, (segmentos A, B, C, D, E) y la parte superior (segmento F) en el sector de El Salto.

**Segmento A.** Con un espesor de 333 m esta conformado por arcillolitas grises, laminadas, con esporádicas intercalaciones de capas medias de areniscas con estratificación ondulosa paralela. Las arcillolitas son de color gris oscuro, pueden mostrar laminación dada por alternancia de láminas de color gris claro y oscuro, en donde el color oscuro se debe a material carbonoso.

**Segmento B.** Presenta un espesor de 4,5 m, se destaca morfológicamente formando una cresta y está constituido por un nivel calcáreo en donde se observan intercalaciones de calizas (biomicritas empaquetadas), con arcillolitas calcáreas. En el techo de este nivel, en una capa arcillosa se recolectaron amonitas (Figura 11).

**Segmento C.** Con un espesor de 133 m, morfológicamente se expresa formando una hondonada y está constituido por arcillolitas con abundantes concreciones calcáreas de diámetro variado (10-60 cm); las arcillolitas son de color gris oscuro, laminadas y con abundante presencia de bivalvos (*didymotis*); intercaladas con ellas se presentan esporádicas capas delgadas de areniscas.

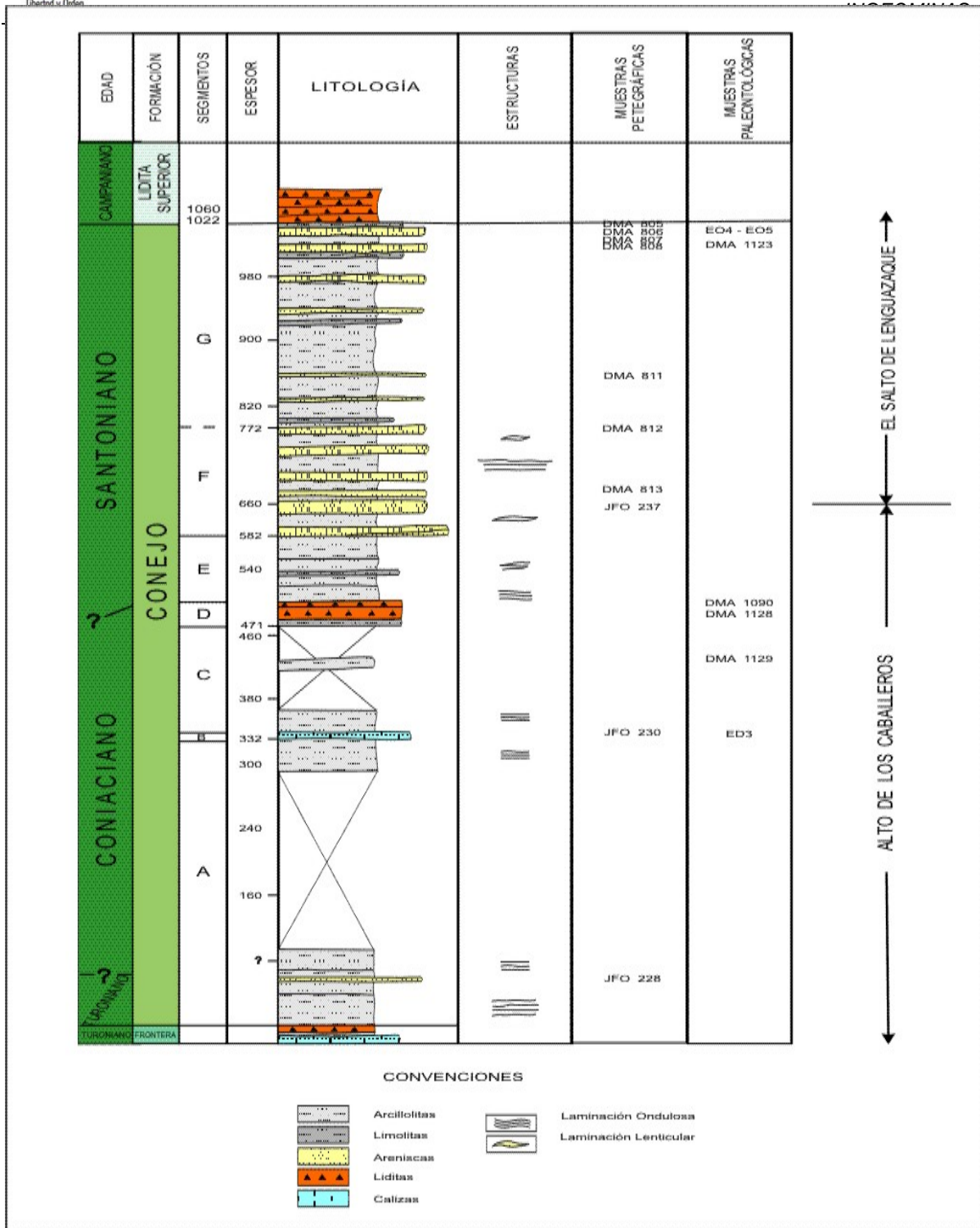


Figura 10 Columna de la Formación Conejo. Alto de los Caballeros, Ubaté y El Salto (Lenguaque)



Figura 11. Calizas del segmento B de la Formación Conejo. Sección Alto de los Caballeros

**Segmento D.** Es un segmento silíceo, con un espesor de 23 m, se destaca morfológicamente y forma una cresta; (Figura 12 a), esta constituido por liditas dispuestas en capas muy gruesas (de hasta 1 m) con contactos planos, paralelos, continuos; intercaladas con capas muy gruesas (1.5 m) de arcillolitas gris oscuras (shales). Las liditas presentan láminas grises y blancas, estas últimas se deben a concentraciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos. Hacia la parte media de este segmento (14.30 m) se recolectaron amonitas y bivalvos. Este intervalo también se observa en el Anticlinal de Tabio.

**Segmento E.** Presenta un espesor de 88,5 m, es un intervalo fino, constituido por arcillolitas, que hacia el techo se intercalan con limolitas silíceas en capas delgadas.

**Segmento F.** Con un espesor de 440 m, en él se destaca una morfología de crestas y valles generada por intercalaciones de areniscas y arcillolitas; en varias capas de los últimos 100 m se encontraron amonitas. La parte más inferior de este segmento es la más arenosa (190), se inicia con un banco de arenisca de 10 m (Figura 12 b) y siguen intercalaciones de bancos muy gruesos (1 a 6 m) de areniscas y capas gruesas de arcillolitas (70 cm). Sobre este intervalo afloran 250 m de una alternancia de bancos de arcillolitas y areniscas, en donde predominan las arcillolitas, observándose intercalaciones de bancos muy gruesas de lodolitas (2 m) y capas gruesas (70 cm) de areniscas.

El techo de este segmento está constituido por capas muy gruesas (1,5 m) y medias (30 cm) de areniscas grises, macizas; con sílice en porcentajes que clasificarían la roca como arenisca silícea.





Figura 12. Arriba, Liditas del segmento D (12 a) . Abajo, Areniscas del segmento F (12 b).  
Formación Conejo, alto de los Caballeros, Ubaté.

**Petrografía.** Las areniscas son maduras, de grano muy fino, de color crema blancas, composicionalmente son cuarzoarenitas. En las areniscas grises de la parte más superior, el material que envuelve los granos es matriz arcillosa y cemento silíceo (10-40%), pero es difícil separar y estimar la cantidad de cada uno de ellos.

#### 2.4.2 Posición estratigráfica y edad

La Formación Conejo, suprayace a la Formación La Frontera, en contacto transicional rápido, pasa de unas liditas a un paquete de arcillolitas. El contacto superior en la parte central de la plancha es transicional rápido, dado por el paso gradual de areniscas con cemento silíceo y matriz arcillosa de la Formación Conejo a liditas arenosas, liditas y chert de la Formación Lidita Superior.

En el sitio conocido como La Platea, en el Anticlinal de Tabio y cerca al contacto con la Formación La Frontera, se recolectaron amonitas (muestra DMA 1580) que arrojaron una edad Coniaciano temprano (comunicación oral, Fernando Etayo Serna). Además, Montoya & Reyes (2003), en la plancha 209 (Zipaquirá), con determinaciones de amonitas reportan las siguientes edades para esta formación: Coniaciano para las amonitas localizadas en el techo del segmento B; Coniaciano-Santoniano para las amonitas encontradas en el segmento D y las encontradas en el Anticlinal de Tabio (muestras DMA 1121 y DMA 1355) y las amonitas encontradas en el contacto entre las Formaciones Conejo y Lidita Superior, marcan el límite entre el Santoniano y el Campaniano. De acuerdo a lo anterior la edad de la Formación Conejo es de edad Turoniano *pars* a Santoniano.

#### 2.4.3 Correlaciones

Por litología y posición estratigráfica; el segmento B se correlaciona con el Miembro Cucaita, definido por Etayo (1968), el segmento silíceo D es correlacionable con la Lidita inferior del Valle Superior del Magdalena (Burgl, 1961) y con la parte inferior (K6a) de la Formación La Luna, en la Sierra Nevada del Cocuy (Fabre, 1985). La Formación Conejo corresponde con los segmentos C y D de la Formación Chipaque de este trabajo.

### 2.5 FORMACIÓN LIDITA SUPERIOR. (K<sub>2</sub>L)

De Porta (1965), redefine el Grupo Olini y mantiene el sentido dado por Petters (1954); lo subdivide en tres niveles, La Lidita Inferior, un nivel de lutitas y la Lidita Superior. Para De Porta (1965), la Lidita Superior esta constituida por capas de chert que alternan con lutitas y shales; los chert están representados por porcelanitas y chert carbonáceos y son comunes foraminíferos bentónicos.

Montoya & Reyes (2003), reportan, en la posición estratigráfica de la Formación Arenisca Dura, una secuencia lidítica que se extiende desde las Lagunas de Neusa y Suesca en dirección NE y que había sido denominada por Renzoni (1981), como Formación Plaeners en la región de Villa de Leyva pero es claro que esta secuencia lidítica se encuentra por debajo de la Formación Plaeners. Por lo anterior se acoge para esta secuencia lidítica la denominación Lidita Superior (Montoya & Reyes, 2003), en el sentido dado por De Porta (1965).

En la Sabana de Bogotá, esta unidad aflora en la parte norte en los flancos de los anticlinales de Tausa, Guachaneca, Chocontá y Ventaquemada, se caracteriza por ser una

sucesión silíceas con foraminíferos bentónicos (siphogenerinoides) y que genera una morfología abrupta.

### 2.5.1 Litología

Montoya & Reyes (2003), en la plancha 209, En la escuela El Salto-Lenguazaque, N:1.079.706 y E:1.044.721) levantaron una columna con un espesor de 192 m (Figura 13), compuesta por los siguientes segmentos:

**Segmento A.** Está constituido por 50 m, representados por intercalaciones de arcillolitas, chert y liditas dispuestas en capas delgadas con estratificación plana, paralela y continua; es común observar laminación y foraminíferos reemplazados por fosfatos.

**Segmento B.** Esta constituido por 25 m de arcillolitas grises, fósiles dispuestas en bancos.

**Segmento C.** Con un espesor de 117 m; en la base se presentan intercalaciones de chert, liditas y areniscas de grano muy fino, en capas con estratificación plana, paralela y continua. El chert puede formar intervalos de hasta tres metros dispuestos en capas delgadas, son grises y cremas, con presencia de foraminíferos bentónicos y las areniscas son lodosas y silíceas dispuestas en capas medias. Son frecuentes espacios vacíos en todas las rocas debido a disolución de los foraminíferos bentónicos.

**Petrografía.** Las areniscas presentan sílice criptocristalina (40%) la cual envuelve granos de tamaño muy fino y composicionalmente son cuarzoareniscas silíceas; los constituyentes con cuarzo, caolinita y glauconita; los foraminíferos hasta (11%) están reemplazados por sílice, caolinita y glauconita o quedan moldes vacíos; estas areniscas muestran bioturbación y zonas irregulares con presencia de óxidos y arcilla.

### 2.5.2 Posición estratigráfica y edad

La Lidita Superior descansa concordantemente sobre la Formación Conejo, el contacto es transicional rápido, pasa de un intervalo arenoso - silíceo, constituido por capas de areniscas silíceas y liditas arenosas de la Formación Conejo a un intervalo de capas delgadas de chert de la Lidita Superior. El contacto superior se establece entre capas de chert y arcillolitas con gran abundancia de foraminíferos bentónicos de la Formación Plaeners.

Montoya & Reyes (2003), reportan en las localidades de Cucunubá y El Salto (Lenguazaque), amonitas en el techo de la Formación Conejo, con edad Santoniano y que marcan el límite con el Campaniano (Etayo-Serna, comunicación oral); Follmi et al. (1992) con amonitas, asigna para la Formación Plaeners una edad Campaniano Tardío, por lo tanto la Formación Lidita Superior se restringe al Campaniano temprano.

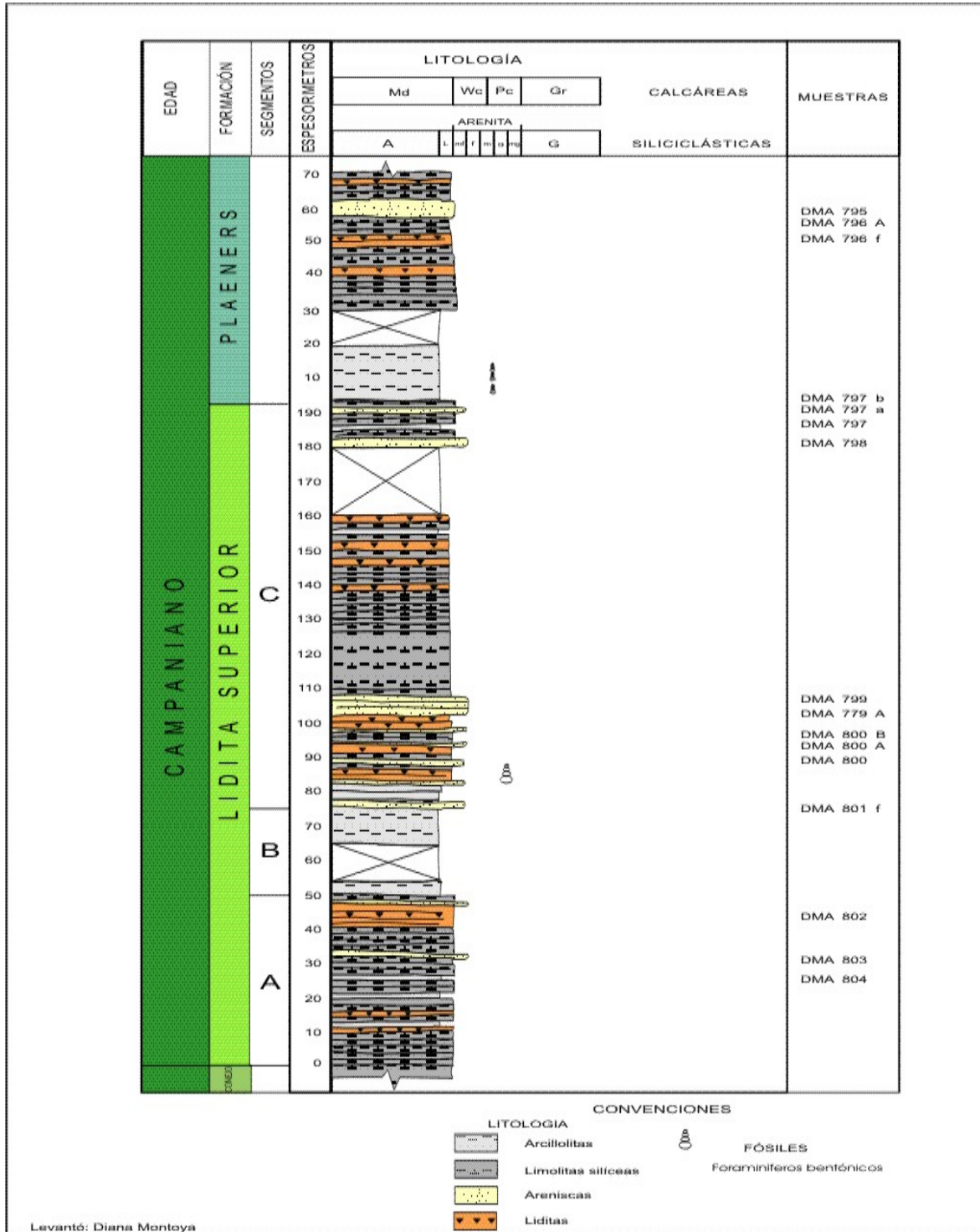


Figura 13. Lidita Superior. Sección Escuela El Salto (Lenguazaque).

### 2.5.3 Correlaciones

En el Valle Superior del Magdalena, La Lidita Superior que hace parte del Grupo Olini (De Porta, 1965) ha sido considerada Campaniana, sin embargo, su posición varía para varios autores; es así como Burgl & Dumit (1954), le asignan una edad Campaniano temprano; Jaramillo y Yépez (1994), la sitúan entre el Campaniano temprano y tardío y Guerrero *et al.* (2000), por foraminíferos la consideran del Campaniano tardío.

Estas edades y la composición litológica de la Lidita Superior del Valle Superior del Magdalena permiten hacer una correlación entre la unidad lidítica denominada Lidita Superior del Grupo Olini y la Lidita Superior considerada en este trabajo. En la Sierra Nevada de Cocuy se puede correlacionar también por litología y edad con la parte superior (intervalo K6c) de la Formación La Luna (Fabre, 1985).

## 2.6 GRUPO GUADALUPE

El Grupo Guadalupe es definido formalmente al oriente de Bogotá por Pérez & Salazar, (1978) y esta conformado por las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna. En la Sabana de Bogotá, este grupo se reconoce por encima de la Formación Chipaque al oriente y sobre la Formación Conejo al occidente y es suprayacida en toda la Sabana por la Formación Guaduas.

### 2.6.1 FORMACIÓN ARENISCA DURA (K<sub>2</sub>d)

Nombre propuesto formalmente por Pérez & Salazar (1978), para la unidad litoestratigráfica que reposa concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas físciles y grises de la Formación Chipaque y que es suprayacida por una secuencia de arcillolitas, arcillolitas sílceas y liditas de la Formación Plaeners. La sección tipo se localiza en el cerro El Cable (oriente de Bogotá), con un espesor de 449 m, esta subdividida en ocho conjuntos constituidos por areniscas en un 63,8% y 36,2% de limolitas, arcillolitas y liditas.

En el área de la Sabana de Bogotá, esta unidad se reconoce por formar una morfología abrupta, derivada de la litología que la constituye principalmente de areniscas. Aflora al oriente, haciendo parte de los anticlinales de Bogotá, Machetá, San José, Sopó-Sesquilé y en alrededores de la zona de la Calera; en el sector occidental, se observa en los anticlinales de Tabio, Cota-Zipacquirá, Caldas, Nemocón, Canadá y al sur, en los anticlinales de Soacha, Mochuelo y San Miguel y en los alrededores de Facatativa y el embalse del Muña.

#### 2.6.1.1 Litología

La Formación Arenisca Dura, presenta variaciones de espesor y facial; en la sección más oriental con un espesor de 407 m (carretera Guasca-Sueva, N:1.027.271 y E:1.029.390) presenta una proporción de arena : lodo-sílce de 70,4:39,6; mientras al occidente en la

carretera que conduce de Tabio a Subachoque (N: 1.038.207 y E: 996.367) tiene un espesor de 320 m y una proporción arena : lodo-sílice de 90,6:9,4 (Figura 14).

A continuación se describen las columnas levantadas en la vía Guasca-Sueva y en la vía Tabio-Subachoque.

**Sección Guasca-Sueva:** Se midió un espesor de 422 m, en donde se diferencian cuatro segmentos, esta sección presenta intercalaciones de areniscas-lidita y lodolitas que forman crestas y hondonadas (Figura 15).

**Segmento A.** Con un espesor de 130 m, comienza con 15 m de limolitas grises, sobre este un intervalo de areniscas que gradualmente se vuelven destacables tanto en espesor como en el tamaño del grano; mientras que las limolitas son menos importantes; siendo un paso gradual de limo a arena asociado a laminaciones lenticulares y *flaser*. Las areniscas son grises de grano muy fino están dispuestas en capas delgadas con estratificación continua, ondulosa y paralela; hacia el final del intervalo las capas son gruesas.

**Segmento B.** Con 100 m de espesor, está constituido por tres intervalos; el inferior y el superior están compuestos por areniscas de grano muy fino, en capas delgadas a muy gruesas. El medio está representado por liditas en capas delgadas y muy delgadas, limolitas y chert, con estratificación plana a levemente ondulosa y paralela.

**Segmento C.** Este segmento está cubierto con un espesor de 95 m y por morfología pueden corresponder a intercalaciones de areniscas y arcillolitas.

**Segmento D.** Presenta un espesor de 97 m, la parte inferior son 37 m de areniscas glauconíticas, de grano fino, en capas muy gruesas con contactos levemente ondulados continuos. Sobre esta se presentan intercalaciones de areniscas, arcillolitas, limolitas y liditas; estas intercalaciones son más frecuentes hasta llegar a la formación suprayacente (Plaeners).

**Sección de Tabio-Subachoque:** En la vía que conduce de Tabio a Subachoque se levantó una columna con un espesor de 320 m, en donde se reconocen tres segmentos (Figura 16):

**Segmento A.** Constituido por 122 m de areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, continuas, con contactos levemente ondulados y paralelos, intercaladas con capas delgadas de areniscas de grano muy fino o limosas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm.

**Segmento B.** Son 18 metros de una secuencia silicea, constituida por capas muy delgadas de limolitas, chert y liditas, algunas con fosfatos.

**Segmento C.** Representado por 168 m de una secuencia de areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino, dispuestas en capas gruesas y muy gruesas, en ocasiones medias. Son areniscas blancas, cremas y grises, compactas, bioturbadas y con laminación ondulosa no continua (Figura 17).

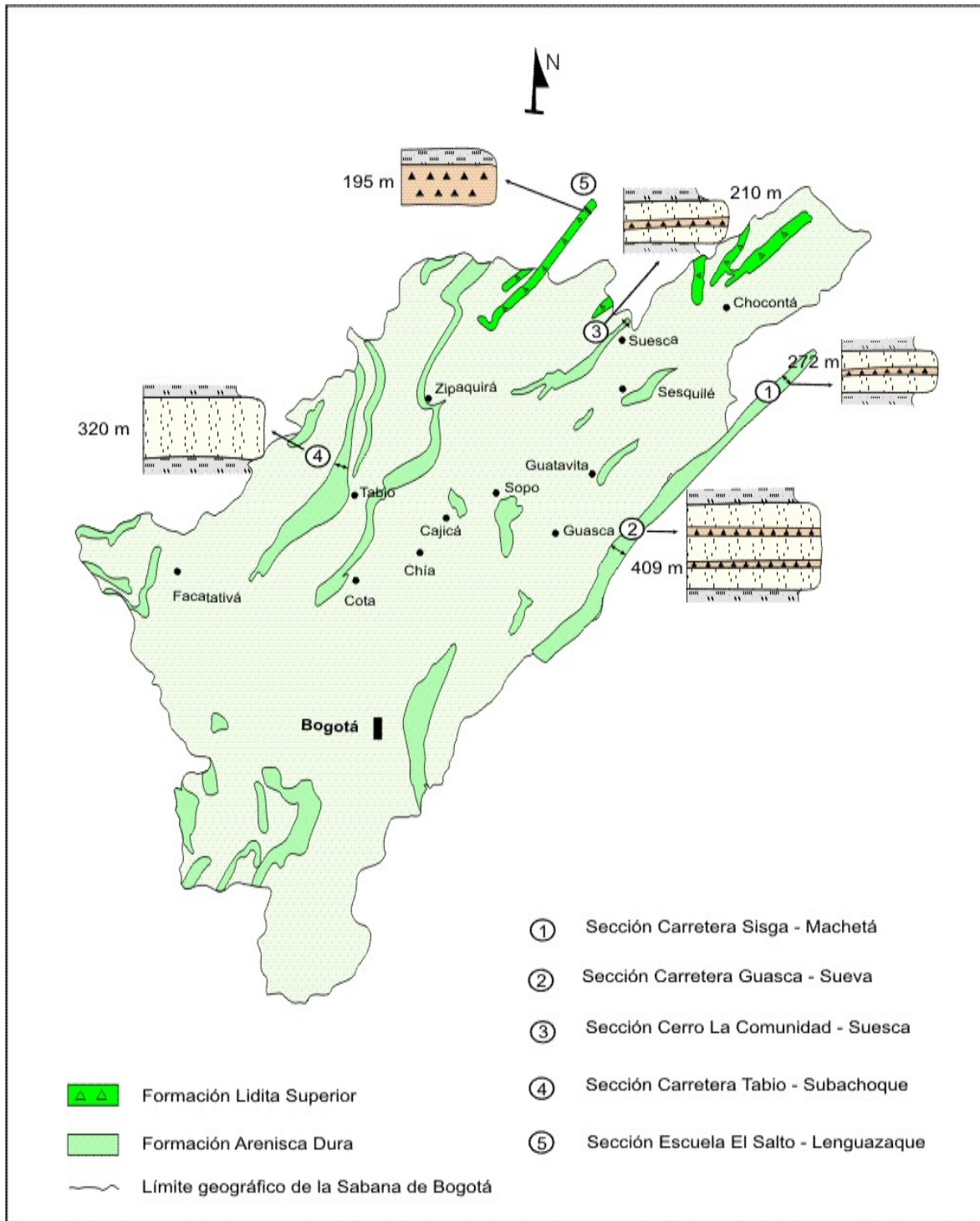


Figura 14. Distribución de los afloramientos y espesores de las formaciones Arenisca Dura y Lidita Superior en la Sabana de Bogotá.

