Bogotá, D.C.

Señor
PUENTES
Calle 187 No. 46 – 55
Ciudad

Asunto: Respuesta a solicitud relacionada con Aguas Subterráneas.

Respetado Señor Puentes:

En atención a la petición recibida con radicado interno 202112000103 del 29 de noviembre del 2021, en donde solicita *"información disponible de profundidades de nivel freático y permeabilidad para la ciudad de Bogotá, las cuales requiero para usos académicos",* a través de la Dirección de Geociencias Básicas le damos respuesta a su petición:

El Servicio Geológico Colombiano-SGC realiza estudios geocientíficos de carácter regional los cuales contribuyen al desarrollo económico y social del país, a través de la investigación en geociencias básicas y aplicadas del subsuelo, el potencial de sus recursos, la evaluación y monitoreo de amenazas de origen geológico, la gestión integral del conocimiento geocientífico, la investigación y el control nuclear y radiactivo, entre otros por lo tanto el objeto de su consulta no es competencia de esta entidad; sin embargo le anexamos el pdf de la memoria Geología de la plancha 228 Bogotá noreste, a escala 1:100.000, que le puede ser de utilidad.

Dado lo anterior, lo invitamos a elevar la consulta al IDEAM, institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, como también a la Secretaría del Medio Ambiente de la Alcaldía de Bogotá, www.ambientebogotá.gov.co.

Finalmente, es importante mencionar que el SGC, cuenta con la página web https://sgc.gov.co la cual está ligada al Motor de Integración de Información Geocientífica - MIIG https://miig.sgc.gov.co que le permite a cualquier usuario descargar de manera gratuita la totalidad de información oficializada por la Entidad. Se adjuntan, enlaces con instructivos para la correcta descarga y un correo electrónico de contacto:

- Ayuda rápida MIIG: https://youtu.be/vOY_1r4sPAA
- Ayudas para la navegación en el MIIG: https://miig.sgc.gov.co/Documents/MIIG%20-%20Ayuda.pdf .
- Para acceder al MIIG, desde el portal Web del SGC, dar clic en el Enlace "Búsqueda Geocientífica"

Se adjunta guía a la presente comunicación para el acceso a los sistemas de información institucional y estaremos atentos a brindar cualquier información adicional que se requiera

Cordialmente,

MARIO ANDRÉS CUÉLLAR CÁRDENAS
Director Técnico de Geociencias Básicas

Anexo: Guía de acceso a los sistemas de información institucional.
Geología de la plancha 228 Noroeste.

Proyectó: Ing. Geóloga Rosa Amelia Parra Cartagena, DGB.

RAPC/lmboada.

GUÍA CONSULTA MIIG

Los estudios Geocientíficos y demás información institucional disponible, se pueden consultar en la página Web del SGC, en el Motor de Integración de Información Geocientífica - MIIG, para lo cual a continuación se encuentran los enlaces de acceso y de ejemplo de búsqueda, consulta y descarga de la información que puede servir de ayuda a la actual y futuras consultas y/o requerimientos de información y que por tanto se invita se consulte y tome directamente la información de lo publicado en la Web del SGC:

Para acceder al MIIG, desde el portal Web del SGC, dar clic en el Enlace "Búsqueda Geocientífica"

Página Web SGC:

https://www.sgc.gov.co

Enlace al MIIG

https://miig.sgc.gov.co

Ayuda rápida MIIG

https://youtu.be/vOY_1r4sPAA

https://miig.sgc.gov.co/Documents/MIIG%20-%20Ayuda.pdf

En el listado de estudios resultado de la búsqueda, en la ficha emergente al dar clic en “Descargar” podrá acceder a los archivos nativos/editables disponibles documentales y cartográficos existentes del estudio.

De otra parte, si el usuario da clic en “Ver elementos del estudio” tendrá la opción de visualizar y descargar únicamente el formato pdf de documentos o mapas disponibles:

En el MIIG se puede buscar la información que puede llegar a ser de interés, colocando por separado combinaciones en el campo título de la consulta (siguiendo los pasos colocados en el ejemplo de ayuda en MIIG presentado anteriormente) palabras clave que permitan identificar los temas, así como seleccionando el área geográfica de interés en la búsqueda por visor geográfico.

Por ejemplo, para el requerimiento del asunto, por separado puede colocar en el campo búsqueda por texto libre (si lo requiere, luego refinar el resultado de la búsqueda por Área del Conocimiento: Geociencias Básicas, Geología y Geomorfologia, Hidrogeología, Amenazas Geológicas, Movimientos en Masa, Recursos Minerales y Escala) entre otras, las siguientes combinaciones:

Mapa geológico Colombia 2015 Atlas
Mapa geológico Colombia 2017

Para acceder a información sobre cartografía geológica a escala 1:100.000, dar clic en el Enlace Estado de la Cartografía Geológica y luego dar clic en el enlace Visor Geográfico (utilizar Google Chrome), buscar por el departamento de Cundinamarca, dar clic en la plancha de interés y dar clic en descarga archivos nativos:
http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/

Otras Búsquedas de su interés

- Mapa de depósitos de metales y minerales preciosos
- Anomalías Geoquímicas de Colombia
- Potencial mineral áreas reserva estratégica
- Potencial mineral
- Zonas interés mineral
- Anomalías Geofísicas de Colombia
- Mapa Anomalías Geofísicas 2016
- Mapa Metalogénico 2018
- Atlas Geoquímico de Colombia
- Mapa Metalogenico Colombia 2016
- Atlas Aguas Subterráneas
- Mapa geológico Colombia 2015
- Mapa geológico Colombia 2017
- Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa 1:1.500.000
- Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa 1:500.000
- Mapa nacional amenaza relativa integrado
- Mapa Nacional de Amenaza Sísmica periodo de retorno 475 años
- Modelo Nacional Amenaza Sísmica Colombia
- NSR velocidad
- Clasificación regional de amenaza relativa de movimientos en masa en Colombia
- Mapa de intensidades máximas observadas para Colombia
- Modelo Hidrogeológico Conceptual
- Atlas amenaza volcanica

Otros Enlaces que pueden ser de interés al requerimiento en los que se puede consultar y descargar información geocientífica:

Consultar la página Web del SGC (utilizar Google Chrome):

http://www.sgc.gov.co/

Sitio de Sismos

https://www2.sgc.gov.co/sgc/sismos/Paginas/catalogo-sismico.aspx
http://www.sgc.gov.co/sismos/sismos/ultimos-sismos.html
http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/
https://www.sgc.gov.co/Paginas/aplicaciones-sismos.aspx
https://amenazasismica.sgc.gov.co/

En el Sistema de información de Movimientos en Masa SIMMA, puede consultar información disponible sobre amenazas por remoción en masa (utilizar Google Chrome):

http://simma.sgc.gov.co/
https://www.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/Im%C3%A1genes-de-amenazas-.aspx
http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/docs/
https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/Imagenes-de-amenazas-.aspx

Sitio de Volcanes

https://www.sgc.gov.co/volcanes/index.html
http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_volcanica_JS/
http://srvags.sgc.gov.co/arcgis/services/Amenaza_Volcanica/Amenaza_Volcanica/MapServer/WMSServer?

Para acceder a información sobre cartografía geológica a escala 1:100.000, dar clic en el Enlace Estado de la Cartografía Geológica y luego dar clic en el enlace Visor Geográfico (utilizar Google Chrome):
http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/

Portal de Datos Abiertos del SGC:

https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/datos-abiertos.aspx

En el sitio Web de Geored: Implementación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos:

http://geored2.sgc.gov.co/Paginas/default.aspx

De otra parte en el Geoportal institucional puede consultar y consumir servicios web asociados:

https://www.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/geoportal.aspx#

En los Geoservicios de información podrá encontrar WMS y WFS para su visualización, consumo y descarga en software SIG:

https://www.sgc.gov.co/sgc/mapas/Geoservicio/Paginas/geoservicios.aspx

https://www.sgc.gov.co/sgc/mapas/Geoservicio/Documents/Como_consumir_un_wms.pdf

Hidrotermales

http://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/

Búsqueda Predefinida MIIG

https://miig.sgc.gov.co/Paginas/PaginaBusquedaPredefnida.aspx

Información del Banco de Información Petrolera

https://www.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/BancoInformacionPetrolera/Paginas/banco-de-informacion-petrolera.aspx
http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Geovisor_BIP/

En caso que lo requiera, el personal encargado de la Administración de la Biblioteca Central del Servicio Geológico Colombiano está atento a las visitas de los diferentes usuarios sobre consultas de información geocientífica disponible en sala, de acuerdo a los horarios y días de atención al público. De igual forma en la oficina de Atención al Cliente puede solicitar información o indicarnos sus inquietudes en la búsqueda y descarga de información, para ello puede comunicarse al correo cliente@sgc.gov.co

Adicionalmente, damos a conocer las siguientes Condiciones Generales:

El usuario solicitante reconoce que la información geocientífica a que tenga acceso es de propiedad exclusiva de Servicio Geológico Colombiano – SGC de conformidad con la ley 23 de 1982, la decisión 351 de 1993, ley 44 de 1993 y demás normas relacionadas con la propiedad intelectual. Por lo anterior al usuario no le asiste ningún derecho de propiedad intelectual, pudiéndolos utilizar únicamente para el desarrollo de la presente solicitud, sin que se entiendan cedidos o licenciados a ningún título. De igual forma el usuario deberá respetar los derechos de autor, para lo cual deberá realizar las citas correspondientes.

"El SGC fundamenta su política de Propiedad Intelectual con los siguientes criterios:

La información geocientífica del SGC debe ser sujeto de protección de la propiedad intelectual

Se considera la información geocientífica del SGC básica o temática, análoga o digital como una creación original, por lo cual no podrá reproducirse total o parcialmente sin el permiso expreso de una autoridad institucional debidamente acreditada, aún si no se está reproduciendo con propósitos comerciales.

Derechos de carácter personal o derechos morales

El SGC reconoce que los derechos de carácter personal sobre una creación de información geocientífica son irrenunciables e inalienables y perpetuos. Para ello destaca el derecho al reconocimiento de la condición de autor de la obra o del reconocimiento e inclusión apropiada del nombre del autor intelectual de los datos institucionales y el de exigir el respeto a la integridad de la obra o actuación y la no alteración de las mismas que pueda ir en detrimento de su honor o reputación.

Derechos de carácter patrimonial

El SGC tendrá el derecho exclusivo de realizar o de autorizar uno cualquiera de los actos siguientes:

- *Reproducir la obra.*
- *Efectuar una traducción, una adaptación, un arreglo o cualquier otra transformación de la obra.*
- *Comunicar la obra al público mediante la representación, ejecución, radiodifusión o por cualquier otro medio.*

El SGC distingue los derechos de carácter patrimonial como aquéllos relacionados con:

1. *Explotación de la obra o prestación protegida, que a su vez se subdividen en derechos exclusivos y en derechos de simple remuneración:*
    - *Los derechos exclusivos sobre los datos institucionales son únicamente del SGC y no serán dados a terceros.*
    - *Los derechos de simple remuneración, también conocidos bajo la denominación de "licencias de uso", son aquellos que el SGC concede a determinados licenciados, en virtud de los cuales se exige a la persona que explota su obra o prestación protegida el pago de una suma de dinero. Estos derechos, frente a los "exclusivos" son considerados "menores".*
2. *Derechos meramente compensatorios, como el derecho por copia privada que compensa los derechos de propiedad intelectual dejados de percibir por razón de las reproducciones de las obras o prestaciones protegidas para uso exclusivamente privado del usuario.*

Garantía de los derechos morales de los autores y patrimoniales del SGC

El SGC garantizará los derechos morales de los autores, así como los derechos patrimoniales sobre la información geocientífica que ostenta el SGC y las entidades productoras que hayan entregado conjuntos de datos en custodia del SGC, mediante el concurso de la Dirección

Nacional de Derechos de Autor del Ministerio del Interior o quién haga sus veces.

Infracciones

Toda modificación o adición no autorizada que un usuario realice al conjunto de datos o producto de información suministrado por el SGC se considera una infracción a los derechos de propiedad intelectual, a menos de que la información haya sido provista directamente por el SGC, se le reconozca como fuente y cuyo propósito de la modificación sea:

- *Corrección de errores sobre el conjunto de datos. o*
- *Derivar trabajos, resultado de trabajos originales, o*
- *Investigación o estudios privados o personales, o*
- *Creación de copias de seguridad."*

Datos de interés del SGC: Dirección: Diagonal 53 No. 34 - 53 - Bogotá D.C. Colombia - Teléfonos: conmutador 2221811- (571) 2200100 – 2200000, extensión: 2089 – 2271, o a los Teléfonos directos 2200089 – 2200271. Atención al ciudadano en Biblioteca: lunes a viernes 8.00 a.m. a 5 p.m. para todas nuestras sedes. Apartado Aéreo A.A 4865.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 228
BOGOTÁ NORESTE

Bogotá, abril de 2015

MINMINAS

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Geociencias Básicas

GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 228
BOGOTÁ NORESTE

Por:

Victoria Elena Corredor
Roberto Terraza Melo

Bioestratigrafía por: Fernando Etayo Serna

Bogotá, abril de 2015

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN 10
INTRODUCCIÓN 14
1. GENERALIDADES 15
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA 15
1.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y GEOMORFOLÓGICOS 16
1.3 INFRAESTRUCTURA VIAL Y URBANA 16
1.4 METODOLOGÍA 18
1.5 PERSONAL PARTICIPANTE 20
1.6 AGRADECIMIENTOS 20
2. ESTRATIGRAFÍA 21
2.1 UNIDADES DEL PALEOZOICO 26
2.1.1 Grupo Farallones (DCf) Devónico – Carbonífero 26
2.1.1.1 Nombre y sección tipo 26
2.1.1.2 Descripción litológica 27
2.1.1.3 Posición estratigráfica y edad 27
2.2 UNIDADES DEL CRETÁCICO 28
2.2.1 Grupo Cáqueza (K_1ca) Berriasiano – Hauteriviano 28
2.2.1.1 Formación Santa Rosa (K_1sr) Berriasiano 29
2.2.1.1.1 Nombre y sección tipo 29
2.2.1.1.2 Descripción litológica 29
2.2.1.1.3 Posición estratigráfica y edad 30
2.2.1.2 Formación Ubalá (K_1u) Berriasiano 30
2.2.1.2.1 Nombre y sección tipo 30
2.2.1.2.2 Descripción litológica 31
2.2.1.2.3 Posición estratigráfica y edad 31
2.2.1.3 Formación Lutitas de Macanal (K_1m) Valanginiano 31
2.2.1.3.1 Nombre y sección tipo 32
2.2.1.3.2 Descripción litológica 32
2.2.1.3.3 Posición estratigráfica y edad 33
2.2.1.4 Formación Las Juntas (K_1j) Hauteriviano 34
2.2.1.4.1 Nombre y sección tipo 34
2.2.1.4.2 Descripción litológica 34

2.2.1.4.3 Posición estratigráfica y edad 40
2.2.2 Grupo Villeta (K_1K_2v) Barremiano-Santoniano 41
2.2.2.1 Formación Fómeque (K_1f) Barremiano-Aptiano 41
2.2.2.1.1 Nombre y sección tipo 41
2.2.2.1.2 Descripción litológica 42
2.2.2.1.3 Posición estratigráfica y edad 46
2.2.2.2 Formación Une (K_1K_2u) Albiano-Cenomaniano 47
2.2.2.2.1 Nombre y sección tipo 47
2.2.2.2.2 Descripción litológica 48
2.2.2.2.3 Posición estratigráfica y edad 51
2.2.2.3 Formación Chipaque (K_2cp) Cenomaniano-Santoniano 51
2.2.2.3.1 Nombre y sección tipo 51
2.2.2.3.2 Descripción litológica 52
2.2.2.3.3 Posición estratigráfica y edad 55
2.2.3 Grupo Guadalupe (K_2g) Campaniano – Maastrichtiano 55
2.2.3.1 Formación Arenisca Dura (K_2d) Campaniano inferior 57
2.2.3.1.1 Nombre y sección tipo 57
2.2.3.1.2 Descripción litológica 57
2.2.3.1.3 Posición estratigráfica y edad 60
2.2.3.2 Formación Plaeners (K_2p) Campaniano superior 61
2.2.3.2.1 Nombre y sección tipo 61
2.2.3.2.2 Descripción litológica 61
2.2.3.2.3 Posición estratigráfica y edad 62
2.2.3.3 Formación Arenisca de Labor y Tierna (K_2lt) Maastrichtiano inferior .. 63
2.2.3.3.1 Nombre y sección tipo 63
2.2.3.3.2 Descripción litológica 64
2.2.3.3.3 Posición estratigráfica y edad 64
2.2.4 Formación Guaduas (K_2E_1g) Maastrichtiano superior – Paleoceno 67
2.2.4.1 Nombre y sección tipo 67
2.2.4.2 Descripción litológica 68
2.2.4.3 Posición estratigráfica y edad 69
2.3 UNIDADES DEL PALEÓGENO 70
2.3.1 Formación Cacho (E_1c) Paleoceno 71
2.3.1.1 Nombre y sección tipo 71
2.3.1.2 Descripción litológica 71
2.3.1.3 Posición estratigráfica y edad 72
2.3.2 Formación Bogotá (E_1b) Paleoceno 73
2.3.2.1 Nombre y sección tipo 74
2.3.2.2 Descripción litológica 74
2.3.2.3 Posición estratigráfica y edad 75

2.3.3 Formación La Regadera (E_2r) Eoceno 75
2.3.2.3.1 Nombre y sección tipo 75
2.3.2.3.2 Descripción litológica 75
2.3.2.3.3 Posición estratigráfica y edad 76
2.4 UNIDADES DEL NEÓGENO 76
2.4.1 Formación Marichuela (N_1m) Mioceno-Plioceno 76
2.4.1.1 Nombre y sección tipo 76
2.4.1.2 Descripción litológica 77
2.4.1.3 Posición estratigráfica y edad 77
2.4.2 Formación Tilatá (N_2t) Mioceno-Plioceno 78
2.4.2.1 Nombre y sección tipo 78
2.4.2.2 Descripción litológica 79
2.4.2.3 Posición estratigráfica y edad 79
2.5 UNIDADES DEL CUATERNARIO 81
2.5.1 Formación Subachoque (Q_1su) Pleistoceno inferior 81
2.5.1.1 Nombre y sección tipo 81
2.5.1.2 Descripción litológica 81
2.5.1.3 Posición estratigráfica y edad 82
2.5.2 Formación Sabana (Q_1sa) Pleistoceno medio-superior 82
2.5.2.1 Nombre y sección tipo 82
2.5.2.2 Descripción litológica 83
2.5.2.3 Posición estratigráfica y edad 83
2.5.3 Formación Río Siecha (Q_1si) Pleistoceno medio-superior 83
2.5.3.1 Nombre y sección tipo 84
2.5.3.2 Descripción litológica 84
2.5.3.3 Posición estratigráfica y edad 84
2.5.4 Formación Río Tunjuelito (Q_1tu) Pleistoceno-Holoceno 85
2.5.4.1 Nombre y sección tipo 85
2.5.4.2 Descripción litológica 85
2.5.4.3 Posición estratigráfica y edad 85
2.5.5 Formación Chía (Q_2ch) Holoceno 86
2.5.5.1 Nombre y sección tipo 86
2.5.5.2 Descripción litológica 86
2.5.5.3 Posición estratigráfica y edad 86
2.5.6 Depósitos coluviales (Q_2c) Holoceno 86
2.5.7 Depósitos lacustres (Q_2l) Holoceno 87
3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 88
3.1 FALLAS 88
3.1.1 Falla de Los Tendidos 88
3.1.2 Falla de San Roque 89

3.1.3 Falla de Río Rucio 89
3.1.4 Falla de Salinero 89
3.1.5 Falla de Machetá 90
3.1.6 Falla de Suralá 91
3.1.7 Falla de Chocontá-Pericos 91
3.1.8 Falla de Teusacá 92
3.1.9 Falla de Bogotá 92
3.2 ANTICLINALES 93
3.2.1 Anticlinal del Río Farallones 93
3.2.2 Anticlinal Peña El Fígaro 93
3.2.3 Anticlinal de Río Blanco-Machetá 93
3.2.4 Anticlinal de Chingaza 94
3.2.5 Anticlinal de Bogotá 94
3.3 SINCLINALES 95
3.3.1 Sinclinal de Claraval 95
3.3.2 Sinclinal El Quince 95
3.3.3 Sinclinal de Sueva 95
3.3.4 Sinclinal de Palacio 96
3.3.5 Sinclinal de Sisga 96
3.3.6 Sinclinal de Siecha 96
4. GEOLOGÍA ECONÓMICA 97
4.1 MINERALES NO METÁLICOS 97
4.1.1 Sales 97
4.1.2 Fosfatos 98
4.2 MINERALES METÁLICOS 98
4.2.1 Hierro 98
4.3 MINERALES DE CONSTRUCCIÓN 98
4.3.1 Calizas 98
4.3.2 Gravas 99
4.3.3 Arenas 99
4.4 RECURSOS ENERGÉTICOS 100
4.4.1 Carbón 100
5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 103

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización geográfica de la plancha 228-Bogotá noreste. 17
Figura 2. Expresión geomorfológica de los tres conjuntos de la Formación Las Juntas, inferior, medio y superior. Vista con azimut 240° desde el punto con coordenadas N: 1021345, E: 1052488, Z: 1667. 35
Figura 3. Sección Estratigráfica Formación Las Juntas. Carretera Gachetá-Ubalá. Tomado de Terraza *et al*. (2008). 37
Figura 4. Sección Embalse de Chuza de parte de la Formación Las Juntas (figura esquemática, no a escala). 39
Figura 5. Sección estratigráfica Formación Fómeque. Carretera Gachetá-Ubalá. Tomado de Terraza *et al*. (2008). 43
Figura 6. Figura esquemática de la Sección quebrada El Zapatero de parte de la Formación Fómeque. Escala gráfica. 45
Figura 7. Afloramiento de la Formación Fómeque en la quebrada El Zapatero. Intercalaciones de capas muy gruesas de lodolitas negras con capas medias de cuarzoarenitas muy finas en la Formación Fómeque (N: 1027770, E: 1056839). 46
Figura 8. Afloramiento de la Formación Une en la carretera Sueva-Gachetá. Capas muy gruesas y medias de cuarzoarenitas de color amarillo blancuzco, alternando con lodolitas negras con laminación plano-paralela. (N: 1025206, E: 1044919). 50
Figura 9. Afloramiento de la Formación Chipaque en la carretera Guasca-Sueva. Capas gruesas y medias de cuarzoarenitas intercaladas con limolitas negras; en el detalle (abajo), se aprecian *Thalassinoides* a la base de las capas de arenitas (N: 1019357, E: 1041091). 53
Figura 10. Afloramiento de la Formación Chipaque en la carretera Guasca-Sueva. Intercalaciones de capas muy gruesas de limolitas negras con laminación plano-paralela y capas medias de arenitas lodosas bioturbadas (N: 1023834, E: 1040145). 54
Figura 11. Expresión geomorfológica del Grupo Guadalupe en la ladera noroeste del río Moquentivá. Vista con azimut 170° desde el punto con coordenadas N: 1031469, E: 1042380, Z: 2601. 56
Figura 12. Sección Monte Redondo, correspondiente a parte de la Formación Arenisca Dura (figura esquemática, no a escala). 58
Figura 13. Afloramiento de la Formación Arenisca Dura en la carretera Guatavita-Gachetá. Capas gruesas de cuarzoarenitas con fosfatos y vértebras de pez intercaladas con liditas y arcillolitas. (N: 1033054, E: 1035137). 59

Figura 14. Afloramiento de la Formación Plaeners en la carretera Guasca-Gachetá. Capas medias a gruesas de arcillolitas intercaladas con capas delgadas de liditas, chert y fosforita (N: 1027508, E: 1027954)..... 62
Figura 15. Sección de parte de la Formación Arenisca de Labor y Tierna en el Páramo de Chingaza (figura esquemática, no a escala)..... 65
Figura 16. Afloramiento de la parte superior de la Formación Labor y Tierna. Capas muy gruesas lenticulares de cuarzoarenitas con laminación inclinada (detalle abajo), intercaladas con lodolitas arenosas (N: 1025082, E: 1036031). 66
Figura 17. Capas muy gruesas de arcillolitas color gris claro, amarillo por meteorización, en la parte alta de la Formación Guaduas. Fotografía tomada en el punto con coordenadas N: 1003795, E: 1008603..... 69
Figura 18. Sección vereda Pastos de parte la Formación Guaduas. Escala gráfica. 70
Figura 19. Sección esquemática vereda El Hato de parte de la Formación Cacho. Escala gráfica. 73
Figura 20. Columna estratigráfica de la Formación Tilatá. Sección El Crucero, vía Chocontá – Cucunubá. Tomado de Montoya & Reyes (2003). 80
Figura 21. Liditas en capas delgadas de la Formación Plaeners, altamente deformadas, asociadas a la Falla de Machetá (Alto Peña del Águila, N: 1029875, E: 1037929)..... 90
Figura 22. Brecha de falla asociada a la Falla de Suralá, en arenitas de tamaño de grano muy fino y fino de la Formación Labor y Tierna (Alto Careperro, N: 1011977, E: 1018578)..... 91

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Historia de la nomenclatura estratigráfica para el Paleozoico en la zona de la plancha Bogotá noreste y sus alrededores. 21
Tabla 2. Historia de la nomenclatura estratigráfica para el Mesozoico en la zona de estudio y áreas aledañas. 23
Tabla 3. Correlación de nomenclatura estratigráfica para el Cenozoico en la zona de estudio y áreas aledañas. 25

RESUMEN

La plancha 228-Bogotá noreste está localizada en la Cordillera Oriental de Colombia, en la zona central del país e incluye la parte nororiental de la ciudad capital. En esta área afloran rocas sedimentarias de edades entre el Paleozoico y el Cuaternario, localmente cubiertas por depósitos recientes de origen coluvial y aluvial.