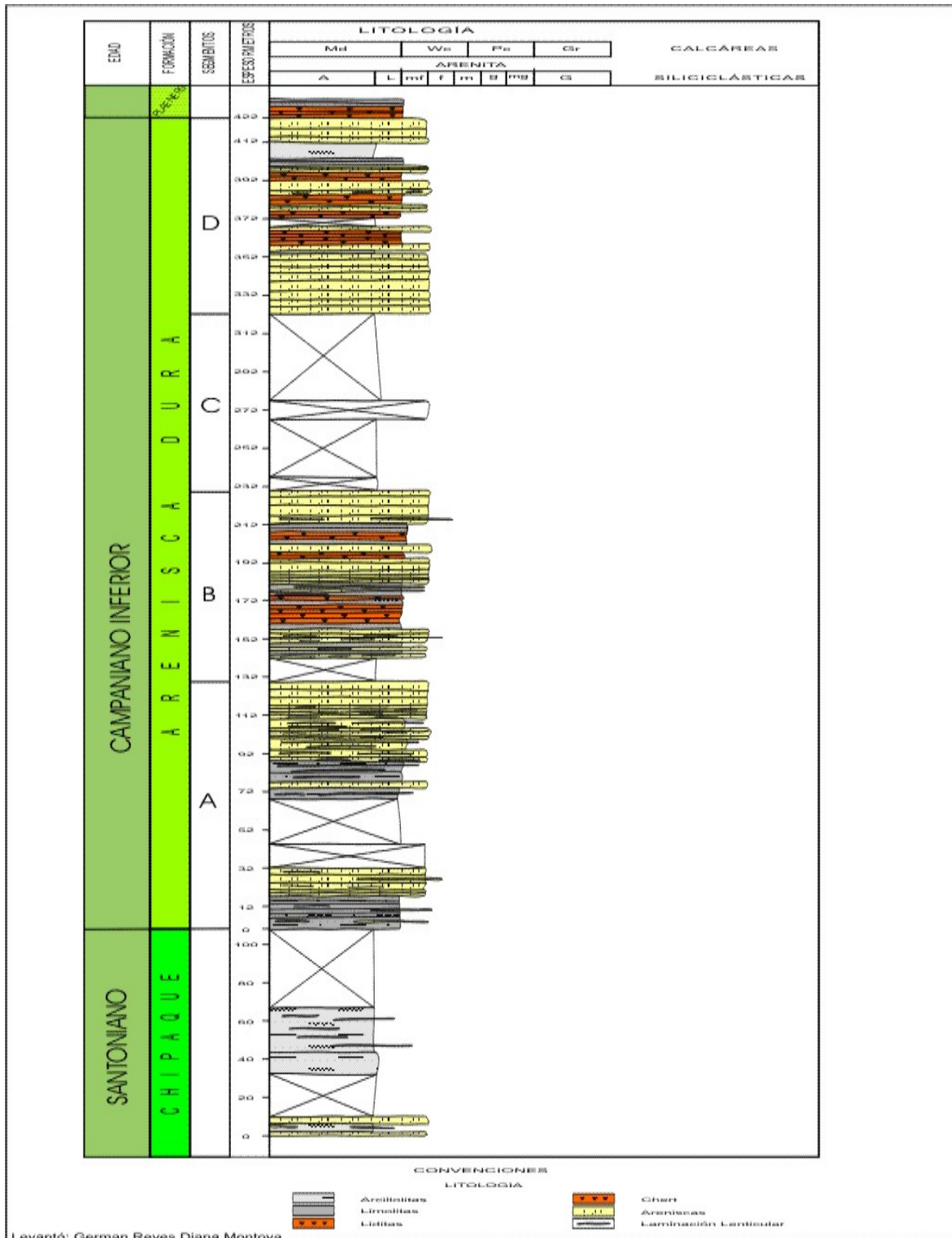


Figura 15. Formación Arenisca Dura. Sección Carretera Guasca – Sueva.



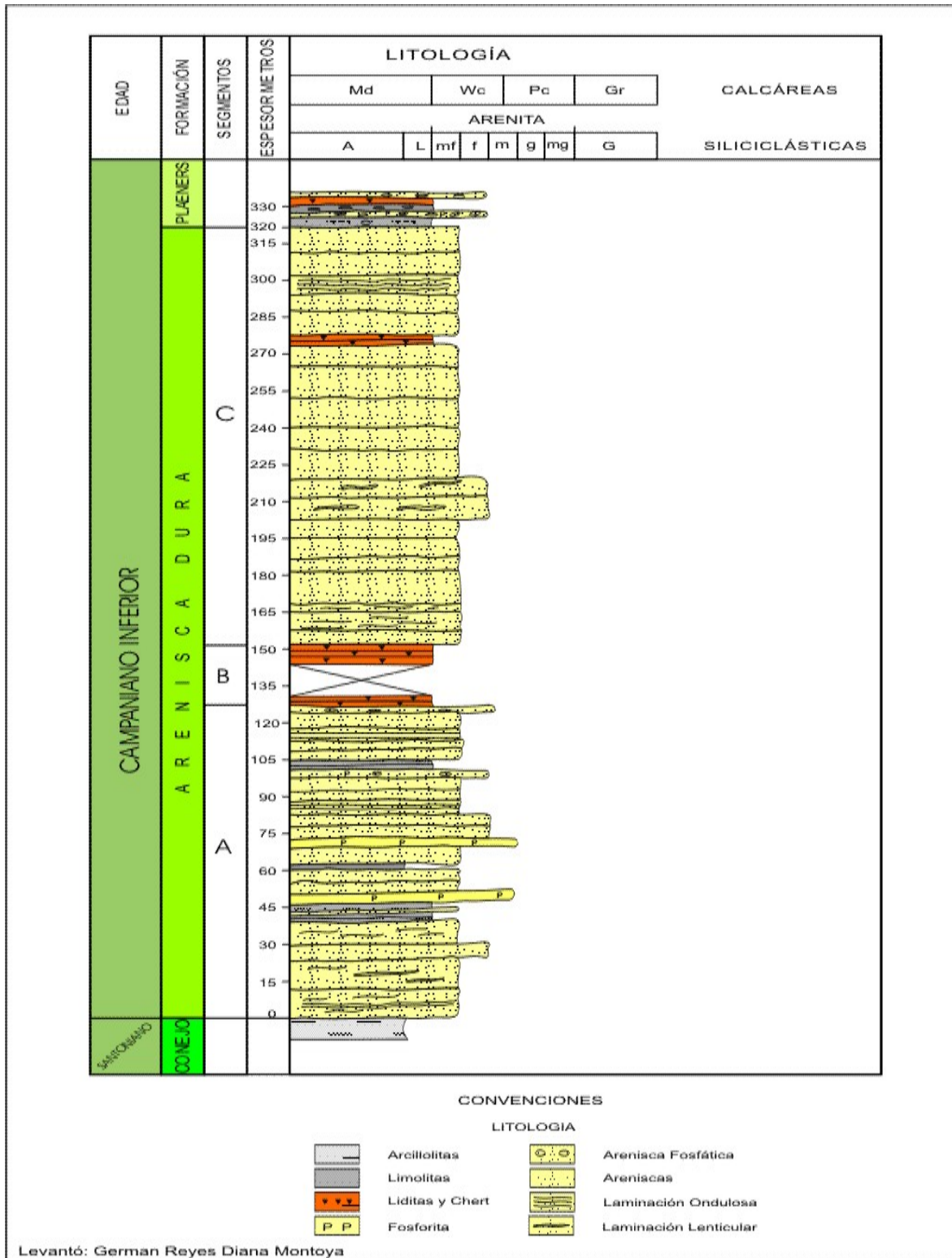


Figura 16. Formación Arenisca Dura. Sección Tabío – Subachoque.

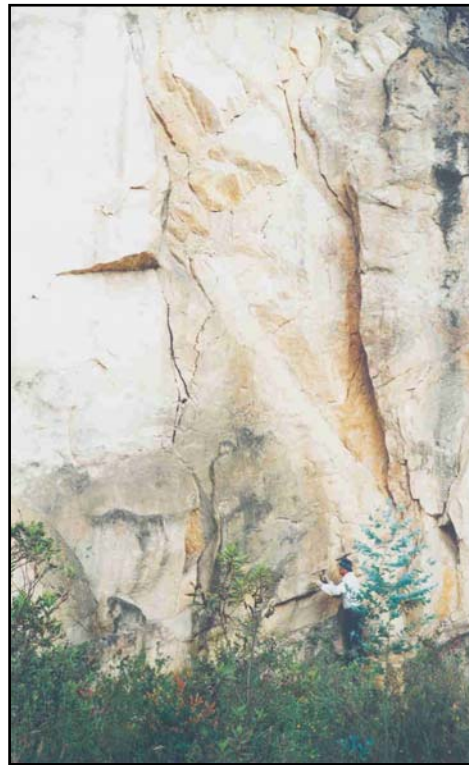


Figura 17. Bancos de arenisca de la Formación Arenisca Dura. Carretera Tabio - Subachoque

#### 2.6.1.2 Posición estratigráfica y edad

La Formación Arenisca Dura es suprayacida por la Formación Plaeners en contacto neto; pero su límite inferior varía; en el sector oriental es infrayacida por la Formación Chipaque en contacto concordante y transicional, pasa de un intervalo arcilloso a una sucesión arenolimsa (Carretera Guasca-Sueva), al occidente suprayace a la Formación Conejo, en contacto neto y concordante.

Al adolecer de fósiles para determinar la edad de la Formación Arenisca Dura, ésta se establece por posición estratigráfica y correlaciones; Montoya & Reyes (2003) le asignan una edad Campaniano Inferior.

Sin embargo, para esta formación varios autores han determinado un rango más amplio de edad, en el lado oriental de la Sabana de Bogotá, con la fauna citada por Hubach (1958 en Etayo, 1964), le asigna un intervalo Santoniano – Campaniano. Para el occidente (Tabio, La Pradera - Subachoque), Etayo (1964), menciona fauna localizada por debajo de la Dura y que pertenece al Coniaciano; por lo tanto la Arenisca Dura sería, para este autor Santoniano - Campaniano.

### 2.6.1.3 Correlaciones

En el piedemonte llanero, Guerrero & Sarmiento (1996), denominan Arenitas de San Antonio a una sucesión arenosa similar a la Formación Arenisca Dura, la cual presenta la misma posición estratigráfica. En la parte norte de la Sabana de Bogotá y hacia Villa de Leyva se puede correlacionar por posición estratigráfica con la Formación Lidita Superior.

## 2.6.2 FORMACIÓN PLAENERS. (K<sub>2p</sub>)

Nombre propuesto formalmente por Pérez & Salazar (1978) para la unidad litoestratigráfica que reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca Dura y suprayace a la Formación Arenisca de Labor; en la sección tipo presenta un espesor de 73 m, esta representada por arcillolitas, liditas, limolitas y en menor proporción areniscas de grano muy fino. En general presenta una morfología suave y genera una hondonada debido a su litología fina que contrasta con las pendientes abruptas de las unidades geológicas que la circundan

Al Oriente en el área de la Sabana de Bogotá, la Formación Plaeners aflora haciendo parte de los anticlinales de Bogotá, Machetá, San José, Sopo-Sesquilé; en el sector Occidental, en los anticlinales de Tabio, Cota-Zipacquirá, Nemocón, Canadá. Al Sur, se observa en los anticlinales de Soacha, Mochuelo y San Miguel, en el sinclinal de Granillas, en el embalse de Muña y en localidades de Facatativa y la Calera.

### 2.6.2.1 Litología.

En la Sabana de Bogotá la Formación Plaeners presenta en la base cambios en la composición litológica, posiblemente relacionada con la unidad infrayacente, de esta forma, se observó un conjunto lidítico en la base cuando está en contacto con la Arenisca Dura; en tanto que es arcillosa cuando esta en contacto con la Lidita Superior; de igual forma se aprecia un mayor espesor en este último caso.

A continuación se describirán las secciones de Sibaté y Mondoñedo, en donde esta formación suprayace a la Formación Arenisca Dura y en la sección de Tausa el contacto es con la Formación Conejo.

**Sección de Sibaté.** Se levantó una columna con un espesor de 95 m en la vía alterna que va de Sibaté a Soacha por la Vereda Fusunga (N:990.873 y E:986.025), en el flanco oriental del anticlinal de Soacha, en la que se diferenciaron dos segmentos (Figura 18).

**Segmento A.** Con un espesor de 38 m, es un segmento constituido por arcillolitas, limolitas, fosforitas y chert. Comienza con arcillolitas y le sigue un intervalo de 14 m de liditas, limolitas, chert fosfáticos y 3 capas medias de fosforita. En la parte superior son limolitas y en menor proporción chert y fosforita (40 cm), en ocasiones estas rocas presentan concentraciones altas de fosfatos.

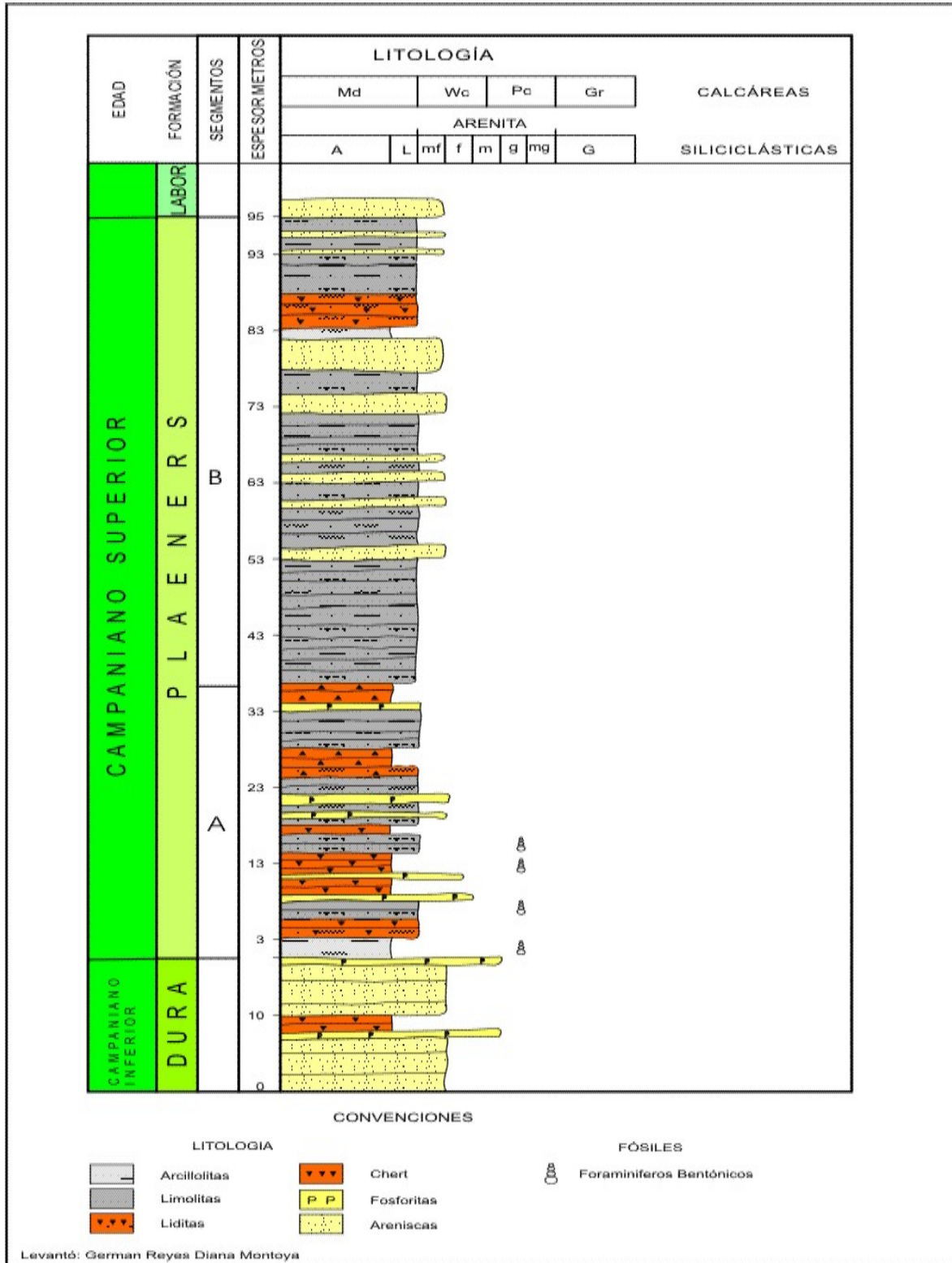


Figura 18. Formación Plaeners. Sección Vereda Fusunga – Sibaté.

**Segmento B.** Son 55 m, representados por intervalos de limolitas en capas medias y gruesas e intercalaciones en capas media de areniscas limosas. Ocasionalmente se presenta capas delgadas de liditas y chert.

**Sección Mondoñedo.** La Formación Plaeners en esta sección, se levantó unos metros delante de la intersección de la vía Bogotá - La Mesa con la quebrada Balsillas (N: 1.008.131 y E:979.593), presenta un espesor de 73 m (Figura 19) y se subdivide en tres segmentos (Figura 20) :

**Segmento A.** Constituido por 26 m de intercalaciones de arcillolitas, limolitas y en menor proporción chert, están dispuestas en capas delgadas con estratificación plana paralela continua, presenta dos capas gruesas de areniscas de grano muy fino, las areniscas y algunas capas de chert tienen cantidades importantes de fosfatos.

**Segmento B.** Con 24 m esta representado por chert, liditas e intercalaciones de arcillolitas y esporádicas capas de areniscas de grano muy fino, dispuestas en capas delgadas, planas, paralelas y continuas, en ocasiones hay capas de chert y areniscas fosfáticas alteradas.

**Segmentos C.** Son 23 m de un intervalo de arcillolitas azules, moradas y grises que parten en shales y en la parte más inferior se presentan limolitas.



Figura 19. Afloramiento de la Formación Plaeners. Sección de Mondoñedo

**Sección de Tausa.** La Formación Plaeners en la sección del Boquerón de Tausa (N:1.066.247 y E:1.021.739), esta compuesta por una secuencia de 187 m (Figura 21), divididos en los siguientes segmentos (Montoya & Reyes, 2003)

**Segmento A.** Representado por 70 m de arcillolitas negras que parten en shales, con costras de hierro que forman planos que atraviesan la estratificación de las rocas. Hacia el techo se presenta bancos de arcillolitas con intercalaciones de capas medias y gruesas de

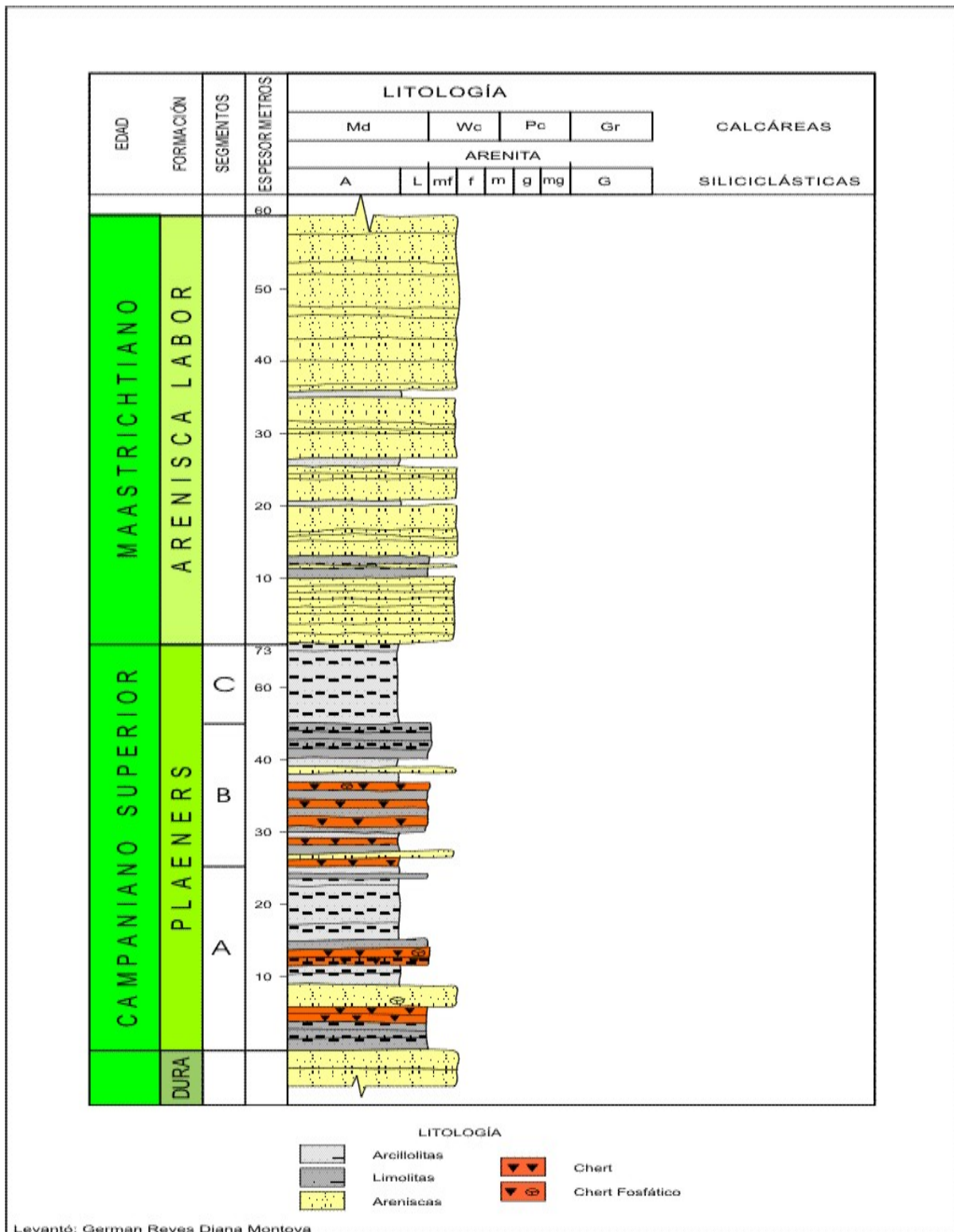


Figura 20. Formaciones Plaeners y Labor. Sección Vereda Los Puentes – Mondoñedo.

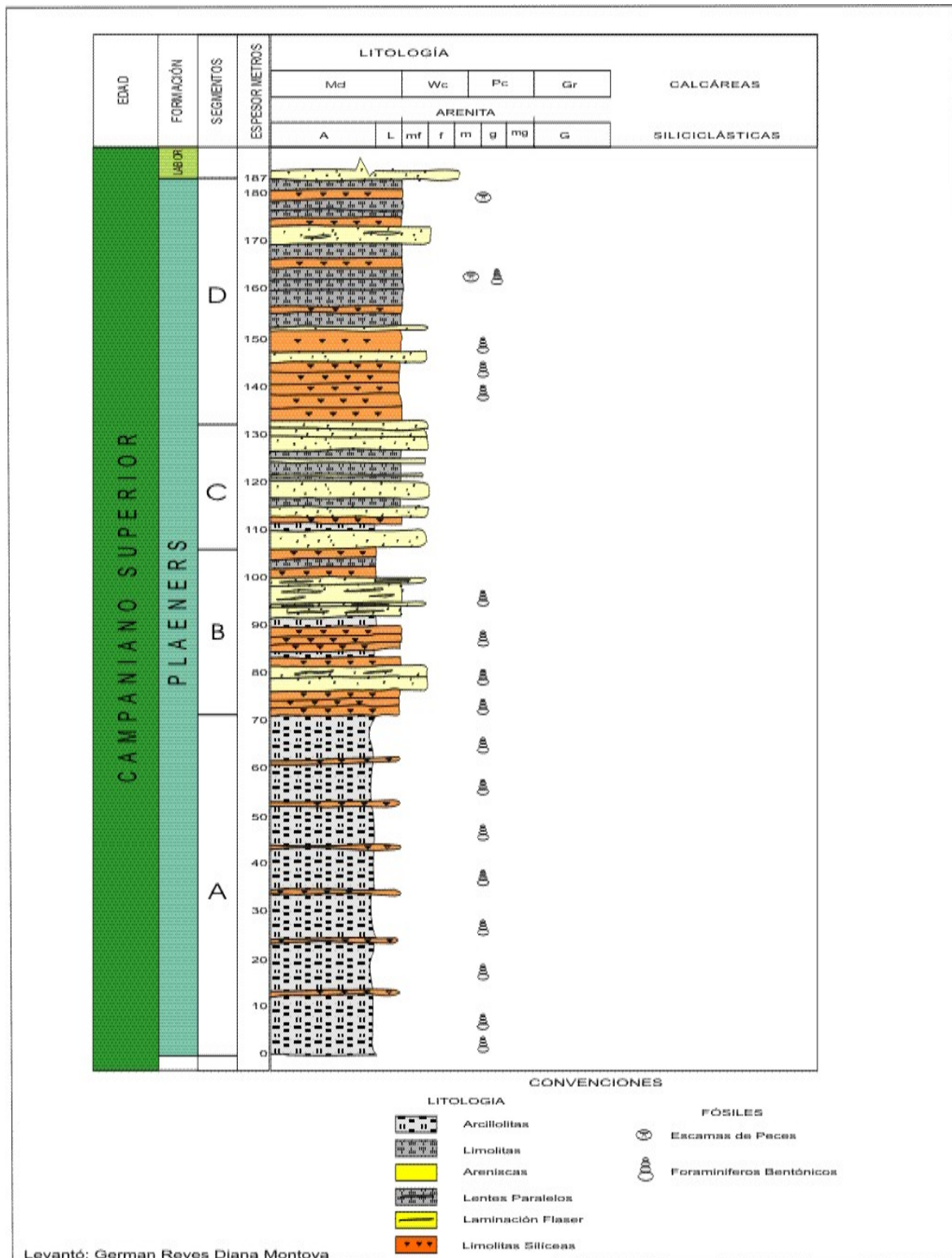


Figura 21. Formación Plañers. Sección Boquerón de Tausa.

limolitas silíceas y lodolitas arenosas que forman capas resistentes; en todo el segmento hay abundancia de foraminíferos bentónicos.

**Segmento B.** Constituido por 35 m. En este segmento se presentan tres intervalos silíceos separados por dos limo-arenosos; en los silíceos se presentan intercalaciones de chert y liditas dispuestas en capas delgadas, planas y paralelas, a menudo las liditas contienen foraminíferos bentónicos

Los intervalos limo-arenosos están compuestos por capas muy gruesas y gruesas de areniscas muy finas limosas con laminación *flaser* y laminación dada por acumulación de foraminíferos bentónicos; las liditas presentan laminación lenticular y están dispuestas en capas muy gruesas y gruesas.

**Segmento C.** Con un espesor de 30 m, es el segmento más arenoso, se presentan intercalaciones de capas gruesas de areniscas de grano muy fino con laminación lenticular y capas medias de limolitas, menos frecuentes son las capas delgadas de limolitas silíceas y chert.

**Segmento D.** Con 52 m, este segmento empieza con 13 m de intercalaciones de chert y limolitas silíceas en capas delgadas con presencia de foraminíferos bentónicos, que son comunes hasta el techo de la unidad. Le sigue intercalaciones de capas limolíticas gris claro con partición en láminas (shales) y esporádicas capas medias de areniscas de grano muy fino.

#### 2.6.2.2 Posición estratigráfica y edad.

La Formación Plaeners reposa en la parte central y norte (anticlinales de Tausa; Guachaneca y Chocontá) sobre la Formación Lidita Superior, el contacto es 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.

En los sectores oriental, occidental y sur esta suprayaciendo rocas de la Formación Arenisca Dura; el contacto es neto y concordante, pasa de capas arenosas masivas a capas arcillosas 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.

La edad de la Formación Plaeners según Follmi *et al.* (1992 en Vergara y Rodríguez, 1997), con base en amonitas de la región de Tausa, es Campaniano Superior a Maastrichtiano temprano.

#### 2.6.2.3 Correlaciones

En el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, la Formación Plaeners es correlacionable por litología y edad (Campaniano tardío) con Las Lodolitas de



Aguascalientes que afloran en la región de San Luis de Gaceno (Guerrero & Sarmiento, 1996). En la Sierra Nevada del Cocuy, por posición cronoestratigráfica se correlaciona con la Formación Los Pinos, representada por lodolitas y hacia el techo calizas y areniscas de grano fino (Fabre 1985).

### 2.6.3 FORMACIÓN ARENISCA LABOR-TIERNA (K<sub>2</sub>t)

Pérez & Salazar (1978) al oriente de Bogotá, formalizaron a las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. La Arenisca de Labor, presenta un espesor de 177 m, comienza con capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas. La Formación Arenisca de Labor es separada de la Formación Arenisca Tierna por 19 m de lodolitas y arcillolitas; la Arenisca Tierna con un espesor de 49 m, se diferencia de la Labor por presentar capas muy gruesas de areniscas de tamaño más grueso.

Las Formaciones Arenisca de Labor, Arenisca Tierna y el segmento que los separa, se agrupan como una sola unidad cartográfica dada la similitud litológica y su expresión morfológica, se establece desde el techo de la Formación Plaeners hasta la base de la Formación Guaduas.

En el área de trabajo la Formación Labor, presenta un cambio de espesor, en dirección norte disminuye desde 177 m en la sección tipo, a 66 m en Tausa y en Guachetá y Villa de Leyva desaparece (Etayo, 1968). Para La Formación Tierna también se presenta cambios de espesor en el mismo sentido, en la sección tipo 49 m y en Tausa 65 m, faltando por medir los últimos metros y hacia el norte, en Villa de Leyva se han reportado espesores de 12 m (Etayo, 1968).

#### 2.6.3.1 Litología.

La descripción de las formaciones Labor y Tierna se hace con referencia a secciones parciales ubicadas al occidente de la Sabana. La Formación Arenisca Labor se describirá con base a la sección levantada en la Vereda Los Puentes, sector de Mondoñedo (N: 1.008.131 y E:979.593), en donde se levantaron 62 m y la Formación Arenisca Tierna, en la vereda Piedra Colorada de Subachoque (N:990.873 y E:986.025), con 95 m de espesor.

**Segmento A.** Corresponde a la Formación Arenisca de Labor; en la base se presentan 10 m de areniscas de grano muy fino, dispuestas en capas delgadas y muy delgadas, le sigue un intervalo de 6 m de limolitas y limolitas arenosas en capas delgadas planas, paralelas y continuas y luego un intervalo de areniscas limosas en capas planas, paralelas y continuas, con intercalaciones de arcillolitas (Figura 20); la parte superior son 46 m de cuarzoareniscas, blancas, de grano muy fino, en donde se alternan cíclicamente, capas gruesas y capas delgadas.

**Segmento B.** Corresponde a la Formación Arenisca Tierna (Figura 22). Este segmento empieza con capas potentes de areniscas de grano fino y muy fino, con laminación

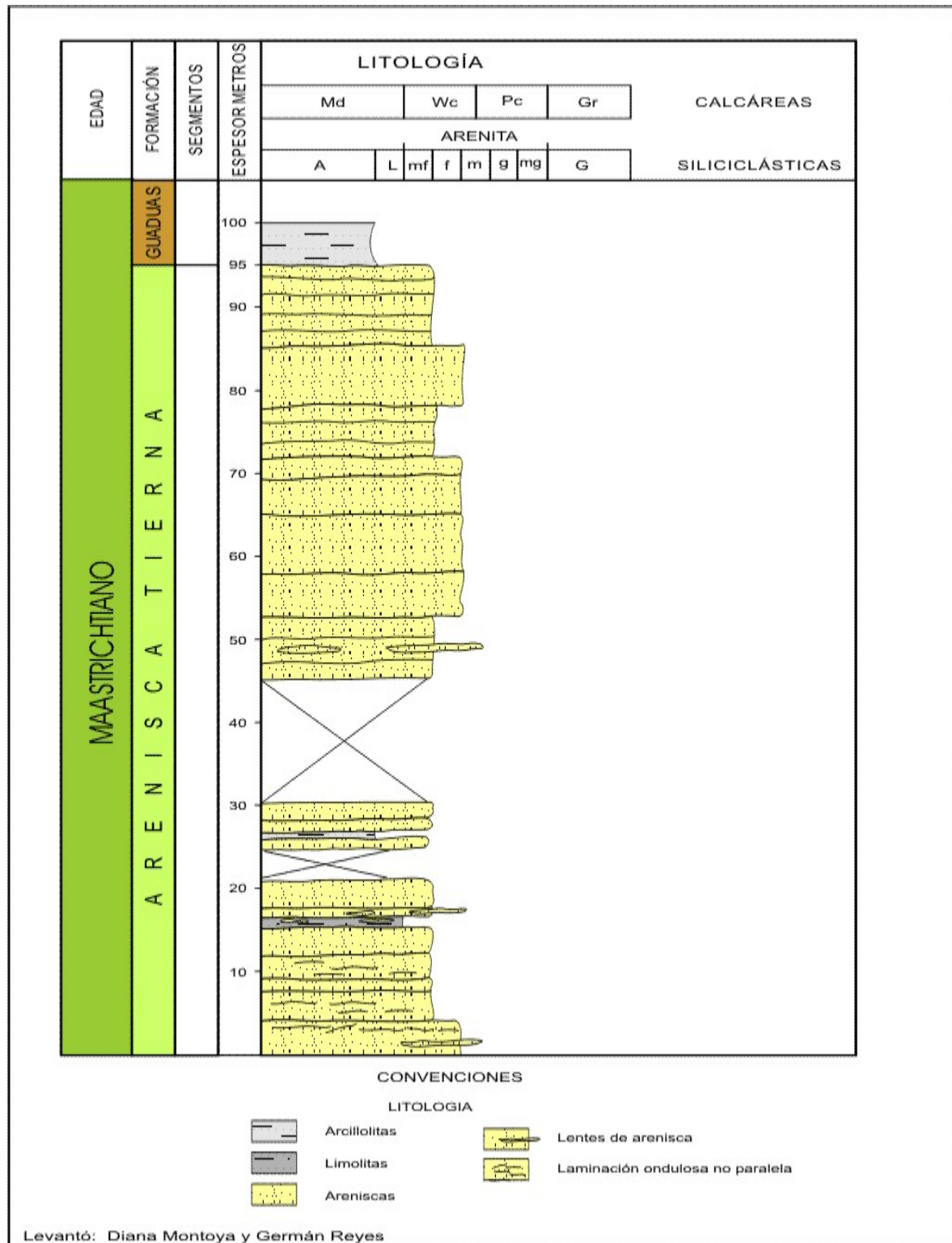


Figura 22. Formación Arenisca Tierna. Sección. Vereda Piedra Colorada (Subachoque)

ondulosa, que hacia arriba están separadas por capas delgadas y muy delgadas de arcillolitas e intervalos de limolitas y areniscas con laminación lenticular. En los 49 m superiores, se presentan areniscas blancas, de grano fino a muy fino, friables o macizas en capas gruesas y bancos, tabulares y levemente ondulosas; en algunos intervalos las capas son medias, con lentes de arenisca de grano fino o de limolitas.

### 2.6.3.2 Posición estratigráfica y edad

Los contactos se observan 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 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 (Figura 23).

La edad reportada para la Arenisca de Labor y Tierna no es más antigua al Maastrichtiano Inferior (Pérez & Salazar, 1978). Martínez (1989 en Sarmiento, 1992) reporta la zona bentónica *Siphogenerinoides bramlettei*, a la que considera de edad Maastrichtiano tardío



Figura 23. Contacto neto y concordante entre las formaciones Tierna y Guaduas

## 2.7 FORMACIÓN GUADUAS (K<sub>2</sub>P<sub>1</sub>G)

La Formación Guaduas fue descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974) para referirse a los materiales que afloran en la región de Bogotá y que están por encima del Grupo Guadalupe. Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que suprayace al Grupo Guadalupe y es infrayacida por el piso de Bogotá, por intermedio del Horizonte del Cacho que sería para este autor la parte más baja del piso de Bogotá.

La Formación Guaduas aflora en los sinclinales de Río Frío, Neusa, Zipaquirá, Checua-Lenguazaque, Sesquilé, Sisga, Subachoque, en la zona de la Calera en el sinclinal de Teusacá y al Sur en los sinclinales de Usme y Soacha.

Sarmiento (1994), en la sección de referencia, de Peñas de Boquerón en la región de Sutatausa, estudia esta secuencia estratigráfica y la subdivide en 9 segmentos; sin embargo para el presente trabajo se subdividió en 5 segmentos por razones cartográficas.

Morfológicamente en varios sectores de la Sabana de Bogotá (Checua-Lenguazaque y Río Frío), se reconocen una secuencia arcillo-arenosa con mantos de carbón que generan cinco geoformas; tres valles que corresponden a niveles arcillosos y dos abruptos arenosos. Pero en otros sectores la diferenciación de los segmentos no es clara tal como se observa en la sección de Sibaté, Subachoque, etc. En la región Guatavita se levantaron 380 m, se diferenciaron tres segmentos que corresponden al los segmentos A, B y C descritos en este trabajo y generalizados de Sarmiento (1994).

### 2.7.1 Litología

En la sección de Sutatausa, se describirán los cinco segmentos que presentan las siguientes equivalencias con los segmentos propuestos por Sarmiento (1994); el segmento inferior (A), forma valle y en el se agrupan los segmentos S1 y S2 de Sarmiento (1994); el segmento B, el cual genera una colina, es reconocido informalmente como Arenisca La Guía y corresponde al segmento S3 de Sarmiento (1994). El segmento C, genera un valle y en el se agrupan los segmentos S4 y S5 de Sarmiento (1994). 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) y el segmento E corresponde al segmento S9 (Figura 24).

**Segmento A.** Con un espesor de 220 m, está conformado por conjuntos de arcillolitas, lodolitas y areniscas. Los 129 m inferiores están representados por arcillolitas con laminación lenticular y arcillolitas limonitizadas; en la parte superior de este conjunto afloran limolitas arenosas y areniscas de grano fino con estratificación ondulosa y termina con areniscas y limolitas; las areniscas se disponen en capas muy delgadas con estratificación ondulosa.

El conjunto superior (91 m), esta constituido por rocas de grano muy fino, en él, se presenta el primer sector con mantos de carbón (cuatro económicamente explotables) y se intercalan lodolitas, lodolitas limoníticas, limolitas con laminación lenticular, dispuestas en capas delgadas y areniscas hacia el techo (Sarmiento, 1994).

**Segmento B.** Con 30 m de espesor es un segmento predominantemente arenítico, conocido como Arenisca La Guía, está conformado por capas delgadas a medias, cuneiformes, de areniscas de grano fino y medio, con esporádicas intercalaciones de limolitas y lodolitas con laminación plana paralela (Sarmiento, 1994).

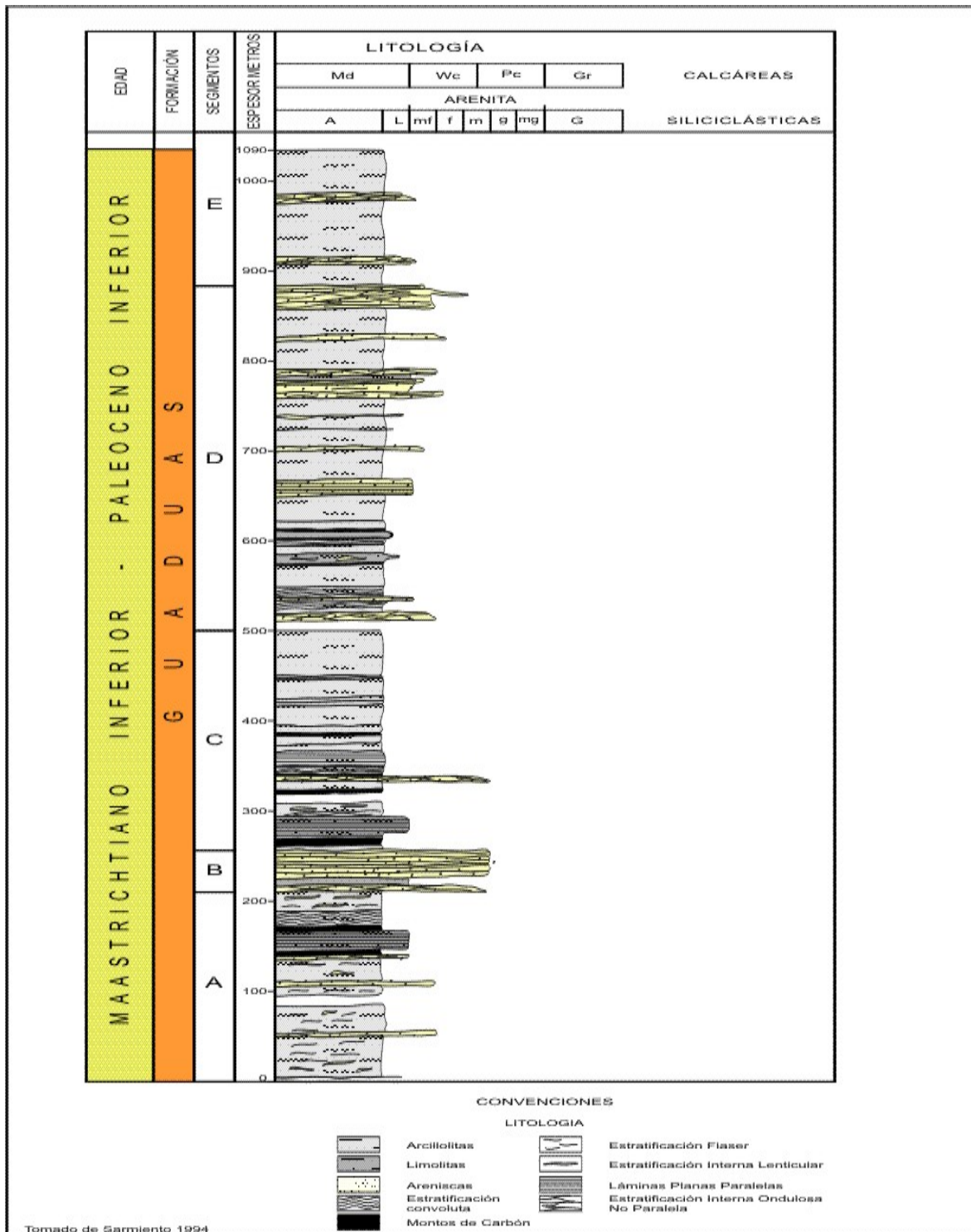


Figura 24. Columna generalizada de la Formación Guaduas, sección de Sutatausa. (Modificado de Sarmiento, 1994).

**Segmento C.** Presenta 250 m de espesor, en los primeros 140 m, se reconocen varios mantos de carbón con espesores desde 40 cm hasta 3 m, constituyen el segundo sector productivo (Sarmiento, 1994), éstos están intercalados dentro de una secuencia de lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas de grano muy fino, es común encontrar nódulos de siderita. Los 90 m superiores se caracterizan por un cambio de color, pasando de lodolitas de color gris oscuro a lodolitas grises azulosas, verdosas y rojizas, se intercalan con éstas, algunos niveles carbonosos o carbón arcilloso (Sarmiento, 1994).

**Segmento D.** Con 370 m de espesor, la secuencia empieza con un conjunto de areniscas de grano muy fino en capas cuneiformes medias y gruesas; sobre éstas hay intercalaciones de capas de lodolitas, limolitas con laminación plana paralela y mantos de carbón con espesores desde 65 cm hasta 1,80 m y constituyen el tercer conjunto productor de carbón (Sarmiento, 1994).

En la parte media de este segmento, se reconocen lodolitas abigarradas (verdosas, rojizas), que pueden ser carbonosas, los niveles carbonosos están dispersos y no son explotables, las limolitas tienen laminación plana paralela y son comunes las concreciones de siderita. Sobre la anterior secuencia se presenta un aumento en la granulometría y cambio de color de las rocas, son areniscas y limolitas, para terminar con niveles arcillolíticos y lodolíticos (Sarmiento, 1994).

La parte superior de este segmento lo constituye la Arenisca Lajosa, equivalente al S8 de Sarmiento (1994), es el conjunto arenoso más destacado conformado por areniscas de grano fino, con estratificación plana paralela y conglomerados de intraclastos.

**Segmento E.** Constituido por 220 m de limolitas y arcillolitas en capas gruesas y bancos de colores rojizos, verdosos y azulosos, intercalados con areniscas dispuestas en capas medias cuneiformes (Sarmiento, 1994).

### 2.7.2 Posición estratigráfica y edad

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 en Guatavita (Quebrada el Chala). El contacto superior con la Formación Cacho es neto, se pasa de un nivel arcilloso de la Formación Guaduas a intercalaciones de capas medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho; para Sarmiento (1994 a), el contacto es erosivo e inconforme progresivo de Oeste a Este, faltando más secuencia de la Formación Guaduas en este mismo sentido. Por palinología la edad de la Formación Guaduas es Maastrichtiano Superior – Paleoceno Inferior (Sarmiento, 1992).

### 2.7.3 Correlaciones

Ulloa & Rodríguez (1979), en el cuadrángulo K12 Guateque, correlacionan La Formación Guaduas por posición estratigráfica con la parte superior del Grupo Palmichal (conjunto D), definido en el piedemonte llanero; sin embargo Sarmiento (1994 a) hace más precisión sobre esta correlación y Guerrero & Sarmiento (1996), proponen que se debería llamar Formación Guaduas al conjunto D de El Palmichal. En la región de Guaduas se correlaciona con la Formación Seca, de De Porta (1966).

## 2.8 FORMACIÓN CACHO (E<sub>1</sub>C)

Hubach, (1931) denomina Horizonte del Cacho al conjunto inferior ubicado en el Piso Bogotá, el cual tiene una naturaleza “arenisco-ripioso” y está constituido por areniscas granulosas, tiernas, de colores amarillos hasta ocre o rosado, con algunos bancos de arcillas abigarradas. Julivert (1963) para este Horizonte, utiliza el nombre de Formación Cacho, adoptada por la Colombian Society Petroleum Geologists and Geophysicists (1961, en Julivert, 1963).

En el área de estudio, aflora a lo largo de los sinclinales de Sisga, Siecha, Sesquilé, Teusacá, Usme, Checua-Lenguazaque, Río Frío, Subachoque y anticlinal de Guatavita. Esta unidad forma un relieve pronunciado por lo cual es fácilmente cartografiable; se reconoce en ella una sola secuencia arenosa o como dos niveles arenosos separados por uno arcilloso.

### 2.8.1 Litología

A continuación se describe la columna levantada en Guatavita, en la vereda la Carbonera (N:1.039567 y E:1.028.895), con un espesor de 172,6 m (Figura 25).

**Segmento A.** Le corresponden 77 m de espesor, la secuencia empieza con 7 m de areniscas friables, de grano medio en capas muy gruesas, hacia arriba se presenta un intervalo de 10 m de areniscas de grano fino, en capas medias, algunas son cuneiformes, con laminación levemente inclinada y luego 21 m de areniscas de grano medio, de mala selección, en ocasiones conglomeráticas dispuestas en bancos. Para terminar en un intervalo de 14 m de areniscas de grano grueso decreciente a fino, dispuestas en capas gruesas.

**Segmento B.** Con un espesor de 55 m, los primeros 22 m están representados por capas muy gruesas y bancos de areniscas de grano medio, de buena selección o en ocasiones conglomeráticas (hasta gránulo) que definen lentes, algunas capas son cuneiformes y pueden o no estar separadas por arcillolitas en capas de hasta 1 m. Los 52,8 m restantes están dispuestos en capas muy gruesas de areniscas de grano medio con granodecrecimiento que define la laminación inclinada; también se observa laminación cruzada asintótica.