La secuencia sedimentaria tiene inicio en una cuenca extensional de tipo *rift* que se prolongó desde el Triásico Tardío hasta finales del Cretácico Temprano. El Grupo Farallones, de naturaleza areno-lodosa, representa la unidad más antigua dentro del sector (Paleozoico superior); sobre este descansan inconformemente las formaciones berriasianas Ubalá y Santa Rosa, que registran el ingreso del mar Cretácico al área de estudio. La variación relativa del nivel mar permitió la depositación de arcillolitas de ambientes marinos de baja energía en las formaciones Lutitas de Macanal (Valanginiano) y Fómeque (Barremiano-Aptiano), y de arenitas de ambientes deltaicos en parte de la Formación Las Juntas (Hauteriviano) y el segmento inferior de la Formación Une (Albiano).

A partir del Albiano se da inicio a una fase de sedimentación *postrift* que se extiende hasta el Paleógeno. En este lapo se deposita la parte superior de la Formación Une (Albiano-Cenomaniano), la Formación Chipaque (Cenomaniano-Santoniano), el Grupo Guadalupe (formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna) y la Formación Guaduas. La Formación Chipaque representa un periodo de máxima inundación en la cuenca de la Cordillera Oriental en esta área, mientras que el Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas muestran una somerización progresiva.

En el Paleoceno-Eoceno se depositan las formaciones Cacho y Bogotá en ambientes predominantemente continentales fluviales. Estas unidades representan los últimos depósitos antes de la inversión del *rift* que se generó por el levantamiento de la Cordillera Oriental.

Las formaciones Tilatá y Marichuela del Neógeno corresponden a la etapa del levantamiento de la Cordillera Oriental y posterior configuración de la cuenca de la Sabana de Bogotá, que se rellena durante el Cuaternario con las formaciones Subachoque, Río Siecha, Río Tunjuelito, Sabana y Chía, además de depósitos coluviales y lagunares.

Estructuralmente el área de estudio se caracteriza por dos estilos: la Sabana de Bogotá, con estructuras orientadas norte-sur, y la región central-oriental, con orientación preferencial noreste-suroeste. Los pliegues son por lo general abiertos o suaves y con frecuencia se extienden por toda la plancha de forma continua. Las fallas son principalmente de tipo inverso con vergencia al occidente, aunque en el extremo sur occidental predominan las fallas transcurrentes con componente vertical.

En el área de la plancha 228-Bogotá noreste ocurren manifestaciones menores y yacimientos de minerales no metálicos (sales, fosfatos), metálicos (hierro), de construcción (canteras de roca, gravas y arenas) y energéticos (carbón).

ABSTRACT

The 228-Bogotá northeast map is located in the Eastern Cordillera of Colombia and it covers the area of northeast Bogotá. Outcropping sedimentary rocks range from Paleozoic to Quaternary, locally covered by recent colluvial and alluvial deposits.

The sedimentary succession started in an extensional rift basin which lasted from the Late Triassic to Early Cretaceous. The Farallones Group, basal alternating sand-mud sequence, represents the oldest unit in the map area, on which rest unconformably Berriasian Ubalá and Santa Rosa formations that records the Early Cretaceous sea transgressions over this region. The relative sea level change allowed the deposition of low energy marine claystones in Lutitas de Macanal (Valanginian) and Fómeque (Barremian-Aptian) formations, as well as deltaic sandstones of Las Juntas (Hauteriviano) and the lower segment of the Une Formation (Albian).

From Albian start a postrift sedimentation phase extending to the Paleogene. During this time the top of Une Formation (Albian-Cenomanian), Chipaque Formation (Cenomanian-Santonian), Guadalupe Group (Campanian-Maastrichtian, includes Arenisca Dura, Plaeners, Labor y Tierna formations) and Guaduas Formation (late Maastrichtian-Paleocene) are deposited. The Chipaque Formation represents a period of maximum flooding in the Eastern Cordillera basin, while the Guadalupe Group and the Guaduas Formation show a progressive shallowing.

In the Paleocene-Eocene Cacho and Bogotá formations are deposited in predominantly continental river environments. These units represent the latest deposits before the rift inversion generated by the rise of the Eastern Cordillera.

The Neogene Marichuela and Tilatá formations correspond to the stage of the Eastern Cordillera rising and subsequent configuration of the Sabana de Bogotá basin, which is filled during the Quaternary with Subachoque, Río Siecha, Río Tunjuelito, Sabana and Chía formations, in addition to lacustrine and colluvial deposits.

Structurally the study area is characterized by two styles: the Sabana de Bogotá with north-south oriented structures, and the central-eastern region with preferential northeast-southwest orientation. The folds are usually wide or smooth and often stretch across the map continuously. Faults are mainly inverse verging west, although in the south-western area the slip faults with vertical component predominate.

In the area of the 228-Bogotá Northeast map minor manifestations and deposits of non-metallic minerals (salt, phosphates), metal (iron), construction (rock quarries, gravel and sand) and energy (coal) occur.

INTRODUCCIÓN

El Servicio Geológico Colombiano (antiguo INGEOMINAS) en los años 2003-2008 efectuó la actualización del mapa geológico de la porción norte del cuadrángulo K-11 correspondiente a la plancha 209-Zipaquirá (Montoya & Reyes, 2003), y el mapa geológico de la Sabana de Bogotá y sus alrededores (Montoya & Reyes, 2005), así como también realizó exploración geológica del Cinturón Esmeraldífero Oriental (Terraza *et al*., 2008; Montoya *et al.*, 2008), localizado en el cuadrángulo K-12, Guateque (Ulloa & Rodríguez, 1979), conformado por las planchas 210-Guateque (al norte) y 229-Gachalá (al sur); en estos trabajos se realizó nueva cartografía geológica y el replanteamiento de la nomenclatura estratigráfica para la parte basal del Cretáceo (Grupo Cáqueza), por lo cual se vio la necesidad de actualizar todo el cuadrángulo K-12 y la parte sur restante del K-11 correspondiente a la plancha 228-Bogotá noreste.

Este informe corresponde a la memoria explicativa de la nueva versión de la plancha geológica 228-Bogotá noreste. Gran parte de la información estratigráfica y parcialmente de las estructuras geológicas se tomó del informe realizado por Terraza *et al*. (2008) sobre la geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental.

El área que comprende la plancha 228-Bogotá noreste ha sido objeto de varios trabajos geológicos. McLaughlin & Arce (1972), realizaron la cartografía del Cuadrángulo K-11 Zipaquirá, e incluyeron la descripción de los recursos minerales explotables. Helmens & Van der Hammen (1995) en el mapa del Neógeno y Cuaternario de la Sabana de Bogotá presentan, además de la cartografía, datos palinológicos y de dataciones absolutas. Carvajal *et al*. (2004) establecen las unidades geomorfológicas para la Sabana de Bogotá y producen el mapa correspondiente. Montoya & Reyes (2005) describieron la Geología de la Sabana de Bogotá, actualizaron la estratigrafía y las estructuras regionales de las rocas pre-pliocénicas. Terraza *et al*. (2008) llevaron a cabo el proyecto de cartografía del Cinturón Esmeraldífero Oriental (CEOR) que incluye la parte suroriental de la presente plancha y establecieron nuevas unidades para el Cretácico Temprano.

1. GENERALIDADES

La plancha 228-Bogotá noreste comprende una zona del centro de Colombia, en el departamento de Cundinamarca, en donde afloran rocas sedimentarias de diferentes edades, desde el Paleozoico al Cuaternario. El sector suroeste de la plancha cubre parte del Distrito Capital; el área restante corresponde a zonas rurales de las provincias del Guavio, Sabana Centro y de Oriente de Cundinamarca (Secretaría de Planeación de Cundinamarca, 2006).

A continuación se exponen los principales aspectos geográficos y geomorfológicos en la plancha 228-Bogotá noreste, así como la metodología desarrollada para el levantamiento cartográfico.

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Los 2400 km^2 que comprenden el área de la plancha 228-Bogotá noreste están localizados en el departamento de Cundinamarca, sobre la Cordillera Oriental de Colombia. Las poblaciones más importantes son Bogotá (incluye solo la parte noreste de la capital), Chía, Cajicá y La Calera al occidente de la plancha; Sopó, Guasca y Guatavita al norte y Gachetá, Junín y Gama al oriente (Figura 1).

La zona de trabajo cuenta con importantes rasgos hidrográficos, dentro de los que sobresalen: el embalse de San Rafael (228: F2) y los ríos Teusacá (228: B3, C3, D3) y Bogotá (228: A2, B2, C1) al occidente, el embalse de Chuza (228: H9) y el río Blanco (228: F5, G5, H5) al sur de la plancha, una parte del Embalse de Tominé al norte (228: A5, A6) y los ríos Guavio y Farallones que drenan al este hacia el Embalse del Guavio (228: E12, F12).

Los vértices de la plancha presentan las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá: vértice NO (X = 1.040.000 m. N; Y = 1.000.000 m. E), vértice NE (X = 1.040.000 m. N; Y = 1.060.000 m. E), vértice SO (X = 1.000.000 m. N; Y = 1.000.000 m. E) y vértice SE (X = 1.000.000 m. N; Y = 1.060.000 m. E).

1.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La plancha 228-Bogotá noreste se ubica en la Cordillera Oriental de Colombia y fisiográficamente se divide en dos áreas (IGAC, 1992): (1) la región del altiplano bogotano, que ocupa la zona oeste de la plancha, desde Bogotá y hasta Briceño, y (2) la región del flanco oriental, una franja montañosa que ocupa el centro y oriente de la plancha, con orientación noreste-suroeste y fuertes pendientes, e incluye los páramos de Chingaza, Guasca y Siecha. Las mayores elevaciones se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Chingaza y superan los 3500 m s. n. m. y las menores se encuentran en el Río Guavio, alrededor de los 1600 m s. n. m. (Figura 1).

Los principales ríos que drenan el área de estudio pertenecen a dos cuencas hidrográficas: la primera con dirección al oeste, que corresponde al río Magdalena cuyos drenajes principales son los ríos Teusacá y Bogotá, y la segunda con dirección al este, hacia el río Meta con los ríos Blanco, Guavio, Farallones, Chuza y Muchindote (IGAC, 1992). El Embalse de Chuza hace parte del Sistema Chingaza que surte de agua a la ciudad de Bogotá y algunas poblaciones de la Sabana de Bogotá (Parques Nacionales Naturales, 2015).

1.3 INFRAESTRUCTURA VIAL Y URBANA

Se accede a la plancha 228-Bogotá noreste desde la ciudad de Bogotá por la carretera nacional 55 tomando la Autopista Norte hacia la ciudad de Tunja; por esta vía se encuentran los cascos urbanos de Chía, Cajicá y Sopó. Una ruta alterna es la carretera nacional 50 que parte desde la ciudad de Bogotá hacia La Calera y llega a los municipios de Guasca y Gachetá, continúa hasta las poblaciones de Junín, Gama y el municipio de Ubalá. Para ingresar al área más meridional de la plancha se toma la carretera que comunica la ciudad de Bogotá con Choachí y por vía destapada con la vereda de Mundo Nuevo. La plancha 228-Bogotá noreste tiene numerosas vías secundarias, en buen estado, además de carreteables y caminos a lo largo y ancho del área (INVÍAS, 2014).

En la zona centro-sur de la plancha 228-Bogotá noreste se encuentra una parte del Parque Nacional Natural Chingaza (ver Figura 1) que cubre un área aproximada de 200 km^2, la cual se puede recorrer por carreteables y senderos que cruzan el parque.

Figura 1. Localización geográfica de la plancha 228-Bogotá noreste.

1.4 METODOLOGÍA

Para la elaboración del informe y mapa de la plancha 228-Bogotá noreste, se llevaron a cabo las siguientes labores:

- **Fotointerpretación**

Inicialmente se compilaron aerofotografías a escala aproximada entre 1:30.000 y 1:60.000, distribuidas en vuelos en sentido norte-sur o noroeste-sureste y varias escenas Landsat TM en falso color a escala 1:50.000 y 1:100.000; esta información se compiló en bases topográficas del IGAC a escala 1:25.000 y 1:100.000.

- **Labores de Campo**

La etapa de campo se ejecutó en 4 comisiones de 22 días cada una. La información de campo se recopiló sobre planchas topográficas a escala 1:25.000; luego, mediante método de escaneo digital y posterior reducción de escala, se compiló toda la información a escala 1:100.000.

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

Para la descripción y clasificación de rocas sedimentarias se consideraron los siguientes autores:

1. Para las arenitas se utilizó Folk (1954) y Pettijohn *et al*. (1973).

2. Para las rocas sedimentarias calcáreas se consideró a Dunham (1962) y Folk (1962). Para el caso de lutitas se utilizó a Folk (1954, 1974). Se utilizó el término "*shale*" como sinónimo de lutita físil o lutita laminada.

3. Para las rocas silíceas se utilizó la metodología propuesta por Hallsworth & Knox (1999), en donde el chert es una roca silícea densa, muy dura, con brillo vítreo y

fractura concoidea, y la porcelanita o lidita es una roca silícea impura, menos dura, con textura, brillo y fractura similar a la de la porcelana.

4. Para las calizas con componentes orgánicos originalmente unidos durante el depósito se utilizó la clasificación de Embry & Klovan (1971) y James (1984).

La descripción de estructuras se realizó con base en las distintas clasificaciones consideradas por Ragan (2009), que para el caso de pliegues tiene en cuenta el ángulo entre flancos, el buzamiento de la superficie de charnela (que define la simetría del pliegue) y el ángulo de inclinación de la línea de charnela (inmersión del pliegue); para las fallas considera el salto o movimiento relativo de la falla, medido u observado, de un bloque con respecto al otro.

- **Elaboración del Informe Final**

Después de adquirir la información estratigráfica y estructural en campo, complementarla con la información existente y generar el mapa geológico, se procede a redactar la memoria explicativa de la plancha 228-Bogotá noreste.

Con el objetivo de complementar la descripción litológica de algunas unidades se utilizó información de trabajos cartográficos previos como la Geología del área de Zipaquirá (McLaughlin & Arce, 1972), la Geología de la Sabana de Bogotá (Montoya & Reyes, 2005) y la Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental planchas 210, 228 y 229 (Terraza *et al*. 2008). La descripción de las unidades correspondientes al Cretácico Inferior y la evolución geológica para estas unidades son tomadas del informe de Terraza *et al*. (2008).

Dentro del informe final se exponen sitios geográficos, estructuras geológicas y afloramientos de unidades litoestratigráficas, que se localizan en el mapa geológico por medio de la numeración del IGAC para las bases topográficas a escala 1:100.000, que divide la plancha en una cuadrícula de 5 km de lado, enumerada de 1 a 12 de oeste a este (izquierda a derecha) y de la letra A hasta la letra H de norte a sur (de arriba hacia abajo). De esta manera, la ubicación de la población de Gachetá se referirá como 228: D10.

Las figuras que corresponden a fotografías incluyen en la leyenda explicativa las coordenadas planas con origen Bogotá del sitio del cual fueron tomadas y la orientación de las mismas, para facilitar la ubicación en el campo del lector interesado.

1.5 PERSONAL PARTICIPANTE

Los geólogos que realizaron la cartografía geológica de la plancha 228-Bogotá noreste fueron José Buitrago (228-I-D, 228-II-A, 228-II-B, 228-II-C, 228-II-D, 228-III-B, 228-III-C, 228-III-D, 228-IV-A, 228-IV-C), Roberto Terraza (planchas 228-IV-B, 228-IV-D) y Edwin Escárraga (228-III-D). El levantamiento de secciones estratigráficas estuvo a cargo de los geólogos José Buitrago y Roberto Terraza. La edición final del mapa geológico correspondiente estuvo a cargo del geólogo Roberto Terraza y la edición de la memoria fue elaborada por la geóloga Victoria Corredor.

1.6 AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente informe agradecen al Dr. Fernando Etayo Serna por sus invaluables y continuos aportes en la geología regional, estratigrafía y en la determinación del material paleontológico.

2. ESTRATIGRAFÍA

El área de la plancha 228-Bogotá noreste está ubicada en la parte central de la Cordillera Oriental. En este sector afloran rocas sedimentarias que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio de la plancha 228-Bogotá noreste corresponden a secuencias arenosas-lodosas del Grupo Farallones del Paleozoico superior (Segovia, 1963); una breve recopilación histórica de la nomenclatura estratigráfica empleada para las unidades paleozoicas en la zona de trabajo y áreas aledañas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Historia de la nomenclatura estratigráfica para el Paleozoico en la zona de la plancha Bogotá noreste y sus alrededores.

Las rocas del sistema Cretácico fueron depositadas en ambientes marinos, depositación que se inició con una inundación en el piso Berriasiano (Etayo-Serna *et al.*, 1976). En la plancha 228-Bogotá noreste se cartografiaron dos unidades correspondientes al Berriasiano: las formaciones siliciclásticas Santa Rosa y Ubalá. Estas formaciones estuvieron controladas por la paleotopografía que conformaban las rocas del Grupo Farallones y las paleofallas normales que actuaron concomitantemente con la sedimentación (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006; Terraza *et al*., 2008; Terraza *et al*., 2010), lo que se traduce en variaciones faciales y de espesor, y conforman la fase de sedimentación *sinrift*.

En el Valanginiano, la invasión del mar hace posible la depositación de arcillas de bajos niveles de energía (Lutitas de Macanal), que según Terraza *et al*. (2008) corresponden a depósitos de costa afuera, en la plataforma media o externa, con niveles arenosos originados por flujos de sedimentos por gravedad (El Fígaro e intervalo estratigráfico de Río Negro). Las formaciones arenosas Las Juntas y Une se acumularon en ambientes deltaicos (Fabre, 1985; Terraza *et al*., 2008), mientras que para la Formación Fómeque se postula un ambiente de costa afuera con influencia esporádica de tormentas, posiblemente de plataforma media (Terraza, *et al*., 2008).

Comienza una nueva fase de sedimentación *postrift* a partir del Albiano; durante el Albiano tardío y hasta el Cenomaniano se registra una caída relativa del nivel del mar en la parte superior de la Formación Une y se propicia una tendencia de somerización (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006). La Formación Chipaque (Cenomaniano-Santoniano) se depositó durante el máximo nivel de inundación del Mesozoico, que comprendió el Cenomaniano tardío, el Turoniano y el Coniaciano (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006), dando lugar a la depositación de sedimentos arcillosos.

La parte final del Cretácico Superior, correspondiente al Grupo Guadalupe, se depositó en un ambiente litoral y sublitoral (Pérez & Salazar, 1978), a causa de una regresión general que se prolonga hasta la sedimentación de la arcillosa y transicional Formación Guaduas (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006). La variación de las características faciales del Grupo Guadalupe, de base a techo, indican un aumento en la velocidad de depositación y condiciones energéticas del medio (Pérez & Salazar, 1978). La historia de la nomenclatura estratigráfica para las unidades del Mesozoico se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Historia de la nomenclatura estratigráfica para el Mesozoico en la zona de estudio y áreas aledañas.

En el periodo Paleógeno la sedimentación estuvo marcada por ambientes fluviales. La paleocena Formación Cacho, con arenitas con laminación inclinada, se depositó en ambientes de ríos trenzados y meandriformes, mientras que la Formación Bogotá, también de edad Paleoceno y en la cual predominan las arcillas, se depositó en ambientes de ríos meandriformes; se encuentra más arriba en la sucesión la Formación Regadera, de edad Eoceno, que muestra nuevamente ríos trenzados de alta energía (Montoya & Reyes, 2003), con un predominio litológico de arenitas con laminación inclinada plana. Estas formaciones del Paleógeno representan la fase de sedimentación previa a la inversión del *rift* (Terraza *et al*., 2010). La historia de la nomenclatura estratigráfica para las unidades del Cenozoico se muestra en la Tabla 3.

El sistema Neógeno (ver Tabla 3) está constituido por depósitos de tipo aluvial y lagunar, que corresponden a la Formación Tilatá y a los sedimentos producidos por procesos de origen erosivo de la Formación Marichuela (Helmens, 1990).La parte más baja de la Formación Tilatá, compuesta de arcillas, arenas, gravas y localmente turbas, contiene polen de tierra baja tropical, mientras que la parte media muestra zonas de polen de altitudes intermedias y la superior presenta flora de alta montaña, evidenciando la etapa más fuerte del levantamiento pliocénico de la Cordillera Oriental (Van der Hammen *et al*., 1973). Los sedimentos de gravas y bloques de la Formación Marichuela sugieren depositación sinorogénica durante la época del Mioceno (Helmens, 1990).

El cuaternario en el área de la plancha 228-Bogotá está representado principalmente por los sedimentos depositados en la cuenca de Bogotá, de predominio lacustre, fluvio-glacial y fluvial. En el Pleistoceno temprano se deposita la arcillosa Formación Subachoque al extenderse la sedimentación lacustre y de pantanos en la cuenca de Bogotá (Van der Hammen, 2003), con evidencias de flora de alta montaña y principalmente condiciones glaciales (Van der Hammen *et al*., 1973). El Pleistoceno medio y tardío está representado por la Formación Sabana, que consiste principalmente en arcillas lacustres y demuestra una secuencia de periodos glaciales e interglaciales (Van der Hammen *et al*., 1973) y la formación Río Siecha que incluye depósitos fluvio-glaciales de gravas y bloques (Helmens, 1990). La sedimentación en el Pleistoceno y hasta el Holoceno se completa con la Formación Río Tunjuelito que contiene espesas series de gravas acumuladas como producto de los cursos de los principales ríos de la cuenca y por último, la Formación Chía que se compone de arcillas de inundación del Holoceno (Helmens, 1990). Algunos depósitos no consolidados coluviales y lacustres muy recientes (Holoceno) se han identificado en el área de estudio (Montoya & Reyes, 2005). En la Tabla 3 se muestra la nomenclatura estratigráfica empleada para el Cuaternario.

Tabla 3. Correlación de nomenclatura estratigráfica para el Cenozoico en la zona de estudio y áreas aledañas.

A continuación, se describirán las distintas unidades cartografiadas en orden estratigráfico ascendente.

2.1 UNIDADES DEL PALEOZOICO

El Paleozoico en la plancha 228-Bogotá noreste está representado únicamente por el Grupo Farallones, unidad sedimentaria predominantemente siliciclástica que constituye el basamento en el área. El Grupo Farallones aparece discordante por debajo de las formaciones cretácicas Santa Rosa y Ubalá.

2.1.1 Grupo Farallones (DCf) Devónico – Carbonífero

Las rocas del Grupo Farallones afloran en un sector del sureste de la plancha sobre el curso del río Farallones, desde la vereda Providencia (228: H11) hasta su desembocadura en el río Guavio (228: F12). Estos afloramientos hacen parte del Macizo de Quetame (Terraza *et al*., 2008) y a su vez el núcleo del anticlinal del río Farallones. La morfología de esta unidad en los sitios donde aflora es de cañones pronunciados y fuertes pendientes; debido a la gran compactación y dureza de estas rocas, son óptimas para material de recebo o agregados para concreto, especialmente los niveles arenosos (Terraza *et al*., 2008).

2.1.1.1 Nombre y sección tipo

El nombre es propuesto por Segovia (1963) quien denomina Grupo Farallones a los estratos de más de 800 metros de espesor que suprayacen la diorita del caño La Mina en la Cuchilla de Farallones, de donde toma su nombre; el autor le asigna la categoría de grupo asegurando que los segmentos por él descritos pueden constituir formaciones individuales. La sección tipo es compuesta: la parte inferior se describió en el caño La Mina, la parte intermedia en el caño Candelaria y la parte superior en el caño Murca, en el cuadrángulo L-12 Medina. Segovia (1963) dividide la unidad en tres partes principales: (a) un conglomerado basal seguido de un intervalo arenoso de 60 m de espesor, (b) una sección intermedia de limolitas y argilitas con unas pocas capas de arenitas y margas, totalizando 500 m de espesor y (c) una parte superior compuesta de arenitas argiláceas de color rojo y gris de más de 250 m de espesor.

Ulloa & Rodríguez (1979) redefinen el Grupo Farallones de Segovia (1963) y establecen la sección tipo en el cañón del río Batá, en la carretera que de Guateque conduce a Santa María de Batá, subdividiéndolo en 4 conjuntos. El conjunto A tiene 110 m de espesor y está conformado por arenitas de cuarzo de grano fino a conglomeráticas con

guijos de cuarzo hasta de 1 cm. El conjunto B de 180 m de espesor consta de limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos. El conjunto C, de 850 m de espesor, está constituido por cuarcitas y argilitas grises, verdes y violeta. Por último, el conjunto D se compone de 1090 m de espesor de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza. Ulloa & Rodríguez (1979) afirman que esta unidad suprayace en discordancia angular a los estratos del Grupo Quetame e infrayace inconformemente a la Formación Batá y corresponde al Devónico-Carbonífero.

2.1.1.2 Descripción litológica

El Grupo Farallones, por la vía que de Gachalá conduce a Río Negro (228: H11), está representado por capas gruesas a delgadas de cuarzoarenitas de color gris oscuro, de tamaño de grano fino y medio, con selección moderada; presentan laminación plano-paralela continua y composicionalmente contienen micas y fragmentos líticos, algunas de las capas presentan conchas y fragmentos de braquiópodos, cemento calcáreo o estrías de fricción (*slickensides*). Se intercalan con capas gruesas de arcillolitas, lodolitas y limolitas de color gris oscuro o gris verdoso a causa de la meteorización, con estrías de fricción.

En el túnel de la vía Gachalá-Gama (228: F12) se observan capas gruesas discontinuas de arenitas cuarzosas de color gris verdoso claro, ocre y amarillo, de tamaño de grano fino con escasos líticos, algo de muscovita, muy compactas, con cemento silíceo, intercaladas con lodolitas y lodolitas arenosas meteorizadas, de color gris claro rojizo, ocre, rojo y amarillo, compactas, con laminación discontinua y superficies lustrosas, posiblemente debido a procesos cataclásticos.

2.1.1.3 Posición estratigráfica y edad

En la plancha 228-Bogotá noreste no se observa el límite inferior del Grupo Farallones; sin embargo, se presume que es discordante con rocas metamórficas del Grupo Quetame (Terraza *et al*., 2008). El contacto superior es discordante con la Formación Ubalá (228: E12, F12) y con la Formación Lutitas de Macanal (228: F12, G12, H11).

Royo & Gómez (1945) estudió la fauna de las muestras del Grupo Farallones recolectadas por Suárez (1945) en la región de Gachalá, y las asigna a la parte superior del Carbonífero temprano y a la base del Carbonífero tardío; Bürgl (1958) determina una edad desde el Devónico medio hasta el Carbonífero a toda la secuencia paleozoica que encuentra en el río Batá.

El espesor no pudo ser determinado para el Grupo Farallones en el área de la plancha 228-Bogotá noreste. Terraza *et al*. (2008) estimaron 2400 m en la sección que va desde el muro del embalse de La Esmeralda hasta Santa María de Batá, en la plancha contigua de Gachalá (229: B6).

2.2 UNIDADES DEL CRETÁCICO

En la plancha 228-Bogotá noreste el sistema Cretácico está representado por las formaciones Santa Rosa y Ubalá (Berrasiano), Lutitas de Macanal (Valanginiano), Las Juntas (Hauteriviano), Fómeque (Barremiano-Albiano inferior), Une (Albiano medio-Cenomaniano), Chipaque (Santoniano-Campaniano), Arenisca Dura (Campaniano inferior), Plaeners (Campaniano superior), Labor-Tierna (Maastrichtiano inferior) y Guaduas (Maastrichtiano superior-Paleoceno).

2.2.1 Grupo Cáqueza (K_1ca) Berriasiano – Hauteriviano

Hubach (1931b) describe por primera vez la Formación Cáqueza como la base del Cretácico en la región de Cáqueza-Quetame y diferencia siete segmentos enunciados a continuación de base a techo: (1) un conglomerado basal de 50 m con clastos provenientes de la Formación Quetame, (2) esquistos arcillosos muy piritosos y algunos bancos delgados de cuarcita fina bien estratificada de 500 (?) m, (3) pizarras negras con plantas y amonitas de más de 300 m de espesor, (4) esquistos arcillosos franjeados con areniscas y fósiles, (5) un horizonte de arenisca cuarcítica fina de 50 a 60 m de espesor, (6) esquistos arcillosos piritosos con plantas, amonitas y bancos de caliza arcillosa conchífera hacia el techo, que completan más de 3000 m de espesor y (7) la Arenisca de Cáqueza de aproximadamente 250 m que está constituida por areniscas margosas superpuestas por areniscas de grano medio con arcilla y finalmente esquistos arcillosos negros con bivalvos pequeños e intercalaciones de arenisca dura. La base es discordante sobre la que el autor denomina “Formación Quetame” y al tope se observa aparentemente conforme con el “Villeta inferior”; la edad se determinó con fósiles de amonitas, bivalvos y plantas en los intervalos 3 y 4 como Valanginiano (Hubach, 1931b). Posteriormente, Hubach (1957b) le asigna el rango de grupo y eleva los siete segmentos mencionados a formaciones.

Guerra (1972) estudia las calizas del Grupo Cáqueza en la región del Guavio, dividendo el grupo en las formaciones Cáqueza inferior (en el que distingue 4 miembros), Cáqueza medio y Cáqueza superior.

Basados en el trabajo de Guerra (1972), Ulloa & Rodríguez (1979) establecen una nueva división del Grupo Cáqueza planteando tres formaciones: (1) Calizas del Guavio, conformada por conglomerados, lutitas y calizas, (2) Lutitas de Macanal, representada por un conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso, y (3) Areniscas de Las Juntas, constituida por dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico.

Para Terraza *et al*. (2008) la definición de las Calizas del Guavio planteada por Ulloa & Rodríguez (1979) resulta inapropiada, debido a inconsistencias en las descripciones litológicas y al pobre control bioestratigráfico utilizado para el amarre de la sección tipo, que es compuesta. En reemplazo de esta unidad Terraza *et al*. (2008) proponen tres nuevas formaciones para el área del Cinturón Esmeraldífero Oriental que son: Chivor, Ubalá y San Rosa, estas dos últimas aflorantes en la plancha 228-Bogotá Norte.

2.2.1.1 Formación Santa Rosa (K_1sr) Berriasiano

La Formación Santa Rosa aflora en una pequeña escama al oriente de la Falla de Murca, en el extremo sureste de la plancha 228-Bogotá noreste (228: H12), dentro del municipio de Gachalá.

2.2.1.1.1 Nombre y sección tipo

La Formación Santa Rosa fue definida por Terraza *et al*. (2008) en el área del Cinturón Esmeraldífero Oriental. El nombre deriva de la inspección de policía de Santa Rosa, perteneciente al municipio de Ubalá (departamento de Cundinamarca), en donde la unidad presenta buena exposición. La sección tipo es compuesta y se ubica en el flanco occidental del Anticlinal de Miralindo: la parte basal se describió en el Alto de Santa Rosa, la parte media en las minas de Buenavista y la parte superior en las minas de Oriente. La Formación Santa Rosa está conformada por rocas siliciclásticas que presentan conglomerados y/o arenitas en la base y limolitas hacia el techo, que varían a facies lodolíticas hacia el oriente (Terraza *et al*. 2008).

2.2.1.1.2 Descripción litológica

La Formación Santa Rosa en la plancha 228-Bogotá noreste aflora en un área contigua a la Plancha 229-Gachalá (228: H12). INGEOMINAS & Mora (2005) describen en el río Batatas (229: E2) una sección que comienza con conglomerados matriz-soportados con cantos y guijarros de calizas y cuarzoarenitas, con capas de arcillolitas interpuestas, que granocrecen a arenitas de grano fino a medio con laminación inclinada en artesa a plano-paralela; continúan arcillolitas calcáreas con intercalaciones de sedimentitas con

estructuras de ambientes evaporíticos y algunas arenitas con restos de conchas de bivalvos y finalmente un segmento superior de arcillolitas laminadas carbonosas intercaladas con capas delgadas y medianas de margas.

2.2.1.1.3 Posición estratigráfica y edad

En el área de la plancha 228-Bogotá noreste no se observa la base de la Formación Santa Rosa debido a la Falla de Murca, mientras que el contacto con la unidad suprayacente (Formación Lutitas de Macanal) es concordante y neto (228: H12). Según Terraza *et al*. (2008), la Formación Santa Rosa reposa discordantemente con baja angularidad sobre rocas paleozoicas del Grupo Farallones o de manera paraconforme en las secciones de los ríos Batatas, el Alto de Santa Rosa y la zona minera de Gachalá (minas Las Cruces), en la adyacente Plancha 229-Gachalá.

La edad para esta unidad es Berriasiano, con base en bivalvos ornamentados (Bürgl, 1958) y amonitas encontradas en la parte más arcillosa de la unidad (Etayo-Serna en Terraza *et al*., 2008).

Terraza *et al*. (2008) afirman que el espesor de esta unidad es muy variable debido a la paleotopografía existente y al control tectónico al momento de su acumulación y estiman un máximo de 1100 m de espesor para la Formación Santa Rosa por medio de corte geológico.

2.2.1.2 Formación Ubalá (K_1u) Berriasiano

La Formación Ubalá aflora en la zona sureste de la plancha 228-Bogotá noreste como una escama al oriente de la Falla de los Tendidos (228: G12) y suprayaciendo discordantemente al Grupo Farallones del Paleozoico, cerca de los ríos Guavio y Farallones (228: E12, F12) en los alrededores del embalse del Guavio. La Formación Ubalá resalta topográficamente sobre la Formación Lutitas de Macanal, con la que se encuentra en contacto.

2.2.1.2.1 Nombre y sección tipo

La unidad es descrita por Terraza *et al*. (2008) en el área del Cinturón Esmeraldífero Oriental; el nombre proviene del Municipio de Ubalá, donde presenta una buena exposición. La sección tipo se determina en el río Chivor (vereda Las Mercedes), unos metros abajo de la bocatoma que desvía las aguas del río al embalse de Guavio, en donde la Formación Ubalá se caracteriza principalmente por arenitas y calizas intercaladas con paquetes de arcillolitas.

2.2.1.2.2 Descripción litológica

En el embalse del Guavio (228: E12, F12), se observan dos paquetes que resaltan morfológicamente compuestos por arenitas y calizas intercalados con arcillolitas (Terraza *et al*., 2008). La Formación Ubalá en esta plancha se caracteriza en la base por un conglomerado al que le siguen arenitas y calizas arenosas, mientras que en la parte superior predominan las calizas, arcillolitas y arenitas, de acuerdo con la descripción de perforaciones al norte del embalse del Guavio realizadas por Garzón (1975).

2.2.1.2.3 Posición estratigráfica y edad

La Formación Ubalá descansa discordantemente sobre las rocas paleozoicas Grupo Farallones. Es suprayacida conformemente por capas arcillolíticas de la Formación Lutitas de Macanal que contienen fósiles de amonitas que indican el Valanginiano más temprano, razón por la que se le asigna una edad Berriasiano (Terraza *et al*., 2008).

El espesor de la Formación Ubalá en la sección tipo es de 232 m (Terraza *et al*., 2008) y en los alrededores del embalse del Guavio comprende más de 100 m según los estudios de Garzón (1975) y finalmente desaparece en dirección sur (228: G11, G12, H11, H12).

2.2.1.3 Formación Lutitas de Macanal (K_1m) Valanginiano

La Formación Lutitas de Macanal constituye la mayor parte de la esquina sureste de la plancha 228-Bogotá noreste, al occidente de la población de Gama (228: E11, E12, F11, F12, G10, G11, G12, H10, H11, H12). Es una unidad predominantemente lodolítica, de morfología suave, en la que resaltan dos miembros arenosos-limosos (Miembro El Fígaro e Intervalo Estratigráfico de Río Negro, Terraza *et al.*, 2008). La Formación Lutitas de Macanal conforma estructuras anticlinales y sinclinales contiguas (anticlinales Peña El Fígaro y El Cedral y los sinclinales de Claraval y Río Negro) y está afectada por las fallas de San Roque, Tendidos y Murca.

En la parte media-baja de la unidad aparecen el Miembro El Fígaro, con intercalaciones de arenitas y el Intervalo Estratigráfico de Río Negro, de naturaleza calcárea. El Miembro El Fígaro (K1mf) se encuentra en los municipios de Ubalá y Gama (228: E12, F11, F12, G11, H10), mientras que el Intervalo Estratigráfico de Río Negro aflora al oeste del Municipio de Gachalá (228: G11, H10, H11).

2.2.1.3.1 Nombre y sección tipo

Ulloa & Rodríguez (1979), propusieron el nombre de Lutitas de Macanal para designar un "*conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, arenitas y bolsones de yeso*" y establecieron la sección tipo en el cañón del río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda. El nombre se asocia al Municipio de Macanal, en el departamento de Boyacá.

Según Ulloa & Rodríguez (1979) la unidad se compone de 760 m de lutitas negras micáceas ligeramente calcáreas, seguidas de 145 m de areniscas cuarzosas color gris oscuro, de grano fino con intercalaciones de lutitas negras fosilíferas; continúan 1350 m de lutitas grises oscuras a negras ligeramente calcáreas, con nódulos arenosos y por último se encuentran 680 m de lutitas negras micáceas con intercalaciones de arenisca de color gris claro de grano fino.

2.2.1.3.2 Descripción litológica

En la zona más sur de la plancha, al noreste del Embalse de Chuza (228: H9) se encuentran capas gruesas y muy gruesas de arcillolitas y limolitas de color gris y lodolitas carbonosas, con laminación plano-paralela continua; esporádicamente se observan capas medias de cuarzoarenitas de tamaño de grano fino, muy bien calibradas y redondeadas, intercaladas con limolitas. Por otra parte, al sur del Embalse de Chuza (228: H8, H9) se encuentran capas tabulares delgadas hasta muy gruesas, de lodolitas y arcillolitas de color negro y gris oscuro, muscovíticas, sin laminación o estructuras sedimentarias visibles; frecuentemente se observan en algunas capas fósiles de bivalvos y nódulos de 2 hasta 10 cm de diámetro. Localmente, se observan intercalaciones de capas medias de lodolitas grises oscuras y limolitas silíceas.

La Formación Lutitas de Macanal también se identificó en la carretera que de Gachetá conduce a Ubalá (228: D11) cerca de la unión de los ríos Muchindote y Gachetá, en donde está constituida principalmente por limolitas negras en capas muy gruesas con laminación plano-paralela. Terraza *et al*. (2008) describen el Miembro El Fígaro en un tramo más al sur de la misma carretera Gachetá-Ubalá (228: E12) dividiéndolo en 2 segmentos: (1) conformado por arcillolitas color gris oscuro algo limosas, finamente laminadas, con intercalaciones de cuarzoarenitas de color marrón o gris medio (por meteorización), grano-decrecientes, en las que se reconoce la secuencia de Bouma, y (2) un segmento arenoso que consta de cuarzoarenitas de color gris medio, gris verdoso o gris muy claro (por meteorización), de tamaño de grano arena fina, macizas o laminadas, alternadas con capas medias y delgadas de arcillolitas gris oscuro,

laminadas, y al techo capas muy gruesas de cuarzoarenitas de color gris oscuro de textura fina y muy fina con laminación curvada no paralela discontinua.

El Intervalo Estratigráfico de Río Negro fue registrado en el área de trabajo en la vía que de Río Negro conduce a Claraval como lodolitas calcáreas laminadas, de color gris oscuro, moderadamente carbonosas, subverticales, con capas gruesas de micritas arcillosas tabulares de color gris oscuro. En el camino a Peñas Blancas, se observa un conjunto calcáreo conformado por capas delgadas de arcillolitas carbonosas de color negro, con laminación plano-paralela, frecuentemente calcáreas, intercaladas con conjuntos de capas delgadas y medias de micritas arcillosas de color negro con laminación plano-paralela.

Por último, fuera del área de la plancha 228-Bogotá noreste, al sur del embalse de Chuza, se observan limolitas de color negro, con laminación plano-paralela, localmente lenticular y ondulosa, con nódulos y muy localmente con foraminíferos, además de capas tabulares medias a gruesas de arenitas de tamaño de grano fino a muy fino de color verde con laminación *hummocky*, moderadamente calibradas, bien redondeadas, con fragmentos líticos rojizos y muscovita.

2.2.1.3.3 Posición estratigráfica y edad

Las rocas de la Formación Lutitas de Macanal suprayacen concordantemente a las formaciones berriasianas Santa Rosa o Ubalá, aunque en el costado occidental del valle del río Farallones (228: G11, G12) este contacto es paraconforme con las rocas del Grupo Farallones debido al adelgazamiento y desaparición de la Formación Ubalá (Terraza *et al*., 2008). En la carretera que de Gachetá conduce a Ubalá se observó el contacto transicional entre la Formación Lutitas de Macanal y la suprayacente Formación Las Juntas.

En la plancha contigua en dirección sur, fuera del área de estudio (Plancha 247-Cáqueza, C7), se colectaron amonitas que indican Valanginiano (Etayo-Serna, com. pers.). Terraza *et al*. (2008) reportan fauna de amonitas en la base de la Formación Lutitas de Macanal que sugieren edad Valanginiano temprano y en la parte superior edades correspondientes al Hauteriviano.

El espesor máximo estimado mediante corte geológico alcanza los 2.700 m al sur de Gama (228: F10, F11); sin embargo, no se encontró fauna que permita hacer un control bioestratigráfico para definir si hay repetición de secuencia. Ulloa & Rodríguez (1979) reportan en la sección tipo 2.935 m de espesor.

2.2.1.4 Formación Las Juntas (K_1j) Hauteriviano

La Formación Las Juntas aflora en la parte suroriental de la plancha 228-Bogotá noreste como una franja con rumbo noreste-suroeste en el flanco occidental (228: H8, H9, G9, G10, F10, E11) y cierre del Anticlinal Peña El Fígaro (228: C11, D12). Constituida principalmente por paquetes de arenitas, la Formación Las Juntas se expresa morfológicamente como un resalto entre las formaciones Lutitas de Macanal y Fómeque.

2.2.1.4.1 Nombre y sección tipo

Ulloa & Rodríguez (1979) proponen el nombre de Areniscas de Las Juntas para denominar dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico que afloran por la carretera Guateque-Santa María; establecieron la localidad tipo entre las cuchillas de El Volador y El Dátil, en área rural de los municipios de Macanal y Garagoa. A la arenisca basal le asignan el nombre de Miembro Arenisca de El Volador, que está constituido por cuarzoarenitas color gris amarillento, de tamaño de grano fino, con espesor de 145 m; en el medio, se encuentra el Miembro Lutitas Intermedias constituido por lutitas negras con nódulos e intercalaciones arenosas, de 295 m de espesor y finalmente el Miembro Almeida que se caracteriza por areniscas cuarzosas, de color gris claro a blanco amarillento y tamaño de grano fino intercalado con lutitas negras micáceas, de 470 m de espesor (Ulloa & Rodríguez, 1979). Los nombres provienen al parecer de la vereda Las Juntas, la Cuchilla El Volador y el Municipio de Almeida, a pesar de que Ulloa & Rodríguez (1979) no lo reseñan específicamente.

Terraza *et al*. (2008) sugieren la supresión del término “Arenisca”, tanto del nombre formacional como de los miembros de esta unidad, siguiendo los lineamientos de la Guía Estratigráfica Internacional (secciones 5.F.1 y 5.F.3, Reguant & Ortiz, 2001), ya que en la localidad tipo se presentan intercalaciones importantes de lutitas en sus miembros Arenisca de El Volador y Arenisca de Almeida y en la región de Gachalá, Ubalá y Gama el carácter arenoso de estos miembros se subordina al arcilloso, siendo recomendable utilizar en cambio los miembros informales inferior, medio y superior.

2.2.1.4.2 Descripción litológica

La Formación Las Juntas comprende tres conjuntos que se pueden diferenciar morfológicamente al norte del área de estudio (Figura 2) y corresponden a los miembros inferior, medio y superior en el sentido de Terraza *et al*. (2008). Sin embargo, al sur del área de estudio el cambio lateral de facies de la Formación Las Juntas por granulometrías más finas, dificulta la separación de los tres segmentos. Terraza e*t al*.

(2008) reconocen los tres miembros informales de la Formación Las Juntas (arenisca-lutita-arenisca) en la carretera Gachetá-Ubalá (228: D11); por otra parte, en el sector del Embalse de Chuza (228: H8, H9), la formación presenta variaciones laterales a facies de granulometrías más finas, sin embargo se logran identificar los tres miembros informales (arenita-lutita-limolita).

Figura 2. Expresión geomorfológica de los tres conjuntos de la Formación Las Juntas, inferior, medio y superior. Vista con azimut 240° desde el punto con coordenadas N: 1021345, E: 1052488, Z: 1667.

Sección carretera Gachetá-Ubalá

Terraza e*t al*. (2008) describen una sección estratigráfica semidetallada de la Formación Las Juntas (Figura 3), entre los ríos Rucio y Muchindote (punto de inicio: N: 1021339, E: 1052479; punto de finalización: N: 1021798, E: 1051476); los autores reportan:

Miembro Inferior (231 m). Secuencia predominantemente de arcillolitas de color gris oscuro (con meteorización a tonos gris claro o marrón claro), en capas delgadas, en la base son macizas o con laminación muy delgada plano-paralela discontinua y al techo muestran laminación heterolítica de tipo lenticular; contienen pirita muy fina diseminada, muscovita, son algo carbonosas y en algunos niveles presentan restos de plantas o de bivalvos; son frecuentes los nódulos silíceos que abundan de tal forma que llegan a formar capas nodulares de limolita silícea. El miembro presenta intercalaciones de capas gruesas o muy gruesas, tabulares o lentiformes de cuarzoarenitas color gris medio meteorizadas a color naranja o amarillo, generalmente de aspecto macizo, textura muy fina, cemento silíceo, maduras; hacia el techo del miembro se intercalan capas gruesas de limolitas de cuarzo meteorizadas a color marrón claro o naranja pálido, laminadas o macizas, algunas con restos de bivalvos. En la parte media del miembro aparece un conjunto potente (30 m de espesor) que presenta en la base y techo limolitas de cuarzo (arcillosas y no arcillosas) de color gris oscuro, en capas delgadas plano-paralelas con laminación interna ondulosa paralela discontinua, muscovíticas, con abundantes nódulos silíceos y madrigueras horizontales al techo del conjunto; entre las limolitas aparecen cuarzoarenitas de color gris oscuro (meteorizadas a tonos marrón grisáceo y naranja pálido), textura muy fina, bien calibradas, maduras, en capas tabulares delgadas con estratificación ondulosa no paralela discontinua, laminación interna *flaser* y muscovita.

Miembro Medio (317 m). Se halla cubierto en un 93% por depósitos recientes; lo que aflora consiste de arcillolita meteorizada (color gris claro y púrpura pálido), algo limosa, en capas delgadas, finamente laminadas de forma plano-paralela discontinua y con lentes delgados de limo de cuarzo; se encuentran algunos nódulos silíceos.

Miembro Superior (157 m). Litológicamente es similar al miembro inferior, es decir con dominio de arcillolitas de color gris oscuro meteorizadas a tonos gris claro o naranja pálido, en capas delgadas y laminación plano-paralela (muy delgada y discontinua); en la base se encuentra laminación heterolítica lenticular; presentan pirita muy fina diseminada, muscovita, son algo carbonosas; en algunos horizontes se encuentran restos de plantas, bivalvos y gastrópodos; también son frecuentes los nódulos silíceos que abundan por niveles. Presenta frecuentes intercalaciones de capas gruesas o muy gruesas, tabulares o lentiformes, de cuarzoarenitas de color gris medio meteorizadas a color naranja o amarillo, generalmente de aspecto macizo (algunas debidas a bioperturbación), textura muy fina, cemento silíceo, ocasionalmente calcáreo, maduras e inmaduras; hacia el techo del miembro aparecen *Thalassinoides* en la base de algunas capas de arenitas y se encuentran varias capas areno-arcillosas lumaquélicas de restos de bivalvos y ocasionalmente *wackestone* de bivalvos.

Figura 3. Sección Estratigráfica Formación Las Juntas. Carretera Gachetá-Ubalá. Tomado de Terraza *et al*. (2008).

Sección Embalse de Chuza

La parte más septentrional del Embalse de Chuza se encuentra al sur de la plancha (228: H8, H9) y corta la Formación Las Juntas. La secuencia encontrada se describe a continuación (Figura 4).

Segmento inferior. Cerca al contacto con la Formación Lutitas de Macanal, hacia la base de la Formación Las Juntas, consta de capas desde muy gruesas hasta delgadas de lodolitas y lodolitas arenosas de color gris o negro, con laminación plano-paralela discontinua, lenticular, ondulosa paralela e incluso localmente sin laminación perceptible; las lodolitas contienen muscovita y algunos nódulos silíceos del orden de centímetros hasta decímetros, en las que se distinguen algunas impresiones de bivalvos. Estas lodolitas y lodolitas arenosas se encuentran intercaladas con capas gruesas hasta delgadas de arenitas y arenitas lodosas (a veces incluso limolitas y limolitas arenosas) de color gris, de tamaño de grano desde medio hasta muy fino, con laminación plano-paralela y *flaser* (local); corresponden a cuarzoarenitas, moderadamente o bien calibradas, subredondeadas a redondeadas y subangulares, submaduras, bien cementadas, con un contenido de muscovita; esporádicamente con intensa bioturbación.

Segmento medio. En la parte media predominan las granulometrías más finas: capas tabulares gruesas a delgadas de lodolitas y limolitas de color negro y gris, sin estructuras sedimentarias visibles, localmente con laminación plano-paralela, nódulos silíceos centimétricos y bivalvos. Se encuentran también algunas capas delgadas de lodolitas silíceas de color negro muy compactas, con fractura concoidea, y más escasas, algunas capas de margas con bivalvos.

Segmento superior. Hacia el tope de la unidad, cerca al contacto con la suprayacente Formación Fómeque, la Formación Las Juntas está representada por capas gruesas y medias de lodolitas de color gris oscuro, homogéneas, que ocasionalmente presentan laminación plano-paralela, con esporádicos bivalvos. Las lodolitas se intercalan con láminas hasta capas gruesas de limolitas arenosas de color beige a gris claro, en ocasiones con laminación inclinada planar, bien cementadas y con óxidos de hierro. En menor proporción se encuentran capas delgadas de lodolitas silíceas muy compactas con fractura concoidea.

Figura 4. Sección Embalse de Chuza de parte de la Formación Las Juntas (figura esquemática, no a escala).

Sección Este de Gachetá-Vereda El Retiro

Los afloramientos más septentrionales de la Formación La Juntas en el área de estudio se encuentran al este de Gachetá, en las veredas El Retiro y Yerbabuena (228: C11, D11), en dirección aguas arriba del río Muchindote. Se pueden distinguir tres segmentos de la unidad en este sector, similares en litología a la descrita en la carretera Gachetá-Ubalá que dista 5 km en dirección sur.

Segmento inferior. Este conjunto conforma morfológicamente un filo que incluye la cuchilla de Cerro Negro. Consta de intercalaciones de capas muy gruesas y gruesas de arcillolitas, lodolitas o lodolitas arenosas frecuentemente micáceas, de color gris o negro, con laminación plano-paralela e impresiones de fósiles de bivalvos y gastrópodos con capas gruesas a medias de arenitas lodosas micáceas, de color rojizo, moderadamente calibradas y redondeadas, de tamaño de grano arena muy fina a fina con matriz arcillosa, algunos líticos, con niveles que presentan disolución de conchas y a veces amalgamadas hasta formar bancos de dos a tres metros de espesor. Se presentan hacia el tope del segmento algunas capas delgadas de lodolita silícea con aspecto de lumaquelas, con fósiles de bivalvos, gasterópodos y braquiópodos (?).