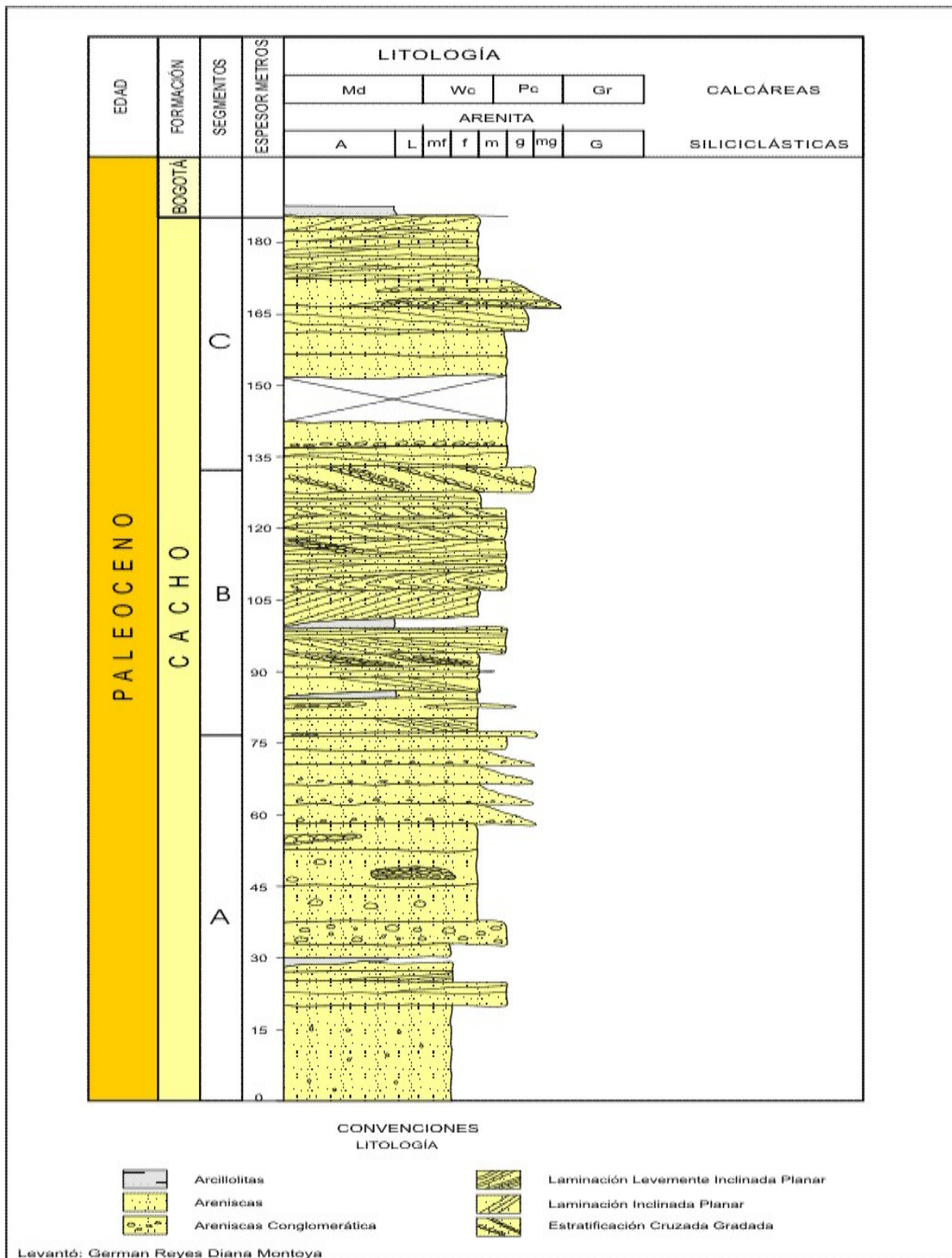


Figura 25. Formación Cacho en la sección Vereda La Carbonera – Guatavita.



**Segmento C.** Son 40,6 m de espesor representados por capas gruesas y medias en menor proporción bancos, tabulares ocasionalmente cuneiformes, son areniscas de grano medio con decrecimiento a fino, son cuarzoareniscas, friables, blanco amarillentas, con buena a mala selección.

### **2.8.2 Posición estratigráfica y edad**

Esta unidad es suprayacida por la Formación Bogotá, en contacto neto y concordante, pasa de una capa muy gruesa de areniscas a un nivel de arcillolitas y el contacto inferior se discute en la Formación Guaduas.

La edad de la Formación Cacho según MacLaughlin & Arce (1972), es Paleoceno con base en paleoflora estudiada por Van der Hammen (1957); Sarmiento (1994 b) hace más precisión al discutir el contacto de la Formación Guaduas con la Formación Cacho y le asigna a esta última una edad de Paleoceno Superior.

### **2.8.3 Correlaciones**

Guerrero & Sarmiento (1996) plantean para las formaciones Cacho, Socha Inferior y Barco una posición estratigráfica y una composición litológica similar, ya que para estos autores existe una discordancia en el Paleoceno Inferior y a las unidades de la misma edad (Paleoceno Superior), Cacho, Socha inferior y Barco, tienen un mismo origen y están sobre esta discordancia entre el Paleoceno inferior y superior.

## **2.9 FORMACION BOGOTÁ (E<sub>1-2b</sub>)**

Hubach (1931), denominó piso de Bogotá a la secuencia del terciario medio que esta constituido por tres conjuntos, el inferior, es arenoso y arcilloso e incluía el Horizonte de Cacho en la parte basal; el conjunto medio conformado por arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas y el conjunto superior, formado por bancos de areniscas de grano grueso, blandas que alternan con arcillolitas abigarradas.

Julivert (1963), determina como localidad tipo de la Formación Bogotá la sección ubicada en la quebrada Zo Grande (flanco occidental del Sinclinal de Usme), la cual suprayace a la Formación Cacho e infrayace la Formación Regadera.

La Formación Bogotá en el área de trabajo 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. La litología de esta formación genera una morfología suave de valles, constituida por intercalaciones de bancos de arcillolitas de variados colores con esporádicas crestas formadas por areniscas.

### 2.9.1 Litología

A continuación se describe la sección levantada por Hoorn (1988) en la Quebrada el Mochuelo (Zo Grande), en el sinclinal de Usme, con espesor de 1,095 m (Figura 26), sin embargo se modifica la base propuesta por esta autora y se considera la base de Julivert (1963). En este trabajo se divide en seis segmentos.

**Segmento A.** Son 100 m de rocas de grano fino, los 250 m inferiores están compuestos por secuencias grano crecientes, con la base en areniscas consolidadas y pasan a arcillolitas y limolitas de colores violeta y gris (Hoorn, 1988).

**Segmento B.** Son 135 m de espesor, las rocas son de grano más grueso que las del segmento A. Se intercalan tres intervalos grano decrecientes desde bancos de areniscas friables de grano medio y fino a arcillolitas; las areniscas presentan estructuras internas como laminación inclinada, paralela y cruzada; en las arcillolitas se presentan concreciones (Hoorn, 1988).

**Segmento C.** Son 270 m, están representados por intervalos granodecrecientes desde areniscas muy finas a limolitas. Las areniscas son de colores verdes y grises y tienen estratificación cruzada; las limolitas son de colores rojos y violetas, tienen concreciones de arcillolita y niveles de arcillolita negra (Hoorn, 1988).

**Segmento D.** Le corresponden 195 m. En los primeros 100 m se presentan dos intervalos granodecrecientes, desde arenisca de grano medio a fino a limolitas y arcillolitas, las areniscas presentan estratificación cruzada y paralela y bases erosivas y las arcillolitas y limolitas son de color violeta a gris (Hoorn, 1988).

**Segmento E.** Son 200 m, en gran parte cubiertos, en la base son secuencias de areniscas de grano medio a fino que decrecen a arcillolitas limosas, es común el desarrollo de estructuras en las areniscas como estratificación cruzada, laminación y canales (Hoorn, 1988).

**Segmento F.** Con 115 m, la base esta representada por bancos de areniscas (10 m) con lentes de gravas y contactos erosivos, estas areniscas gradan de tamaño grueso a muy fino, y tienen laminación cruzada y paralela. Le siguen secuencias grano decrecientes desde areniscas muy finas hasta arcillolitas (Hoorn, 1988).

### 2.9.2 Posición estratigráfica y edad

Julivert (1963), determina un contacto neto y concordante entre las Formaciones Bogotá y Regadera en la sección tipo de la Formación Bogotá (Quebrada Zo Grande) pero hacia el norte plantea para la zona de Tunjuelito una discordancia angular que corta niveles más bajos hasta colocar a la Formación Regadera en contacto con capas de la Formación Guaduas, sin embargo en este mismo sector, Acosta & Ulloa (1998), cartografiaron una falla que pone en contacto estas dos unidades, desvirtuando la presencia de una discordancia.

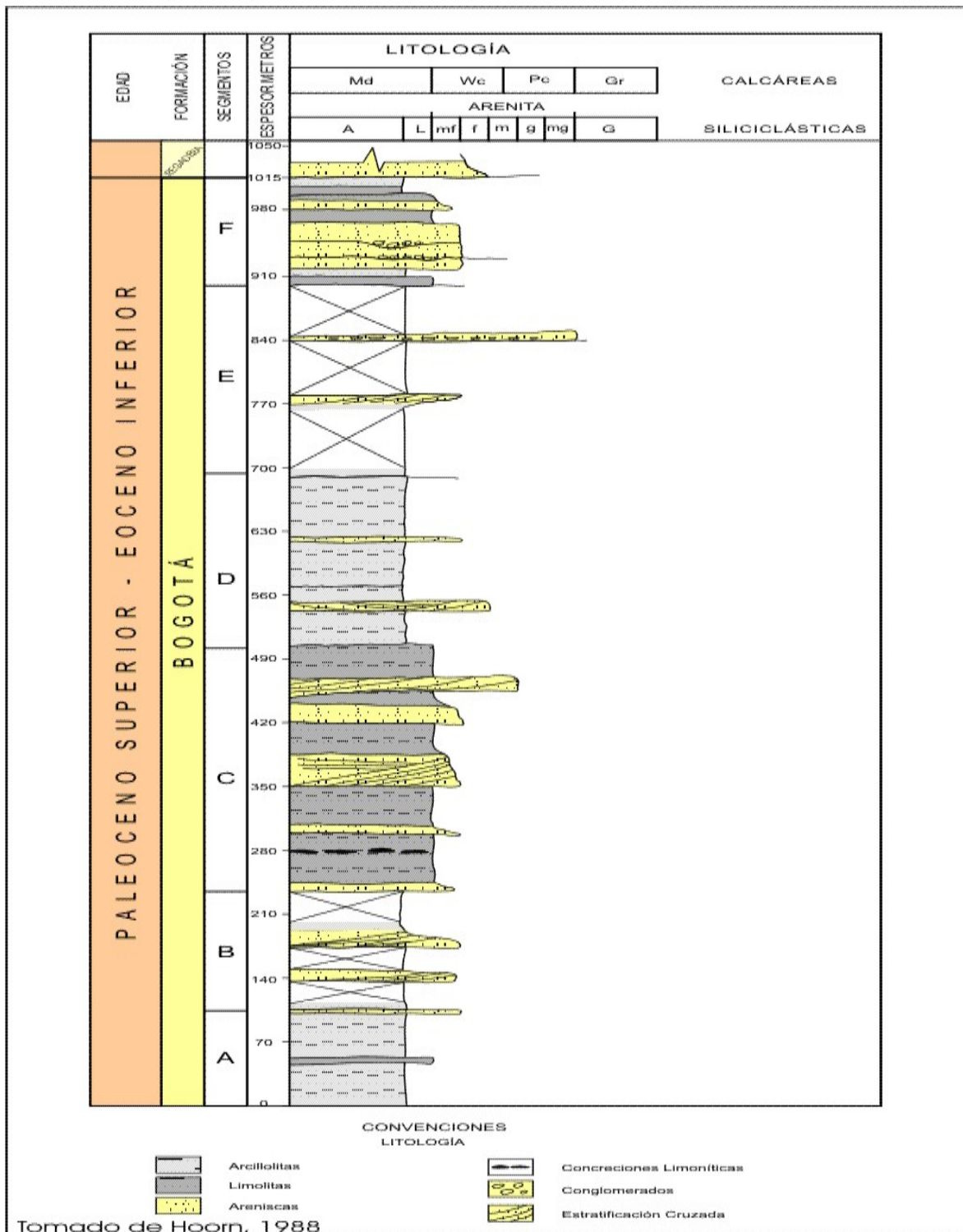


Figura 26. Formación Bogotá. Sección quebrada El Mochuelo (Zo Grande) – Usme. (adaptada de Hoorn 1988)

Por fauna analizada por Van der Hammen (en Hubach, 1957), se considera de edad Paleoceno, Hubach (1957) le asigna una edad Paleoceno tardío y posiblemente Eoceno?. Hoorn (1988) determina una edad Paleoceno Superior Eoceno Inferior

### 2.9.3 Correlaciones

Ulloa & Rodríguez (1979), en la llamada cuenca del Sogamoso, dentro del cuadrángulo K12 (Guateque), reportan una unidad denominada Arcillas de Socha, correlacionable por posición estratigráfica y edad con la Formación Bogotá; lo mismo ocurre con la unidad Arcillas del Limbo que aflora en el piedemonte llanero (Ulloa & Rodríguez, 1979).

## 2.10 FORMACION REGADERA (E<sub>2r</sub>).

Julivert (1963) llama Formación Regadera a la parte baja de la Formación Usme definida por Hubach (1957), en ella se agrupan areniscas no consolidadas de grano grueso y capas de conglomerados que alternan con arcillas rosadas y rojizas, que suprayace a la Formación Bogotá y es cubierta por la Formación Usme en la región del Río Tunjuelo (sinclinal de Usme).

La Formación Regadera restringe sus afloramientos al oriente de la Sabana, en los sinclinales de Usme y Sisga, en donde se observa una secuencia arenosa que genera una morfología de colinas alineadas redondeadas.

### 2.10.1 Litología

A continuación se describen dos secciones, una levantada en el Sinclinal de Usme para la plancha 246 Fusagasugá (Acosta & Ulloa, 1998) y la otra levantada en el Sinclinal de Sisga (Montoya & Reyes, 2003).

**Sección de Usme.** Fue levantada en la quebrada el Chuscal, con un espesor de 756,3 m en los cuales se diferencian tres segmentos; dos arenosos separados por uno arcilloso (Figura 27).

**Segmento A.** Le corresponden 221,3 m, de una secuencia de areniscas de grano medio hasta gránulos; en los primeros 42 m las areniscas están en capas gruesas, levemente onduladas con estratificación cruzada y gradada. Le siguen 93 m de areniscas cuneiformes en capas medias a gruesas; en los 85 m superiores de este segmento, las areniscas son de grano fino, arcillosas y están dispuestas en capas con contactos levemente ondulados.

**Segmento B.** Con 315 m, en este segmento se observan varios tramos cubiertos (posiblemente arcillolitas) que se intercalan con areniscas de grano medio hasta gránulos dispuestas en capas medias a muy gruesas.

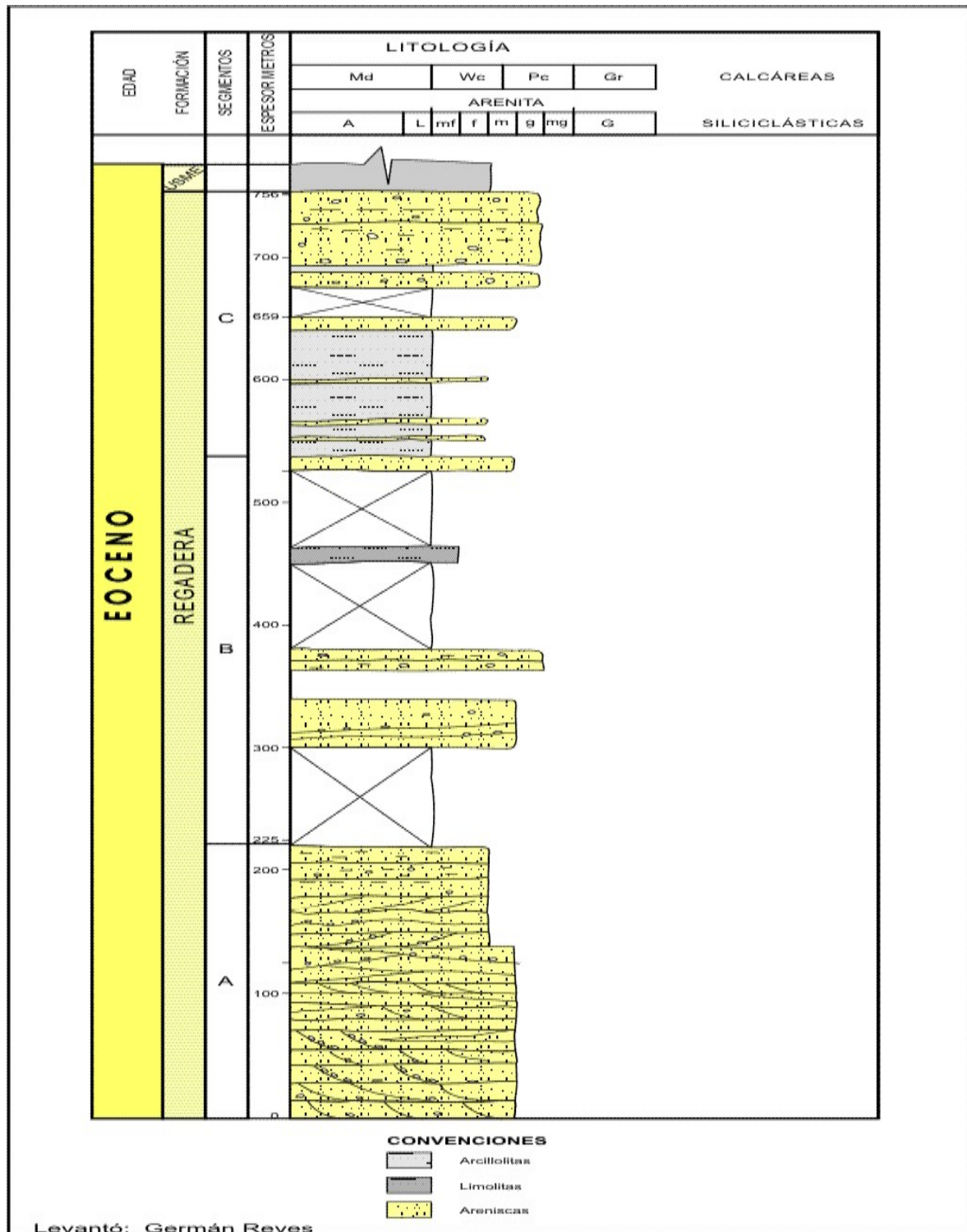


Figura 27. Formación Regadera, sección Quebrada El Chuscas – Usme.

**Segmento C.** Este segmento con un espesor de 220 m, está constituido por arcillolitas de variados colores (gris, verde, rojo y violeta) en capas muy gruesas con intercalaciones esporádicas de areniscas de grano medio. Este segmento termina con un intervalo arenoso, representado por areniscas de grano grueso conglomeráticas en capas medias y gruesas, planas y paralelas.

**Sección del Sisga.** En la vereda Suralá (N:1.054.038 y E:1.045.988) y sobre la carretera el Sisga – Machetá (N:1.055.485 y E:1.046.243), se levantó una sección estratigráfica compuesta, en donde se midieron 660 m (Figura 28), sin aflorar el techo de la unidad al ser recubierta discordantemente por la Formación Tilatá; la morfología que deriva es de tres colinas redondeadas separadas por intervalos limo-arcillosos.

**Segmento A.** Con un espesor de 60 m, es un segmento arenoso; la parte inferior está constituida por capas potentes de areniscas friables de grano muy fino, color blanco, por oxidación toman un color naranja; la parte superior está constituida por capas gruesas de areniscas de grano fino y medio, en ocasiones son separadas por capas delgadas cuneiformes de arcillolitas.

**Segmento B.** Corresponde a un nivel blando, con un espesor de 120 m, los cuales en su mayor parte están cubiertos, por depósitos de pendiente.

**Segmento C.** Con un espesor de 90 m, genera la topografía más abrupta de la unidad y está constituida por areniscas y conglomerados, del cual se explotan arenas y gravas. El segmento empieza con 30 m de intercalaciones de areniscas friables, de grano medio y localmente conglomeráticas, dispuestas en capas gruesas y muy gruesas que presentan estratificación cruzada y en ocasiones separados por capas lenticulares de arcillolita. Le siguen 35 m de bancos macizos de areniscas friables, de grano fino y medio que llegan a ser conglomeráticas (gránulo y guijos (6 mm), de colores blanco, amarillo, naranja y rojo.

La parte superior de este segmento (25 m), comienza con una capa gruesa de conglomerado matriz-soportado y sobre ésta siguen capas de areniscas friables de grano medio y grueso, en ocasiones conglomeráticas, también se presentan capas cuneiformes de arcillolitas.

**Segmento D.** Con un espesor de 390 m, en su parte inferior son lodolitas arenosas de variados colores y les siguen bancos de areniscas friables a macizas, de grano muy fino a medio, algunas conglomeráticas. En la parte más superior se presentan intercalaciones de conglomerados matriz-soportados y grano-soportados con guijos de chert.

**Petrografía.** Las areniscas son inmaduras, presentan tamaños de grano desde fino a grueso, predominando el medio, tiene mala selección y con cemento de óxidos y agregados de arcillas. Composicionalmente son litoarenitas y sublitoarenitas, con cuarzo y líticos de: cuarzoarenitas, chert, volcánicos y metamórficos de cuarcitas y pizarras.

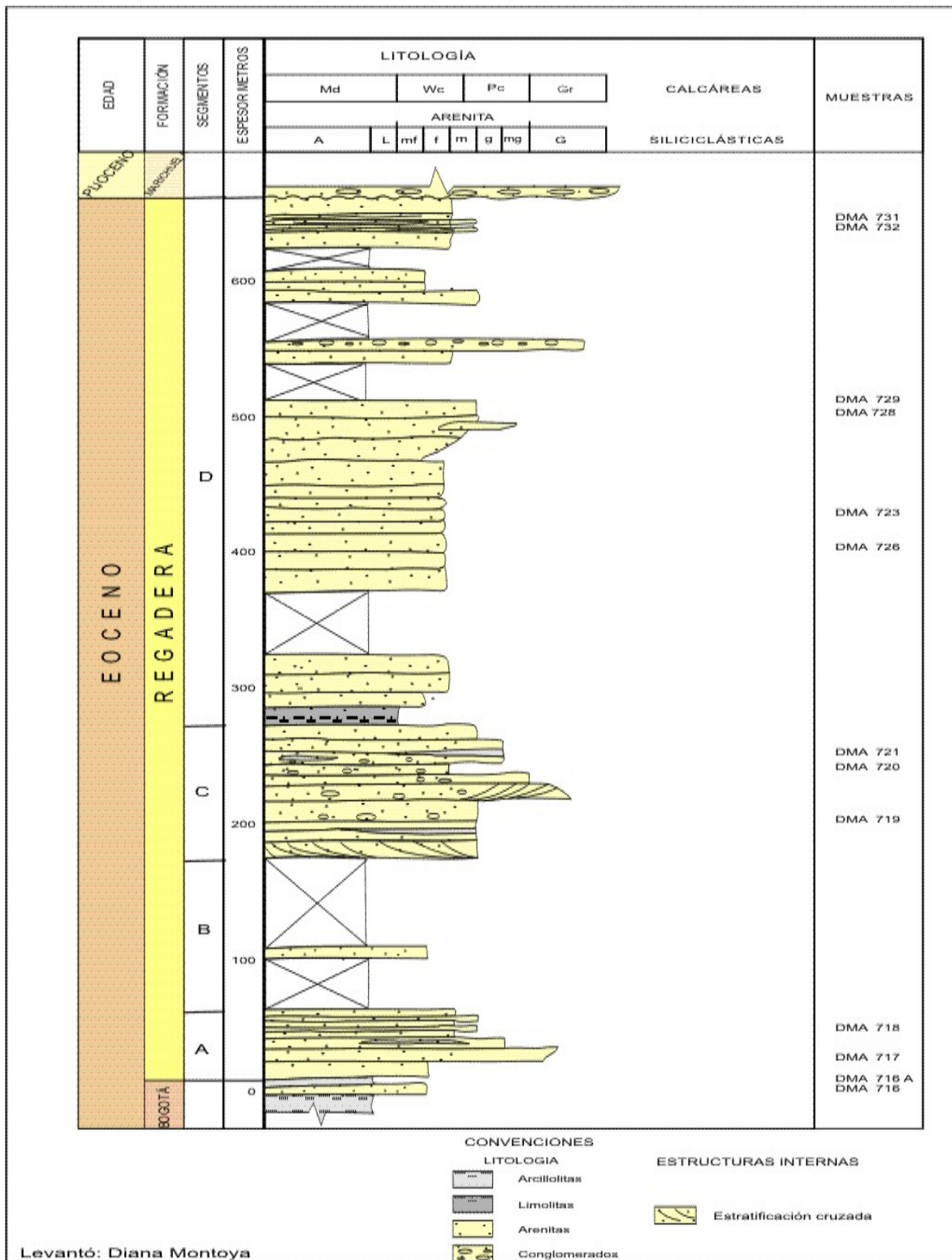


Figura 28. Formación Regadera, sección carretera El Sisga – Machetá.

### 2.10.2 Posición estratigráfica y edad.

El contacto inferior con la Formación Bogotá no fue observado en ninguna de las dos secciones, pero por la disposición de las rocas parece ser concordante; Hoorn *et al* (1987), considera que este contacto es discordante; el contacto superior con la Formación Usme es discordante y en el sinclinal de Sisga es discordante con la Formación Tilatá. Hoorn *et al.* (1987) basados en datos palinológicos le asigna una edad de Eoceno Medio.