Segmento medio. La parte media de la Formación Las Juntas se compone de lodolitas y lodolitas arenosas con intercalaciones de niveles delgados silíceos y nodulares; son estas características las que determinan su poca competencia a la erosión. Son escasos los afloramientos de este segmento intermedio.

Segmento superior. En este segmento se observan capas muy delgadas hasta muy gruesas de cuarzoarenitas de tamaño de grano fino y muy fino, color gris, muy bien calibradas y redondeadas, masivas, localmente con laminación plana a ondulada. Algunos paquetes de arenitas contienen muscovita y algo de matriz lodosa. Intercaladas, se observan lodolitas y arcillolitas de color negro o gris en capas gruesas a medias, o incluso capas delgadas y láminas, localmente con laminación lenticular y niveles de nódulos silíceos.

2.2.1.4.3 Posición estratigráfica y edad

En la sección Gachetá-Ubalá, Terraza *et al*. (2008) reportan el contacto inferior de la Formación Las Juntas como concordante y transicional, al igual que el superior con la Formación Fómeque.

En este trabajo no se encontraron macrofósiles que permitieran determinar la edad de la Formación Las Juntas, sin embargo, Bürgl (1958) asigna a la Arenisca de Cáqueza (en el sentido de Hubach [1957b], y que en parte equivale a la Formación Las Juntas) una edad de Hauteriviano, mientras que, Terraza *et al*. (2008) deducen una edad Hauteriviano con base en su posición estratigráfica sobre la Formación Lutitas de Macanal (Hauteriviano) y la base de la Formación Fómeque (Barremiano temprano).

En la sección de la carretera Gachetá-Ubalá, Terraza *et al*. (2008) midieron 705 m de espesor, de los cuales 231 m corresponden al miembro inferior, 317 m para el miembro intermedio y 157 m para el miembro superior.

2.2.2 Grupo Villeta (K_1K_2v) Barremiano-Santoniano

El Grupo Villeta en la zona de estudio está representado por las formaciones Fómeque (Barremiano-Aptiano), Une (Albiano medio-Cenomaniano) y Chipaque (Santoniano-Campaniano).

El nombre de Piso del Villeta se debe a Hettner (1892) y fue descrito por Hubach (1931a) desde la angostura del río Une (en el Municipio de Cáqueza) hasta Chipaque, por encima de las Areniscas de Cáqueza y por debajo del Piso de Guadalupe. Hubach (1931a) lo subdivide en tres conjuntos bien destacados: el inferior lo denomina Conjunto de Fómeque, conformado por "*esquistos piritosos, caliza cristalina, arenisca (o tufita) calosa y por areniscas cuarcíticas*". El siguiente es el Conjunto de Areniscas de Une en el que "*bancos gruesos de arenisca van separados por bancos más o menos delgados de esquisto endurecido*", muy similares a las areniscas del Piso de Guadalupe. Por último, en el Conjunto de Chipaque "*el sedimento predominante es el esquisto piritoso, entre el cual se intercalan bancos de cal, arenisca calosa y arenisca lajosa*". Posteriormente Hubach (1957b) le otorga a esta secuencia el nombre y rango de Grupo Villeta.

2.2.2.1 Formación Fómeque (K_1f) Barremiano-Aptiano

La Formación Fómeque aflora ampliamente al este de la plancha 228-Bogotá noreste en una franja ancha con dirección noreste-suroeste (228: A12, B10, B11, C9, C11, C12, D10, D11, E10, F9, F10, G8, G9, H8, H9). La morfología de la unidad es relativamente suave, entre los escarpes que generan la infrayacente Formación Las Juntas y la suprayacente Formación Une. La afectan múltiples estructuras anticlinales y sinclinales entre las que se destacan el sinclinal y anticlinal de Muchindote (228: B12, C12), el sinclinal y anticlinal de las Cruces (228: B12, C12), el Sinclinal Alto de las Cruces (228: A12, B12) y el sinclinal y anticlinal El Quince (228: A12, B11, C11). La Falla de Río Rucio atraviesa la unidad en dirección noroeste-sureste y la Falla de Salinero afecta una parte cercana al tope de la unidad en el sector de Salinas, al norte de Gachetá (228: B10, B11, C10).

2.2.2.1.1 Nombre y sección tipo

El nombre de Fómeque (conjunto de) lo propone Hubach (1931a) para las sedimentitas que se encuentran bien caracterizadas en la región de Fómeque y representan el piso del Aptiano y al menos una parte del Barremiano. Este mismo autor le otorga el rango de Formación Fómeque (Hubach, 1957b), que reposa sobre la Arenisca de Cáqueza (parte superior del Grupo Cáqueza) y la suprayace la Formación Une. La Formación

Fómeque la componen paquetes gruesos de arcillolitas y lodolitas con biomicritas intercaladas, además de algunas cuarzoarenitas y bioesparitas que resaltan en la morfología.

2.2.2.1.2 Descripción litológica

La Formación Fómeque consta predominantemente de capas muy gruesas a delgadas de limolitas, lodolitas y arcillolitas de color negro a gris oscuro, con laminación plano-paralela o masivas, y algunos niveles bioclásticos que contienen fragmentos de bivalvos, gasterópodos, amonitas, muscovita y nódulos silíceos. Estas capas están intercaladas con biomicritas (*packstone* y *wackestone*) y algunas bioesparitas (*grainstone*) en capas gruesas hasta delgadas (a veces con algún contenido de terrígenos), donde frecuentemente se encuentra abundante fauna que incluye gastrópodos y bivalvos dentro de los que se reconoce *Trigonia*. Las lodolitas se intercalan también con capas gruesas a delgadas de cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino y fino, bien calibradas y redondeadas, bien cementadas, con bivalvos, gastrópodos y algo de matriz lodosa.

A continuación se describen dos secciones de la Formación Fómeque estudiadas dentro del área de la plancha 228-Bogota noreste.

Sección carretera Gachetá-Ubalá

Terraza *et al*. (2008) levantaron los primeros 415 m de la Formación Fómeque (Figura 5) en la carretera que de Gachalá conduce a Ubalá, entre los ríos Rucio y Muchindote (punto de inicio: N: 1021786, 1051535; punto de finalización: N: 1022099, E: 1050957); los autores reportan:

Segmentos 1 (131 m), 3 (55 m) y 5 (87 m). Estos segmentos se componen de arcillolita negra a gris oscuro, compacta, algo carbonosa, en capas delgadas, laminadas (generalmente con laminación plano-paralela discontinua, ocasionalmente lenticular u ondulosa) o con aspecto macizo, con pirita muy fina diseminada y niveles con nódulos silíceos localmente abundantes, especialmente en los segmentos 1 y 3. Se intercalan frecuentemente capas gruesas y muy gruesas (generalmente tabulares, en menor proporción cuneiformes) de *wackestone* terrígeno de bivalvos (calizas lumaquélicas arenosas, areno-arcillosas o lodosas, de bivalvos completos e incompletos); en menor proporción se intercalan capas de *grainstone* de bivalvos (techo de los segmentos 1 y 5), *mudstone* terrígeno con fragmentos de bivalvos (techo del segmento 3 y parte baja del segmento 5), cuarzoarenitas muy finas o finas, maduras, algunas bioclásticas (parte

media del segmento 1, segmento 5), limolitas de cuarzo o lodolitas (parte media del segmento 1 y segmento 5) y *packstone* terrígeno de bivalvos (techo del segmento 5).

Figura 5. Sección estratigráfica Formación Fómeque. Carretera Gachetá-Ubalá. Tomado de Terraza *et al*. (2008).

El color de estas capas es gris oscuro, normalmente afectado por meteorización fuerte que le imprime a la roca tonos naranja amarillento, gris medio o claro, púrpura grisáceo o café amarillento; internamente las capas calcáreas (*mudstone*, *wackestone*, *packstone* o *grainstone*) muestran ligera orientación de los bioclastos paralela a la estratificación; en el segmento 1 se observan *Thalassinoides* (entre 10-12 cm de diámetro) en la base de algunos estratos calcáreos.

Segmentos 2 (62 m), 4 (65 m) y 6 (15 m, incompleto). Estos segmentos son predominantemente arcillosos y se encuentran cubiertos en gran parte por depósitos recientes; se componen de arcillolita negra a gris oscuro, algo carbonosa, en capas delgadas con laminación interna plano-paralela discontinua; presentan pirita muy fina diseminada y niveles con abundantes nódulos silíceos en la parte alta del segmento 4 y en la base de los segmentos 4 y 6; el segmento 4 presenta algunas intercalaciones gruesas de lodolita, *wackestone* terrígeno de bivalvos y cuarzoarenita muy fina, madura y maciza.

Sección quebrada El Zapatero

En la quebrada El Zapatero se identificó una sección estratigráfica de 178 m, correspondientes a la parte intermedia de la Formación Fómeque (228: C12) en la cual no se logró observar la base o el techo de la unidad. Litológicamente se reconocen dos segmentos (Figura 6):

Segmento 1 (82 m): Es un intervalo compuesto casi en su totalidad por lodolitas negras con laminación plano-paralela en capas muy gruesas, con frecuentes impresiones de bivalvos, troncos y hojas fósiles, además de algunos niveles lumaquélicos. También presenta esporádicas capas medias de lodolitas arenosas con laminación plano-paralela y lenticular con granos de cuarzo muy redondeados, con muscovita.

Segmento 2 (96 m): Esta secuencia consta de capas muy gruesas de lodolitas negras con laminación plano-paralela e impresiones de bivalvos con intercalaciones de capas tabulares gruesas a muy delgadas de cuarzoarenitas muy finas, muy bien calibradas y redondeadas con muscovita (Figura 7). La secuencia presenta niveles de nódulos silíceos y niveles de lumaquelas de hasta 80 cm.

Figura 6. Figura esquemática de la Sección quebrada El Zapatero de parte de la Formación Fómeque. Escala gráfica.

Figura 7. Afloramiento de la Formación Fómeque en la quebrada El Zapatero. Intercalaciones de capas muy gruesas de lodolitas negras con capas medias de cuarzoarenitas muy finas en la Formación Fómeque (N: 1027770, E: 1056839).

2.2.2.1.3 Posición estratigráfica y edad

El límite inferior de la Formación Fómeque con la infrayacente Formación Las Juntas se considera concordante-transicional (Terraza *et al*., 2008); el límite superior con la Formación Une es neto concordante.

Varios autores coinciden en asignar a la Formación Fómeque una edad desde el Barremiano medio-tardío hasta Albiano temprano (Hubach, 1957a; Ulloa & Rodríguez, 1979; Terraza *et al*., 2008). En el presente trabajo se colectaron amonitas en la parte intermedia de la unidad en las veredas Muchindote (228: A12, B12) y Salinas (228: B11, C11), que indican una edad de Aptiano (Etayo-Serna, com. pers.), al igual que las encontradas en Monte Redondo, al lado del Embalse de Chuza (228: H8).

Ulloa & Rodríguez (1979) reportan 1.200 m de espesor en la región occidental del Anticlinorio de Farallones y 800 m del lado oriental. Terraza *et al*. (2010) estiman en la plancha contigua (229-Gachalá) un espesor de 1.700 y 1.120 m en el río Tunjita (210:

G6, F6, F7) y el sector suroeste de Campo Hermoso (210: H11) respectivamente. Mediante corte geológico se estima que el espesor en el área de la plancha 228-Bogotá noreste es de al menos 900 m.

2.2.2.2 Formación Une (K_1K_2u) Albiano-Cenomaniano

Las rocas de la Formación Une afloran en una franja noreste-sureste localizada al occidente de la cabecera municipal de Gachetá (228: C10, D9) y se extiende desde la zona del páramo de Chingaza (228: H7) hasta la vereda Salinas (228: A11); conforma también el núcleo del Sinclinal El Quince (228: C11) y en la parte más sur del valle del río Blanco (228: G5, H4, H5) el núcleo del Anticlinal de Río Blanco-Machetá. Una pequeña escama de la unidad aflora al sureste de la población de La Calera (228: F3), en una zona intensamente fallada.

La Falla de Salinero atraviesa la Formación Une de norte a sur y la pone en contacto con estratos de la misma Formación Une (228: A11, B11, D9, E9, F8, H6) y de la Formación Fómeque (228: B10, C10, E9, F8). Algunas estructuras pliegan la Formación Une: el Sinclinal del Quince, el sinclinal y anticlinal de Salinas (228: A11, B11) y el Anticlinal de Barajas (228: F8).

La Formación Une conforma geomorfológicamente un fuerte escarpe que contrasta notablemente con la infrayacente Formación Fómeque y la suprayacente Formación Chipaque, ambas de litologías finas que generan valles. En las áreas donde la Formación Une está más completa (228, H7), la parte media de esta unidad forma un valle, debido al aumento en la proporción de intercalaciones de lodolitas.

2.2.2.2.1 Nombre y sección tipo

El nombre lo propone Hubach (1931a) para referirse al intervalo intermedio entre los conjuntos de Fómeque y Chipaque, compuesto casi exclusivamente por areniscas y de una magnitud de entre 400 y 500 m: "*los bancos gruesos de arenisca van separados por bancos más o menos delgados de esquisto endurecido y como guía se tiene en la parte alta del conjunto un nivel débil de antracita que se explota en el río Une (…). Este conjunto de areniscas de Une se destaca en el terreno en forma de paredón brusco, semejante al que forman las areniscas de la parte superior del piso de Guadalupe*".

Renzoni (1962) suprime el término litológico "areniscas" que acompaña al nombre de la unidad, perdurando hasta el presente la denominación de Formación Une. Julivert (1968) identifica como localidad tipo de la Formación Une el sector de la carretera

Bogotá-Villavicencio entre Chipaque y Cáqueza, al sureste de Bogotá y al Municipio de Une como origen del nombre de la unidad.

2.2.2.2.2 Descripción litológica

En la plancha 228-Bogotá noreste la Formación Une se encuentra afectada por varias fallas de desplazamiento significativo que desaparecen la base de la unidad, como ocurre al norte de la plancha (228: B10, C10), o dejan en duda el tope de la formación (228: D9, E9, F8). Es frecuente también encontrar escamas delgadas en las cuales no es posible determinar la posición estratigráfica dentro de la secuencia del Une.

De la Formación Une se pueden diferenciar tres segmentos litológicos, uno predominantemente arenoso a la base, el intermedio lodoso y finalmente uno arenoso al tope de la unidad, que serán descritos a continuación.

El segmento basal de la Formación Une está compuesto predominantemente por arenitas que generan escarpes de más de 40 m de altura. Estas arenitas ocurren en capas tabulares, lenticulares u ondulosas de muy gruesas a delgadas con laminación *flaser*, inclinada y ondulosa (ocasionalmente masivas); en general son de tamaño de grano fino y muy fino, aunque localmente en el río Chuza, alcanzan tamaño medio y grueso, bien calibradas, con granos redondeados y subangulares. Composicionalmente corresponden a cuarzoarenitas bien cementadas, localmente con cemento calcáreo y óxidos de hierro.

Las arenitas presentan intercalaciones de lodolitas, limolitas y limolitas arenosas de color gris oscuro a negro, en capas tabulares delgadas a gruesas (hasta muy gruesas en el río Chuza), con laminación variable entre plano-paralela, ondulosa, lenticular o masiva, además de bioturbación en algunos sectores. Las lodolitas son físiles y presentan nódulos de hasta 5 cm con los núcleos rellenos de calcopirita y arcilla. Algunas láminas carbonosas se observan en un sector de la vía Gachetá-El Quince dentro de capas muy gruesas de lodolitas negras (228: C11).

La parte media de la Formación Une muestra un predominio de litologías finas y una expresión morfológica menos competente que los segmentos inferior y superior, a causa de la intercalación frecuente de capas de cuarzoarenitas y predominantemente limolitas.

Las lodolitas son de color negro, las limolitas arenosas de color gris oscuro y las cuarzoarenitas de color blanco. Las lodolitas se encuentran en capas medias a gruesas con laminación plano-paralela, ondulosa o lenticular, algo de bioturbación; son

carbonosas y contienen algunas capas delgadas de carbón; las limolitas son arenosas y cuarzosas, ocurren en capas delgadas hasta muy gruesas. Las cuarzoarenitas aparecen en capas muy gruesas a muy delgadas, tabulares u ondulosas con laminación plano-paralela, inclinada, *flaser* y ondulada; son de tamaño de grano arena muy fina a media, bien a moderadamente calibradas, bien cementadas y frecuentemente muscovíticas.

Es común que la intercalación ocurra entre limolitas y limolitas arenosas y lodolitas. Las limolitas y limolitas arenosas son cuarzosas, de color gris claro y negro en capas tabulares delgadas hasta muy gruesas, localmente calcáreas y fosilíferas con abundantes bivalvos (río Chuza, 228: G7), localmente con impresiones de hojas y troncos (alrededores de Junín, 228: D9) y láminas muy finas de carbón antracítico. Las lodolitas se encuentran en capas tabulares muy delgadas hasta muy gruesas, con laminación lenticular y ondulosa, muy localmente plano-paralela discontinua, bioturbadas, de color negro y gris oscuro, físiles, con bivalvos y abundantes restos vegetales, además de niveles de hasta 1 cm de carbón antracítico (en la vereda San Antonio, 228: E9).

En el tope de la Formación Une, el predominio litológico vuelve a ser arenítico, y las secuencias puede llegar a formar escarpes de hasta 150 m de altura (Laguna de Churuguaco, 228: H6). Se compone de capas tabulares, lenticulares o cuneiformes muy gruesas hasta delgadas de cuarzoarenitas color amarillo blancuzco muy claro (Figura 8), de tamaño de grano arena muy fina a fina (ocasionalmente muy gruesa), con laminación inclinada e inclinada tangencial, a veces ondulada, bien calibradas, bien cementadas, con glauconita, matriz arcillosa y muscovita. En cercanías al río Gachetá (228: C10), se observan intercalaciones de capas muy gruesas de arenitas con capas medias de lodolitas negras con laminación plano-paralela y fósiles de plantas. En la vereda Moquentivá (228: C10) se encuentran intercalaciones de arenitas y limolitas con laminación lenticular y ondulada; algunas capas de arenita muestran signos de bioturbación en la base.

La Formación Une también aflora en el núcleo del sector sur del Anticlinal Río Blanco-Machetá, en el valle del río Blanco (228: G5, H4, H5). En esta zona, litológicamente se observan cuarzoarenitas como intercalación predominante, y en menor proporción limolitas y lodolitas, estas últimas presentan ocasionalmente bioturbación e impresiones de bivalvos; en menor proporción ocurren lodolitas grises claras fisiles, con un alto contenido de muscovita.

En la vereda Junia (228: H4) afloran capas muy gruesas de lodolitas de color negro, físiles, no laminadas y fosilíferas con bivalvos, gastrópodos, amonitas, restos de peces y fragmentos vegetales; en menor proporción también se observan capas gruesas de

lodolitas de color gris oscuro con laminación ondulosa y lenticular discontinua y capas gruesas y muy gruesas de biomicritas impuras (margas) con restos de bivalvos y muy localmente bioesparitas de bivalvos en disposición caótica.

Figura 8. Afloramiento de la Formación Une en la carretera Sueva-Gachetá. Capas muy gruesas y medias de cuarzoarenitas de color amarillo blancuzco, alternando con lodolitas negras con laminación plano-paralela. (N: 1025206, E: 1044919).

En la vereda La Caja (228: H5), predominan las arenitas en capas muy gruesas y medias intercaladas con lodolitas en capas delgadas y láminas. Las arenitas se encuentran en capas lenticulares y ondulosas medias a muy gruesas, son cuarzosas, de color blanco, con juegos de láminas inclinadas o sin laminación interna (son macizas), muy limpias, de grano muy fino y fino, redondeadas a subangulares, bien seleccionadas y moderadamente a bien cementadas, con *Thalassinoides* a la base. Las arenitas se intercalan con algunas capas delgadas y láminas gruesas de lodolitas de color negro, muy homogéneas y físiles; localmente son muscovíticas, presentan laminación ondulosa, lenticular o plano-paralela, esporádicas concreciones de hasta 15 cm, bivalvos y restos vegetales.

2.2.2.2.3 Posición estratigráfica y edad

El límite inferior con la Formación Fómeque es concordante neto, en casi toda la extensión de la Formación Une, mientras que el límite superior ocurre de manera gradual concordante con la Formación Chipaque en el sector del río Blanco y al norte del área de estudio.

Las amonitas encontradas en el sector del río Blanco sugieren edad Albiano (Etayo-Serna, com. pers.). Montoya & Reyes (2003) establecen la edad de la Formación Une desde el Albiano hasta parte del Cenomaniano.

El espesor aflorante de la Formación Une no pudo determinarse en el área de estudio; Montoya & Reyes (2003) registran 1432 m en una sección levantada en la carretera Manta-Machetá en la plancha 209-Zipaquirá, y Terraza *et al*. (2010) calculan al menos 1300 m sobre el flanco oriental del Sinclinal de Úmbita en la plancha 210-Guateque.

2.2.2.3 Formación Chipaque (K_2cp) Cenomaniano-Santoniano

La Formación Chipaque aparece distribuida por el centro de la plancha 228-Bogotá noreste en franjas alargadas en sentido noreste-suroeste desde el Parque Nacional Natural Chingaza, al sur y al occidente (en donde se encuentran abundantes afloramientos de la unidad), así como en los cerros del municipio de Tabio y los Cerros Orientales de Bogotá; también se extiende hacia el norte en los alrededores de Sopó.

La morfología de la Formación Chipaque es suave y ondulada con colinas poco pronunciadas, resaltadas en ocasiones por algunas estructuras como el Anticlinal de Río Blanco-Machetá (228: A8, A9, B8, C7, D6, E6, F5, G5, H4, H5), los anticlinales de Chingaza y Laguna Seca (228: F7, G7), El Once (228: H6) y los sinclinales de Laguna Seca (228: F7, F8) y San José del Palmar (228: H6). La Falla de Salinero (228: D9, E9, F8) y la Falla de Chocontá-Pericos (228: D4, E4, F3, F4) cortan la Formación Chipaque en el área de estudio.

2.2.2.3.1 Nombre y sección tipo

Hubach (1931a) denomina el conjunto superior del Villeta como el conjunto de Chipaque que "*se asemeja bastante en su desarrollo al conjunto inferior, pero contiene una fauna bastante distinta. El sedimento predominante es el esquisto piritoso, entre el cual se intercalan bancos de cal, arenisca calosa y arenisca lajosa (dividida en bancos planos paralelos) que se halla en la parte baja*".

Posteriormente, Renzoni (1962) define la Formación Chipaque como el conjunto que descansa entre las arenitas de la Formación Une y la Arenisca Dura, incluyendo lo que Hubach (1931a, 1957a) y Ujueta (1961) llamaron Guadalupe Inferior, pues no encuentra diferencias litológicas que justifiquen la división. La cartografía de la Formación Chipaque en la plancha 228-Bogotá noreste se llevó a cabo con base en la definición de Renzoni (1962); la localidad tipo se encuentra sobre la carretera Bogotá-Villavicencio, en los alrededores de la población de Chipaque, de donde obtiene su nombre.

2.2.2.3.2 Descripción litológica

La Formación Chipaque se presenta en el centro del área de estudio como una secuencia monótona en la que predominan las arcillolitas y las lodolitas en capas gruesas y muy gruesas, intercaladas con limolitas y arenitas de grano muy fino y fino en capas medias y delgadas.

Por la vía que conduce desde la escuela de La Polonia (El Guamo) a El Manzano, bajando hacia el río Blanco (228: G5) se estableció la litología de la base de la formación; consiste en capas tabulares muy gruesas a delgadas de limolitas y lodolitas muscovíticas de color negro a gris oscuro o marrón oscuro, físiles, con laminación plano-paralela, ondulosa o lenticular, con abundantes restos vegetales, localmente muy alteradas y bioturbadas con láminas arenosas interpuestas muy bioturbadas. Estas capas de limolitas y lodolitas se intercalan con capas muy gruesas hasta delgadas de arenitas cuarzosas (localmente lodosas) bioturbadas, de color gris claro y tamaño de grano muy fino, fino y medio, pobremente seleccionadas y subredondeadas, inmaduras, bien cementadas, esporádicamente con un aspecto moteado por óxidos de hierro (alteración de glauconita?) y deleznables. En la parte intermedia se observa un ligero predominio de las cuarzoarenitas de grano muy fino, limolitas y limolitas arenosas en capas gruesas y medias, bioturbadas (Figura 9), intercaladas con capas delgadas y medias de lodolitas con laminación lenticular.

Cerca de la cabecera del río Blanco, en la vía que se desprende de la carretera La Calera-Chingaza en dirección sur y que conduce a El Manzano (228: F5), se describió el tope de la Formación Chipaque, este segmento coincide con el expuesto en la carretera Guasca-Gachetá (paralela al río Sueva, 228: D8, D9, Figura 10) y en la carretera Guatavita-Gachetá (paralela al río Moquentivá, 228: C9). La parte superior de la Formación Chipaque está representada en este sector por una intercalación de limolitas con lodolitas y esporádicas arenitas. Las limolitas ocurren en capas muy gruesas a gruesas, son de color negro, con laminación plana y algunas capas muy delgadas de liditas interpuestas; se intercalan con arcillolitas de color gris o lodolitas

color negro en capas muy gruesas a medias, con laminación plano-paralela y esporádicas capas medias de lidita, con escamas de pez, además de bivalvos, amonoideos, hojas y tallos localmente. En menor proporción se observan algunas capas delgadas tabulares o lenticulares de arenitas de cuarzo de tamaño de grano muy fino, color gris oscuro o claro, frecuentemente bioturbadas o con laminación *flaser* u ondulosa, muy bien calibradas y redondeadas, localmente con glauconita; estas cuarzoarenitas por lo general se intercalan con lodolitas.

Figura 9. Afloramiento de la Formación Chipaque en la carretera Guasca-Sueva. Capas gruesas y medias de cuarzoarenitas intercaladas con limolitas negras; en el detalle (abajo), se aprecian *Thalassinoides* a la base de las capas de arenitas (N: 1019357, E: 1041091).

Figura 10. Afloramiento de la Formación Chipaque en la carretera Guasca-Sueva. Intercalaciones de capas muy gruesas de limolitas negras con laminación plano-paralela y capas medias de arenitas lodosas bioturbadas (N: 1023834, E: 1040145).

En el área de San José del Palmar, las intercalaciones de arenitas presentan estratocrecimiento generando un predominio gradual de arenitas al tope, indicativo de la aproximación al contacto con la Formación Arenisca Dura.

En cercanías a la vereda Cumaral, en el páramo de Chingaza, se encontraron algunas intercalaciones con continuidad lateral reducida, de capas medias de biomicritas y biopelmicritas recristalizadas (con textura *floatstone*) con capas muy gruesas de lodolitas negras fisiles. Alvarado & Sarmiento (1943) reportaron para la parte superior de la "Formación Villeta" (equivalente a la Formación Chipaque) "*dos bancos de caliza separados por arcillas laminadas*". Estas calizas, que tradicionalmente se han explotado en la zona de La Calera, detrás de los Cerros Orientales de Bogotá, al oriente de El Salitre y en la antigua cementera La Siberia (actualmente abandonada), se encuentran en la serranía de Pericos, entre los valles de los ríos Teusacá y Siecha (228: D4, E4). McLaughlin & Arce (1972) relacionan estas calizas con el "Conjunto de Calizas de Chipaque" de Hubach (1931a), debido a la edad cenomaniana de su fauna.

Algunos niveles ricos en hierro fueron descritos por Alvarado & Sarmiento (1943) y por McLaughlin & Arce (1972) en la serranía de Pericos y cerca de la cementera La Siberia.

2.2.2.3.3 Posición estratigráfica y edad

El límite superior con la Formación Arenisca Dura por lo general se encuentra cubierto, sin embargo, en algunos afloramientos se observa gradual y concordante; idéntica situación ocurre con la infrayacente Formación Une.

Un nivel fosilífero rico en fauna de bivalvos y amonoideos se identificó como Turoniano en varias zonas de la plancha 228-Bogotá noreste (Etayo-Serna, com. pers.); Hubach (1931a) estableció como nivel guía para la "Caliza de Chipaque" los bancos con *Exogyra mermeti* del Cenomaniano. Ujueta (1961) establecería el rango desde el Cenomaniano hasta el Coniaciano. McLaughlin & Arce (1972) consideran el límite inferior como Turoniano temprano y el superior Campaniano. Por su parte, Montoya & Reyes (2003) concretan una edad Cenomaniano tardío-Santoniano en la plancha 209-Zipaquirá por comparación con la Formación Conejo.

El espesor de la Formación Chipaque en el sector oriental es de al menos 1000 m estimados en perfil geológico (ver mapa geológico plancha 228-Bogotá noreste). McLaughlin & Arce (1972) estiman un espesor de 550 m en la serranía de Pericos, en un área de intensa complejidad estructural. Montoya & Reyes (2003) midieron en el Municipio de Manta un espesor de 1027 m.

2.2.3 Grupo Guadalupe (K_2g) Campaniano – Maastrichtiano

El Grupo Guadalupe está conformado de base a techo por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna (Figura 11). Aflora en un área del centro y occidente de la plancha, a lo largo de estrechas franjas con dirección noroeste-sureste y norte-sur respectivamente. Constituye la serranía de Pericos y los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá.

Hettner (1892) enuncia el "piso de Guadalupe" con la roca cascajosa denominada "*arenisca de Pläner*" como principal constituyente y areniscas cuarzosas blancas superpuestas, con "*algunos bancos de cal y esquistos*" en la parte inferior. Hubach (1931a) divide el piso de Guadalupe en conjunto inferior y superior, nomenclatura que después eleva a la categoría de Formación de Guadalupe inferior y superior (Hubach, 1957b), dentro del Grupo Guadalupe.

Figura 11. Expresión geomorfológica del Grupo Guadalupe en la ladera noroeste del río Moquentivá. Vista con azimut 170° desde el punto con coordenadas N: 1031469, E: 1042380, Z: 2601.

Julivert (1968) define la Formación Guadalupe como "*la parte arenosa del Cretácico Superior que queda comprendida entre las formaciones de Villeta (al W de la Sabana) o Chipaque (al E de la Sabana) y Guaduas; la Formación Guadalupe está formada sobre todo por areniscas aunque posee importantes intercalaciones de arcillas y sobre todo porcelanitas*", con lo cual se restringe al conjunto superior de Hubach (1931b, 1957a) y otros autores (Ujueta, 1961; McLaughlin & Arce, 1972). Julivert (1961, 1963, 1968) establece la siguiente nomenclatura con base en la de Hubach (1957a): Arenisca Tierna, Arenisca de Labor, Nivel de Plaeners y Arenisca Dura.

Pérez & Salazar (1978) describen formalmente el Grupo Guadalupe, con base en los nombres tradicionales para evitar confusiones y establecen secciones tipo para cada una de las formaciones que lo conforman, de base a tope: Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners, Formación Arenisca de Labor y Formación Arenisca Tierna. Las secciones tipo se ubican en el Cerro de Guadalupe y el Páramo de Rajadero.

2.2.3.1 Formación Arenisca Dura (K_2d) Campaniano inferior

La Formación Arenisca Dura aflora en delgadas franjas en el área central y occidental de la plancha 228-Bogotá noreste. En la parte central del área de estudio la Formación Arenisca Dura aparece bordeando los principales rasgos estructurales, con dirección noreste-suroeste, como el Sinclinal de Sueva (228: A10, B9, B10, C9, D8, E8, F7, F8), el Anticlinal de Chingaza (228: F7), el Sinclinal de Palacio (228: F6, G6, G5) y el Anticlinal de Río Blanco-Machetá (228: A8, A9, B7, B8, C6, C7, D6, D7, E5, E6, F4, F5, G4, H3, H4). La unidad aflora también en la serranía de Pericos (228: B4, C4, D4, E4, F3) y constituye la mayor parte de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá (228: F2, G1, H1). También se encuentra en la porción más septentrional del Anticlinal de Bogotá (228: A2, A3, B2, B3) y en la Cordillera Los Monos, cerca de Tabio (228: A1). La Formación Arenisca Dura se ve afectada por las fallas de Siecha (228: E6, E5, F4, F5, G4), Machetá (228: A9, E6) y de Chocontá-Pericos (228: B4, C4, D4, E4).

Los sectores en donde aflora la Formación Arenisca Dura se caracterizan topográficamente por formar filos pronunciados con pendientes fuertes. En el Cerro La Vieja (228: A8) se observa un escarpe de entre 250 y 300 m de la Formación Arenisca Dura, la cual yace concordantemente sobre la Formación Chipaque.

2.2.3.1.1 Nombre y sección tipo

Hubach (1931) describe el Piso de Guadalupe en el oriente de Cundinamarca y la Sabana de Bogotá, diferenciando un "*conjunto inferior esquistoso*" y un "*conjunto superior areniscoso*", este último dividido en tres horizontes: el horizonte inferior recibe la denominación de "*areniscas duras*" que se ha empleado hasta ahora. Pérez & Salazar (1978) formalizan la unidad, y proponen la sección tipo por el carreteable del cerro del Cable, donde se encuentra la secuencia casi completamente invertida. La Formación Arenisca Dura en la sección tipo está constituida por "*una sucesión de areniscas en bancos muy gruesos con intercalaciones de limolitas, lodolitas, liditas y arcillolitas de colores claros y en capas finas, reposa concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas físiles, grises predominantes, y areniscas arcillosas de la Formación Chipaque*" de acuerdo con Pérez & Salazar (1978).

2.2.3.1.2 Descripción litológica

En el Parque Nacional Natural Chingaza se encuentran buenas exposiciones de la Formación Arenisca Dura en la carretera que conduce al campamento Monte Redondo (228: F6, F7) desde la mina de Palacio (ver Figura 12), y sobre la vía que de Guasca

conduce a la mina de Palacio (228: E6) y cerca al cerro de los Quemados (228: F5). A continuación se describen los rasgos más relevantes de dichas exposiciones.

Figura 12. Sección Monte Redondo, correspondiente a parte de la Formación Arenisca Dura (figura esquemática, no a escala).

La base de la formación consiste en capas tabulares muy gruesas y gruesas (esporádicamente delgadas) de cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino y fino, moderadamente a muy bien calibradas, con granos subangulares a redondeados, masivas o con laminación ondulosa o *flaser*, frecuentemente bioturbadas, submaduras, muy cementadas, con cemento silíceo. Intercaladas se encuentran capas por lo general

delgadas y hasta gruesas de lodolitas físiles de color negro o gris oscuro, homogéneas o con laminación lenticular. Las arenitas ocurren además intercaladas con limolitas o arcillolitas arenosas con laminación plana-paralela, o capas delgadas de liditas, con algunas escamas de pez (Figura 13).

Figura 13. Afloramiento de la Formación Arenisca Dura en la carretera Guatavita-Gachetá. Capas gruesas de cuarzoarenitas con fosfatos y vértebras de pez intercaladas con liditas y arcillolitas. (N: 1033054, E: 1035137).

Un segmento de algunas decenas de metros de espesor predominantemente lodolítico, se encuentra hacia la parte media-baja de la Formación Arenisca Dura. Consiste en capas de espesor variable entre delgado y muy grueso de lodolitas homogéneas y compactas, ocasionalmente físiles, de color gris y negro, localmente con laminación plana o láminas delgadas ondulosas interpuestas de arenita de tamaño de grano muy fino; en este segmento aparecen localmente fósiles de cangrejos e icnofósiles (en la carretera que de La Calera conduce al campamento de Monte Redondo, 228: F6, F7). Intercaladas con las lodolitas, se observan capas tabulares delgadas a muy gruesas de limolitas negras frecuentemente bioturbadas, con laminación ondulosa (o relictos), ondulosa paralela, discontinua o lenticular; se reconocen además, capas medias de liditas.

Esporádicamente se presentan capas medias y delgadas de arenitas cuarzosas submaduras con laminación *flaser* y ondulitas, algunas presentan bioturbación; son de grano muy fino, subredondeado a redondeado, muy bien a moderadamente calibrado, contienen fosfatos, vértebras de pez disueltas y cemento calcáreo.

La parte superior de la unidad se compone principalmente de cuarzoarenitas de grano muy fino, intercaladas en menor proporción con limolitas y lodolitas. Las arenitas se encuentran en capas tabulares muy gruesas a delgadas de color blanco o gris, de tamaño de grano fino y muy fino, muy bien calibradas y redondeadas, con laminación *flaser*, frecuentemente con alta bioturbación, bien cementadas, con cemento silíceo o calcáreo. Localmente las arenitas tienen porosidad móldica resultado de la disolución de foraminíferos (228: G4) y se observan capas interpuestas de arenita fosfática. Ascendiendo estratigráficamente, las arenitas conforman secuencias granocrecientes, que inician con grano muy fino y pasan gradualmente a grano fino y medio, con un intenso moteado de óxidos de hierro, posiblemente producto de alteración de glauconita (?).

A lo largo de toda la sección, las arenitas se encuentran intercaladas con capas tabulares delgadas y medias, gruesas hacia el tope, de lodolitas silíceas físiles de color negro o gris, con laminación lenticular o plano-paralela. En la carretera La Calera-Mundo Nuevo se observan intercalaciones de capas de limolitas en ocasiones fosilíferas con gastrópodos y bivalvos (conservados en volumen o en molde), además de láminas ondulosas bioturbadas. Algunas capas delgadas de liditas de color gris oscuro se encuentran interpuestas en menor proporción.

2.2.3.1.3 Posición estratigráfica y edad

El límite inferior con la Formación Chipaque es gradual, rápido y concordante, mientras que el contacto superior con la Formación Plaeners es neto y concordante. La Formación Arenisca Dura no presenta fauna diagnóstica para precisar edad; por posición estratigráfica Montoya & Reyes (2003, 2005) la asignan al Campaniano temprano.

Pérez & Salazar (1978) determinan un espesor de 450 m en el cerro del Cable. Mediante perfil geológico se estiman unos 500 m de espesor para la Formación Arenisca Dura en el área de estudio.

2.2.3.2 Formación Plaeners (K_2p) Campaniano superior

Los afloramientos de la Formación Plaeners se encuentran en delgadas franjas en la parte central y occidental del área de estudio. De manera similar a la Formación Arenisca Dura, la Formación Plaeners bordea las principales estructuras en dirección noreste-sureste como el Sinclinal de Sueva (A10, B9, B10, C9, D8, E8, F7, F8), el Anticlinal de Chingaza (F7), el Sinclinal de Palacio (F6, G6, G5) y el Anticlinal de Río Blanco-Machetá (A8, A9, B7, B8, C6, C7, D6, D7, E5, E6, F4, F5, G4, H3, H4). La unidad aflora también en la serranía de Pericos (B4, C4, D4, E4, F3), hace parte de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá (F2, G1, H1, A2, B2, B3) y la Cordillera de los Monos, cerca de Tabio (A1). La Formación Plaeners se ve afectada por las fallas de Machetá (228: B8, C8, D7, F6) y Teusacá (228: G2, H2).

La expresión geomorfológica de la Formación Plaeners es suave y se diferencia bien entre los escarpes pronunciados de la infrayacente Formación Arenisca Dura y la suprayacente Formación Arenisca de Labor y Tierna.

2.2.3.2.1 Nombre y sección tipo

En la descripción inicial que hace Hubach (1931) del piso de Guadalupe, el horizonte intermedio recibe el nombre de “Horizonte de Plaeners” conformado por “*liditas puras o margosas o arcillosas con intercalación de arenisca*”. Pérez & Salazar (1978) redefinen la unidad con el nombre de Formación Plaeners y establecen la sección tipo en el cerro localizado entre las quebradas Rosales y La Vieja, en donde se aprecia el cambio litológico de las facies arenosas de la Formación Arenisca Dura en contraste con las arcillolitas silíceas y liditas de la Formación Plaeners.

2.2.3.2.2 Descripción litológica

La Formación Plaeners la conforman principalmente porcelanitas, limolitas y arcillolitas, con algunas intercalaciones de arenitas. Las porcelanitas son de color gris amarillento, ocurren en capas medias a muy delgadas, hasta gruesas y muy gruesas, con laminación plano-paralela y foraminíferos bentónicos. Se intercalan con capas de espesor variable entre delgadas y muy gruesas de lodolitas, arcillolitas o limolitas de color negro o gris, con laminación plano-paralela, localmente bioclásticas (carretera que conduce al campamento del Embalse de Chuza, 228: F6), o lodolitas arenosas fosfáticas en el área de La Cabaña (228: E5) y capas de fosforita disuelta de hasta 12 cm de espesor en la vía Guasca-Gachetá (228: C6, Figura 14).

Figura 14. Afloramiento de la Formación Plaeners en la carretera Guasca-Gachetá. Capas medias a gruesas de arcillolitas intercaladas con capas delgadas de liditas, chert y fosforita (N: 1027508, E: 1027954).

A lo largo de toda la formación y en especial hacia la base y hacia el tope, se encuentran interpuestas capas tabulares y algunas cuneiformes, delgadas hasta muy gruesas de arenitas deleznables de color blanco, con laminación *flaser*, grano muy fino, fino y medio, moderadamente calibradas, con granos redondeados y subredondeados; las arenitas están muy bien cementadas y localmente presentan glauconita (verde) y vértebras de pez con evidencias de disolución.

2.2.3.2.3 Posición estratigráfica y edad

El contacto inferior entre la Formación Arenisca Dura y la Formación Plaeners es neto y concordante, mientras que el superior con la Formación Arenisca de Labor y Tierna es gradual rápido y concordante. Pérez & Salazar (1978) consideran la Formación Plaeners de edad Maastrichtiano inferior, mientras que Föllmi *et al.* (1992) determinan que abarca el Campaniano tardío hasta el Maastrichtiano temprano. Terraza *et al.* (2010) recolectan fauna de amonitas y bivalvos (*Abruptolopha Abrupta*) que indican edad Campaniano tardío a Maastrichtiano, lo que corrobora la edad determinada por Föllmi

et al. (1992). El espesor estimado por corte geológico es de alrededor de 100 m. Pérez & Salazar (1978) reportan 73 m en la sección tipo.

2.2.3.3 Formación Arenisca de Labor y Tierna (K_2lt) Maastrichtiano inferior

La Formación Arenisca de Labor y Tierna se dispone en la Plancha 228-Bogotá noreste como franjas que rodean las grandes estructuras en los sectores central y noreste, además ocurre con una amplia extensión en la parte occidental. Conforma en parte los flancos de pliegues principales en dirección noreste-sureste como el Sinclinal de Sueva (A10, B9, B10, C8, C9, D8, E6, E7, E8, F7, F8), el Anticlinal de Chingaza (E7), el Anticlinal de Río Blanco-Machetá (A7, A8, B7, C6, D5, D6, E5, F4, F5, G4) y el Sinclinal de Siecha (G3, G4, H3, H4). La unidad aflora también en la serranía de Pericos (A4, A5, B4, C4, D4, E3, E4), se encuentra en los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá (F3, G2, G3, H3), conforma casi la totalidad de los afloramientos del Anticlinal de Bogotá (B2, B3, C2, C3, D2, E2, F2) y aparece en la cordillera de los Monos (A1). Las fallas de Machetá (228: E6, F6), Suralá (228: A7, A8, B7, C6, D6, E5), Siecha (E5, F5, F4, G4), Chocontá-Pericos y relacionadas (228: F3, G3, H2, H3) están afectando la Formación Arenisca de Labor y Tierna.

La Formación Arenisca de Labor y Tierna se destaca geomorfológicamente como un escarpe fuerte, aunque no tan pronunciado como el de la Formación Arenisca Dura (Pérez & Salazar, 1978). Las formaciones Plaeners a la base y Guaduas al tope configuran valles que enmarcan el escarpe.

2.2.3.3.1 Nombre y sección tipo

Hubach (1931a) subdivide el conjunto superior del Piso del Guadalupe y asigna al segmento superior el nombre de "Horizonte de areniscas tiernas" que "*se distingue en general por areniscas granulosas, tiernas, que llevan un banco poroso constituido de materia orgánica silícea, cuyo origen se relaciona posiblemente con algas o esponjas silíceas*". Pérez & Salazar (1978) dividen el horizonte superior de Hubach (1931a) en Formación Arenisca de Labor y Formación Arenisca Tierna, dentro de la formalización del Grupo Guadalupe.

La sección tipo de la Formación Arenisca de Labor se establece por Pérez & Salazar (1978) entre las quebradas La Vieja y El Higuerón y "*comienza con bancos gruesos de arenisca, separados por capas muy delgadas de arcillas, que más tarde se intercalan con paquetes de lodolitas y arcillolitas estratificadas*". Por otra parte, la Formación Arenisca Tierna tiene la mejor exposición determinada como sección tipo el descenso del Páramo del Rajadero, donde "*consta predominantemente de areniscas de grano*

grueso a muy grueso en potentes bancos separados por finos paquetes oscuros de lodolitas, limolitas y arcillolitas interestratificadas, y reposa concordantemente sobre el último paquete de interestratificación de lodolitas y arcillolitas de la Formación Arenisca de Labor".

En el mapa de la plancha 228-Bogotá noreste se siguió el razonamiento de Renzoni (1962, 1968), el cual basado en un criterio litoestratigráfico individualiza el Grupo Guadalupe en unidades prácticas, cartografiables y fácilmente reconocibles en el campo, por lo cual decide unir por su similitud facial, a la Arenisca de Labor con la Arenisca Tierna en una sola unidad litoestratigráfica arenosa denominada Formación Arenisca de Labor y Tierna.

2.2.3.3.2 Descripción litológica

En la Arenisca de Labor y Tierna predominan las cuarzoarenitas (Figura 15); estas ocurren en capas tabulares o lenticulares delgadas hasta muy gruesas, frecuentemente con laminación inclinada (Figura 16), son de tamaño de grano arena muy fina, fina, media y se van haciendo gruesas hacia el tope de la unidad; los granos son redondeados a subangulares con buena selección. Las arenitas son deleznables, con esporádicos fragmentos líticos, localmente con nódulos ferruginosos al tope de algunas capas y evidencia de disolución de fosfatos y foraminíferos.

Intercaladas con las capas de arenitas se encuentran capas delgadas y medias de liditas color amarillo grisáceo o gris oscuro, con foraminíferos silicificados; se observan además limolitas de color amarillo grisáceo en capas medias y gruesas, con laminación ondulosa, ocasionalmente arenosas, con impresiones de foraminíferos que ya fueron disueltos. Finalmente, a lo largo de la unidad ocurren algunas intercalaciones de arcillolitas de color gris claro (localmente violeta, ocre y marrón) en láminas o capas muy delgadas con laminación plano-paralela.

2.2.3.3.3 Posición estratigráfica y edad

El contacto inferior de la Formación Arenisca de Labor y Tierna con la infrayacente Formación Plaeners es concordante y gradual rápido. El contacto superior, con la suprayacente Formación Guaduas es concordante y neto. La edad de la Formación Arenisca de Labor y Tierna es Maastrichtiano inferior (Pérez & Salazar, 1978; Föllmi, 1992).

Pérez & Salazar (1978) reportan 177 m para la Formación Arenisca de Labor y 49 m para la Formación Arenisca Tierna. El espesor estimado por corte geológico es de al menos 300 m para la Formación Arenisca de Labor y Tierna en la zona de estudio.

Figura 15. Sección de parte de la Formación Arenisca de Labor y Tierna en el Páramo de Chingaza (figura esquemática, no a escala).

Figura 16. Afloramiento de la parte superior de la Formación Labor y Tierna. Capas muy gruesas lenticulares de cuarzoarenitas con laminación inclinada (detalle abajo), intercaladas con lodolitas arenosas (N: 1025082, E: 1036031).

2.2.4 Formación Guaduas (K_2E_1g) Maastrichtiano superior – Paleoceno

La Formación Guaduas aflora ampliamente en el núcleo de los sinclinales de Sueva (228: A10, B9, B10, C8, C9, D7, D8, E7, E8), Sisga (228: B6, B7, C6, D5, D6), Sesquilé (228: A5, A6, B4, B5, B6, C4), Siecha (228: F3, F4, G3, G4, H3), El Verjón (228: H2, H3) y Teusacá (228: H2,G2), además de escamas en los Cerros Orientales de Bogotá, asociadas a la Falla de Teusacá (228: G2, F2, E3). Aflora también en el Cerro de La Conejera, al norte de Bogotá (228: E1), en el sector de La Caro (228: B2, C2) y en el occidente de la Cordillera Los Micos (228: A1).

Morfológicamente, la Formación Guaduas conforma un valle con colinas de pendientes muy suaves entre la infrayacente Formación Arenisca de Labor y Tierna y la suprayacente Formación Cacho.

2.2.4.1 Nombre y sección tipo

El nombre de Piso de Guaduas fue acuñado por Hettner (1892) quien lo describe como "*un sistema de arcilla multicolor, especialmente amarilla, roja o violeta*", con bancos de arenita roja o blanca que se convierte en conglomerado, con carbón hacia la parte inferior y huellas de plantas. Más tarde Hubach (1931a, 1957a) limita el uso del término, dándole el rango de formación, a la parte baja de la serie que Hettner (1892) denominó Piso de Guaduas y que consta de "*arcillas oscuras con carbón que traspasan a gredas abigarradas y rojas*" que se encuentra en la Sabana de Bogotá "*entre la Arenisca del Cacho y la Arenisca Tierna*", definición que se emplea en el presente trabajo.

Según Hubach (1957a) la Formación Guaduas está constituida por tres conjuntos: el inferior que consta de arcillolitas de color gris oscuro con amonitas y bivalvos en la base; el intermedio compuesto por arcillolitas frecuentemente carbonosas, de color gris oscuro, mantos de carbón explotables y dos niveles de areniscas, La Guía (inferior) y la Lajosa (superior); y el superior, de lodolitas rojizas, azulosas, verdosas y moradas con algunos mantos no explotables de carbón y areniscas.

De Porta (1974) indica que "*el nombre de esta unidad procede de la población de Guaduas situada en el borde occidental de la Cordillera Oriental sobre la carretera Bogotá-Honda*" y enuncia como sección tipo "*la de Guatavita donde se encuentra mejor representado*".

2.2.4.2 Descripción litológica

La base de la Formación Guaduas en el área de estudio consiste en capas medias a muy gruesas de arcillolitas grises con laminación plano-paralela, algunas trazas de carbón y restos vegetales carbonizados, interestratificadas con lodolitas carbonosas de color negro y capas muy delgadas o láminas de carbón. Se intercalan escasas capas medias o gruesas de cuarzoarenita masiva de color blanco, con granos de arena tamaño fino y medio, muy bien calibrada y redondeada, deleznable, esporádicamente con ondulitas al tope.

Hacia la parte media de la unidad, se encuentran arcillolitas en capas medias o gruesas con laminación plano-paralela y a veces lenticulares de color principalmente gris y en menor medida violeta, amarillo o marrón, con calcos de carga y estructuras de escape de fluidos, que se intercalan con capas medias y muy delgadas de carbón. Arenitas deleznables de grano muy fino en capas gruesas a muy delgadas, muy bien calibradas y redondeadas se interponen con las arcillolitas.

El tope de la Formación Guaduas lo conforman capas muy gruesas y gruesas de arcillolitas localmente carbonosas, color marrón, gris, amarillo y violeta (Figura 17), con laminación plano-paralela; presentan láminas y capas muy delgadas de carbón y láminas de lodolitas y limolitas carbonosas. Como intercalaciones ocurren cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino y fino (esporádicamente grueso) en capas medias a delgadas, con fragmentos líticos oscuros, moderadamente calibradas y con granos subredondeados a redondeados.