## 2.11 CONGLOMERADOS DE GUANDOQUE. (E<sub>3</sub>N<sub>1g</sub>)

En el área de trabajo, en el río Guandoque, localizado en el flanco oriental del sinclinal de Río Frío, se observa un depósito de capas de conglomerados denominados informalmente Conglomerados de Guandoque (Figura 29), los cuales conforman una colina aislada; éste depósito se localiza sobre rocas de la Formación Bogotá y están cubiertos por depósitos fluvio-glaciares.



Figura 29. Morfología de los Conglomerados de Guandoque.

### 2.11.1 Litología

Esta conformado por capas cuneiformes y tabulares de conglomerados intercalados con capas de areniscas conglomeráticas, con un espesor aproximado de 40 m. Los conglomerados son grano soportados, rojizos, compactos, los clastos presentan diversos tamaños, gránulos (4mm) hasta guijos (40mm), son angulosos y están constituidos por calizas, caliza fibrosa, calcita cristalizadas y en mayor proporción rocas lidíticas y areniscas, envueltas en un cemento de óxidos o en una matriz arenosa. Las areniscas son rojizas, conglomeráticas con clastos de tamaño de gránulos (5-8 mm).



### 2.11.2 Posición estratigráfica y edad

Esta unidad se observó sobre la Formación Bogotá, la relación entre ellas es aparentemente concordante, sin embargo podría existir una discordancia debido al proceso que generó este depósito, el cual debió haber sido originado por un proceso erosivo. Debido a su posición, por encima de la Formación Bogotá y la litificación que presenta se le asigna una edad post Eoceno Medio (j).

## 2.12 FORMACIÓN USME

Hubach (1957) define como Formación Usme a la secuencia de origen marino que aflora en el sinclinal del Tunjuelo (sinclinal de Usme en este trabajo), representada por areniscas intercaladas con cascajos y arcillas grises claras. Julivert (1963), distingue dos niveles, el inferior lutítico, con intercalaciones de areniscas y la parte superior areniscas de grano grueso y conglomerados

Hoorn, *et al* (1987) le asigna un espesor de 300 m y diferencia dos miembros con base en la litología y ambiente de depositación; el **inferior** son 100 m de arcillolitas cafés y grises y se considera como el tope la aparición de la primera arenisca. El **miembro superior** compuesto por 200 m de arcillolitas limosas varicoloreadas y areniscas amarillas; en la parte mas superior hay numerosas capas de lignito y remanentes orgánicos.

### 2.12.1 Posición estratigráfica y edad.

La Formación Usme es discordante sobre la Formación Regadera y es cubierta discordantemente por depósitos cuaternarios. La edad de esta formación con base en palinología es Eoceno superior y Oligoceno inferior (Hoorn, *et al.*, 1987).

## 2.13 DEPÓSITOS DE ORIGEN EROSIVO

Se agrupan todos los depósitos originados por proceso de origen erosivo o denudativo y son respuesta de varios eventos, tales como plegamiento y levantamiento de la Cordillera Oriental; estos depósitos han ocurrido desde el Plioceno hasta el Holoceno, se diferencian entre estos las formaciones Marichuela y Chorrera además de los depósitos coluviales.

### 2.13.1 Formación Marichuela (N<sub>1m</sub>)

En el valle de Usme, Helmes & Van der Hammen (1995) observan depósitos que suprayacen rocas precuaternarias y que provienen de un sistema de abanicos que se originan a alturas desde los 3.100 a 3.600 m.s.n.m, estos depósitos son gravas con clastos hasta de tamaño de bloques. Depósitos de este tipo se observan en la región de Usme, La Calera, Laguna del Neusa y en la región del Sisga; en la vereda Suralá.

El origen de estos depósitos se asocia a avalanchas torrenciales inducidas posiblemente por eventos sísmicos o cambios climáticos asociado a lluvias torrenciales; las forman que los caracterizan son lomas bajas y abanicos de morfología alomada de longitudes muy largas, de formas convexas y abruptas (Carvajal *et al.*, 2005)

### 2.13.1.1 Litología

Al nor-occidente del municipio de Chocontá, en la carretera Chocontá-Cucunubá, aflora un depósito de gravas que yace sobre rocas de la Formación Guaduas y que corresponden a la Formación Marichuela; es un depósito de 40 m de bloques matriz soportado que envuelve clastos angulosos a redondeados de areniscas y rocas tipo “*plaeners*”; la matriz es de arena gruesa a conglomerática.

En el flanco oriental del sinclinal del Sisga (vereda Suralá) se expone un depósito con un espesor aproximado de 15 m, que genera una morfología abrupta, es una colina alargada en dirección nor-este, que se extiende por 5 km y reposa sobre la Formación Regadera. Es un depósito caótico, rojizo, constituido por bloques envueltos en una matriz arenoso-gravosa (Figura 30); Kammer (2003), llaman a este depósito formación Suralá, sin embargo en este trabajo se considera que parte de lo que para este autor denomina Suralá en realidad pertenece a la Formación Regadera.



Figura 30. Depósito de gravas de la Formación Marichuela. Carretera Sisga – Mchetá.

### 2.13.1.2 Posición estratigráfica y edad

Para Helmes & Van der Hammen (1995), la formación Marichuela siempre se encuentra sobre rocas del sustrato rocoso (rocas cretácicas), la alta deformación que sufren y el carácter sin-orogénico la sitúan por debajo de la secuencia pliocena-cuaternaria, por lo tanto sería Miocénica. Toro *et al.*, (2003), por huellas de fisión en circones arrojan con

seguridad edades entre 2 y 5 millones de años (m.a) que la colocan en el Plioceno, sin embargo presentan un dato de 8.2 m.a correspondiente al Mioceno (Toro *et al.*, 2003).

### **2.13.2 Formación Chorrera (N<sub>2</sub>ch)**

Helmes & Van der Hammen (1995), denominan Formación Chorrera a los depósitos con sedimentos mal escogidos que van desde fragmentos de roca hasta grandes bloques; son cantos subangulares, de composición de areniscas, embebidos en una matriz arenosa e intercalados arcillas, arenas, gravas y paleosuelos húmicos negros. Presenta deformación leve y afloran en el sinclinal de Río Frío (parte norte) y Río Frío (parte sur, al oriente del Municipio de Subachoque).

En el valle de Subachoque se observan como remanentes de abanicos que buzan suavemente hacia el valle con espesores de hasta 30 m (Helmes & Van der Hammen, 1995), están controlados por tectónica, asociados a ciertos movimientos de falla y levantamiento de la cordillera, lo cual produce material grueso que es transportado y depositado.

Para Carvajal *et al.*, (2005), estos depósitos tienen espesores de 20 a 40 m, están compuestos por bloques de varios tamaños (hasta métricos), angulares que flotan en una matriz arenosa con gravas. Aunque su origen es similar al de la Formación Marichuela (flujos torrenciales gravitacionales), se diferencia de esta por la posición estratigráfica.

#### **2.13.2.1 Posición estratigráfica y edad.**

No se presentan datos palinológicos ni cronológicos sin embargo su posición entre la parte inferior del Tilatá y la formación Río Siecha, la ubican al final del levantamiento de la Cordillera Oriental durante el Plioceno Superior.

### **2.13.3 Depósitos coluviales (Qc).**

Se incluyen en esta denominación a los depósitos de pendientes de origen local, siendo de los más notorios, los observados en el piedemonte del flanco occidental del anticlinal de Bogotá. Los depósitos forman unidades de conos coluviales, conos de taluds, lóbulos de solifluxión y flujos torrenciales.

Los conos coluviales y lóbulos de solifluxión son de longitudes cortas y largas, tienen formas convexas e inclinaciones, suaves o abruptas. Son acumulaciones sobre las laderas por procesos de escorrentía superficial, por flujo lento y viscoso de suelos saturado y no saturado. La litología es de bloques angulares a subangulares de diferentes tamaños embebido en un material arcilloso (Carvajal *et al.*, 2005).

Los conos de taluds se presentan al pie de las zonas escarpadas en forma de cono o lóbulo, son de longitud muy corta a corta, de formas rectas a convexas e inclinadas; se forman

esencialmente por acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por meteorización. La litología es de bloques angulares a subangulares, de variado tamaño, clasto soportados y con matriz arenosa o arcillosa (Carvajal *et al.*, 2005).

## 2.14 DEPÓSITOS DE TIPO ALUVIAL Y LAGUNAR

Dentro de este grupo se presentan depósitos relacionados con el relleno de la Sabana de Bogotá mediante la acumulación de sedimentos por ríos y lagunas; se diferencian las siguientes formaciones Subachoque, Río Tunjuelito, Sabana y Chía.

### 2.14.1 Formación Tilatá (N<sub>1t</sub>)

Scheibe (1933), dio el nombre de piso de Tilatá a un conjunto de areniscas de grano grueso, lecho-cascajosos con clastos de cuarzo y de “*plaeners*” que afloran en la Hacienda Tilatá en la represa del Sisga. Hubach (1957) la elevó al rango de Formación y la estudió en lo que llamó cuenca de Chocontá – Villapinzón.

Julivert (1961) en el estudio de la Sabana de Bogotá, llama Formación Tilatá a una terraza alta con sedimentos lacustres y para Helms & Van der Hammen (1995), la Formación Tilatá esta subdivida en los miembros Tequendama, Tibagota (Tilatá inferior) y Guasca (Tilatá Superior).

En el área de trabajo se designa Formación Tilatá 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.

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.

El origen de estos depósitos esta asociado con la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguas muy disectados y localmente tectonizados (Carvajal *et al.*, 2005).

#### 2.14.1.1 Litología

En el sector occidental del Sinclinal de Sisga, en la vía Chocontá – Cucunubá (N:1.061.454 y E:1.041.683), se levantó una sección de la Formación Tilatá, con un espesor de 83 m (Figura 31), es una secuencia de gravas y arenas, en donde se diferenciaron dos segmentos.

**Segmento A.** Es un segmento arenoso, 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 matriz-soportadas. En la parte superior se presentan intercalaciones de arenas de grano fino y arenas de grano muy fino, dispuestas en capas medias.

Las capas de arenas en general son granocrecientes hasta llegar a ser gravas de guijarros (20 mm), tienen estratificación cruzada, laminación ondulosa o lentes de gravas y en ocasiones granodecrecimiento de arena gruesa a fina.

**Segmento B.** Con 46 m está constituido por capas muy gruesas de gravas grano-soportadas, con tamaño de guijos (5 cm) y guijarros (20 cm), con formas elongadas, subredondeados y con imbricación, los clastos son de areniscas y lilitas. Sobre las anteriores se presenta un intervalo de capas muy gruesas de gravas matriz- soportadas, con clastos de 2 y 4 cm; es común observar lentes de arcillas y capas delgadas cuneiformes de arenas.

#### 2.14.1.2 Posición estratigráfica y edad.

Las relaciones de campo observadas en la zona de estudio definen un contacto discordante sobre rocas paleógenas. 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 mas inferior una edad Mioceno tardío; por consiguiente la edad de la Formación Tilatá es desde el Mioceno tardío al Plioceno Inferior.

#### 2.14.2 Formación Subachoque (Q<sub>1su</sub>)

Estos depósitos se encuentran principalmente en los flancos occidentales de los sinclinales de Subachoque y Guasca. Según Helmens & Van der Hammen (1995) esta formación es suprayacida por la formación Sabana y suprayace a la formación Tilatá o esta directamente sobre rocas pre-cuaternarias.

Para Helmens & Van der Hammen (1995), la formación esta constituida por material fino, arcillas arenosas, orgánicas y turbas-lignitas, que se alternan con arenas arcillosas y gravas, con espesores de 150 m, observado en el corazón del pozo Funza II; para estos autores esta es de ambiente lacustre y fluvial, en donde los sedimentos provienen de un deposito fluvio-glacial y luego retrabajados por procesos fluviales y lacustres.

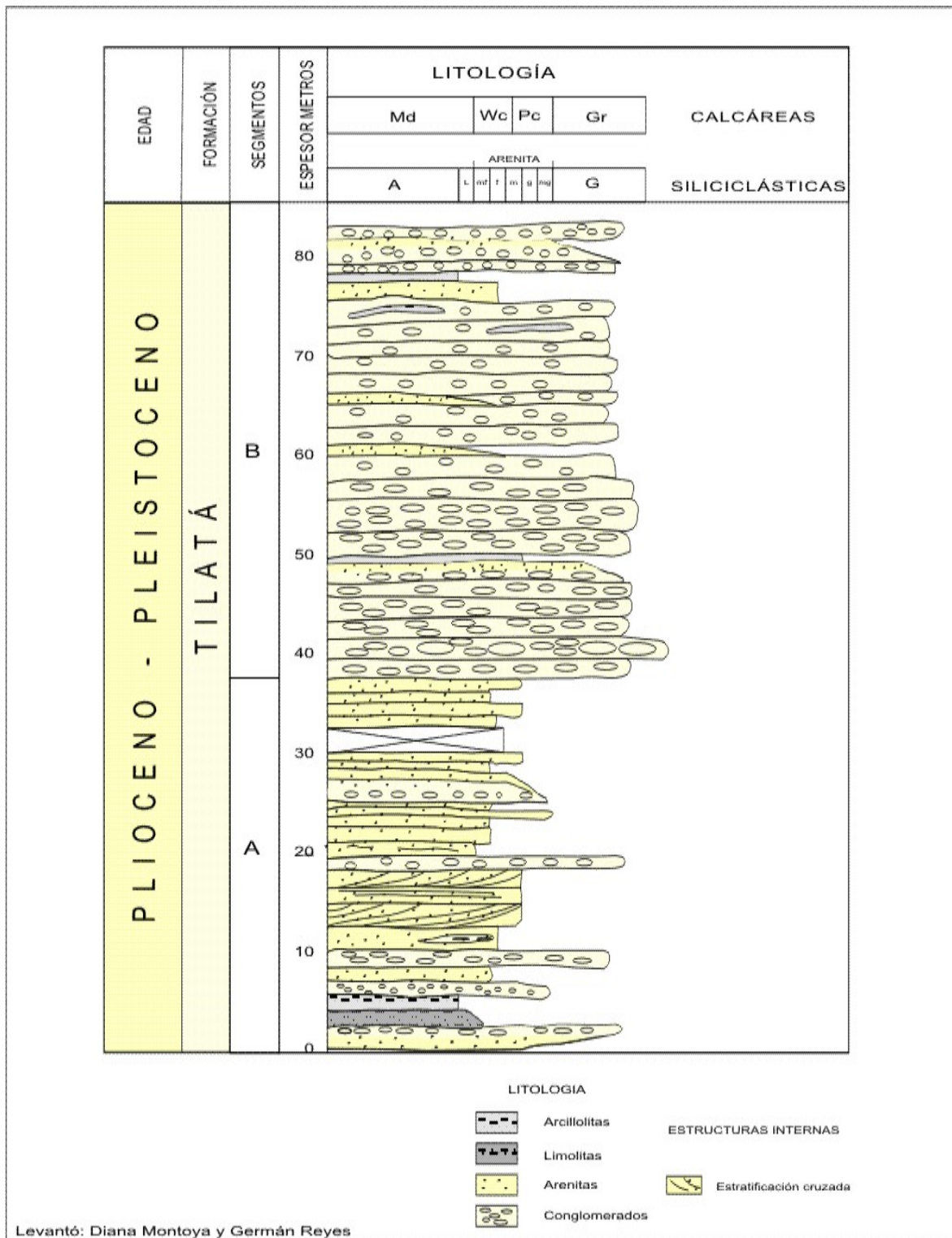


Figura 31. Formación Tilatá. Sección El Crucero, vía Chocontá – Cucunubá.

Para Carvajal *et al.* (2005), esta unidad es un abanico aluvial explayado y aterrizado por varios kilómetros, con suaves pendientes, su origen está asociado con acumulación de material aluvial en una zona plana a la salida de un valle tributario, con gravas al principio del valle y arenas y limos en sus partes más distales.

#### 2.14.2.1 Litología

Helmens & Van der Hammen (1995), describen para la parte alta del valle de Subachoque capas gruesas de gravas, hacia el centro del valle y al sur la litología varía y está constituida por capas gruesas de arenas arcillosas con gravas que se alternan con arcillas ya sean arenosas, orgánicas o ricas en turba.

#### 2.14.2.2 Posición estratigráfica y edad

Dataciones por diversos métodos, huellas de fisión, correlaciones palinológicas y litológicas ubican a la mayor parte de esta formación en el Pleistoceno Temprano; las huellas de fisión arrojan edades desde 2,5 m.a hasta 1 m.a y por cronoestratigrafía correspondería al “funzense” que lo ubica en el Pleistoceno temprano (Helmens & Van der Hammen, 1995).

### 2.14.3 Formación río Tunjuelito (Q<sub>1tu</sub>)

Helmes & Van der Hammen (1995), llaman formación río Tunjuelito al depósito constituido por sedimentos de grano grueso a lo largo de los ríos que cruzan la Sabana de Bogotá, están constituidos por gravas intercaladas de arenas, arcillas y turbas y que están cubiertas por sedimentos de la Formación Chía. Esta formación aflora en el Valle de Guasca, en la zona del río Tunjuelito y en cercanías a la cabecera del municipio de Cagua.

Para Carvajal *et al.* (2005), estos depósitos son de origen fluvial, forman abanicos aluviales explayados y aterrizados con suaves pendientes. Para (Helmens & Van der Hammen, 1995), esta formación está presente en varios niveles de terraza fluviales y son el resultado de depósitos en los valles marginales de la cuenca de la Sabana en donde se depositaron sedimentos arenosos; las gravas son depositadas en los canales a lo largo de los ríos, luego hubo periodos donde se dio sedimentación de material fino desde el centro de la cuenca a estos valles y se depositan arcillas y turbas.

#### 2.14.3.1 Litología

Para Helmes & Van der Hammen (1995), esta formación está caracterizada por secuencias de gravas con intercalaciones de arenas arcillosas, arcillas, arcillas orgánicas y arcillas turbosas; las gravas pueden mostrar gradación, los cantos son redondeados, con diámetros hasta de 40 cm. En ciertas localidades los sedimentos gravosos pueden tener espesores de hasta 80 m (río Tunjuelito).

#### 2.14.3.2 Posición estratigráfica y edad

Estos sedimentos se han encontrado sobre rocas de la formación Marichuela en el río Tunjuelito y son recubiertas por una delgada capa de sedimentos finos de la formación Chía (Helmes & Van der Hammen, 1995). La edad asignada para este depósito es determinada por datos palinológicos y  $^{14}\text{C}$  y le asignan una edad Pleistoceno para la parte mas superior. Sin embargo Van del Hammen (2003), considera que toda la Formación río Tunjuelito cubre todo el Pleistoceno.

#### 2.14.4 Formación Sabana (Q<sub>1sa</sub>)

Se denomina formación Sabana a los depósitos lacustrinos que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Para Helmes & Van der Hammen (1995), esta formación esta constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita.

Para Carvajal *et al.* (2005), este depósito es resultado de un antiguo lago que dejo planicies y deltas lacustrinos, los cuales son extensos, de aspecto aterrazado y con morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por los escarpes de estos.

##### 2.14.4.1 Litología

Para Helmes & Van der Hammen (1995), este depósito tiene por lo menos 320 m (pozo Funza II), esta constituido por sedimentos finos y en los dos metros superiores son suelos constituidos por cenizas volcánicas; en general son arcillolitas grises con locales intercalaciones de arenas finas y niveles delgados de gravas y turbas.

##### 2.14.4.2 Posición estratigráfica y edad

La Formación Sabana se presenta suprayaciendo los sedimentos de la Formación Subachoque y por datos de huellas de fisión,  $^{14}\text{C}$  carbono, indican una edad Pleistoceno medio y tardío (Helmes & Van der Hammen, 1995).

#### 2.14.5 Formación Chía (Q<sub>2ch</sub>)

Helmes & Van der Hammen (1995), denominan formación Chía a los depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos.

##### 2.14.5.1 Litología

El espesor máximo es de 5 m, está constituido por arcillas, en ocasiones pueden ser moteadas (grises y naranja) como se observa en el sector de Chía y localmente pueden



contener limos y en áreas fangosas, arcillas orgánicas diatomíticas (Helmes & Van der Hammen, 1995).

Para Carvajal *et a* (2005), estos depósitos forman terrazas fluviales por erosión, son planas, de suave pendiente y son talladas por la acción de las corrientes fluviales actuales.

#### 2.14.5.2 Posición estratigráfica y edad

La formación Chía suprayace sedimentos de la formación Río Tunjuelito o formación Sabana; los datos de  $^{14}\text{C}$ , arrojan edades del holoceno y hasta de 16.000 años (Van der Hammen, 2005).

### 2.15 DEPÓSITOS DE ORIGEN GLACIAR Y PERIGLACIAR

Las glaciaciones ocurridas en el cuaternario dejaron depósitos en las partes más altas topográficamente de la Sabana de Bogotá, en este trabajo se agrupan en las formaciones río Siecha (origen periglaciario) y Chisacá (de origen glaciario).

#### 2.15.1 Formación río Siecha (Q<sub>1si</sub>)

La Formación Río Siecha aflora como parches en las partes altas de los flancos de los sinclinales de Usme, Sisga, Río Frío; en los anticlinales de Soacha, Bogotá y en los valles de los sinclinales de Guasca, Usme y Neusa.

Son depósitos que se disponen como abanicos que buzanan suavemente a alturas de 3.050 - 2.750 m.s.n.m; están constituidos por gravas con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas, paleosuelos húmicos y capas gruesas con gran cantidad de clastos subangulares, (Helmes & Van der Hammen, 1995).

Para Carvajal *et al.* (2005), estos depósitos son de origen periglaciario, en donde se reconocen abanicos fluvio-glaciares, conos y lóbulos de gelifracción y planicies y abanicos de sobrelavado glaciario.

Los abanicos fluvio-glaciares son de longitud larga, de laderas rectas, convexas e inclinadas; su origen está asociado a corrientes torrenciales producto de deshielo de la parte más distal de una masa glaciaria. Los conos de gelifracción son elongados, largos y formas cóncavas y convexas y son originados por flujos lentos formados durante el congelamiento y deshielo de material superficial en zonas periglaciales. Las planicies son de longitud corta y recta suavemente inclinada (Carvajal *et al.* 2005).

##### 2.15.1.1 Litología

Este depósito está constituido por capas gruesas que van desde gravas redondeadas, mal escogidas con empaquetamiento apretado que se alternan con capas de arcillas orgánicas,

sedimentos arenosos y paleosuelos húmicos. También se presentan capas muy gruesas con bloques y fragmentos subangulares envueltos en una matriz arcillosa.

#### 2.15.1.2 Posición estratigráfica y edad

La formación Río Siecha, se observa sobre rocas del sustrato rocoso (rocas cretácicas), excepto en el área de Guasca en donde recubre otros depósitos cuaternarios. La edad asignada por Helmes & Van der Hammen (1995), con base a  $^{14}\text{C}$ , es Pleistoceno medio o tardío.

#### 2.15.2 Formación Chisacá (Q<sub>2</sub>chi).

Esta formación se encuentra sobre las rocas cretácicas, corresponde a depósitos morrénicos localizados en los anticlinales del Mochuelo, Río Blanco-Machetá y en la parte alta de los flancos del sinclinal de Usme.

Para Helmes y Van der Hammen (1995), estos depósitos de hasta 30 m, se presentan en las altitudes superior 3600 m.s.n.m; en general son depósitos de fragmentos de rocas subangulares que llegan hasta bloques envueltos por sedimentos arenosos y se han diferenciado cuatro complejos morrénicos.

Carvajal *et al* (2005), observa morrenas de ablación, terminal, fondo y lateral. Las morrenas de ablación se originaron por el estancamiento de una masa glaciaria y el progresivo deshielo de la misma, generalmente tiene formas de arcos irregulares y amplios con morfología alomada, con laderas muy cortas, rectas cóncavas e inclinadas.

La morrena terminal se origina por el acarreo de materia en la parte frontal de una lengua glaciaria, son geoformas curvilíneas y alomadas ubicadas transversalmente en la parte final de los valles glaciares (Carvajal *et al.* 2005); las morrenas de fondo está localizadas en los valles glaciares y tienen formas de planicies alomadas y bajas; las morrenas laterales están constituidas por material glaciárico acumulado por lenguas glaciales de material traído por las corrientes laterales del valle glaciario y tienen formas de crestas alomadas, lineales y elongadas (Carvajal *et al.* 2005).

##### 2.15.2.1 Litología

Las morrenas son depósitos de fragmentos de roca subangulares a subredondeados, hasta grandes bloques en una matriz arenosa, los bloques presentan estriaciones, surcos y acanaladuras con forma de media luna; también se presenta arcillas orgánicas en la base (Helmes & Van der Hammen, 1995).

##### 2.15.2.2 Posición estratigráfica y edad

En los paleosuelos húmicos de cenizas se hicieron análisis de  $^{14}\text{C}$  indican Pleistoceno tardío; siendo el sistema de morrenas mas antiguo el del 31.000 años.

### 3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La geometría de la Sabana de Bogotá responde a un sinclinorio en el que las estructuras sinclinales son amplias y continuas; en tanto que los anticlinales son estrechos, discontinuos y muy deformados a causa de las fallas longitudinales de cabalgamiento, acompañados de un diapirismo de sal que provoca rampas, desplazamientos laterales y zonas de transferencia.