Sección vereda Pastos

En la vereda Pastos se describe una sección estratigráfica correspondiente a la Formación Guaduas con punto de inicio en las coordenadas: N: 1025974 y E: 1026821. No aflora el contacto inferior con la Formación Arenisca de Labor y Tierna, ni el contacto superior con la Formación Cacho. Se reconocen 2 segmentos (ver Figura 18):

Segmento A: Lo componen capas gruesas y muy gruesas de arcillolitas color gris, amarillo y marrón, con laminación plana y lenticular. Se intercalan algunas capas medias a gruesas de cuarzoarenitas deleznables, color blanco, de tamaño de grano arena muy fina, muy bien calibradas y redondeadas, con laminación inclinada. Se reconocen además otras estructuras sinsedimentarias como calcos de carga y estructuras de escape de fluidos. Algunos niveles de carbón de orden centrimétrico se observan hacia el tope del segmento.

Figura 17. Capas muy gruesas de arcillolitas color gris claro, amarillo por meteorización, en la parte alta de la Formación Guaduas. Fotografía tomada en el punto con coordenadas N: 1003795, E: 1008603.

Segmento B: Está constituido por capas muy gruesas y gruesas de arcillolitas color gris y violeta, con moteamiento pedogénico y laminación plano-paralela. Se encuentran también algunas intercalaciones de capas delgadas y medias de cuarzoarenitas color blanco, de tamaño de grano arena muy fina, especialmente hacia la base del segmento, donde también ocurren capas delgadas de carbón.

2.2.4.3 Posición estratigráfica y edad

El límite inferior con la Formación Arenisca de Labor y Tierna es neto y concordante, de la misma manera que el límite superior con la Formación Cacho. La edad ha sido establecida desde Hubach (1957a) como Maastrichtiano-Paleoceno. Sarmiento (1992) restringe la edad por medio de palinología del Maastrichtiano tardío-Paleoceno.

El espesor de la Formación Guaduas en el área de estudio se estima en 700 m por corte geológico. Sarmiento (1992) reporta 1034 m en el flanco occidental del Sinclinal de Lenguazaque, en el Boquerón de Sutatausa.

Figura 18. Sección vereda Pastos de parte la Formación Guaduas. Escala gráfica.

2.3 UNIDADES DEL PALEÓGENO

Las rocas que representan el Paleógeno en la zona de estudio afloran en la parte central y principalmente hacia el occidente de la plancha 228-Bogotá noreste; corresponden a las formaciones Cacho, Bogotá (Paleoceno) y Regadera (Eoceno). A continuación se describen estas unidades.

2.3.1 Formación Cacho (E_1c) Paleoceno

La Formación Cacho aflora en el sector norte del Sinclinal de Sueva (A9, A10, B9, B10), en los flancos de los sinclinales del Sisga (A6, A7, A8, B5, B6, B7, C6, D5), Sesquilé (A5, A6, B4, B5), Siecha (F3, F4, G3), y Teusacá (G2, H2); en el Anticlinal de El Volcán (G4) y al suroeste del valle de Guasca (C4, D4).

Geomorfológicamente, la Formación Cacho se expresa como un filo de hasta 200 m de altitud, y constituye una unidad cartográfica de guía regional para la Sabana de Bogotá. Este escarpe resalta sobre la infrayacente Formación Guaduas y la suprayacente Formación Bogotá, en las que predominan las litologías lodolíticas de expresión geomorfológica suave.

2.3.1.1 Nombre y sección tipo

Scheibe (1933) es el primero en reconocer la continuidad e importancia regional de lo que él llamaría *Zona del Cacho*, que obtiene su nombre del Pico del Cacho, al sur de Zipaquirá. Scheibe (1933) lo incluye dentro del piso de Guaduas, en donde marca el tope de su Conjunto II. Hubach (1957a) redefine la Formación Guaduas y asigna el conjunto del Cacho a la base de la Formación Bogotá; se caracteriza este conjunto del Cacho por dos horizontes de arenisca, el primero de grano fino y el segundo de grano grueso y ferruginoso, separados entre sí por un intervalo de entre 50 y 100 m de arcillolitas varicoloreadas. Hubach (1957a) propone en la zona de Bogotá la sección tipo de las Areniscas del Cacho en la puerta de la Fábrica de Municiones, en el afloramiento sobre el río San Cristóbal.

Posteriormente, Pratt *et al*. (1979) proponen elevar el conjunto de areniscas del Cacho de Hubach (1957a) al rango de formación. Sin embargo, Guerrero & Sarmiento (1996) consideran que la arenisca que fue descrita en la ciudad de Bogotá no corresponde con la que aflora en el pico del Cacho al sur de Zipaquirá, que pertenece a la Formación Guaduas en el sentido de Scheibe (1933), razón por la cual el nombre estaría errado; pero debido al arraigo del término no recomiendan el abandono sino más bien la precisión de una localidad tipo adecuada, que proponen en la misma localidad tipo de la Formación Bogotá mencionada por Hubach (1957a), en el río San Cristóbal al sur de Bogotá.

2.3.1.2 Descripción litológica

La Formación Cacho consiste principalmente de capas muy gruesas, gruesas y medias de cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino a medio, que varían hasta tamaño

grueso y muy grueso (hacia la base), e incluso conglomerático, bien a moderadamente calibradas, con granos redondeados; presentan laminación inclinada en juegos de orden decimétrico, son de color blanco y rojo o marrón a causa de la meteorización, con fragmentos líticos y muscovita; con frecuencia conforman secuencias granodecrecientes y llegan a ser deleznables.

Las arenitas se intercalan con capas medias a delgadas de arcillolitas de color gris y violeta con laminación plano-paralela que separan los espesos bancos de arenitas.

Sección vereda El Hato

Una sección de la Formación Cacho se registró en la vereda El Hato (228: H2), ubicada en las coordenadas N: 1002109 y E: 1007707, en donde se identificaron dos segmentos (Figura 19):

Segmento 1: Consta de capas tabulares muy gruesas y gruesas de cuarzoarenitas deleznables de color blanco amarillento, tamaño de grano arena media a muy fina, moderadamente seleccionadas y subredondeadas, granodecrecientes, intercaladas con capas tabulares delgadas a medias (muy gruesas hacia el tope del segmento) de arcillolitas color gris y violeta con laminación plano-paralela.

Segmento 2: Este segmento inicia a la base con una capa muy gruesa, maciza de cuarzoarenita color blanco amarillento, de tamaño de grano arena media, granocreciente, con granos subangulares y selección moderada. Sobre esta capa se encuentran alternancias de capas delgadas y gruesas de arcillolitas color gris y violeta con laminación lenticular y plano-paralela, y cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino, subredondeadas. Finaliza el segmento con capas tabulares gruesas y muy gruesas de cuarzoarenitas color blanco amarillento de tamaño de grano medio a fino, moderadamente seleccionadas, con granos subangulares y matriz arcillosa. Las cuarzoarenitas son deleznables.

2.3.1.3 Posición estratigráfica y edad

El límite inferior de la Formación Cacho con la Formación Guaduas es neto y concordante, al igual que el contacto con la suprayacente Formación Bogotá, como se observa en la carretera que de la población de La Calera conduce a El Treinta y seis (228: G4). En algunos sectores la Formación Tilatá yace disconforme sobre la Formación Cacho, como en la vereda Buenos Aires (228: F4) y en los alrededores del Embalse de Tominé (228: A5, A6).

Figura 19. Sección esquemática vereda El Hato de parte de la Formación Cacho. Escala gráfica.

Mediante datos palinológicos Van der Hammen (1957) encuentra que las areniscas de la Formación Cacho corresponden al Paleoceno, mientras que Hubach (1957a) sugiere que puede tratarse del Paleoceno tardío, toda vez que la parte superior de la Formación Guaduas es también de edad Paleoceno.

2.3.2 Formación Bogotá (E_1b) Paleoceno

La Formación Bogotá conforma el núcleo de varios sinclinales en el área de estudio como la zona más norte del Sinclinal de Sueva (228: A9, A10, B9), el Sinclinal de Siecha (228: F3, F4, G3, G4) y el Sinclinal de Teusacá (228: G2, H2); también se encuentra en

los flancos del Sinclinal del Sisga (228: A6, A7, A8, B6, B7, C6), al noroeste (228: B4, B5) y al suroeste (228: D4) de la población de Guasca.

La Formación Bogotá consiste principalmente de lodolitas que generan una expresión geomorfológica suave de colinas con bajas pendientes. Se encuentra enmarcada entre las unidades competentes Formación Cacho y Formación Regadera.

2.3.2.1 Nombre y sección tipo

Hubach (1931a) denominó Piso de Bogotá a la secuencia del "*Terciario medio*" que consistía en un Conjunto inferior "*esencialmente areniscoso, secundariamente arcilloso; con el horizonte del Cacho a la base*", un Conjunto medio "*arcilloso, algo areniscoso, con yeso y raras trazas de carbón*" y por último un Conjunto superior "*areniscoso arcilloso*". El Piso de Bogotá es elevado a categoría de Formación Bogotá en Hubach (1945), donde es descrito como una formación sin fósiles que comienza en el Conjunto del Cacho, y sobre éste sigue un conjunto arcilloso, yesífero. Hubach (1957a) define los límites de la Formación Bogotá: "*El límite entre el Guaduas y el Bogotá se distingue fácilmente por el conjunto de areniscas de grano grueso del Cacho*" y "*el límite superior está señalado por la arenisca de La Regadera del Usme.*"

Pratt *et al*. (1979), al separar la Formación Cacho de la Formación Bogotá, definen nuevamente el límite inferior de la unidad y Julivert (1963) le asigna como sección tipo el flanco oeste del Sinclinal de Usme (Valle del Tunjuelo) a lo largo de la quebrada Zo Grande y del filo al norte de esta quebrada. El Bogotá, de acuerdo con Julivert (1963) es muy semejante a la Formación Guaduas y está constituida por un conjunto de arcillas abigarradas, predominantemente rojas, de hasta 2000 m de potencia con intercalaciones de arenitas de unos metros de espesor pero con gran predominio de las arcillas y "*su límite inferior es una arenisca llamada Arenisca de Cacho, de un espesor (100 m) muy superior a las intercalaciones de arenitas en el Bogotá y su límite superior otra arenisca aún más espesa (hasta 400 m), la arenisca de La Regadera*" (de Porta, 1974).

2.3.2.2 Descripción litológica

La Formación Bogotá se observa en el río Teusacá (228: H2) constituida por capas muy gruesas de arcillolitas color gris y violeta, frecuentemente moteadas; localmente (228: G2) se encuentran capas gruesas de arenita lodosa, moderadamente calibrada y redondeada, deleznable.

2.3.2.3 Posición estratigráfica y edad

El contacto inferior de la Formación Bogotá con la Formación Cacho es neto y concordante así como el contacto superior con la Formación Regadera (Julivert, 1963).

Van der Hammen (1957) le asigna con base en palinología a la Formación Bogotá una edad de Paleoceno-Eoceno temprano, y posteriormente Hoorn (1988) determina una edad Paleoceno Superior-Eoceno temprano. Por medio de corte geológico, se estima al menos un espesor de 900 m en el área de estudio. Hoorn (1988) en la sección Quebrada El Mochuelo (Zo Grande) establece un espesor de 1015 m.

2.3.3 Formación La Regadera (E_2r) Eoceno

La Formación Regadera aflora en el núcleo de los sinclinales de Sisga y Siecha, además, conforma una serie de colinas en el valle de Guasca. Está compuesta principalmente por secuencias arenosas y resalta topográficamente sobre la Formación Bogotá, de carácter arcilloso, que la infrayace.

2.3.2.3.1 Nombre y sección tipo

El nombre de Arenisca de La Regadera se debe a Hubach (1957a) quien denominó de esta manera la porción más inferior de la Formación de Usme, que describe como "*un conjunto de areniscas de grano medio y grueso, entreveradas con cascajos bien redondeados (…). Entre las areniscas se intercalan arcillas grises*". Julivert (1963) eleva a categoría formacional la Arenisca de La Regadera, suprayacida por la Formación Usme. La Formación La Regadera está constituida por areniscas pobremente consolidadas de grano grueso y capas de conglomerados que alternan con arcillas rosadas y rojizas; aflora en la zona oriental de la Sabana de Bogotá, y según Hubach (1957a) también en "*el sinclinal del Tunjuelo, desde el cerro al sur del hospital de San Carlos hasta las cabeceras de los riachuelos del Curubital y el Hato*", pero no determina con claridad sección o localidad tipo, a pesar de que el nombre parece hacer referencia al embalse de La Regadera, situado al sur de Usme (de Porta, 1974).

2.3.2.3.2 Descripción litológica

La Formación La Regadera en el área de estudio está constituida por capas tabulares y lenticulares muy gruesas de cuarzoarenitas color marrón y rosado claro, de tamaño de grano arena fina, muy bien calibradas y redondeadas con laminación inclinada plana, son deleznables, se apilan en bancos muy gruesos y están intercaladas con capas medias a delgadas de arcillolitas blancas y violetas.

2.3.2.3.3 Posición estratigráfica y edad

El contacto inferior de la Formación La Regadera con la infrayacente Formación Bogotá parece ser concordante en las áreas de los sinclinales de Sisga y Siecha y en el valle de Guasca. El contacto superior no fue observado en el área de estudio, pero en la parte norte del Sinclinal del Sisga se reporta discordante con la Formación Tilatá (Montoya & Reyes, 2005).

Por correlación con la parte superior de la Formación Mirador del Catatumbo, y con el conjunto inferior de la Formación Concentración en Paz de Río, Van der Hammen (1957) define que la Arenisca de la Regadera debe ser Eoceno medio; de manera similar, Hoorn *et al*. (1987) con base en análisis palinológico asignan una edad de Eoceno Medio.

2.4 UNIDADES DEL NEÓGENO

Las formaciones del sistema Neógeno encontradas en la plancha 228-Bogotá noreste son la Formación Marichuela y la Formación Tilatá, ambas correspondientes al intervalo Mioceno-Plioceno.

2.4.1 Formación Marichuela (N_1m) Mioceno-Plioceno

La Formación Marichuela aflora al norte de la población de La Calera (228: E3, F3), al oriente de los Cerros Orientales de Bogotá, en donde se infiere que constituye el núcleo de una suave estructura sinclinal. Geomorfológicamente, la Formación Marichuela configura abanicos de morfología alomada (Carvajal *et al*., 2004), que desaparecen al norte en el valle del río Teusacá.

2.4.1.1 Nombre y sección tipo

La Formación Marichuela es descrita por Helmens (1990), quien la define como "*flujos de depósitos torrenciales (gravas hasta bloques redondeados en matriz arcillosa) o depósitos de flujo gravitacional (fragmentos de roca hasta bloques subangulosos en matriz arenosa), alternando con sedimentos fluviales/lacustres (gravas, arenas compactas y arcillolitas orgánicas). Colores rojos y manchas rojas y blancas son comunes)*".

El área tipo de la Formación Marichuela es el flanco oriental del valle de Usme y toma el nombre del barrio La Marichuela en el sur de Bogotá (Helmens, 1990). Helmens &

Van der Hammen (1995) identificaron la unidad en los valles de Usme, Sopó-La Calera y localmente en los valles de Tabio-Tenjo y Subachoque.

2.4.1.2 Descripción litológica

En el valle de Usme (área tipo) la Formación Marichuela se encuentra como un sistema de abanicos de superficie irregular con cantos de areniscas aislados, caracterizados por secuencias de gravas que incluyen cantos redondeados de arenitas, que se interdigitan cerca del fondo del valle con arenas compactas, limos y abundantes arcillolitas de color grisáceo a pardusco (Helmens & Van der Hammen, 1995).

Helmens (1990) reporta para la Formación Marichuela en el valle de Sopó-La Calera sedimentos de litología variable, localmente con alta deformación: al norte de la población de La Calera muestra capas muy inclinadas hasta casi verticales de arcilla roja, arena y grava que están interrumpidas por arenitas arcillosas moteadas, de color rojo, que contienen bloques de fragmentos de arenitas subangulares. Hacia el sur de La Calera los sedimentos son muy similares a los que se presentan en el valle de Usme, depósitos estratificados de arcilla, limo y arena que alternan con capas de fragmentos de roca subangular, o depósitos de flujo de escombros en sedimentos arcillosos moteados, color rojo y blanco que alternan con arcillas arenosas, arenas y gravas compactadas.

2.4.1.3 Posición estratigráfica y edad

La Formación Marichuela se encuentra entre la Formación Usme y la Formación Río Tunjuelito (Helmens, 1990). A pesar de no contar con datos palinológicos o de dataciones cronológicas absolutas, Helmens (1990) menciona que la edad de la Formación Marichuela debe encontrarse entre el Oligoceno temprano y el Pleistoceno temprano. Helmens & Van der Hammen (1995) con base en la presencia de sedimentos de grano grueso y el grado de deformación, postulan un carácter sinorogénico para la unidad y lo ubican en una de las últimas fases de fallamiento y plegamiento del Mioceno.

Toro *et al*. (2003) por medio de datación con trazas de fisión en circones determinan que la edad de la Formación Marichuela está entre 2,3 y 5 millones de años, correspondiendo al Plioceno y el Pleistoceno más temprano, sin descartar un dato de 8.2 millones de años que indica Mioceno. El espesor de la Formación Marichuela es de al menos 40 m (Helmens, 1990).

2.4.2 Formación Tilatá (N_2t) Mioceno-Plioceno

La Formación Tilatá aflora alrededor del embalse de Tominé (228: A5, A6, B5) y al oriente de Falla de Chocontá-Pericos (228: E5, F4), en donde cubre discordantemente las formaciones del Cretácico Superior - Paleógeno (Guaduas, Cacho y Bogotá). Morfológicamente la Formación Tilatá muestra terrazas alomadas de varios kilómetros de extensión, en forma de abanicos explayados con pendientes suaves e inclinadas que corresponden a arenas de grano fino o colinas redondeadas a veces alargadas, conformadas por gravas y arenas (Montoya & Reyes, 2003).

2.4.2.1 Nombre y sección tipo

Scheibe (1933) reconoció en la Hacienda Tilatá (cerca de la represa del Sisga) un "*conjunto de areniscas de grano grueso con lechos de cascajo*" que superpone discordantemente los "*pisos de Guadalupe y Guaduas*". Sin embargo, es Scheibe (1938) quien la eleva a Formación de Tilatá y la describe como "*areniscas blandas ferruginosas de grano grueso con horizontes de guijarros de cuarzo y plaeners*", descansando en el área de Sisga en discordancia pronunciada, lo que sugiere una edad menor, posiblemente Mioceno.

Van der Hammen *et al*. (1973) menciona por primera vez el Miembro Tequendama para la Formación Tilatá, pero es Helmens (1990) quien subdivide formalmente la Formación Tilatá en una parte Inferior, dividida a su vez en los miembros Tequendama (arenas y gravas con intercalaciones locales de arcillas orgánicas) y Tibagota (gravas y arenas, localmente arenas y arcillas con intercalaciones de turba), y Superior, constituida por el Miembro Guasca (arcillas color blanco y naranja y arcillas orgánicas, con intercalaciones de turbas y arenas) y un miembro indenominado al techo. Posteriormente, Van der Hammen & Hooghiemstra (1995) le asignan a este miembro indenominado el nombre de Miembro Gualí, el cual consiste de arcillas compactas de color gris y verde, limos arcillosos, algunas capas de lignito y arenas.

La sección tipo de cada miembro se determinó en diferentes sectores: para el Miembro Tequendama, es en el Salto de Tequendama (de donde toma el nombre), en el lado noroeste del río Bogotá; para el Miembro Tibagota es el lado noroeste de la parte media del valle de Subachoque, y toma el nombre de la Laguna de Tibagota; y por último, la sección tipo del Miembro Guasca, se encuentra en la porción central del valle de Guasca, de donde obtiene su nombre (Helmens, 1990). Para el Miembro Gualí se postula el intervalo 468-585 m del pozo Funza II, y el nombre se deriva del Pantano de Gualí, al lado del cual se realizó la perforación (Van der Hammen & Hooghiemstra, 1995).

2.4.2.2 Descripción litológica

En la plancha contigua 209-Zipaquirá, Montoya & Reyes (2003) en la vía Chocontá – Cucunubá (sector occidental del Sinclinal de Sisga) realizan una sección de la Formación Tilatá, con punto de inicio N: 1061454 y E: 1041683 y reportan un espesor de 83 m (Figura 20). La descripción de la sección, en donde se diferenciaron dos segmentos, se reproduce a continuación.

Segmento 1: Segmento arenoso, lo constituyen 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 inclinada, laminación ondulosa o lentes de gravas y en ocasiones granodecrecimiento de arena gruesa a fina.

Segmento 2: Lo conforman 46 m de capas muy gruesas de gravas grano-soportadas, con clastos de tamaño guijo (5 cm) y guijarro (20 cm), con formas elongadas, subredondeados y con imbricación; los clastos son de areniscas y liditas. 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.

La parte más superior empieza con una capa de 4 m de arena muy fina y sobre esta, capas de gravas grano y matriz-soportadas con clastos de 2 cm, algunas capas granodecrecen hasta granos de tamaño arena.

2.4.2.3 Posición estratigráfica y edad

En el área de estudio, la Formación Tilatá se encuentra discordante sobre las formaciones paleógenas Cacho y Guaduas. Dueñas & Wijninga (2003) le asignan al Miembro Tequendama, con base en palinología, una edad de Mioceno tardío. La edad con base en huellas de fisión (Van der Hammen, 2003) se establece en Plioceno temprano para el Miembro Tibagota (5,3-3,7 Ma) y Plioceno tardío para el Miembro Guasca (3,6-2,9 Ma) y el Miembro Gualí (2,9-2,4 Ma). En tal virtud, la Formación Tilatá abarca desde el Mioceno tardío hasta el Plioceno tardío.

Figura 20. Columna estratigráfica de la Formación Tilatá. Sección El Crucero, vía Chocontá – Cucunubá. Tomado de Montoya & Reyes (2003).

El espesor de la Formación Tilatá se reporta en cada una de sus divisiones: el Miembro Tequendama tendría un espesor máximo de 65 m, el Tibagota y el Guasca, de 20 m cada uno y el equivalente al Miembro Gualí, 110 m (Helmens, 1990).

2.5 UNIDADES DEL CUATERNARIO

Las unidades del periodo Cuaternario que afloran en el área son las formaciones Subachoque (Pleistoceno temprano), Sabana (Pleistoceno medio y tardío), Río Siecha (Pleistoceno medio y tardío), Río Tunjuelito (Pleistoceno-Holoceno) y Chía (Holoceno), además de depósitos inconsolidados coluviales y lacustres (Holoceno).

2.5.1 Formación Subachoque (Q_1su) Pleistoceno inferior

La Formación Subachoque se encuentra en el borde occidental del valle de Guasca (228: A5, B5, C4, D4) y al oeste de la Falla El Porvenir (228: A1). Los sedimentos de esta unidad ocurren en terrazas con pendientes suaves hacia la parte central de los valles en los que aflora (Van der Hammen *et al.*, 1973).

2.5.1.1 Nombre y sección tipo

La Formación Subachoque fue descrita por Van der Hammen *et al*. (1973); su nombre proviene de la población de Subachoque, al noroeste de Bogotá. El área tipo corresponde a la parte central del valle de Subachoque, al noroeste del río Subachoque y en segundo lugar, la parte central del valle de Guasca (Helmens, 1990).

En la localidad tipo la Formación Subachoque consiste en 15 metros expuestos (no se reconoció la base) de arcillas de color gris (predominante) y arcillas arenosas con intercalaciones de arenas y gravas, localmente con capas de arcilla rosada con restos de plantas y arcilla color negro turbosa, ocasionalmente con fragmentos carbonáceos (Van der Hammen *et al.*, 1973).

2.5.1.2 Descripción litológica

En el valle de Guasca son abundantes los depósitos de capas no estratificadas (o con estratificación difusa) de margas arenosas, mezcladas con fragmentos de roca subangulares; los depósitos son más espesos cerca al borde de las pendientes que rodean el valle de Guasca al occidente (Van der Hammen *et al*., 1973) y contienen fragmentos subangulares hasta grandes bloques de arenisca cerca de la base de los cerros (Helmens & Van der Hammen, 1995).

A lo largo de la carretera Guasca-Sopó, Van der Hammen *et al*. (1973) reportan depósitos de bloques angulares de arenitas y chert en arcillas arenosas color gris marrón, con intercalaciones de capas delgadas de arcillas moteadas de color rosado a rojo, a veces con materia orgánica; estas capas son onduladas irregulares y se interrumpen localmente; probablemente fueron depositadas por solifluxión (Van der Hammen *et al*., 1973).

La Formación Subachoque, en los valles de Guasca y Subachoque, muestra cambios graduales en las litofacies paralelas a los ríos principales, con capas gruesas de arenas arcillosas alternando con arcillas arenosas de color gris y con materia orgánica además de algunas gravas en intercalaciones lenticulares hacia el centro del valle, mientras que valle arriba la proporción de gravas aumenta y se extienden en capas de varias decenas de metros (Helmens & Van der Hammen, 1995).

2.5.1.3 Posición estratigráfica y edad

De acuerdo con Helmens & Van der Hammen (1995) esta formación está cubierta por la Formación Sabana y suprayace a la Formación Tilatá, o se encuentra directamente sobre rocas pre-cuaternarias.

La edad de la Formación Subachoque fue determinada con huellas de fisión (Hooghiemstra, 1995) y dataciones palinológicas que permiten establecer una edad de Pleistoceno temprano (Helmens & Van der Hammen, 1995). El espesor de esta formación en los valles marginales es de alrededor de 20 m, mientras que en la cuenca central de Bogotá alcanza los 150 m (Helmens, 1990).

2.5.2 Formación Sabana (Q_1sa) Pleistoceno medio-superior

La Formación Sabana aflora en los valles de los ríos Bogotá (228: A1, A2, B1, B2, C1, C2 D1), Teusacá (228: A3, A4, B3, C3, D3, E3) y Frío (228: B1, C1). Carvajal *et al*. (2004) describen estos depósitos como extensos, de aspecto aterrazado y con morfología ondulada suavemente inclinada. Esta unidad se encuentra disectada por el río Bogotá y sus afluentes (Helmens & Van der Hammen, 1995).

2.5.2.1 Nombre y sección tipo

La definición original se debe a Hubach (1957a), quien agrupa los "*depósitos lacustres, paludales y marginales distribuidos en la planicie de la Sabana de Bogotá y anexos, en los valles que desembocan en ellas, y en algunos cerros bajos, como los de Madrid y*

Mosquera". El autor Incluye también los depósitos glaciares del páramo de Cruz Verde al sureste de Bogotá y la parte norte de la región de Sumapaz; el nombre proviene de la Sabana de Bogotá.

Helmens (1990) menciona como área tipo de la Formación Sabana la parte más o menos plana de la Sabana de Bogotá y propone como secciones tipo las perforaciones Funza II, cerca de la población de Funza, y Bogotá CUX-CUY, en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Bogotá.

La Formación Sabana consiste principalmente de arcillas lacustres y hacia los márgenes de la cuenca de Bogotá se incrementan las intercalaciones de arcillas orgánicas, turbas arcillas arenosas y arenas arcillosas (Helmens, 1990).

2.5.2.2 Descripción litológica

En la parte central de la Sabana de Bogotá, la Formación Sabana está constituida principalmente por arcillas, mientras que hacia el sector de Chía-Cota se encuentran (hacia el techo) intercalaciones de arcillas arenosas y arenas arcillosas relacionadas con sedimentos de los ríos Frío y Bogotá; en la parte más norte del valle de Sopó-La Calera se encuentran intercalaciones de turba y arenas arcillosas al tope de la formación (Helmens, 1990).

2.5.2.3 Posición estratigráfica y edad

La Formación Sabana suprayace la Formación Subachoque, aunque puede encontrarse directamente sobre el sustrato rocoso precuaternario (Helmens, 1990). En el núcleo Bogotá CUX-CUY se encontraron 3 m suprayaciendo la Formación Sabana que podrían corresponder a la Formación Chía (Helmens & Van der Hammen, 1995).

De acuerdo con dataciones absolutas de las cenizas más inferiores y de carbono-14 para la parte superior de la Formación Sabana, se establece una edad de Pleistoceno medio y tardío (Helmens, 1990). El espesor de la Formación Sabana se determinó en 320 m en el centro de la cuenca y 168 m al sureste de Bogotá (Helmens, 1990).

2.5.3 Formación Río Siecha (Q_1si) Pleistoceno medio-superior

La Formación Río Siecha aflora en el sinclinal del Sisga (228: A7, A8, B6, B7), en el valle de Guasca (228: B5, C5, C6, D5, E4, E5, F4), en la serranía de Pericos a lo largo de un afluente del río Teusacá (228: D3, D4, E4) y en los Cerros Orientales de Bogotá (228: H1). Carvajal *et al*. (2004) determinan estos depósitos como de origen periglaciar, con

abanicos fluvioglaciares, conos y lóbulos de gelifracción además de planicies y abanicos de sobrelavado glaciar.

2.5.3.1 Nombre y sección tipo

Helmens (1990) es quien define la Formación Río Siecha, la cual debe su nombre al río Siecha que drena el valle de Guasca, donde se encuentran la mayoría de las exposiciones y por tanto la localidad tipo; el autor identifica las secciones tipo a lo largo de cortes de la carretera y escapes denudacionales en incisiones fluviales del río Chipatá y uno de sus afluentes. En el área tipo (valle de Guasca) la Formación Río Siecha se presenta como sistemas de abanicos que buzan pendiente abajo, y están disectados por los ríos Siecha y Chipatá y sus principales afluentes (Helmens & Van der Hammen, 1995).

La Formación Río Siecha consta de gravas y bloques con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas, y paleosuelos color negro (Helmens, 1990).

2.5.3.2 Descripción litológica

En la vereda Santa Bárbara al noreste de Guasca (228: B5, C5, C6), se encontraron 15 m de arenas de cuarzo de tamaño de grano fino, bien seleccionadas y redondeadas con capas lenticulares medias de gravas de tamaño guijo y guijarro en una matriz de arena de tamaño fino, con lentes de arcillolitas grises.

En la localidad tipo, en el río Chipatá y sus tributarios, la Formación Río Siecha se presenta en capas gruesas de gravas y bloques (de más de 1 m de diámetro), pobremente seleccionados, compactos, que alternan con capas de arcillas orgánicas y sedimentos arenosos y con paleosuelos húmicos de color negro; la unidad es más espesa hacia los bordes del valle y la imbricación de los clastos sugiere que el área fuente son las montañas del sureste del valle (Helmens, 1990).

2.5.3.3 Posición estratigráfica y edad

La Formación Río Siecha se encuentra por lo general cubriendo el sustrato rocoso; Helmens & Van der Hammen (1995) sugieren una edad de Pleistoceno medio y tardío, con base en carbono-14 y la interpretación litológica. El espesor máximo reportado por Helmens (1990) es de 25 m.

2.5.4 Formación Río Tunjuelito (Q_1tu) Pleistoceno-Holoceno

La Formación Río Tunjuelito aflora en el área de estudio en el centro del valle de Guasca, especialmente al sur de la población del mismo nombre (228: B5, C4, C5, D5). Se presenta en la llanura de inundación del río Siecha, conformando terrazas fluviales (Helmens, 1990).

2.5.4.1 Nombre y sección tipo

Helmens (1990) define como área tipo para la Formación Río Tunjuelito una zona de 1-1,5 km de ancho a lo largo del río Tunjuelito en el sureste del altiplano de Bogotá, de donde toma su nombre; enuncia también que esta unidad se presenta a lo largo de las llanuras de inundación de los ríos de la sabana de Bogotá y en parte de las terrazas fluviales adyacentes.

La Formación Río Tunjuelito se presenta como gruesas secuencias en los valles donde los ríos llenaron la cuenca de Bogotá y consiste de gravas fluviales con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y turba (Helmens, 1990).

2.5.4.2 Descripción litológica

Helmens (1990) reporta la Formación Río Tunjuelito a lo largo de los ríos Siecha y Chipatá, donde se encuentra en el área de inundación por debajo de una capa delgada de arcillas de la Formación Chía y en una terraza fluvial. La unidad está conformada predominantemente por gravas e intercalaciones menores de arenas y arcillas verdes, frecuentemente gradadas; al sur de Guasca se observa una secuencia bien estratificada con capas de arenas y gravas redondeadas, que exceden los 20 cm de diámetro (Helmens, 1990).

2.5.4.3 Posición estratigráfica y edad

La Formación Tunjuelito se encuentra probablemente sobre la Formación Marichuela (Helmens & Van der Hammen, 1995) y es suprayacida por una delgada capa de arcillas de la Formación Chía (Helmens, 1990).

Con base en datos palinológicos, litológicos y dataciones absolutas mediante carbono-14 de la suprayacente Formación Chía se estima una edad de Pleistoceno (Helmens, 1990); Van der Hammen (2003) incluye el Holoceno. La Formación Río Tunjuelito puede alcanzar los 80 m de espesor (Helmens & Van der Hammen, 1995).

2.5.5 Formación Chía (Q_2ch) Holoceno

La Formación Chía aflora en las riberas de los ríos Teusacá (228: A2, A3, B3, C3, D3, E3), Bogotá (228: A2, B2, C1, D1) y Frío (228: A1, B1, C1), Siecha (228: B5, C4, C5) y Aves (228: B6) y en el valle de la quebrada Floresta (228: D2). De acuerdo con Carvajal *et al*. (2004), estos depósitos forman terrazas fluviales planas de suave pendiente, talladas por la acción de las corrientes fluviales actuales.

2.5.5.1 Nombre y sección tipo

Es definida por primera vez por Helmens (1990), y toma su nombre de la población de Chía, al norte de la ciudad de Bogotá. El área tipo es definida por el autor en la llanura de inundación del río Bogotá al sureste de Chía, en donde se observan arcillas moteadas de colores gris y naranja.

2.5.5.2 Descripción litológica

La unidad consiste principalmente de arcillas de inundación, localmente limos fluviales y en áreas pantanosas arcillas orgánicas lacustres (diatomitas); en la localidad tipo la litología predominante son las arcillas moteadas de color gris y naranja, e incluyen arcillas con materia orgánica suprayacidas por una capa delgada de limos y arcillas color marrón (Helmens, 1990).

2.5.5.3 Posición estratigráfica y edad

En el área de Chía, la Formación Chía se encuentra sobre la Formación Sabana, mientras que en el área de Subachoque reposa sobre la Formación Río Tunjuelito (Helmens, 1990). Helmens & Van der Hammen (1995) con base en dataciones de carbono-14 reportan edad Holoceno para la Formación Chía. El espesor máximo de esta formación es de alrededor de 5 m (Helmens, 1990).

2.5.6 Depósitos coluviales (Q_2c) Holoceno

Dentro de los depósitos coluviales se incluyen los depósitos de pendiente de origen local, que se encuentran dispersos en el área de trabajo. Se destacan las cabeceras de los ríos Negro (228: F9, F10, G9, G10), Chuza (228: G7, G8, H8), Juiquín (228: C7, C8), Amoladero (228: B7, C7, C8), Lagunero (228: A8, A9, B8, B9), las quebradas Jaboncillo (228: E6, F6), Quisquiza (288: F4, G4) y la Caja (228: H5), además de parches menores distribuidos en las laderas. En el área de estudio estos depósitos constan de depósitos

conglomeráticos matriz-soportados de cantos y bloques, moderadamente seleccionados y subredondeados, polimícticos.

Según Carvajal *et al*. (2004) estos depósitos forman unidades de conos coluviales, conos de taludes, 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. De acuerdo con este autor, son acumulaciones sobre las laderas por procesos de escorrentía superficial, por flujo lento y viscoso de suelos saturado y no saturado, y la litología es de bloques angulares a subangulares de diferentes tamaños embebido en un material arcilloso.

2.5.7 Depósitos lacustres (Q_2l) Holoceno

Corresponden a depósitos alternados de arenas y lodos de origen lacustre que se encuentran en el flanco occidental del Anticlinal de Río Blanco-Machetá, y que coinciden con la cabecera del río Lagunero (228: A8, B8).

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de la plancha 228-Bogotá noreste se encuentra en la Cordillera Oriental de Colombia. En esta zona las estructuras tienen una dirección principal noreste-sureste y localmente norte-sur. El área se divide en dos provincias: el sinclinorio de la Sabana al occidente y el anticlinorio de Farallones al oriente de la plancha (McLaughlin & Arce, 1972).

El occidente de la plancha lo conforman los Cerros Orientales de Bogotá y la Serranía de Pericos, donde las estructuras se alinean aproximadamente en dirección norte-sur, como el Anticlinal de Bogotá y la Falla de Teusacá. En la parte central y oriental, la dirección preferencial de las estructuras es N45°E, como los sinclinales de Sisga y Siecha, el Anticlinal de Río Blanco-Machetá y el Sinclinal de Sueva. Los pliegues son por lo general abiertos o suaves y con frecuencia se extienden por toda el área de forma continua.

El fallamiento tiene principalmente un componente vertical inverso con vergencia noroccidente como la Falla de Salinero o la Falla de Suralá o al oriente como las fallas de Machetá y Chocontá-Pericos. El extremo oriental se caracteriza por la presencia de fallas transcurrentes con componente vertical, como la Falla de los Tendidos y la Falla de San Roque.

3.1 FALLAS

Las fallas más relevantes del área de la plancha 228-Bogotá noreste son: Tendidos, San Roque, Río Rucio, Salinero, Machetá, Suralá, Chocontá-Pericos, Teusacá y Bogotá. A continuación se presentan sus principales rasgos.

3.1.1 Falla de Los Tendidos

La Falla de Los Tendidos se encuentra en el extremo oriental del área y fue cartografiada por McLaughlin & Arce (1972); posteriormente, Terraza *et al*. (2008) le asignan su nombre por la vereda Los Tendidos localizada al occidente de Gachalá (228: F12).

Esta falla tiene una orientación noreste-suroeste con un alto buzamiento hacia el sureste; el desplazamiento es de poca magnitud, dextral con componente vertical, que controla el curso del río Farallones (228: H11), trunca el Anticlinal del Río Farallones y deja a las rocas paleozoicas del Grupo Farallones en contacto con las sedimentitas de la Formación Lutitas de Macanal (228: G12) en la vereda El Escobal (Terraza *et al*., 2008).

3.1.2 Falla de San Roque

La Falla de San Roque afecta principalmente rocas de la Formación Lutitas de Macanal que afloran en la esquina suroriental de la plancha 228-Bogotá noreste, con una orientación noreste-suroeste. Terraza *et al*. (2008) nombran esta estructura con base en la inspección de policía de San Roque (228: F12).

Esta es una falla de rumbo sinestral con un salto vertical, de poco desplazamiento que trunca los pliegues sinclinales y anticlinales en el suroccidente de la plancha (228: E12, F12, G11, G12, H10) desde la inspección de policía San Roque al norte hasta la inspección de policía de Claraval al sur (Terraza *et al*., 2008).

3.1.3 Falla de Río Rucio

La Falla de Río Rucio está ubicada en la parte oriental de la plancha 228-Bogotá noreste, con dirección promedio de N40°E. El nombre, de acuerdo con Terraza *et al*. (2008) proviene del río Rucio que drena en dirección noreste, desemboca en el río Gachetá y está controlado en la mayoría de su recorrido por esta estructura (228: E10, F10).

La Falla de Río Rucio tiene un alto buzamiento en dirección sureste, es dextral con poco salto vertical, y corta principalmente rocas de la Formación Fómeque (Terraza *et al*., 2008).

3.1.4 Falla de Salinero

La Falla de Salinero atraviesa la plancha 288-Bogotá noreste de norte a sur, con una dirección promedio N30°E. Fue cartografiada por McLaughlin & Arce (1972) con el nombre de Falla de Chorrera-Salinero, basándose en los nombres de los ríos que controla tectónicamente.

Es una falla inversa con vergencia al occidente (Montoya & Reyes, 2003) que enfrenta a las formaciones Fómeque y Une (228: B10, B11, C10, E9) o Fómeque y Chipaque (228:

E8, F8), o la Formación Une con la Formación Chipaque al sur de la plancha, (228: D9, E9, F8).

3.1.5 Falla de Machetá

La Falla de Machetá cruza la parte centro oriental de la plancha en dirección noreste-suroeste. El nombre posiblemente fue asignado por McLaughlin & Arce (1972) con base en la población de Machetá, que está cerca del trazo de la falla (Terraza *et al*., 2010).

Es una falla inversa de alto ángulo con vergencia al sureste y una componente dextral (Montoya & Reyes, 2003). En la plancha 228-Bogotá noreste, a causa de la Falla de Machetá, la Formación Arenisca Dura o Plaeners (Figura 21) queda en contacto con la Formación Guaduas (228: A9, A10, B8, C7, C8, D7), esta última sobre el bloque yacente de la estructura.

Figura 21. Liditas en capas delgadas de la Formación Plaeners, altamente deformadas, asociadas a la Falla de Machetá (Alto Peña del Águila, N: 1029875, E: 1037929).

3.1.6 Falla de Suralá

De acuerdo con lo descrito por Montoya & Reyes (2003), esta falla tiene una orientación N35°E, buza hacia el oriente y podría tener un componente de rumbo, además de presentar fuentes termales que indicaría que posiblemente es una falla profunda. La Falla de Suralá pone en contacto la Formación Arenisca de Labor y Tierna con la Formación Guaduas (228: A7, A8, B7, C6, D5), formando brechas de falla en el sector del Alto Careperro (Figura 22).

Figura 22. Brecha de falla asociada a la Falla de Suralá, en arenitas de tamaño de grano muy fino y fino de la Formación Labor y Tierna (Alto Careperro, N: 1011977, E: 1018578).

3.1.7 Falla de Chocontá-Pericos

La Falla de Pericos fue cartografiada por McLaughlin & Arce (1972) en la serranía del mismo nombre, de donde probablemente toma el nombre. Por atravesar el valle de Chocontá, Montoya & Reyes (2003), modifican la nomenclatura adicionándole el nombre de Chocontá en la plancha 209-Zipaquirá.

La Falla de Chocontá-Pericos es de tipo inverso con vergencia al oriente y en el área de estudio muestra trazos sinuosos a causa de la variación en la inclinación y orientación

del plano de falla; es usual también que presente fallas retroinversas asociadas como en el sector de Pericos (228: D4, E4) y la Falla de Teusacá (228: F3, G2, H2), así como bloques muy tectonizados, probablemente rotados, evidenciados en la inversión de estratos (Montoya & Reyes, 2003). Esta falla pone en contacto las formaciones cretácicas con rocas del Paleógeno a lo largo de su extensión (228: A4, A5, B4, C4, D4, E4, F3, F4).

3.1.8 Falla de Teusacá

La Falla de Teusacá se encuentra al suroccidente del área de estudio, desde la población de La Calera hasta el borde sur de la plancha y continúa hacia el sur de la Sabana de Bogotá (Montoya & Reyes, 2005). El nombre fue determinado por McLaughlin & Arce (1972), posiblemente tomando el nombre del río Teusacá que corre al occidente de la falla.

Esta falla es inversa con vergencia al occidente, con una dirección promedio de N10°E. Sin embargo, al oriente de La Calera se presentan una serie de escamas asociadas a la Falla de Teusacá y a la Falla de Chocontá-Pericos, con una orientación casi este-oeste y que podrían estar relacionadas con transferencia de la deformación entre las dos fallas (Montoya & Reyes, 2005). La Falla de Teusacá produce escamas de rocas del Cretácico enfrentadas a sedimentitas del Paleógeno (228: F3, G2, H2).

3.1.9 Falla de Bogotá

La Falla de Bogotá en la plancha 228-Bogotá noreste se ubica en la esquina suroccidental y continúa al sur en la plancha contigua, 247-Cáqueza. Bordea los Cerros Orientales de Bogotá, razón probable para elegir el nombre de Falla de Bogotá que le asignan Montoya & Reyes (2005).

Es una falla inversa con vergencia al occidente, con rumbo promedio N10°E; muestra un salto menor en la zona de estudio (sector de Monserrate), que el salto que presenta hacia el sur, en la zona de Usme (Montoya & Reyes, 2005). La Falla de Bogotá en la zona de trabajo pone a la Formación Plaeners en contacto con la Formación Guaduas (228: G1, H1).

3.2 ANTICLINALES

Las estructuras anticlinales más notables del área de estudio son los siguientes: Río Farallones, Peña El Fígaro, El Quince, Río Blanco-Machetá, Bogotá y Chingaza. A continuación se describen las características principales de estas estructuras.

3.2.1 Anticlinal del Río Farallones

El Anticlinal del Río Farallones se encuentra en el suroriente de la plancha 228-Bogotá noreste, y su eje se orienta en dirección N18°-35°E a lo largo del curso del río Farallones, del que se toma el nombre (Terraza *et al*., 2008).

Esta estructura (228: F12, G12) es un anticlinal abierto, subvertical, con inmersión débil hacia el noreste, que se trunca contra la Falla de Los Tendidos al sureste; en el núcleo del pliegue se encuentran expuestas rocas del Grupo Farallones, a las que suprayacen inconformemente rocas de las formaciones Ubalá o Lutitas de Macanal (Terraza *et al*., 2008).

3.2.2 Anticlinal Peña El Fígaro

El nombre de Peña El Fígaro fue determinado por Terraza *et al*. (2008) con base en la cuchilla Peña El Fígaro, localizada al oeste de la plancha sobre la carretera Gachetá-Ubalá, a la altura de la vereda San Roque (228: E12).

Es un anticlinal de al menos 20 km de longitud con un trazo del eje sinuoso y cortado por algunas fallas de poco desplazamiento, orientado N30°-45°E, abierto, con buzamiento fuerte de la superficie de la charnela y sin inmersión de la línea de la charnela, es decir, horizontal; el anticlinal afecta las rocas de la Formación Lutitas de Macanal, incluido el Miembro El Fígaro (Terraza *et al*., 2008).

3.2.3 Anticlinal de Río Blanco-Machetá

El anticlinal de Río Blanco-Machetá cruza la parte central de la plancha 228-Bogotá noreste a lo largo de 47 km; se extiende hacia el sur (plancha 247-Cáqueza) y hacia el norte (plancha 209-Zipaquirá) completando una extensión de 127 km de acuerdo con McLaughlin & Arce (1972). Fue denominado Anticlinal de Machetá por Montoya y Reyes (2003) en el área de la plancha 209-Zipaquirá.

Muestra dos tendencias dentro de la plancha: al norte, es un anticlinal abierto, horizontal, derecho, con una orientación N30°-45°E, mientras que hacia el sur la superficie de charnela se inclina hacia el este y la orientación del eje se acerca a la dirección norte-sur. El anticlinal hacia el sur es abierto, poco inclinado y horizontal y en el sector de Siecha presenta un volcamiento asociado posiblemente a las fallas de Siecha y Machetá (228: E6). En el núcleo del anticlinal afloran rocas de la Formación Chipaque y la Formación Une al sur, y en los flancos se exponen las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna.

3.2.4 Anticlinal de Chingaza

El Anticlinal de Chingaza se encuentra en la parte central sur del área de estudio; su trazo fue indicado por McLaughlin & Arce (1972) sin atribuirle un nombre específico. El eje de la estructura tiene una orientación promedio de N-S y una longitud de al menos 17 km.

Es un anticlinal suave, subvertical, muy inclinado, con inmersión débil en dirección norte (228: E7); en el núcleo de la estructura se encuentra la Formación Chipaque y los flancos los conforman las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor y Tierna, y más al norte, la Formación Guaduas.

3.2.5 Anticlinal de Bogotá

McLaughlin & Arce (1972) cartografiaron el Anticlinal de Bogotá en los cerros Orientales de la Sabana de Bogotá; Montoya & Reyes (2005) unen el Anticlinal de Bogotá con el de Usaquén, con base en que se puede continuar la forma anticlinal hacia el norte hasta la vereda Hato Grande, al oriente de Cajicá, sólo interrumpida por fallas de poco desplazamiento.

El eje de la estructura tiene orientación de N10°E; es un anticlinal abierto, subvertical, que presenta un volcamiento hacia el sur del área de estudio (228: H1) posiblemente debido a la Falla de Bogotá. En el núcleo aflora la Formación Chipaque al sur y la Formación Arenisca de Labor y Tierna hacia el norte, con la Formación Guaduas en los flancos.

3.3 SINCLINALES

Las principales estructuras sinclinales del área de estudio son el Sinclinal de Claraval, Sinclinal El Quince, Sinclinal de Sueva, Sinclinal de Palacio, Sinclinal del Sisga y el Sinclinal de Siecha.

3.3.1 Sinclinal de Claraval

El Sinclinal de Claraval se encuentra en la parte suroriental de la plancha y fue denominado por Terraza *et al*. (2008) por la inspección de policía de Claraval, del municipio de Junín, que se encuentra cerca del trazo del eje del sinclinal.

Este pliegue tiene una orientación N18°-35°E a lo largo de los más de 25 km de extensión en el área de estudio; es una estructura suave, subvertical, sin inmersión de la línea de la charnela, desarrollado en la Formación Lutitas de Macanal (Terraza *et al*., 2008).

3.3.2 Sinclinal El Quince

El Sinclinal El Quince ocupa la parte nororiental de la plancha 228-Bogotá noreste y muestra una dirección del eje variable desde N-S hasta N35°E. Es una estructura abierta y horizontal, alcanza una longitud de 22 km, y continúa hacia el norte (plancha 209-Zipaquirá), por fuera del área de estudio. En el núcleo del sinclinal afloran parches de la Formación Une (228: C11), y en los flancos rocas de la Formación Fómeque.

3.3.3 Sinclinal de Sueva

El nombre del Sinclinal de Sueva fue designado por McLaughlin & Arce (1972) para la estructura que cruza la parte central de la plancha, cerca del río Sueva de donde posiblemente tome su nombre; el eje del sinclinal tiene una orientación aproximada norte-sur en el sector del el Páramo de Chingaza (228: G7) hasta que se encuentra con la Falla de Machetá en la vereda El Carmen (228: C8), y cambia su rumbo a N40°-45°E hasta el límite norte del área de estudio.

Es un sinclinal suave, derecho, subvertical, aparentemente sin inmersión de la línea de la charnela. En el extremo norte de la plancha, afloran las formaciones Bogotá y Cacho (228: A10, B9) en el núcleo de la estructura; en el flanco oriental afloran las formaciones Guaduas, Arenisca de Labor y Tierna, Plaeners, Arenisca Dura y Chipaque, mientras que el flanco occidental fue reducido por la Falla de Machetá.

3.3.4 Sinclinal de Palacio

El Sinclinal de Palacio está ubicado en la parte central al sur de la plancha y fue definido por McLaughlin & Arce (1972), con una longitud de 22 km en el área de estudio, extendiéndose hacia el área de la plancha 247-Cáqueza al sur, y finaliza hacia el norte contra la Falla de Machetá. El eje de esta estructura pasa cerca de la Mina de Palacio de donde parece tomar su nombre, con orientación N10°-20°E.

Es un sinclinal abierto, moderadamente inclinado con inmersión débil al norte (228: D7), descripción basada en el perfil que presenta McLaughlin & Arce (1972). Contiene en su núcleo a la Formación Plaeners y en los flancos a las formaciones Arenisca Dura y Chipaque

3.3.5 Sinclinal de Sisga

McLaughlin & Arce (1972) definieron el sinclinal de Siecha-Sisga para el Cuadrángulo K1-Zipaquirá de forma continua en el área de estudio, mientras que Montoya & Reyes (2005) consideran que podría tratarse de estructuras separadas. El Sinclinal del Sisga ocupa la parte central norte de la plancha 228-Bogotá noreste, tiene una extensión de al menos 15 km y presenta una orientación promedio de N45°E.