Dentro del área de la Sabana de Bogotá se pueden establecer dos estilos estructurales: el primero, localizado en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, al oriente del sinclinal de Checua, las fallas principales son de cabalgamiento, tienen vergencia al Oriente y las otras fallas son de menor importancia y se comportan como retrocabalgamiento con vergencia hacia el Occidente. El segundo estilo estructural se presenta al occidente; está caracterizado por fallas de cabalgamiento con vergencias al Occidente como sistemas imbricados que nacen y son controlados por fallas de dirección noroeste que sirven como rampas laterales, Neusa al Norte y Santa Bárbara-Facatativá, al Sur. Este sistema imbricado es el responsable de la generación de anticlinales estrechos y sinclinales amplios que han sido erodados y que son rellenados por sedimentos cuaternarios conformando la planicie de la Sabana (Figura 32).

Además de las estructuras regionales, existen zonas con diapirismo de sal generalmente localizadas en el núcleo de los anticlinales. El diapirismo es un generador de estructuras muy complejas, interrumpen las fallas y pliegues regionales como es el caso en Zipaquirá y Nemocón, en donde hay bloques de roca de diferentes unidades conectados por fallas de poca extensión y con un angostamiento considerable de los anticlinales. Situación estructural parecida se observa en la serranía que se prolonga desde el sector de Sesquilé hasta el Municipio de La Calera, donde probablemente exista en el subsuelo actividad de diapirismo responsable del angostamiento de la serranía en el sitio denominado como El Salitre (a 10 km al norte de la Caleta) y de la escamación de fallas de cabalgamiento que producen una saliente hacia el oriente entre el Salitre y la Calera.

#### 3.1 ZONA ORIENTAL

Se considera zona oriental, el área localizada al oriente del núcleo del sinclinal de Checua, el trazo del río Bogotá (centro) y del río Tunjuelito (sur). A continuación se hace una descripción de las estructuras más regionales y/o importantes de esta zona:



### 3.1.1 Falla de Suralá

Esta falla es la más oriental de la Sabana, su nombre fue asignado en la plancha 209 (Montoya & Reyes, 2003), se cartografía entre la región del Sisga y el oriente de La Calera.

Tiene una dirección promedio N35<sup>0</sup>E y un buzamiento hacia el Oriente; su movimiento es principalmente inverso, pero no se descarta una componente de rumbo, dado que hay sectores donde las unidades están oblicuas a su trazo, además de la presencia de fuentes termales en zonas cercanas al área (sector del Sisga), que pueden sugerir que la falla sea profunda. Dentro de su movimiento inverso, pone en contacto la parte media de la Formación Labor-Tierna con la Formación Guaduas y en la parte más sur (oriente de La Calera), coloca la Formación Plaeners, con la parte alta de la Formación Guaduas.

### 3.1.2 Falla Chocontá - Pericos

El nombre de Chocontá se propuso en la geología de la plancha 209 (Montoya & Reyes, 2003) y el de Pericos en la cartografía del Cuadrángulo K11 (McLaughling, 1975); se extiende dentro de la Sabana, desde Villapinzón bordeando el flanco occidental del valle de Chocontá y el de Tominé, hasta el sur de la Calera.

La Falla Chocontá-Pericos es inversa, con vergencia al Oriente y sinuosa dado que durante su trayectoria sufre varios cambios de dirección que coinciden con la ocurrencia de bloques muy tectonizados y probablemente rotados (sectores del Sisga, Sopó y La Calera). Las características anteriores permiten subdividirla en 2 tramos:

El tramo norte se observa desde Villapinzón hasta Sopó, es rectilíneo, presenta una dirección N45<sup>0</sup>E, cabalgan la Formaciones Lidita superior, Plaeners y Labor Tierna sobre la Formación Guaduas y genera inversión de estratos y en algunos sectores como en la región de Sisga-Chocontá presenta bloques rotados.

El tramo sur (desde Sopó hasta La Calera), tiene segmentos rectilíneos de dirección N45<sup>0</sup>E y segmentos que forman salientes hacia el oriente; en estas salientes el desplazamiento sobre el plano de falla es mayor, tal como se observa al norte de La Calera, donde cabalga la Formación Chipaque sobre la Formación Cacho, mientras que en el resto de su trazo, cabalgan las Formaciones Plaeners y Labor-Tierna sobre la Formación Guaduas. En las salientes, la dirección de la falla varía de NS a N60<sup>0</sup>E y generalmente presenta retrocabalgamientos asociados (sector de Pericos y Norte del Sisga), dejando bloques levantados con rocas de las Formaciones Lidita Superior, Plaeners y Labor-Tierna, sobre rocas de la Formación Guaduas.

La máxima deformación se presenta en los alrededores de La Calera, donde además de tener el salto mayor hay cambios rápidos de rumbo y a partir de este sector interactúa con la Falla Teusacá y se puede considerar como un retrocabalgamiento de la Falla de Pericos.

Las características de esta falla, tales como los grandes desplazamientos de bloques, su dirección, y prolongación hacia el sector de Tunja puede asociarse a la Falla de Boyacá.

### 3.1.3 Falla de Guatavita

Esta localizada al oriente de la Sabana, entre el embalse del Sisga y el Municipio de Guatavita. Es una falla de cabalgamiento con vergencia al occidente y dirección general  $N45^{\circ}E$ . El segmento norte, es responsable de la generación del anticlinal de San José, donde cabalga la Formación Plaeners de este anticlinal sobre la Formación Guaduas del sinclinal de Sesquilé y el segmento sur, genera el anticlinal de Guatavita y cabalga la Formación Arenisca Dura sobre la Formación Guaduas del sinclinal de Sisga; estos dos segmentos se separan por un tramo de la falla con dirección  $N50^{\circ}W$  que se comporta como una rampa lateral.

### 3.1.4 Sistema de Fallas de Villapinzón

Se designa con este nombre a las fallas de Farasia y Villapinzón (Montoya & Reyes, 2003) localizadas al Norte de la Sabana, son fallas inversas con vergencia al occidente y que afectan los anticlinales de Chocontá y Ventaquemada. Se extienden desde Chocontá hacia el norte (plancha 190), con una dirección preferencial  $N40^{\circ}E$ . Estas fallas repiten secuencia principalmente de la Formación Lidita superior y de la parte media a alta de la Formación Conejo, las cuales cabalgan sobre la parte media de la Formación Labor-Tierna y sobre la Formación Plaeners. La falla más oriental (Villapinzón), además de generar repetición de la secuencia en la Formación Lidita Superior, al norte por el cierre del anticlinal de Chocontá, coloca en contacto a las Formaciones Churuvita, Simijaca y La Frontera del anticlinal de Ventaquemada con la Formación Conejo del anticlinal de Chocontá.

### 3.1.5 Falla de Nemocón

Localizada en la parte central norte de la Sabana, presenta un rumbo variable entre  $N20-60^{\circ}E$  y una vergencia al oriente. Se inicia al sur en el área fallada de Nemocón y se extiende hacia el norte bordeando el anticlinal de Guachaneca; esta falla se cartografía hasta la plancha 190. Su salto más grande, esta entre Nemocón y Suesca, donde pone en contacto rocas de la Formación Conejo del anticlinal de Nemocón con las Formaciones Guaduas y Cacho del sinclinal de Suesca, con una geometría típica de falla de cabalgamiento. Los cambios de dirección generan saltos variables siendo más importantes cuando éstos son más nororientales.

### 3.1.6 Falla de Teusacá

Nombre utilizado en la cartografía del cuadrángulo K11 (McLaughlin, 1975), se extiende bordeando el flanco oriental del valle del río Teusacá, desde el sector de el Salitre hasta el límite suroriente del área de la Sabana de Bogota, hacia el Norte es probable que se proyecte por debajo de los depósitos cuaternarios.

Su trazo presenta muchas variaciones; al Sur es  $N10^{\circ}E$ , cerca de la localidad de La Calera cambia hasta casi E-W y en el tramo Norte varía de  $10^{\circ}E$  a  $N10^{\circ}W$ . Es una falla inversa

con vergencia al Occidente, coloca las unidades de Arenisca Dura, Plaeners y Labor – Tierna contra la Formación Guaduas.

La Falla Pericos presenta la máxima deformación en los alrededores de La Calera, donde presenta un salto grande, pone en contacto rocas de la Formación Dura sobre la Formación Guaduas y hay cambios rápidos en el rumbo y aquí la Falla de Teusacá parece ser un retrocabalgamiento de la Falla Pericos, pero al Sur, el trazo de la Falla Teusacá continua en tanto que la de Pericos parece terminar en ella; de esta forma podemos considerar una transferencia de la deformación entre las dos fallas que se manifiesta donde se genera la máxima perturbación tectónica.

### **3.1.7 Falla de Bogotá**

La Falla de Bogotá bordea los cerros orientales de la Sabana (Monserrate y Guadalupe) y se extiende desde el Páramo de Sumapaz al sur de la Sabana hasta el norte de la ciudad de Bogotá y probablemente continúe más al norte fosilizada por los depósitos cuaternarios. Esta falla presenta un rumbo general N10<sup>0</sup>E y es inversa con vergencia al Occidente; desde el sector de Usme hasta Usaquén, el salto va disminuyendo progresivamente, es así como al sur cabalgan rocas de la Formación Labor-Tierna sobre rocas de la Formación Bogotá (Usme) y luego sobre las formaciones Cacho y Guaduas hasta desaparecer las evidencias de la falla.

En el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá (INGEOMINAS, 1996), no se encontraron indicios de actividad reciente, por lo que fue catalogada como de actividad incierta.

### **3.1.8 Falla del Río Tunjuelo**

Nombre utilizado en la cartografía de la plancha 246 (Acosta & Ulloa, 1998) y es equivalente a la Falla del río Tunjuelito usado por INGEOMINAS (1995) y Caro *et al.* (1997). Según estos autores la falla sigue aproximadamente el curso del río Tunjuelito, con un rumbo general de N5<sup>0</sup>E y un plano inclinado al occidente; afecta el contacto entre las unidades Regadera y Usme, destacándose su trazo morfológicamente.

De acuerdo con la cartografía de la plancha 246 (Acosta & Ulloa, 1998), esta ubicada dentro del sinclinal de Usme, desde el embalse de la Regadera hasta la localidad de Usme, igualmente no se observa una clara afectación de las unidades cartografiadas (Regadera y Usme), por lo que su salto no sería muy importante; no obstante dentro del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (INGEOMINAS, 1995), reporta indicios moderados de actividad neotectónica, frente a la localidad de Usme.

### 3.1.9 Sinclinal del Sisga

Corresponde con la estructura sinclinal denominada Siecha-Sisga, en la cartografía del cuadrángulo K11. Esta estructura está localizada al nororiente de Sabana, se extiende a lo largo del valle entre Guasca, el embalse del Sisga y la localidad de Villapinzón. Regionalmente presenta una orientación  $N40^{\circ}E$ , con algunas variaciones locales; en su núcleo, se encuentran los depósitos de gravas y arenas de la Formación Tilatá y en sus flancos están las unidades paleógenas, Guaduas, Cacho, Bogotá y Regadera; tanto al oriente como al occidente está limitado por fallas inversas (Chocontá y Suralá) con vergencia hacia el sinclinal, provocando inversiones especialmente en la región del Sisga. Al sur en la región de Guasca, su eje cambia a  $N60^{\circ}E$  y aunque hay cierre estructural en rocas de la Formación Regadera, termina contra la falla de Chocontá – Pericos.

### 3.1.10 Sinclinal de Sesquilé

Nombre adoptado en la cartografía del cuadrángulo K11, para la estructura sinclinal que se extiende desde el suroccidente de la localidad de Guasca, continúa por el embalse de Tominé y termina al occidente de Chocontá. El núcleo está cubierto por depósitos cuaternarios en Tominé y está en rocas de la Formación Bogotá, cerca a Chocontá, los flancos están ocupados por rocas de las Formaciones Cacho y Guaduas; al sur no es fácil su identificación debido a que esta su núcleo cubierto, pero al parecer termina al occidente de Guasca.

Al Sur la orientación es  $N10^{\circ}E$ , en Sesquilé cambia a  $N50^{\circ}E$  y al Norte es  $N30^{\circ}E$ ; estos cambios obedecen a los movimientos de la Falla de Chocontá que corta esta estructura cerca de Sesquilé y genera al sinclinal un desplazamiento y un curvamiento en sentido dextral. Por el embalse de Tominé el sinclinal es asimétrico con el flanco occidental más inclinado e invertido y en el norte es simétrico hasta terminar en la Falla de Chocontá.

### 3.1.11 Sinclinal de Suesca – Teusacá

Nombre utilizado en la cartografía del cuadrángulo K11, para el sinclinal que se extiende por el valle del río Teusacá al sur de La Calera (rumbo  $N10^{\circ}E$ ), sigue por el valle del río Bogotá, entre las localidades de Tocancipá y Suesca ( $N40^{\circ}E$ ) y al norte por la vereda Tibitá hacia la plancha 190, donde fue denominado sinclinal de Albarracín.

Es un sinclinal asimétrico con sus flancos por sectores invertidos, el núcleo está en rocas de las Formaciones Bogotá y Cacho y en sus flancos aflora la Formación Guaduas; esta estructura en general es muy angosta (menos de 3 km), está limitada en sus flancos por las fallas de Nemocón y Suesca, las cuales controlan su amplitud a tal punto que casi desaparece al norte de la localidad de Suesca, sin embargo entre las localidades de Suesca y Sopó la estructura está rellena por depósitos cuaternarios y aquí su amplitud puede llegar a los 6 km, mientras al sur de Sopó está limitado en su flanco oriental por las fallas de Teusacá y el flanco occidental, por una falla inversa de vergencia al Oriente. .



### 3.1.12 Sinclinal de Checua

Denominación usada en la cartografía del cuadrángulo K11, para la estructura sinclinal localizada entre las localidades de Zipaquirá y Lenguaque (Figura 33) y que hacia el norte continúa en la plancha 190 con el nombre de Guachetá. Es una estructura asimétrica, con el flanco oriental más inclinado y en ocasiones invertido por efecto de la Falla de Cucunubá. Hacia el Sur, el sinclinal de Checua muestra algunos plegamientos menores y es cubierto por depósitos cuaternarios de la Sabana de Bogotá. El núcleo está en rocas de la

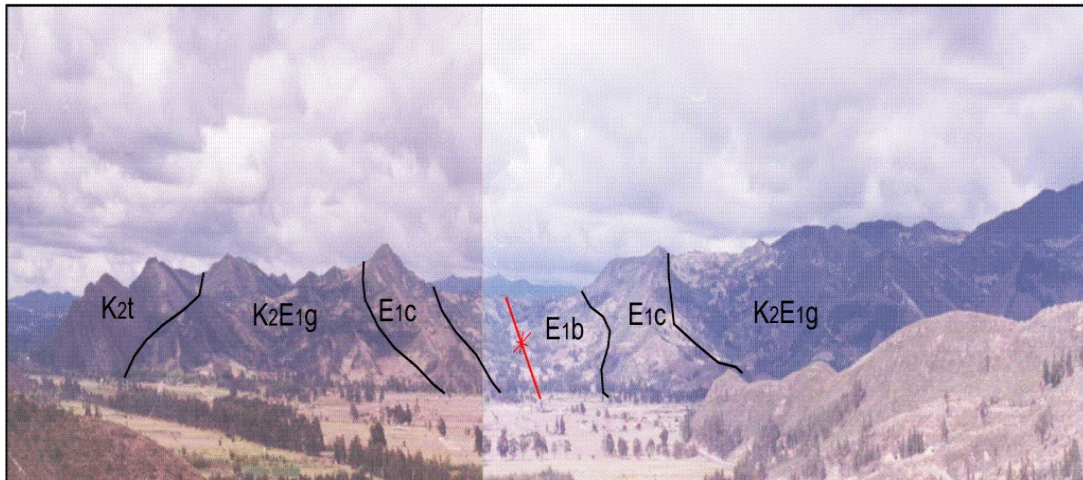


Figura 33. Sinclinal de Checua en la localidad de Cucunubá.

Formación Bogotá y en los flancos las Formaciones Cacho y Guaduas. Regionalmente se puede pensar en su continuidad hacia el sur de la Sabana entre la serranía de Chía-Cota y los cerros orientales de Bogotá y de no existir fallas con desplazamientos importantes fosilizadas en el centro de la Sabana podría tener una conexión con el sinclinal de Usme.

### 3.1.13 Sinclinal de Usme

Nombre utilizado ampliamente (Julivert, 1963, Acosta & Ulloa, 1998), para referirse a la estructura al sur de la Sabana de Bogotá. Está localizado desde el sur de Bogotá hacia el Páramo de Sumapáz, a lo largo del río Tunjuelito, con rumbo en su eje de N10°E y amplitud variable, entre 6 y 12 km.

Su núcleo alberga la secuencia terciaria más completa de la Sabana de Bogotá, con las formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá, Regadera y Usme. El flanco oriental está afectado por la falla de Bogotá, que ocasiona inversiones de estratos y por ende hace esta estructura asimétrica, ya que el flanco occidental solo está fallado en la porción más norte mientras al sur los buzamientos son suaves y presenta un cierre estructural en las formaciones Usme y Regadera al sur del embalse de Chisacá.

Aunque no es muy evidente, se ha establecido por INGEOMINAS (1995), que cerca del núcleo está afectado por la falla del río Tunjuelo.

### **3.1.14 Anticlinal de Chocontá**

Nombre utilizado en la cartografía del cuadrángulo K11 para designar a la estructura anticlinal localizada entre la localidad de Chocontá y el sitio Albarracín al nororiente de la Sabana de Bogotá y que se extiende hacia el norte en la plancha 190. Es una estructura asimétrica en el sector sur, está tumbado hacia el occidente y su eje tiene una orientación  $N40^{\circ}E$ , con el núcleo en la Formación Conejo y sus flancos limitados por fallas; en la región de Chocontá presenta cabeceo y termina en la Falla de Villapinzón.

### **3.1.15 Anticlinal Sopó-Sesquilé**

Nombre utilizado en la cartografía del cuadrángulo K11 (McLaughlin, 1975), para la estructura anticlinal localizada desde el Municipio de Sesquilé hacia el sur, entre la localidad de Gachancipá y el embalse de Tominé y continúa hacia la plancha 228. Es una estructura asimétrica con el flanco occidental menos inclinado que el oriental, el cual localmente presenta inversiones debidas a que esta limitado por la Falla de Chocontá. En su núcleo aparece la Formación Arenisca Dura y en los flancos Plaeners y Labor-Tierna.

Aunque como estructura anticlinal con sus dos flancos cartografiados, solo se puede identificar entre Sopo y Sesquilé, al sur de Sopo, la serranía que forma sigue estando presente entre Sopó y La Calera, pero fragmentada y con pedazos de flancos de la estructura, esto a causa de la deformación ocasionada por la falla de Chocontá – Pericos y otras relacionadas; de esta forma entre Sopo y el sitio de El Salitre hay un angostamiento morfológico y esta presente lo que sería el flanco oriental del anticlinal; entre el sitio El Salitre y La Calera la serranía vuelve a ensancharse, para luego decrecer cerca de La Calera y continuar hacia el sur perdiendo prominencia, en este sector afloran rocas cretácicas que por su disposición harían parte del flanco occidental del anticlinal.

Al norte de Sesquilé, aunque no hay conexión directa podría ser continuidad del anticlinal de Suesca, que es una estructura asimétrica con su flanco oriental menos inclinado y más extenso y ocupado por las rocas de la Formación Labor-Tierna.

### **3.1.16 Anticlinal de Bogotá**

Esta denominación ha sido usada ampliamente, para designar el anticlinal situado en los cerros orientales de Bogotá, entre el Alto de Chipaque y la vereda el Hato, sobre la carretera Bogotá – La Calera (McLaughlin, 1975); en el presente trabajo se une al anticlinal de Bogotá con el anticlinal de Usaquén (McLaughlin, 1975), dada la continuidad de los cerros hacia el norte, y que en general es una estructura anticlinal, hasta la vereda Hato Grande al oriente de Cajicá, con algunas pequeñas interrupciones por fallas.

Haciendo una interpretación regional dentro de la Sabana se puede relacionar morfológicamente estos cerros orientales con los cerros aislados de Tibitó y los cerros que se forman por el anticlinal de Nemocón; de esta forma se puede considerar una estructura anticlinal segmentada conformada por los conocidos anticlinales de Bogotá, Usaquén y Nemocón.

El núcleo de esta gran estructura esta en rocas de la Formación Chipaque o en las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor Tierna, el eje tiene un rumbo de N10<sup>0</sup>E, entre Bogotá y Tibitó y cambia a N50<sup>0</sup>E en el sector de Nemocón.

Los flancos usualmente están afectados por fallas, como la de Bogotá que afecta el flanco occidental y la falla de Nemocón que afecta el flanco oriental. La segmentación que se produce en la región de Tibitó y el cierre estructural al sur de Nemocón puede ser debido a diapirismo de sal y que se manifiesta en superficie cerca de ahí en las localidades de Zipaquirá y Nemocón.

### **3.2 ZONA OCCIDENTAL**

Esta zona esta comprendida al occidente del sinclinal de Checua, el trazo del río Bogotá y al sur el trazo del río Tunjuelito.

#### **3.2.1 Falla de Sutatausa**

Montoya y Reyes (2003), en la plancha 209 Zipaquirá, designan con este nombre a la falla que se extiende desde la Falla de Neusa, hacia el norte por el embalse del mismo nombre, hacia la plancha 209 Zipaquirá y 190 Chiquinquirá con rumbo preferencial de N45<sup>0</sup>E.

Esta falla tiene una vergencia al occidente y las inclinaciones de las capas sugieren un ángulo alto. Al sur pone en contacto el anticlinal de Tausa y el sinclinal de Neusa, sin que sea claro un desplazamiento importante, pero al norte (fuera del área de la Sabana) por el cierre estructural del sinclinal de Neusa, capas cada vez más antiguas del Grupo Guadalupe y la Formación Conejo están en contacto por medio de esta falla, con la Formación Lidita Superior y con el techo de la Formación Conejo del anticlinal de Tausa. Esta relación podría sugerir un arrastre generado por un movimiento transcurrente dextral ya que la importancia de esta falla radica en que coloca unidades coetáneas pero de ambientes diferentes en contacto, como es el caso de las formaciones Arenisca Dura y Lidita Superior; hecho que hace pensar en un desplazamiento horizontal considerable.

#### **3.2.2 Sistema de Carupa**

Se considera Sistema de Carupa a la Falla de Carupa y a 2 fallas al occidente de esta (Ulloa & Rodríguez, 1991; Montoya & Reyes, 2003), localizadas en la parte norte de la sabana y que se originan en la Falla de Neusa y se prolongan con rumbo N40<sup>0</sup>E hacia el norte en la plancha 190 (Chiquinquirá).

Estas fallas son de cabalgamiento con vergencia al occidente, colocan en contacto la Formación Plaeners con la parte media de la Formación Guaduas, genera repliegues e inversiones que pueden ser observados sobre la carretera Ubaté-Carupa.

### **3.2.3 Falla El Porvenir**

Nombre tomado de Velandia & Bermoudes (2002), para referirse a la estructura que es la continuación por debajo de los depósitos cuaternarios de la falla que bordea por el occidente a la serranía de Chía – Cota y que se extiende hacia el norte hasta Zipaquirá.

Es una falla inversa con vergencia al occidente, en su parte sur se localiza debajo de depósitos cuaternarios, pero es la responsable del levantamiento de la serranía de Chía colocando la Formación Conejo al nivel de los depósitos cuaternarios. En el sector norte desde la carretera Tabio-Cajicá, hacia Zipaquirá, su trazo entra a afectar rocas de las formaciones Dura, Plaeners y Labor-Tierna, esta última cabalga sobre la Formación Guaduas, en este sentido su desplazamiento va siendo menos importante y en Zipaquirá queda involucrada en el complejo bloque fallado que existe a causa del diapirismo de sal.

### **3.2.4 Falla Chital**

Nombre utilizado en las planchas 208 (Acosta & Ulloa, 2001) y 209 (Montoya & Reyes, 2003), está localizada al noroccidente de la Sabana, bordeando el flanco oriental de la serranía de Tabio – Tenjo. Al Sur, en algunos sectores, presenta una dirección  $N5^{\circ}E$ , en la parte central  $N5-15^{\circ}E$  y al Norte cambia a  $N50^{\circ}W$ ; es una falla inversa con vergencia al oriente, con movimiento transcurrente sinextral en el Norte, donde coinciden con un lineamiento NW que comienza en la zona de salinas de Zipaquirá y continúa hacia la región de la localidad de Pacho (plancha 208). Dentro de su movimiento inverso cabalgan rocas de la Formación Arenisca Dura sobre rocas de la Formación Guaduas. Al sur de la localidad de Tabio esta falla queda fosilizada por depósitos cuaternarios y para Velandia & Bermoudes (2002) probablemente continué hacia la Falla Mosquera que definió en el centro de la Sabana.