Es un sinclinal suave, vertical y derecho, aparentemente sin inmersión de la línea de la charnela. En el núcleo de la estructura se presenta la Formación La Regadera, y las formaciones Bogotá, Cacho y Guaduas afloran en los flancos; su eje desaparece al sur por debajo de las formaciones cuaternarias Río Siecha, Tunjuelito y Subachoque (228: C5, C6).

3.3.6 Sinclinal de Siecha

El nombre proviene de la definición hecha por McLaughlin & Arce (1972) que consideran la estructura de Siecha-Sisga con una única estructura; Montoya & Reyes (2005) fraccionan la estructura a través de la Falla de Chocontá-Pericos. El Sinclinal de Siecha en la plancha 228-Bogotá noreste muestra una longitud de 14 km con una dirección N-S en el extremo sur y N40°-45°E en su porción más norte. El nombre se toma probablemente de la región de Siecha, municipio de Guasca.

El Sinclinal de Siecha es suave, vertical y derecho, con inmersión débil al sur, antes de estrellarse con una ramificación de la Falla de Chocontá-Pericos. En el núcleo aflora la Formación La Regadera hacia el norte y la Formación Bogotá hacia el sur; los flancos están conformados por las formaciones Cacho, Guaduas y Labor-Tierna.

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

En el área de la plancha 228-Bogotá noreste se encuentran manifestaciones y yacimientos de minerales no metálicos (sales, fosfatos), metálicos (hierro), construcción (canteras de roca, gravas y arenas) y energéticos (carbón).

Algunos trabajos previos han profundizado sobre algunos de los recursos que se refieren brevemente en el presente trabajo: Alvarado & Sarmiento (1943) hacen un análisis del hierro, carbón y calizas en un área cerca de La Calera; McLaughlin & Arce (1971) presentan abundante información sobre evaporitas en el cuadrángulo K-11 Zipaquirá, además de un resumen de otros minerales; González *et al*. (2001) recopilan la información de los materiales de construcción para la Sabana de Bogotá y Fajardo *et al*. (1998) e INGEOMINAS (2004) compendian la información principal del carbón.

El mayor potencial minero del área está relacionado con la explotación de gravas, arenas e incluso recebo para la industria de la construcción que se puede obtener de las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Tierna, La Regadera, Tilatá y los depósitos cuaternarios.

4.1 MINERALES NO METÁLICOS

4.1.1 Sales

En el área de trabajo la manifestación de sal más representativa está en el área de Gachetá; estas salinas, que son coincidentes con el trazo de la Falla de Salinero (228: C10) datan del Aptiano tardío y corresponden a la parte superior de la Formación Fómeque (McLaughlin & Arce, 1971).

McLaughlin & Arce (1971) reportan manifestaciones de sal en el sector de El Salitre, en La Calera (228: F3) y cerca de las poblaciones de Guasca (228: C5) y Guatavita (228: A6), probablemente relacionados con la Formación Chipaque y de edad Turoniano-Coniaciano.

4.1.2 Fosfatos

Al noreste de la inspección de Sueva se encuentran pequeñas cantidades de material fosfático con limolitas, de no más de un metro de espesor que afloran en una cantera a lo largo de la vía que conduce a Guasca, que no es posible continuar lateralmente a causa de la cobertera vegetal (McLaughlin & Arce, 1971). Estos fosfatos probablemente se encuentren dentro de la Formación Plaeners del presente trabajo.

4.2 MINERALES METÁLICOS

4.2.1 Hierro

Alvarado & Sarmiento (1943) identifican yacimientos de hierro en el flanco oriental de la Serranía de Pericos, más precisamente en los estratos del "Villeta superior", de edad Cenomaniano y que corresponde a la Formación Chipaque en el presente trabajo. El yacimiento comprende un banco grueso de óxidos de hierro concrecionarios arenosos que se extiende por 2 km, y que tanto al sur como al norte, se convierte en una arenita apenas ferruginosa (Alvarado & Sarmiento, 1943).

El hierro se encuentra en bancos de óxidos hidratados que corresponden a limonita, posiblemente con hidróxidos de hierro, y se encuentra alternando con arcillas laminadas color gris y negro o amarillas y grises; el alto porcentaje de sílice (baja calidad) y la disminución de tenor hacia la profundidad y lateralmente hacen que la manifestación sea de poco interés económico (Alvarado & Sarmiento, 1943).

4.3 MINERALES DE CONSTRUCCIÓN

4.3.1 Calizas

Alvarado & Sarmiento (1943) reportan bancos de calizas en la Formación Chipaque (este trabajo) en el sitio La Siberia, de espesor variable entre 25 y 40 metros con lechos intercalados de arcilla, además de algunas canteras en la parte media de la Serranía de Pericos.

Los cuerpos de calizas que se encuentran en el área de La Calera fueron explotados por Cementos CEMEX en Palacio y en la serranía de Pericos (Montoya & Reyes, 2005). En la

Mina de Palacio se explotaban lentes de calizas lumaquélicas de color gris marrón muy oscuro a marrón oscuro, masivas, de menos de 100 m de espesor; en la Serranía de Pericos las calizas son lumaquélicas, de color gris oscuro, con intercalaciones de capas arcillosas (McLaughlin & Arce, 1972). La empresa CEMEX tomó la decisión de donar en 2011 las áreas que había explotado en el siglo XX y entregarlas como parte del área protegida del Parque Nacional Natural Chingaza (CEMEX, 2011).

4.3.2 Gravas

Las unidades productivas en la Sabana de Bogotá son la Formación Tilatá y los depósitos que afloran en los ríos Siecha, Frío y Aves (González *et al*., 2001) que corresponden a las formaciones cuaternarias Subachoque y Tunjuelito (Montoya & Reyes, 2005). En la Formación Tilatá se encuentran lentes de gravas embebidos en una matriz areno-arcillosa, similares a los lentes de espesor variable que se encuentran en los depósitos cuaternarios (González *et al*., 2001).

En su mayoría, las gravas provienen de fragmentos rocosos de las formaciones Arenisca Dura y Plaeners del Grupo Guadalupe y se explotan principalmente en el área de Guasca (González *et al*., 2001).

4.3.3 Arenas

Las unidades que son objeto de explotación de arenas con fines de construcción son las formaciones Regadera, Cacho, Arenisca de Labor y Tierna, Arenisca Dura y Tilatá (González *et al*., 2001; Montoya & Reyes, 2005); con frecuencia, las explotaciones se hacen a nivel de pequeña y mediana minería (González *et al*., 2001).

En el área del Sisga y La Calera se explotan los niveles arenosos de la Formación Regadera que corresponden a arenitas cuarzosas de tamaño medio a conglomerático, así como las arenitas cuarzo-feldespáticas de grano grueso a conglomerático de la Formación Cacho, ambas destinadas como material para concretos; la Formación Arenisca Tierna, debido a su carácter deleznable es empleada en la producción de “arena de peña”; la arenita cuarzosa de la Formación Labor se emplea especialmente como piedra de construcción y enchape y finalmente las arenitas bien cementadas de la Formación Arenisca Dura se utilizan como agregados para concretos y asfaltos (González *et al*., 2001).

4.4 RECURSOS ENERGÉTICOS

4.4.1 Carbón

El área carbonífera de mayor interés en la plancha 228-Bogotá noreste es el área de Guatavita (Fajardo *et al*., 1998; INGEOMINAS, 2004), alrededor del embalse de Tominé donde se explotan mantos de carbón de la Formación Guaduas de entre 0,30 y 1,85 m de espesor, localizados en el flanco occidental del Sinclinal de Sesquilé y la cresta del Anticlinal de Guatavita. Los carbones extraídos son de uso térmico, con bajos contenidos de azufre y cenizas que los convierten en ambientalmente explotables; sin embargo, la tectónica compresiva regional y la intervención de fallas locales truncan la Formación Guaduas y la continuidad de los mantos (Fajardo *et al*., 1998).

En la región de la Serranía de Pericos, Alvarado & Sarmiento (1943) identifican manifestaciones de carbón de cerca de 80 cm de espesor en el río Los Salitres y en el Boquerón de Quimbistá, en rocas de la Formación Guaduas.

5. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El área de la plancha 228-Bogotá noreste se ubica en el borde oriental de la Cordillera Oriental y consta de rocas sedimentarias de edades variables entre Paleozoico y reciente. La historia de esta área está relacionada con la evolución de la cuenca sedimentaria hasta el periodo Cretácico y el posterior levantamiento de la Cordillera Oriental en el Cenozoico (Montoya & Reyes, 2005).

La sedimentación se inicia en el Paleozoico con los sedimentos areno-lodosos del Grupo Farallones, sobre las cuales descansan inconformente las unidades basales del Cretácico Inferior, las formaciones berriasianas Ubalá y Santa Rosa, en la que se registran los primeros avances del mar Cretácico en el área (Terraza *et al*., 2008). Durante el Mesozoico, el área de la Cordillera Oriental fue una cuenca extensional (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006) de tipo *rift* tectónicamente activa desde los periodos Triásico y Jurásico (Terraza *et al*., 2008), relacionada con la separación de Norte y Suramérica en el proto-Caribe (Cooper *et al.*, 1995).

Esta disposición tectónica se mantuvo hasta finales del Cretácico temprano y produjo la acumulación de una espesa secuencia sedimentaria *sinrift* que incluye las formaciones Ubalá, Santa Rosa, Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque y la base de la Formación Une (Terraza *et al*., 2008). Estas unidades muestran variaciones en espesor y facies asociadas a la sedimentación contemporánea con el desarrollo de paleofallas normales derivadas de los procesos extensivos (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006; Terraza *et al*., 2008; Terraza *et al*., 2010).

La invasión marina avanza durante el Valangianiano y da lugar a la depositación de arcillas y lodos de bajos niveles de energía correspondientes a la formación Lutitas de Macanal, unidad que de acuerdo con Terraza *et al*. (2008) fue depositada en un ambiente de costa afuera en plataforma media o externa, y presenta evidencias de flujos gravitacionales de sedimentos que habría dado lugar a los intervalos arenosos denominados Miembro El Fígaro e Intervalo estratigráfico de Río Negro.

En el Hauteriviano se deposita la Formación Las Juntas en un ambiente deltaico (Fabre, 1985; Terraza *et al*., 2008), y para el Barremiano, Aptiano y comienzos del Albiano, se vuelve a presentar un ambiente de costa afuera con influencia esporádica de tormentas, posiblemente de plataforma media (Terraza *et al*., 2008) que corresponde a

la Formación Fómeque. La parte basal de la Formación Une, del Albiano temprano, se considera depositada en un ambiente deltaico (Fabre, 1985).

A partir del Albiano se inicia una fase de sedimentación *postrift* con una tendencia a la somerización representada por la parte arenosa superior de la Formación Une, seguida del mayor ascenso relativo del nivel del mar registrado en el área de estudio durante el Cenomaniano tardío, el Turoniano y el Coniaciano, que dio origen a la espesa secuencia lutítica de la Formación Chipaque (Sarmiento-Rojas *et al*., 2006).

El Grupo Guadalupe concluye la sedimentación del Mesozoico con depósitos de ambiente litoral y sublitoral (Pérez & Salazar, 1978) a raíz de un descenso relativo del nivel del mar; las facies más continentales del Mesozoico ocurren en el Maastrichtiano tardío-Paleoceno con la depositación de las arcillas y los carbones de la Formación Guaduas. Cooper *et al.* (1995) relacionan esta somerización de la cuenca con la acreción de la Cordillera Occidental a finales del Cretácico y principios del Paleógeno.

Para el Paleógeno, la sedimentación fue predominantemente de ambientes fluviales, alternando ríos de alta energía (trenzados) con asociaciones menos energéticas (meandriformes) que comienza por las formaciones Cacho y Bogotá del Paleoceno y continúa con la Formación Regadera de edad Eoceno. Estas formaciones representan la fase de sedimentación anterior a la inversión del *rift* (Terraza *et al*., 2010) que termina con la deformación del Eoceno medio que marcó el fin de la sedimentación del Paleógeno (Cooper *et al.*, 1995; Montoya & Reyes, 2005).

La máxima deformación de la Cordillera Oriental ocurrió en el Mioceno-Plioceno, y se generaron cuencas intracordillera que depositaron la Formación Tilatá de edad Plioceno y la Formación Marichuela (Montoya & Reyes, 2005) mientras ocurría el levantamiento de 600 hasta 2600 m s.n.m. (Hooghiemstra, 1995). Esta deformación del Mioceno estuvo marcada por la inversión de las paleofallas normales a lo largo de la cuenca (Cooper *et al.*, 1995).

Los sedimentos de edad Cuaternario fueron depositados como productos finales posteriores a la inversión de *rift* (Terraza *et al*., 2010) y corresponden a las formaciones Subachoque, Río Siecha, Río Tunjuelito, Sabana y Chía, además de depósitos coluviales y lacustres recientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1943. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro y carbón de Guasca. Servicio Geológico Nacional, Informe 458, 61 pág. Bogotá.

BÜRGL, H. 1958. El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá. INGEOMINAS, Boletín Geológico, volumen 6 (1-3): 169-211. Bogotá.

CARVAJAL, J.H., CORTÉS, R., ROMERO, J. & PADILLA, J. 2004. Mapa Geomorfológico de la Sabana de Bogotá, Versión 1.0. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.

COMUNICADOS CEMEX, 2011. CEMEX realiza donación histórica al estado colombiano a través del Sistema de Parques Nacionales Naturales. CEMEX Colombia, consultada en (http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Comunicados/Comunicado20111117.aspx) [Consulta: 8 de febrero de 2015].

COOPER, M., ADDISON, F.T., ÁLVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R.H., HAYWARD, A.B., HOWE, S., MARTÍNEZ, J., NAAR, J., PEÑAS, R., PULHAM, A.J. & TABORDA, A. 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, volumen 79 (10): 1421-1443.

DE PORTA, J. 1974. Lexique Internationale Stratigraphique. Amerique Latina. Centre National de la Recherche Scientifique, volumen V, 620 pág. París.

DUEÑAS, H. & WIJNINGA, V. M. 2003. Edad del Miembro Tequendama de la Formación Tilatá (Altiplano de Bogotá, Colombia). IGAC, Análisis Geográficos 26: 61-68, Bogotá.

DUNHAM, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. En: Classification of Carbonate rocks, Ham, W. E. (editor). American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 108-121, Tulsa, Oklahoma.

EMBRY, A.F. & KLOVAN, J.E. 1971. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, N.W.T. Canadian Petroleum Geology Bulletin, volumen 19 (4): 730-781.

ETAYO, F., RENZONI, G. & BARRERO, D. 1976. Contornos sucesivos del mar Cretácico en Colombia. En: Memorias del Primer Congreso Colombiano de Geología, agosto 4-8 de 1969, Etayo-Serna, F. y Cáceres, C. (editores). Universidad Nacional de Colombia, 217-252, Bogotá.

FABRE, A. 1985. Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental). INGEOMINAS, Proyecto Cretácico, Publicación Geológica Especial 16: XIX 1-20. Bogotá.

FAJARDO, L., FUENTES, C., MONROY, W. & PAREJA, E. 1998. Programa de normalización de recursos y reservas de carbón en algunas áreas carboníferas del departamento de Cundinamarca. ECOCARBÓN, 79 pág. Ubaté.

FOLK, R. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. The Journal of Geology, volumen 62 (4): 344-359. Chicago.

FOLK, R. L., 1962. Spectral Subdivision of Limestone Types. En: Classification of Carbonate rocks, Ham, W. E. (editor). American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 62-84, Tulsa, Oklahoma.

FOLK, R. L., 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company, 182 pág. Austin, Texas.

FÖLLMI, K.B., GARRISON, R.E., RAMIREZ, P. C., ZAMBRANO-ORTIZ, F., KENNEDY, W.J. & LEHNER, B.L. 1992. Cyclic phosphate-rich successions in the upper Cretaceous of Colombia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, volumen 93 (3-4): 151-182, Amsterdam.

GARZÓN, A. 1975. Prospección geoquímica en suelos en Ubalá-Cueva Oscura y río Farallones, región del Guavio. INGEOMINAS, Informe 1691, 17 pág. Bogotá.

GONZÁLEZ, L., CÁRDENAS, J. & PARRADO, G. 2001. Materiales de construcción para la Sabana de Bogotá. INGEOMINAS, Publicación Geológica Especial No. 23, 93 pág. Bogotá.

GUERRA, A., 1972. Estudios geológicos de las calizas del Guavio, Municipio de Ubalá y Gachalá, Cundinamarca. INGEOMINAS, Informe 1615, 151 pág. Bogotá.

GUERRERO, J. & SARMIENTO, G., 1996. Estratigrafía física, palinología, sedimentología y secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana (20): 3-66. Bogotá.

HALLSWORTH, C. & KNOX, R., 1999. Classification of sedimentary rocks. British Geological Survey Report, RR 99-03, 44 pág. Nottingham.

HELMENS, K. 1990. Neogene-Quaternary geology of the High Plain of Bogotá, Eastern Cordillera, Colombia. Editorial Gebrüder Borntraeger. 202 pág. Berlín.

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. IGAC, Análisis Geográficos 24: 91-142. Bogotá.

HETTNER, A. 1892. La Cordillera de Bogotá, resultados de viajes y estudios. Talleres gráficos del Banco de la República, Primera versión castellana de Ernesto Guhl. 351 pág. Bogotá.

HOOGHIEMSTRA, H. 1995. Los últimos tres millones de años en la Sabana de Bogotá: registro continuo de los cambios de vegetación y clima. IGAC, Análisis Geográficos 26: 33-50. Bogotá.

HOORN, K. 1988. Quebrada del Mochuelo, type locality of the Bogotá formation: a sedimentological, petrographical and palynological study. Hugo de Vries Laboratory, University of Amsterdam. 21 pág. Amsterdam.

HOORN, K., KAANDORP, M. & ROELE, J. N. 1987. Tertiary sediments of the Usme Valley Colombia: a palynological and stratigraphical approach. Hugo de Vries Laboratory, University of Amsterdam. 28 pág. Amsterdam.

HUBACH, E., 1931a. Geología petrolífera del departamento de Norte de Santander. INGEOMINAS. Servicio Geológico Nacional, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen XXII: 1-337. Bogotá.

HUBACH, E., 1931b. La Formación “Cáqueza”, región de Cáqueza (oriente de Cundinamarca). Servicio Geológico Nacional, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen VI: 193–246. Bogotá.

HUBACH, E., 1957a. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. INGEOMINAS, Boletín Geológico, volumen 5, (2): 93-112. Bogotá.

HUBACH, E., 1957b. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Instituto Geológico Nacional, Informe interno I-1212, 166 pág. Bogotá.

IGAC. 1992. Cundinamarca, Características Geográficas. 189 pág. Bogotá.

INGEOMINAS, 2004. El carbón colombiano: recursos, reservas y calidad. INGEOMINAS y MINERCOL. 470 pág. Bogotá.

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

INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION (ISSC), 1994. International Stratigraphic Guide (2a edition, Amos Salvador, ed.), International Union of Geological Sciences, Geological Society of America, 214 pág. Trondheim, Noruega.

INVÍAS. 2004. Mapa de carreteras 2014. 30 pág. Bogotá.

JAMES, N.P. 1984. Shallowing-upward sequences in carbonates. En: Facies Models, Walker, R.G. (editor): Geological Association of Canada, Geoscience Canada, Reprint Series 1: 213–228. Hamilton, Canadá.

JULIVERT, M. 1961. Observaciones sobre el Cuaternario de la Sabana de Bogotá. Universidad Industrial de Santander, Boletín de Geología (7): 5-34. Bucaramanga.

JULIVERT, M. 1963. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de estructuras. Universidad Industrial de Santander, Boletín de Geología (13-14): 5-102. Bucaramanga.

JULIVERT, M. 1968. Lexique Stratigraphique Internacional. Amerique Latine. Centre National de la Recherche Scientifique, volume V, fascicule 4, Colombie. 572 pág. París.

MCLAUGHLIN, D. & ARCE, M. 1971. Recursos minerales de parte de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta. INGEOMINAS, Boletín Geológico, volumen 19 (1): 1-102. Bogotá.

MCLAUGHLIN, D. H., & ARCE, M. 1972. Geology of the Zipaquirá area (zone IV), Cordillera Oriental, Colombia. INGEOMINAS, Informe preliminar No.109, 336 pág. Sogamoso.

MONTOYA, D. & REYES, G., 2003. Geología de la Plancha 209-Zipaquirá. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 156 pág. Bogotá.

MONTOYA, D. & REYES, G. 2005. Geología de la Sabana de Bogotá. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 104 pág. Bogotá.

MONTOYA, D., TERRAZA, R., REYES, G., MORENO, G., & FÚQUEN, J. 2008. Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental Planchas 210, 228 y 229. Mapa a escala 1:100.000. INGEOMINAS, 100 cm x 90 cm. Bogotá.

PARQUES NACIONALES NATURALES, 2015. Parque Nacional Natural Chingaza. Parques Nacionales Naturales de Colombia, consultada en (http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/region-amazonia-y-orinoquia/parque-nacional-natural-chingaza/). [Consulta: 17 de enero de 2015].

PEREZ, G. & SALAZAR A. 1978.Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana (10): 7-113. Bogotá.

PETTIJOHN, F., POTTER, M. & SIEVER, R., 1973. Sand and Sandstone. Editorial Springer Verlag, 618 p., New York.

PRATT, S., ROWLINSON, N., AITKEN, B., ANDERSON, W., BABCOCK, C., CAMPBELL, C. & MAHER, P. 1979. The Muzo Emerald Mine. En: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists (editores), Field Conference 1961. Geological field-trips, Colombia, 1959-1978: 33-63, Bogotá.

RAGAN, D. M. 2009. Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques, Fourth Edition. Editorial Cambridge University Press, 632 pág. New York.

REGUANT S. & ORTIZ R. 2001. Guía estratigráfica internacional. Versión abreviada. Revista de la Sociedad Geológica de España, volumen 14 (3-4): 270-293. Salamanca, España.

RENZONI, G. 1962. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico volumen 10 (1-3): 59-79. Bogotá.

RENZONI, G. 1968. Geología del Macizo de Quetame. Universidad Nacional de Colombia, Geología Colombiana (5): 75-127. Bogotá.

ROYO Y GÓMEZ, J., 1945. Fósiles Carboníferos e Infracretácicos del Oriente de Cundinamarca. Servicio Geológico Nacional, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen VI: 193–246. Bogotá.

SARMIENTO, G. 1991. Palinología de la Formación Guaduas - Estratigrafía y Sistemática. INGEOMINAS. Boletín Geológico, volumen 32 (1-3): 45-126. Bogotá.

SARMIENTO-ROJAS, L., VAN WESS, J., CLOETINGH, S. 2006. Mesozoic transtensional basin history of the Eastern Cordillera. Journal of South American Earth Sciences, volumen 21 (4): 383-411.

SCHEIBE, R. (1933): Informe sobre los yacimientos de carbón en las Haciendas de 'San Jorge' y 'Llano de Ánimas', en el Municipio de Zipaquirá. Departamento de Minas y Petróleo. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen I: 15-38. Bogotá (Publicado también en 1918 en el Diario Oficial No. 16429).

SCHEIBE, E.A. 1938. Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia (Cordillera de Bogotá). En: Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia, Parte Primera, Departamento de Minas y Petróleos, 58 p. Bogotá.

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN CUNDINAMARCA. 2006. División político-administrativa del departamento de Cundinamarca. Mapa a escala 1:100.000. Oficina de Sistemas de Información, Análisis y Estadística, consultada en (http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas_contenidos/csecreplanea_mapas_mapasdepart) [Consulta: 20 de marzo de 2015].

SEGOVIA, A. 1963. The Geology of Plancha L-12 (Peralonso-Medina area) of the Geologic Map of Colombia. The Pennsylvania State University.

SUÁREZ, V., 1945. Reconocimiento Geológico de la Región del Guavio, Gachalá (Cundinamarca). Servicio Geológico Nacional, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen VI: 147–192. Bogotá.

TERRAZA, R., MONTOYA, D., REYES, G., MORENO, G., & FÚQUEN, J. 2008. Geología del Cinturón Esmeraldífero Oriental Planchas 210, 228 y 229. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 126 pág. Bogotá.

TERRAZA, R., MORENO, G., BUITRAGO, J., PÉREZ, A. & MONTOYA, D. 2010. Geología de la plancha 210-Guateque. Memoria explicativa. INGEOMINAS, 146 pág. Bogotá.

TORO, G., VAN DER HAMMEN, T., GAVIRIA, S, DUEÑAS, H. & POUPEAU, G. 2003. Dataciones por trazas de fisión de circones provenientes de las formaciones Tilatá y Marichuela. IGAC. Análisis Geográficos 26: 49-60. Bogotá.

UJUETA, G.L. 1961. Geología del noreste de Bogotá. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico, volumen 9 (1-3): 23-46. Bogotá.

ULLOA, C. & RODRÍGUEZ, E. 1979. Geología del Cuadrángulo K-12 Guateque, Colombia. INGEOMINAS, Informe 1701, Boletín Geológico, volumen 22 (1): 3-56. Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. 1957. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá. Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico, volumen 5, (2): 189-203. Bogotá.

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. IGAC, Análisis Geográficos 26: 101-120, Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. & HOOGHIEMSTRA, H. 1995. Cronoestratigrafía y correlación del Plioceno y Cuaternario en Colombia. IGAC, Análisis Geográficos 24: 51-67, Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T., WERNER, J.H. & VAN DOMMELEN, H. 1973. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. Review of Palaeobotany and Palynology, 16:1-122. Amsterdam.