### **3.2.5 Falla de Subachoque**

Se denomina con este nombre a la falla que bordea el flanco occidental de la serranía de Tabio – Tenjo, desde la falla Chital al norte y se extiende por debajo del relleno cuaternario en la parte central de la Sabana. Es una falla con rumbo  $N10-45^{\circ}E$ , inversa, con vergencia al occidente y pone en contacto rocas de las formaciones Labor-Tierna, Plaeners y Dura sobre las rocas de la Formación Guaduas. De esta falla se desprenden 2 fallas menores que atraviesan la serranía con rumbo  $N60^{\circ}E$  y terminan en la Falla Chital entre las localidades de Tabio y Tenjo.

### 3.2.6 Sistema de Fallas de Soacha

Este sistema está localizado al oriente de la Falla de Sibaté hasta el flanco oriental del Anticlinal de Mochuelo y que involucra además el anticlinal de Soacha y el sinclinal del mismo nombre; está conformado por varias fallas que generan un bloque levantado muy fragmentado con pliegues discontinuos tumbados y con ejes oblicuos. En este sistema se destacan las fallas con dirección norte-sur como la de Cajitas y Sibaté y nor-oeste como la de Santa Bárbara.

#### 3.2.6.1 Falla de Cajitas

Se adopta este nombre de acuerdo a Acosta & Hernández (2000) y que corresponde a la denominada Falla La Cajita (INGEOMINAS, 1995), Falla de La Cajita o Falla Cajita de Acosta & Ulloa (1998). Su mejor expresión se encuentra en el Páramo de Sumapáz (fuera del área), al oriente de la localidad de Pasca, donde se han reportado rasgos de actividad neotectónica (Acosta & Hernández, 2000).

Se postula en este trabajo que la Falla Cajitas entra a la sabana bordeando el flanco oriental del sinclinal de Soacha, con un comportamiento inverso de vergencia al occidente, colocando a las formaciones Labor-Tierna, Plaeners y Arenisca Dura, sobre la Formación Guaduas; de Soacha hacia el norte queda cubierta por los depósitos cuaternarios de la Sabana.

#### 3.2.6.2 Falla de Sibaté

Se asigna este nombre a la falla localizada al oriente de la población de Sibaté y marca un cambio morfológico en el contacto del anticlinal de Soacha con el sinclinal de Sibaté. De la localidad de Soacha hacia el Sur tiene un rumbo  $N10^{\circ}W$ , pero hacia el sur frente a la localidad de Sibaté se bifurca, su trazo principal toma un rumbo  $N45^{\circ}E$  y el segundo  $N10^{\circ}E$ . Se comporta como una falla inversa con vergencia al Occidente, y coloca rocas de la Formación Arenisca Dura o de la Formación Plaeners sobre rocas de la Formación Labor – Tierna o repite esta última. Al norte de Soacha puede continuar por debajo de los depósitos cuaternarios de la Sabana.

#### 3.2.6.3 Falla de Santa Bárbara

Nombre adoptado en la cartografía de la plancha 227 (Acosta y Ulloa, 2001), esta localizada al Suroccidente de la Sabana, en la región de Mondoñedo y Soacha y su identificación se logra dentro de las unidades del grupo Guadalupe.

El trazo de esta falla tiene una dirección Suroriente Noroeste y presenta un movimiento trascorrente sinextral, se observa en la localidad de Soacha (parte norte del anticlinal de Soacha), hasta encontrarse con las fallas de Cajitas y afecta al anticlinal de Mochuelo; esta estructura corresponde con la falla de Las Delicias definida en la plancha 246 (Acosta & Ulloa, 1998).

El trazo de esta falla se puede continuar hacia la localidad de Mondoñedo con un rumbo N45<sup>0</sup>W y se comporta como una falla inversa con vergencia al suroccidente con un importante componente trascurrente sinextral. Esta falla dentro de su movimiento inverso repite parte de la secuencia del grupo Guadalupe y dentro del movimiento trascurrente sirve de despegue de los cabalgamientos de los sistemas de fallas de Mondoñedo y Soacha.

Esta falla divide el sector de Mondoñedo y Soacha en dos bloques, el bloque sur se caracteriza por ser montañoso con las estructuras en dirección noreste, plegadas y falladas y en el bloque norte se desarrollaron fallas de cabalgamiento con vergencia al occidente que estarían relacionadas con el ensanchamiento de la estructura de la Sabana. Estas características permiten considerar a esta falla el límite sur del altiplano de la Sabana de Bogotá.

### **3.2.7 Sistema de Fallas del Tequendama**

En este sistema incluimos 3 fallas inversas localizadas entre el embalse del Muña y el Salto de Tequendama, con vergencia al occidente que repiten la secuencia de las unidades del grupo Guadalupe (Dura, Plaeners y Labor - Tierna) y en algunos sectores cabalgan, estas rocas sobre la formación Guaduas. En el sector del alto de San Miguel, se juntan y tienen un rumbo N-S, al norte del río Bogotá el rumbo es N30<sup>0</sup>W y luego se pueden asociar a la Falla de Santa Bárbara.

### **3.2.8 Sistema de Fallas de Mondoñedo**

Esta conformado por al menos 4 fallas que se desprenden de la falla de Santa Bárbara hacia el Noroccidente hasta localidad de Bojacá y que afectan las rocas aflorantes en la región de Mondoñedo. El rumbo varía de N10<sup>0</sup>W a N40<sup>0</sup>W y aunque su salto vertical es notorio como fallas inversas con vergencia al Occidente, presentan movimientos trascurrentes sinestrales. Este movimiento combinado genera escamación tectónica y pliegues con buzamientos suaves de corta longitud (5 km.).

### **3.2.9 Sistema de Fallas transversales.**

Fallas de este tipo se han reconocido afectando las rocas pre-neógenas, como la falla de Neusa (Montoya & Reyes, 2003), que se comporta como una falla trascurrente sinextral, desplazando las estructuras y dando lugar al despegue del Sistema de Fallas de Carupa y la Falla de Santa Bárbara que también es una falla trascurrente sinextral.

Otras fallas de este tipo (rumbo N45<sup>0</sup>W), se han observado en la Sabana de Bogotá, las cuales ocasionan cambios bruscos en el rumbo de las fallas longitudinales de dirección Norte-Sur a nororiental; éstas con frecuencia son interrumpidas.

En la localidad de Facatativa se observa un lineamiento de dirección N45<sup>0</sup>W, cubierto por depósitos cuaternarios, pero que establece una discontinuidad entre las estructuras

longitudinales (NE), por lo que se considera una falla con características similares a la de Santa Bárbara.

Otros sectores fallados pequeños, para algunos autores son de gran importancia por la conexión regional de mas de uno de ellos como es el caso de la Falla de El Salitre de Velandia & Bermoudes (2002), que une la zona fallada de Zipaquirá, con la curvatura de la Falla de Chital sobre la vía Zipaquirá – Pacho y la terminación del anticlinal de Bogotá; otro caso es el de considerar algunas fallas en zonas terminales de estructuras o serranías como la falla Rodadero de Velandia & Bermoudes (2002) o la falla de San Cristóbal de Caro y otros (1997) y que se trazan por debajo de las unidades cuaternarios asumiendo espesores diferenciales de los depósitos a los lados de la falla. En este trabajo estas últimas fallas no fueron consideradas debido a que no se encontraron rasgos determinantes de su presencia.

### **3.2.10 Sinclinal de Río Frío**

Nombre utilizado en las cartografías del cuadrángulo K11 y plancha 227. Está localizado al Noroccidente de la Sabana y su eje con rumbo N-S a  $N40^{\circ}E$ , cruza al oriente de las localidades de Tabio y Tenjo. Tanto al Sur como al Norte es una estructura amplia con el núcleo en rocas de la Formación Bogotá y con depósitos fluvioglaciares y de coluvión; en la parte central se angosta considerablemente por las entrantes que hacen las unidades cretácicas a través de las fallas el Porvenir y Chital. Al sur de Tenjo su continuidad se considera asociada a la terminación de la serranía de Tabio-Tenjo (flanco occidental) y la serranía de Chía-Cota (flanco oriental).

### **3.2.11 Sinclinal de Subachoque**

Nombre utilizado en la cartografía de la plancha 227 (Acosta *et al.*, 2001). Está localizado al occidente de la Sabana a lo largo del valle del río Subachoque, se extiende desde la localidad de El Rosal (al sur), hasta el límite de la Sabana (Figura 34).

Esta estructura va haciendo un cierre estructural al norte, sin embargo se puede subdividir en dos, al norte con una orientación  $N15^{\circ}E$ , presenta su flanco oriental normal pero el flanco occidental esta afectado por una falla inversa con vergencia al oriente. El sector sur, localizado al sur de la localidad de Subachoque, cambia su orientación a  $N45^{\circ}E$  y es el flanco oriental el que esta deformado por acción de la falla de Subachoque, presentando capas invertidas a menudo y generando el anticlinal de Caldas; en tanto el flanco occidental esta menos deformado y en posición normal.

En los flancos afloran las formaciones Guaduas y Labor-Tierna y en su núcleo principalmente la Formación Guaduas, pero esta muy cubierto por depósitos recientes, su terminación sur se considera donde pierde su expresión la serranía de Tabio-Tenjo.

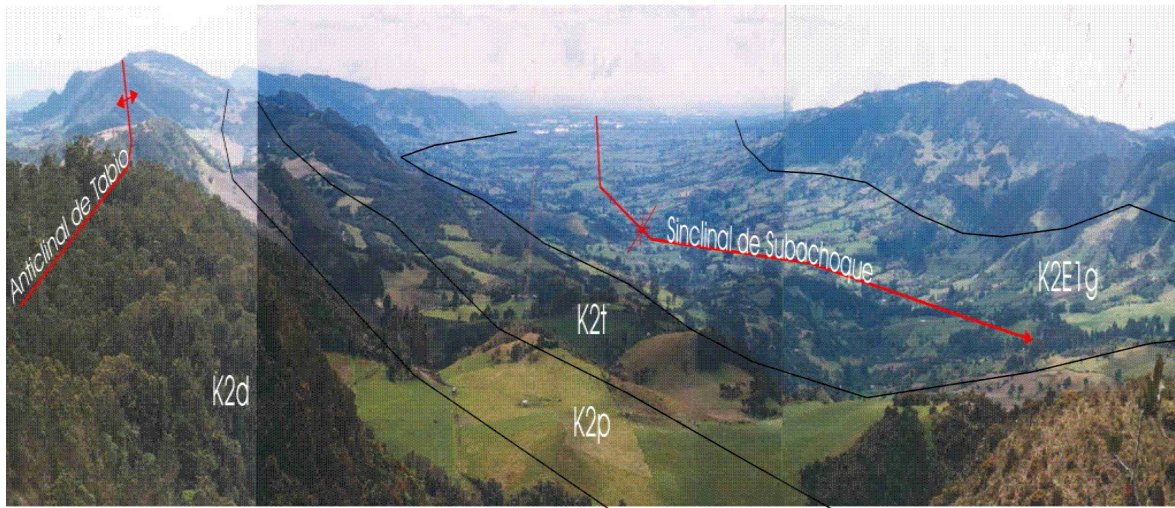


Figura 34. Sinclinal de Subachoque, formando el Valle, aflora la formación Guaduas (K2E1g) y hacia los flancos las unidades del grupo Guadalupe (K2d, K2p y K2t).

### 3.2.12 Sinclinal de Sibaté

Esta localizado en el sector de la localidad de Sibaté y el embalse del Muña. Su amplitud es variable entre 2 km al Sur y 6 km al Norte. Tanto su núcleo como sus flancos están ocupados principalmente por la Formación Labor-Tierna. El flanco oriental termina abruptamente contra el anticlinal de Soacha, a través de la Falla de Soacha; el flanco occidental también esta deformado por fallas pero estas son de menor importancia y la deformación es menor mostrándose en valores de buzamiento suaves.

### 3.2.13 Anticlinal de Zipaquirá

Nombre utilizado inicialmente en la cartografía del Cuadrángulo K11. Está localizado en la parte norte de la Sabana y se extiende desde el límite norte del área hasta el sur de la localidad de Zipaquirá, en el cruce de la carretera Cajicá – Tábio. El rumbo preferencial del eje es N40<sup>0</sup>E, pero sufre algunas variaciones debido a las fallas de Zipaquirá y del Neusa, ésta ultima desplaza el anticlinal en sentido sinextral por 3 km. Su núcleo esta desarrollado sobre rocas de la Formación Conejo y sus flancos por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Labor-Tierna y Guaduas. Al norte de la Falla del Neusa el anticlinal de Zipaquirá termina en la Falla de Carupa. Aunque la estructura completa solo es identificable hasta el cruce de la carretera Cajicá – Tábio, al sur de este se puede prolongar el flanco oriental del anticlinal hasta el sector de Liberia, en la parte central de la Sabana.



### **3.2.14 Anticlinal de Tabio**

Se adopta esta denominación para la estructura anticlinal, localizada al noroccidente de la sabana sobre la serranía de Tabio-Tenjo. Al norte termina sobre la Falla Chital y al sur presenta un hundimiento dentro de los depósitos neógenos de la Sabana.

Por su orientación cercana  $N10^{\circ}E$  Al norte de Tabio y  $N20-40^{\circ}E$  al sur de Tabio se puede dividir en dos, separados por la Falla de Subachoque. El anticlinal norte es asimétrico con estratos verticales e invertidos en su flanco oriental debido a la Falla de Chital; presenta en su núcleo rocas de la formación Conejo y localmente por efecto de un retrocabalgamiento de la Falla Chital y aparece las Formación La Frontera; en el flanco Oriental esta fallado y afloran rocas de la Formación Arenisca Dura en contacto con la Formación Guaduas, en tanto que en el occidental afloran rocas de las unidades Arenisca Dura, Plaeners, Labor-Tierna y Guaduas. El anticlinal en la parte sur esta fragmentado por fallas asociadas a las fallas de Subachoque y Chital; en su núcleo esta la formación Arenisca Dura y en sus flancos las formaciones Plaeners y Labor-Tierna.

### **3.2.15 Anticlinal de Mochuelo**

Estructura localizada al occidente de la localidad de Usme, al sur de la Sabana. Esta estructura anticlinal, esta muy fragmentada tectónicamente a causa de las fallas de Cajitas y Santa Bárbara y otras menores relacionadas a estas, de tal forma que el eje del pliegue solo se puede trazar por segmentos y además debido a la acción de estas fallas hay otros pliegues sinclinales y anticlinales desarrollados en la estructura anticlinal regional, pero de poca importancia; por lo anterior se considera el anticlinal de Mochuelo desde el trazo principal de la Falla Cajitas al occidente, conformando una morfología abrupta positiva hasta el inicio del sinclinal de Usme al oriente.

Esta estructura presenta un rumbo general de  $N20^{\circ}E$  y al norte de la Falla de Santa Bárbara cambia a NW. El núcleo esta conformado por la Formación Arenisca Dura y sus flancos con las formaciones Plaeners y Labor-Tierna.

### **3.2.16 Anticlinal de Soacha**

Esta localizado al sur de Soacha, limitado tectónicamente por fallas, siendo la mas importante la Falla de Sibaté la cual afecta el flanco occidental. Tiene un rumbo promedio NS, es asimétrico con los flancos muy verticales, en ocasiones invertidos. En su núcleo aflora la Formación Chipaque y en sus flancos las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna.

## 4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

El aprovechamiento de los recursos minerales en el área está orientado hacia los materiales de construcción (gravas y arenas), energéticos (carbón), industriales (sal, calizas, hierro, fosfatos y arcillas) y aguas subterráneas. En éste trabajo se describen los materiales que han arrojado valores anómalos, las características más importantes de estos materiales y la litología asociada.

### 4.1 MINERALES INDUSTRIALES

En el área de estudio existe manifestación de arcillas, sal, hierro, calizas y fosfatos que han tenido gran tradición, a continuación se mencionan los principales trabajos que han efectuado sobre ellos y algunas consideraciones de los autores.

#### 4.1.1 Fosfatos

Dentro del área de estudio, en la carretera El Sisga – Mchetá y en las regiones de Sibaté, Mondoñedo y Tenjo, se observan en las Formaciones Arenisca Dura y Plaeners concentraciones de fosfatos en capas de areniscas, limolitas y chert fosfáticos y fosforitas, con espesores desde 15 cm a 1,5 m y aunque estas rocas siempre se observan en estas formaciones no es claro si son capas con continuidad lateral y si están en la misma posición estratigráfica, pero localmente han sido explotadas.

Varios autores han realizado estudios detallados sobre esta mineralización; Burgl y Botero (1962), sobre la carretera Zipaquirá Pacho, en los límites de las planchas 208 Villeta y 209 Zipaquirá, reportan capas de fosforita en la Formación Plaeners, con concentraciones de hasta 25 % de  $P_2O_5$ , pero con espesores de pocos centímetros.

#### 4.1.2 Calizas

Existen cuerpos de calizas que son explotados por cementos Cemex en el área de la Calera (cantera Palacio y Serranía de Pericos), son lentes de calizas intercalados con capas arcillosas (McLaughlin & Arce, 1972). Para Alvarado & Sarmiento (1943 b) se presentan varios bancos de caliza, el banco explotado por cemento Cemex tiene espesores entre 25 a 40 m y contiene algunos lechos de arcillolitas y que están ubicados en rocas de la Formación Chipaque.

### 4.1.3 Sal

La sal dentro del área de trabajo, ha sido explotada desde la época de los indígenas, tanto en Zipaquirá como en Nemocón. En la actualidad estas localidades constituyen los dos centros de producción de sal del altiplano cundiboyacense, pero se han reconocido manifestaciones pequeñas a través de afloramientos de rute (McLaughlin, 1972) o por fuentes de agua salobre.

Las manifestaciones en afloramiento se han observado asociadas a “rute” que consiste en una mezcla negra de fragmentos de arcillolitas, lodolitas con piritita, como producto residual en estructuras diapíricas (McLaughlin, 1972), éstas manifestaciones están localizadas en Tausa, Sesquilé y Cógua.

Dentro del área de estudio se presentan cierres de estructuras anticlinales muy simétricas en forma de domo, como el observado en la parte sur del anticlinal de Nemocón, en el anticlinal de San José, que sugieren la posibilidad de que existan en el subsuelo depósitos de sal que hayan influido en la conformación estructural; así mismo hay geoformas concéntricas pero deprimidas que también sugieren esta posibilidad (sur del embalse del Neusa).

El mercado de la sal cruda en Colombia es de consumo humano (sal refinada) y la demandada por la industria se muestra en la tabla 3 y el respectivo aporte de los centros de producción de Zipaquirá y Nemocón estimada para el año 2002. De acuerdo con reportes del IFI Concesión Salinas \*, (2000) la minería actual en Zipaquirá y Nemocón tienen las siguientes características:

Tabla 3. Producción de sal en toneladas por año de acuerdo al uso. (IFI-Concesión Salina) \*

USO	ZIPAQUIRA	NEMOCÓN
Consumo humano	138,406	8,927
Consumo animal	4,325	279
Consumo industrial	27,032	1,744
Subtotal mercado	169,764	10,950

\*fuente página web: [www.ifi.gov.co](http://www.ifi.gov.co)

#### 4.1.3.1 Salinas de Zipaquirá

Las reservas comprobadas de este centro, IFI Concesión de Salinas\*, (2000) son 250.000.000 toneladas. La producción estimada para el año 2002 de 169.764 toneladas, aunque la capacidad instalada es de 360.400 toneladas.

#### 4.1.3.2 Salinas de Nemocón

Las reservas comprobadas de éste centro (IFI Concesión de Salinas\*, 2000) son 8.000.000 de toneladas de roca salina. La producción del año 2002 de lixiviación in-situ fue de 10.950 toneladas y la capacidad instalada en 21.900 toneladas.

De acuerdo con la utilización de su capacidad instalada el centro tiene posibilidades comerciales de expansión hacia el altiplano cundí-boyacense. El promedio de comercialización de este centro en los últimos 10 años ha sido de 17.026 toneladas de salmuera (IFI Concesión de Salinas\*, 2000).

#### 4.1.4 Hierro

Depósitos de hierro fueron explotados y estudiados por Alvarado & Sarmiento (1943, 1943 a, 1943 b, 1943 c), en las regiones de Guasca- Pericos, Nemocón, Zipaquirá (La Calera) y anticlinal de Tabio; estos depósitos se encuentran en rocas de la Formación Chipaque o Conejo y que fue denominada en estos estudios como Guadalupe Inferior y Villeta Superior.

En general se reporta como mineral de hierro a la limonita y hematita, los cuales se encuentran en bancos de variados espesores desde 2 hasta 12 m, este mineral de hierro se presenta en concreciones o impregnando areniscas; sin embargo en la región de Zipaquirá se observa como una concentración laterítica superficial.

En general estos bancos están intercalados con arcillolitas y areniscas de la Formación Chipaque o Conejo, pero en la región del anticlinal de Tabio la litología asociada presenta algunas diferencias, el mineral de hierro se presenta en bancos de siderita intercalados con bancos y lechos de caliza y arcillitas esquistosas, arcillolitas arenosas- calcárea- fosilífera y rute.

#### 4.1.5 Arcillas

Las arcillas se explotan a gran escala de la Formación Bogotá y en menor escala de las formaciones Sabana y Guaduas. Las explotaciones se concentran especialmente en los municipios de Tausa, Cógua, Nemocón, Zipaquirá, Bogotá (Mochuelo, Usme, San Cristóbal y Bogotá) y Soacha, sitios donde se encuentran localizados numerosos chircales y algunas empresas industriales.

Las arcillas son empleadas fundamentalmente para producir ladrillos, tejas y tabletas para pisos. Los datos recopilados y el análisis en arcillas, están incluidos en el inventario de materiales para la construcción de la Sabana de Bogotá (INGEOMINAS, 1997).

En el desarrollo de la actividad minera se aprecian dos manejos: uno el de la mediana industria, que coordina los desarrollos mineros que emplea métodos técnicos de explotación y atiende consideraciones ambientales, como es el caso de algunas explotaciones de la zona de Cógua, Bogotá y Soacha; el segundo, se refiere a las pequeñas explotaciones que

presentan una forma desordenada, sin métodos apropiados de extracción y con instalaciones provisionales (INGEOMINAS, 1999).

De acuerdo al volumen de extracción se han establecido 4 zonas de importancia económica; en límites de los municipios de Tausa y Nemocón se presentan alrededor de 100 canteras y su uso es casi exclusivo para la fabricación de ladrillo; una segunda zona es la localizada al norte del Municipio de Cógua con 35 canteras y su uso es para fabricación de ladrillos, tejas y tabletas para piso; una tercera zona está localizada al occidente del Municipio de Suesca y la última se localiza al sur de la ciudad de Bogotá y en Soacha sobre rocas las Formaciones Bogotá y Guaduas .

De acuerdo con análisis químicos realizados por INGEOMINAS (Espitia, *et al.*, 2003) para muestras de arcillas recogidas en la Sabana de Bogotá, las arcillas ofrecen excelentes condiciones para uso en cerámica. En la Formación Guaduas, al menos la mitad de las arcillas y las 2/3 de la Formación Bogotá y las de las terrazas altas, son aptas para este uso.

Para alfarería las arcillas de la parte superior de la Formación Bogotá y las de las terrazas altas son las que presentan condiciones óptimas, mientras que las de la Formaciones Guaduas y Bogotá Inferior son deficientes y tendrían que ser mezcladas con otras arcillas que si cumplan con las especificaciones técnicas requeridas de acuerdo con su utilización.

## 4.2 RECURSOS ENERGÉTICOS

El recurso energético identificado en el área y que lleva varias décadas en explotación es el carbón; se menciona también el petróleo ya que se considera que puede haber dentro del área, rocas y estructuras propicias para la generación, entrapamiento y acumulación de éste.

### 4.2.1 Carbón

El carbón representa el recurso mineral más importante dentro del área de la plancha. La Formación Guaduas es la unidad litoestratigráfica que los contiene en tres sectores productivos (Sarmiento, 1994 a) dentro de los segmentos A, C y D (de este trabajo), y se determinaron al menos 12 mantos con espesores entre 0,8 y 3 m.

Actualmente hay explotaciones en los sinclinales de Río Frió, Checua, Suesca, Cogua, en la región de Guatavita y Sesquilé, siendo el de mayor actividad minera el de Checua. Los carbones de todas las zonas carboníferas de la plancha se clasifican como bituminosos (Pérez *et al.*, 1987) y en el sinclinal de Checua existen los yacimientos más grandes de carbón coquizable (Durán y Mojica, 1981). En las estructuras mencionadas se registran más de 180 minas de carbón, con una producción anual aproximada de 1'000.000 de toneladas.

La tradición minera de la zona supera los 50 años, a pesar de lo cual el nivel tecnológico de las explotaciones es bajo; mas del 90% de las explotaciones trabajan utilizando métodos y maquinaria rudimentaria y alcanzan producciones del orden de 1 a 2,5 ton/hombre por turno.

Se calcula que existen 242 millones de toneladas de reservas medidas (MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA, 1998), cuya composición promedio (humedad 3,9%, cenizas 10,2%, materia volátil 28,4, azufre 0,84% poder calorífico 13.194 BTU), ubica a estos carbones como aptos para usos metalúrgicos (fabricación de coque) y térmicos (ECOCARBÓN, 1997).

#### **4.2.2 Petróleo**

El altiplano Cundiboyacence ha sido objeto de estudios adelantados por varias compañías petroleras (Tropical Oil, Texas, ECOPETROL, Eurocan), para exploración de hidrocarburos, llegando a la perforación de pozos en Tunja, Suba, Suesca, Chitasugá (Tenjo) y Paz de Río. Dentro del área de trabajo se localizan los pozos Suesca-1, Suesca Norte-1 y en Tenjo, realizados por la empresa Texas Petroleum Company en 1962, alcanzando a penetrar las areniscas de la Formación Une, en el cual se detectó presencia de gas metano (Corrigan, 1989).

Tradicionalmente las rocas de la Formación La Luna (Turoniano-Santoniano?) han sido generadoras de hidrocarburos en cuencas como la del Magdalena Medio; dentro del área de estudio aunque no se considera la Formación La Luna, existen litologías equivalentes en las Formaciones La Frontera, Conejo, Lidita Superior y la parte inferior de la Formación Chipaque, las cuales podrían ser generadoras en la Sabana de Bogotá.

Areniscas equivalentes a las de las Formaciones Labor-Tierna y Dura han sido consideradas como importantes reservorios de hidrocarburos en los Llanos Orientales y en el valle superior del Magdalena (Pérez, 1985), así mismo la Formación Une en el sector del piedemonte y Llanos Orientales. Se pueden considerar a las unidades mencionadas como posibles objetivos en una futura exploración de hidrocarburos.

### **4.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

El área de trabajo por su localización cercana a ciudades como Bogotá y Zipaquirá, entre otras, se constituye en una zona de interés para la exploración y explotación de materiales de construcción como arenas, gravas, arcillas y material de recebo.

#### **4.3.1 Arenas**

Las arenas son extraídas de las Formaciones Tierna, Cacho, Regadera y Tilatá. Se pueden separar 4 zonas con gran aporte de arenas y relacionadas a unidades litoestratigráficas diferentes: La primera está en el flanco occidental del sinclinal de Checua, donde se explotan arenas de la Formación Cacho, en al menos 9 canteras; la segunda en los alrededores de Chocontá y Villapinzón con 16 canteras en la Formación Tilatá y 3 en la Formación Regadera; la tercera, al oriente del Municipio de Gachancipá sobre la Formación Arenisca Tierna, con explotaciones en 19 canteras y la cuarta, al sur-occidente de Bogotá, en el sector de Mondoñedo (Formación Tierna) y Sibaté-Soacha (Formación Tierna y Arenisca la Guía de la Formación Guaduas). En el resto de la plancha existen canteras aisladas de menor producción (INGEOMINAS, 1999 a).

La Formación Cacho aflora en gran parte del área de la plancha y aunque a veces contiene óxidos de hierro que la hacen mas dura, podría considerarse una fuente de arenas en áreas donde hoy no se ha considerado; la Formación Arenisca Tierna, está distribuida por toda la plancha pero normalmente está endurecida lo que dificultaría su explotación y las Formaciones Tilatá y Regadera se pueden explotar en toda su extensión.

#### **4.3.2 Gravos**

Los depósitos cuaternarios (Formación Subachoque y Tunjuelito) y la Formación Tilatá contienen los mayores volúmenes de las gravas. Los depósitos cuaternarios afloran especialmente en el núcleo del sinclinal de Río Frío, Guasca y sur de Bogotá. Para la Formación Tilatá, se determinó al occidente de Chocontá un espesor de 80 m de los cuales las gravas ocupan un 60 %.

En la actualidad las explotaciones de gravas son de poca magnitud y están subordinadas a la explotación de arenas. Sin embargo, conocida la distribución areal y la composición de los depósitos cuaternarios y de la Formación Tilatá ya mencionadas, estaría asegurado el abastecimiento de gravas para la región.

#### **4.3.3 Recebo**

Las unidades litoestratigráficas con mayor potencial de recebo son: Formación La Frontera, compuesta de chert y limolitas silíceas, la Formación Lidita Superior por liditas, chert y limolitas silíceas, la Formación Plaeners y el nivel lidítico de la Formación Conejo. Estas unidades, pero especialmente la Lidita Superior y los Plaeners, afloran ampliamente en toda la Sabana, asegurándose de esta forma un abastecimiento tanto para el área de la plancha como para áreas vecinas.

Las explotaciones a cielo abierto (receberas) se adelantan mediante frente único, que consiste en desarrollar una pared de material que se ataca frontalmente; en la región es usual, el empleo de retroexcavadoras. La actividad recebera puede ser ocasional o intermitente de acuerdo con las necesidades de la región, aumentando la demanda, principalmente, después de la época de lluvias.

### **4.4 RECURSOS HÍDRICOS**

En el área existen unidades litoestratigráficas de moderada a gran importancia para el abastecimiento de aguas subterráneas, siendo ésta, utilizada para el consumo humano y para riego.

Las Areniscas Labor y Tierna son las de mayor importancia y mayor potencial (Robles, 1993). Dentro de toda la sabana de Bogotá se han perforado más de 130 pozos con profundidades entre 60 y 600 m y caudales entre 1 y 18 LPS (litros por segundo). En la Formación Arenisca Dura, clasificada como de gran a moderada importancia (Robles, 1993), se han perforado más de 40 pozos, en la sabana de Bogotá, con profundidades entre 40 y 1000 m, que presentan caudales entre 2 y 35 LPS.

En la Formación Tilatá que es también de gran a moderada importancia hidrogeológica (Robles, 1993), se han perforado más de 200 pozos dentro del área de la plancha 209, con profundidades entre 200 y 600 m y caudales entre 1 y 40 LPS. Los depósitos de terraza alta y la Formación Cacho son considerados de moderada a poca importancia hidrogeológica (Robles, 1993) y presentan caudales entre 1 y 10 LPS.

De acuerdo con los cálculos de recarga y descarga de los acuíferos, de la Sabana de Bogotá, en general existe un balance favorable que permite pensar en incrementar el uso del agua subterránea sin causar descenso en los niveles de los acuíferos.

En el área de la Sabana de Bogotá los acuíferos de mayor importancia (Areniscas de Labor-Tierna, Dura, y Formación Tilatá) están distribuidos ampliamente asegurando una buena disponibilidad de unidades acuíferas que pueden ser utilizadas para el aprovechamiento de aguas subterráneas para uso doméstico o riego.



## 5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La historia geológica de la Sabana de Bogotá, hace parte de la evolución de la cuenca sedimentaria y posterior levantamiento de la actual Cordillera Oriental; el registro sedimentario de esta cuenca comienza cuando aún la actual Cordillera Oriental estaba en una etapa *sinrift* (Cooper, *et al.*, 1995; Acosta, 2002; Sarmiento, 2002; Branquet, *et al.*, 2002) con fallas normales que controlaban la sedimentación y que posteriormente fueron reactivadas por inversión tectónica, durante la fase de la orogenia andina en el Mioceno-Plioceno (Colletta *et al.*, 1990; Branquet, *et al.*, 2002) y por último el levantamiento de la cordillera durante el plioceno (Van der Hammen, 2003).

La Cordillera Oriental se formó en el Neógeno, como respuesta a los esfuerzos compresivos que involucran la convergencia de las placas de Suramérica, Nazca y Caribe. Esta interacción dio lugar a una deformación intensa y un acortamiento en dirección ENE-WSW, perpendicular a las estructuras regionales. Sarmiento (2002) plantea que hubo una deformación por movimientos transcurrentes dextrales en el flanco sur-oriental de la subcuenca del Cocuy y la subcuenca de Cundinamarca, que involucra el área de este estudio.

El registro sedimentario más antiguo en la sabana es del Turoniano (formaciones Simijaca y Frontera), el cual reposa sobre depósitos de edad Albiano-Cenomaniano con ambientes intermareales y barras litorales en el oriente del área representados en la Formación Une, mientras que al occidente la cuenca debió ser menos somera y se da ambientes de plataforma media y se genera el depósito de la Formación Churuvita.

En el Turoniano, hay un levantamiento global del nivel del mar (Cooper, *et al.*, 1995), depositándose lodolitas y chert de las Formaciones Simijaca, La Frontera y la parte inferior de la Formación Chipaque. El ascenso en el nivel del mar fue acompañado por vulcanismo que aportó material silíceo y corrientes de surgencia que enriquecieron de materia orgánica el ambiente favoreciendo el desarrollo de fauna.

El lapso Coniaciano- Maastrichtiano está representado por las Formaciones Conejo, Chipaque, Arenisca Dura, Lidita Superior, Plaeners y Labor –Tierna; para este tiempo la sedimentación correspondía a un proceso regresivo (Sarmiento, 2002), con una transgresión intermedia correspondiente con el depósito de las Formaciones Lidita Superior y Plaeners, en una cuenca extensional de detrás de arco (Cooper, *et al.*, 1995) y con subsidencia termal (Acosta, 2002). De acuerdo con Villamil (1999), a partir del Campaniano el depocentro principal migró desde el oriente de la actual Cordillera Central hasta la región del piedemonte llanero en el Mioceno.

De esta forma el aporte para las unidades del Campaniano-Maastrichtiano (Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna) se derivó del cratón de la Guyana al oriente. Lo anterior indica

que hacia el occidente y noroccidente de Bogotá, las condiciones eran más profundas y se favoreció la sedimentación de chert del Grupo Olini y de la Formación La Luna, que para la Sabana de Bogotá se manifiestan, en la Formación Lidita Superior.

En el Cretácico Superior-Paleoceno se generó una primera fase de deformación (Cooper, et al., 1995) debido a la acreción de la cordillera Occidental, no notoria en la Cordillera Oriental, excepto en la Sierra Nevada del Cocuy (Fabre, 1985), pero que sin embargo determina la finalización de la sedimentación marina, para dar lugar a depósitos continentales de ríos meandriformes y trenzados representados en la parte alta de la Formación Guaduas y las Formaciones Cacho, Bogotá y Regadera.

Otra fase de deformación importante es la que se produjo en el Eoceno Medio conocida como orogenia pre-andina (Duque-Caro, 1980; Villamil & Restrepo, 1997) y que marcó el cese de la sedimentación paleógena en el área de la plancha 209. La máxima deformación ocurrió en el Mioceno (Villamil, 1999) aproximadamente 10,5 millones de años (Cooper, et al., 1995), produciendo un rápido levantamiento y favoreciéndose una alta erosión y sedimentación molásica hacia los flancos de la cordillera; éste evento es el responsable de la generación de la mayor parte de estructuras de la Cordillera Oriental (Acosta, 2002).

Después del evento de máxima deformación del Mioceno, se generaron cuencas intracordillera en las cuales a partir de la parte alta del Mioceno y durante el Plioceno, se deposita la Formación Tilatá que marca el levantamiento de la Sabana de Bogotá desde 600 hasta los 2.600 m.s.n.m registrado por la flora encontrada y estudiada en las secciones del Salto de Tequendama y Chocontá (Hooghiemstra, 1984; en Cooper, et al., 1995). El mayor levantamiento de la cordillera debió haberse producido entre los 5,3 y 2,6 Ma, a una tasa promedio de 0,66 mm/año, con este levantamiento, a finales del plioceno comienza a formarse la cuenca de la Sabana y su sedimentación de esta empezó aproximadamente hace 3 ma. (Van der Hammen, 2003). En el cuaternario la sedimentación fue lacustre, en la parte plana y depósitos fluvioglaciares hacia sus bordes.

La deformación compresiva del Mioceno se dió mediante la inversión tectónica (Cooper, et al., 1995; Sarmiento, 2002) de antiguas fallas normales (Jurásico - Cretácico inferior) reactivadas como cabalgamientos, sin embargo la convergencia oblicua de las placas de Nazca y Suramérica (Acosta, 2002) podría estar generando movimientos transcurrentes asociados a los cabalgamientos.

Las fallas que se reactivaron estarían de alguna manera conectando las unidades superficiales con el basamento, favoreciendo de esta manera el ascenso de fluidos calientes que brotan como fuentes termales asociadas a los trazos de las fallas de Chocontá-Pericos, Chital, Nemocón, Guatavita y Suralá.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J. 2002. Structure, tectonics and 3D models of the Western foothills of the Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia. INGEOMINAS, Pub. Geol. Esp., 25:1-163. Bogotá.
- ACOSTA, J. & ULLOA, C. 1998. Memoria explicativa de la geología de la plancha 246 Fusagasugá. INGEOMINAS. Informe interno 2374b. 93 p. Santafé de Bogotá.
- ACOSTA, J. & ULLOA, C. 2002. Memoria explicativa de la geología de la plancha 208 Villeta. INGEOMINAS. 84 p. Bogotá.
- ACOSTA, J.; ULLOA, C. & MARTINEZ, I. 2001. Memoria explicativa de la Geología de la plancha 227 La Mesa. INGEOMINAS. 79 p. Santafé de Bogotá.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1943. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro y caliza de la región de la Pradera. INGEOMINAS. Informe interno 432. 140p. Bogotá.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1943 a. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro y carbón de Nemocón. INGEOMINAS. Informe interno 446. 44p. Bogotá.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1943 b. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro y carbón de Guasca. INGEOMINAS. Informe interno 458. 61p. Bogotá.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1943 c. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro de la Caldera. INGEOMINAS. Informe interno 458. 36p. Bogotá.
- BRANQUET, Y. 2002. Andean deformation and rift inversion, Eastern edge of Cordillera Oriental (Guateque - Medina Area), Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 391-407.
- BÜRGL, H. 1961. Geología de los alrededores de Ortega, Tolima. *UIS. Bol. Geol.*, 8:21-38. Bucaramanga.
- BÜRGL, H. & BOTERO, D. 1962. Las capas fosfáticas de la Cordillera Oriental. Instituto Geológico Nacional. Informe 1416. 43 p. Bogotá.

- BÜRGL, H. & DUMIT, Y. 1954. El Cretácico Superior en la región de Girardot. Instituto Geológico Nacional. Bol. Geol., 2(1) 23-48. Bogotá.
- CÁCERES, C. & ETAYO-SERNA, F. 1969. Bosquejo geológico de la región del Tequendama. Guía de la excursión pre-congreso. Primer Congr. Col. Geol. Colombia. 5-22 p. Bogotá.
- COLLETTA, B., HEBRARD, F., LETOUZEY, J., WERNER, P. & RUDKIEWICZ, J. 1990. Tectonic style and cristal structure of the Eastern Cordillera (Colombia) from a balanced cross section. En: Letousey (ed.), Petroleum and Tectonic in Mobile Belts, Ed. Technips, Paris, 81-100.
- CAMPBELL, C. 1967. Lamina, lamina set, bed and bedset. *Sedimentology*, 8:7-26.
- COOPER, M et al. & 10 autores más. 1995. Basin development and tectonic history of the llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG. Bull., 79 (10): 1421-1443.
- CORRIGAN, H. 1989. Introducion to the geology of the Bogotá Sabana, northern and southern portions. In: Geological Field-Trips Colombia 1980-1989. Col. Soc. Petrol. Geol. Geophys. Bogotá. Ed. GEOTEC LTDA, 1992:311-331p
- CARVAJAL, H et al. 2004. Mapa geomorfológico de la Sabana de Bogotá. Versión 1.0. Escala 1:25.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- DENGO, C. & COVEY, M., 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for traps and regional tectonics: AAPG., Bull., 77:1315-1337.
- DE PORTA DE J. 1965. Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena. UIS: Bol. Geol., 19: 5-50. Bucaramanga.
- DE PORTA DE J. 1966. La Geología del extremo sur del Valle Medio del Magdalena. UIS: Bol. Geol., 22-23:5-347. Bucaramanga.
- DE PORTA DE J. 1974. Lexique Internationale Stratigraphique. Amerique Latina. Vol. V. CNRS. París.
- DUEÑAS, H. & WIJNINGA, V. 2003. Edad del Miembro Tequendama de la Formación Tilatá (Altiplano de Bogotá). IGAG. Análisis Geográficos. 26:60-100p. Bogotá.
- DURAN, R. & MOJICA, P. 1981. Evaluación de reservas de carbón en siete zonas de Colombia. INGEOMINAS. Pub. Geol. Esp., 6:1-134. Bogotá
- DUQUE-CARO, H. 1980. Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana. INGEOMINAS. Bol. Geol., 23(3):4-37. Bogotá.
- ECOCARBON. 1997. Evaluación y seguimiento del plan de desarrollo del subsector del Carbón. Bogotá. 121 p

- ETAYO-SERNA, F., 1964 Posición de las faunas en los depósitos del Cretácico Colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. UIS. Bol. Geol., 16-17: 5-142. Bucaramanga.
- ETAYO-SERNA, F. 1968. El sistema cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. U. Nal., Geol. Col., 5: 5-74. Bogotá.
- ETAYO-SERNA, F. 1979. Zonation of the cretaceous of Central Colombia by ammonites. INGEOMINAS. Pub. Geol. Esp., 2:1-186. Bogotá.
- FABRE, A. 1985. Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental), Proyecto Cretácico, Publ. Geol. Esp., 16:XIX 1-20. Bogotá.
- FOLK, R. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. J. Geol., 62(4):344-359. Chicago.
- GUERRERO, J. & SARMIENTO G. 1996. Estratigrafía física, palinológica, sedimentológica y secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. U. Nal. Geol. Col., 20:3-66. Santafé de Bogotá.
- HALLSWORTH, C. & KNOX, R. 1999. Classification of sedimentary rocks. British Geological Survey Report, RR 99-03, 44p. Nottingham.
- HELMENS, K. & VAN der HAMMEN T. 1995. Memoria explicativa de los mapas del Neógeno y Cuaternario de la Sabana de Bogotá-cuenca alta del río Bogotá. IGAG. Análisis Geográficos. 24:91-142 p. Bogotá.
- HOORN, K., KAANDORP, M. & ROELE, J. N. 1987. Tertiary sediments of the Usme Valley Colombia: a palynological and stratigraphical approach. Hugo de Vries Laboratory, Amsterdam. 28p. Amsterdam.
- HOORN, K. 1988. Quebrada del Mochuelo, type locality of the Bogotá formation: a sedimentological, petrographical and palynological study. Hugo de Vries Laboratory, Amsterdam. 21p. Amsterdam.
- HUBACH, E., 1931. Geología petrolífera del departamento de Norte de Santander. Ingeominas. CECOG., 12:1-337. Bogotá.
- HUBACH, E., 1957. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Instituto Geológico Nacional. Bol. Geol., 2:93-112. Bogotá
- INGEOMINAS. 1997. Inventario minero para materiales de construcción en la Sabana de Bogotá. INGEOMINAS, Informe 2254, 128 p. Santafé de Bogotá.
- INGEOMINAS. 1999. Inventario minero del Departamento de Cundinamarca. INGEOMINAS, Informe 2326, 377 p. Santafé de Bogotá.

- IGAC. 1992. Cundinamarca, Características Geográficas. 189p. Santafé de Bogotá
- INGRAM, R. 1954. Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65:937-938
- INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION. 1994. *Internacional Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure.* Amos Salvador (ed.). 2ª ed. The International Union of Geological Sciences and the Geological Society of América. 241p
- JARAMILLO, C. & YEPES, O. 1994. Palinoestratigrafía del Grupo Olini (Coniaciano-Campaniano), Valle Superior del Magdalena, Colombia: Estudios geológicos del Valle Superior del Magdalena XVII 1-17. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Santafé de Bogotá
- JULIVERT, M. 1961. Observaciones sobre el Cuaternario de la Sabana de Bogotá. *UIS. Bol. Geol.*, 7:5-34. Bucaramanga.
- JULIVERT, M. 1962. Estudio sedimentológico de la parte alta de la Formación Guadalupe al E de Bogotá (Cretácico Superior). *UIS. Bol. Geol.*, 10: 25-54. Bucaramanga.
- JULIVERT, M. 1963. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de estructuras. *UIS. Bol. Geol.*, 13-14:5-102. Bucaramanga.
- JULIVERT, M. 1968. *Lexique Stratigraphique International, Vol V. Amerique Latine, Fasc. 4 Colombie.* 651 p. Paris.
- McLAUGHLIN, D. & ARCE, M. 1972. Geología del Area Zipaquirá (Zona IV). Informe Preliminar 109. INGEOMINAS. 267p. Bogotá.
- McLAUGHLIN, D. & ARCE, M. 1975. Mapa geológico del área Zipaquirá (Zona IV). INGEOMINAS. Bogotá.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. 1998. *Memorias al Congreso Nacional.* Bogotá.
- PEREZ, G. 1985. Reconnaissance of the Guadalupe Group section at the Tausa Boquerón Area. II Simposio Bolivariano de Exploración de Petróleo en Cuencas Subandinas. Colombia. 231-236. Bogotá
- PEREZ, G. & SALAZAR A. 1978. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. *U. Nal. Geol. Col.*, 10:7-113. Bogotá.
- PEREZ, F et al. 1987. Caracterización de carbones colombianos zona Checua-Lenguazaque. INGEOMINAS. *Bol. Geol.*, 28 (2): 1-218. Bogotá.
- RENZONI, G. 1962. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Servicio Geológico Nacional. *Bol. Geol.*, 1-3: 59-79. Bogotá.

- RENZONI, G. 1981. Geología del cuadrángulo J-12 Tunja. Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas Mineras. Informe 1546. Bol. Geol. 24(2): 33-48. Bogotá.
- ROWAN, M. & LINARES, R. 2000. Fold-evolution matrices and axial-surface analysis of fault-bend Folds: application to the Medina Anticline, Eastern Cordillera, Colombia. AAPG., 84(6):741-764.
- SARMIENTO, G. 1992. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigrafía y Sistemática. INGEOMINAS. Bol. Geol., 32 (1-3): 45-126. Santafé de Bogotá.
- SARMIENTO, G. 1994. Estratigrafía y medios del depósito de la Formación Guaduas. INGEOMINAS, Pub. Geol. Esp., 20. 1-44. Bogotá
- SARMIENTO, G. 1994a. Visión regional de la Formación Guaduas. INGEOMINAS. Pub. Geol. Esp., 20:167-184. Bogotá.
- SARMIENTO, L. 2002. Mesozoic rifting and cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Tesis PhD (inédito), Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- ROBLES, E. 1993. Convenio CAR-INGEOMINAS. Estudio cuantitativo en la Sabana de Bogotá. INGEOMINAS, Informe 2220b. 153p. Santafé de Bogotá.
- TORO, G et al. 2003. Dataciones por trazas de fisión de circones provenientes de la formaciones Tiltatá y Marichuela. IGAG. Análisis Geográficos. 26:49-60 p. Bogotá
- ULLOA, C. & RODRÍGUEZ, E. 1979. Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia. INGEOMINAS, Informe 1701, Bol. Geol., 22(1):3-56. Bogotá..
- ULLOA, C. & RODRIGUEZ, E. 1991. Memoria explicativa Plancha 190. Chiquinquirá (Departamento de Boyacá). INGEOMINAS. Bogotá.
- VAN der HAMMEN, T. 1957. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá, Cordillera Oriental de Colombia. INGEOMINAS, Bol. Geol., 5(2):189-203
- VAN der HAMMEN, T. 2003. La estratigrafía e historia del Neógeno y Cuaternario de la cuenca alta del río Bogotá: una evaluación después de completar el mapeo. IGAG. Análisis Geográficos. 26:101-122 p. Bogotá.
- VELANDIA, F. & BERMOUDES, O. 2002. Fallas longitudinales y transversales en la Sabana de Bogotá. Colombia. UIS. Boletín de Geología 24 (39): 37-48. Bucaramanga.
- VERGARA, L. & RODRIGUEZ, G. 1997. The Upper Cretaceous and Lower Paleocene of the Eastern Bogota Plateau and Llanos Thrustbelt, Colombia: Alternative Appraisal to the Nomenclature and Sequence Stratigraphy. U. Nal. Geol. Col., 22:51-79

- 
- VILLAMIL, T. 1999. Campanian-Miocene Tectonostratigraphy, Depocenter Evolution and Basin Development of Colombia and Western Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 153: 239-275.
- VILLAMIL, T. & RESTREPO, P. 1997. Paleocene-Miocene paleogeography evolution of Colombia. *Memorias VI Simposio Bolivariano "Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas"*. Tomo I: 275-302. Cartagena
- VILLAMIL, T. & ARANGO, C., 1998. Integrated Stratigraphy of Latest Cenomanian and Early Turonian Facies of Colombia. *Paleogeographic Evolution and Non-Glacial Eustasy, Northern South America*. Tulsa, Oklahoma, USA.