



“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO UPME-03-2010, SUBESTACIÓN CHIVOR II – Y NORTE 230 kV Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ASOCIADAS ”

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
CAPITULO 3.2 MEDIO ABIOTICO**

Capitulo 3.2.1 Geología

CONSORCIO AMBIENTAL CHIVOR



ESCALA SIN	FORMATO Carta	REFERENCIA EEB 2- EEB-NORTE-AMB-2002-1	HOJA 01	REV 1
----------------------	-------------------------	---	-------------------	-----------------

TABLA DE CONTENIDO

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	6
3.1. Áreas de Influencia	6
3.2. Medio abiótico	6
3.2.1. Geología.....	7
3.2.1.1. Área de Influencia Indirecta	7
3.2.1.2. Historia Geológica	7
3.2.1.3. Estratigrafía	8
3.2.1.4. Geología Estructural	49
3.2.1.5. Amenaza Naturales	70
3.2.1.6. Área de Influencia Directa	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Unidades Geológicas Chivor II Norte	47
Tabla -3-2 Relación de Amenaza y Aceleración departamental	73
Tabla 3-3 Niveles de Amenaza Sísmica por municipios	75
Tabla 3-4 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor – Chivor II y Chivor II - PEL	76
Tabla 3-5 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor II - Norte	78
Tabla 3-6 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Norte -Bacatá.	85
Tabla 3-7 Puntos de control estructural en el área del proyecto NORTE UPME 03-2010.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Columna estratigráfica de la Formación Chipaque. Sección Machetá-Manta.....	16
Figura 3-2 Columna de la Formación Conejo. Alto de los Caballeros, Ubaté y El Salto (Lenguazaque).....	20
Figura 3-3 Formación Arenisca Dura. Sección Carretera Guasca – Sueva.....	23
Figura 3-4 Formación Arenisca Dura. Sección Tabio – Subachoque.	25
Figura 3-5 Formación Plaeners.....	28
Figura 3-6 Formación Labor y Tierna. Sección. Vereda Piedra Colorada (Subachoque)	31
Figura 3-7 Formación Guaduas, sección de Sutatausa.....	35
Figura 3-8 Formación Cacho en la sección Vereda La Carbonera – Guatavita	38
Figura 3-9 Formación Regadera, sección quebrada El Chuscal – Usme	42
Figura 3-10 Plano Unidades Geológicas (1-3)	62
Figura 3-11 Plano Unidades Geológicas, (4-5)	63
Figura 3-12 Plano Unidades Geológicas, (6-7)	64
Figura 3-13 Plano Unidades Geológicas., (8-9)	65
Figura 3-14 Geología Estructural (1-3).....	66
Figura 3-15 Geología Estructural (4-5).....	67
Figura 3-16 Geología Estructural (6-7).....	68
Figura 3-17 Geología Estructural (8-9).....	69
Figura 3-18 Mapa de Amenaza Sísmica con Valores de Aceleración para Colombia.	71
Figura-3-19. Mapa de Amenaza Sísmica y Valores de Aa de Colombia.	72
Figura -3-20. Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia.	74
Figura 3-21 Plano Unidades Geológicas (1-3)	91
Figura 3-22 Plano Unidades Geológicas (4-5)	92
Figura 3-23 Plano Unidades Geológicas (6-7)	93

Figura 3-24 Plano Unidades Geológicas (8-9)	94
Figura 3-25 Plano Unidades Geológicas (10-11)	95
Figura 3-26 Plano Unidades Geológicas (12-13)	96
Figura 3-27 Leyenda Geológicas	97
Figura 3-28 Perfil Geológico A-A`	100
Figura 3-29 Perfil Geológico B-B`	101
Figura 3-30 Perfil Geológico D-D`	102

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El presente capítulo corresponde a la caracterización ambiental del proyecto Norte EEB UPME-03-2010 Subestaciones Chivor II y Norte 230 kV y las Líneas de Transmisión Asociadas, el cual se encuentra localizado en el departamento de Boyacá en los municipios de: San Luis de Gaceno, Santa María, Macanal, Garagoa, Tenza, Sutatenza y Guateque dentro de la jurisdicción de Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR y para el departamento de Cundinamarca en los municipios de: Tibirita, Machetá, Chocontá, Sesquilé, Suesca, Gachancipá, Nemocón, Cogua, Zipaquirá, Tabio, Subachoque, Madrid y Tenjo, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, interceptando así 20 municipios en jurisdicción de dos (2) autoridades.

La definición y delimitación de las áreas de influencia, realizó considerando los términos de referencia LI-TER-1-01, Estudio de Impacto Ambiental para “Tendido de las Líneas de Transmisión del Sistema Nacional de Interconexión Eléctrica, compuesto por el Conjunto de Líneas con sus Correspondientes Módulos de Conexión (Subestaciones) que se Proyecte Operen a Tensiones iguales o superiores a 220 kV”, también se consideró la Guía Metodológica de Presentación de Estudios Ambientales emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT en el año 2010 y el Auto 5250 de 2014 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, *“Por el cual se evalúa un Diagnóstico Ambiental de Alternativas y se define una alternativa”*.

La presentación de las áreas de influencia, junto con la descripción del proyecto (Capítulo 2), permitirá analizar los impactos potenciales asociados a la realización de las actividades propuestas. El desarrollo de este capítulo presenta los criterios y la descripción de las áreas de influencia, las cuales se definieron y delimitaron considerando los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos.

3.1. ÁREAS DE INFLUENCIA

3.2. MEDIO ABIÓTICO

Para la caracterización del medio abiótico se tuvo en cuenta dos tipos de información: la secundaria revisada con anterioridad y la obtención de datos primarios adquiridos en el reconocimiento de campo de los diferentes elementos físicos que determinan el área de estudio del Proyecto UPME-03-2010 Subestación Chivor II – y Norte 230 kV y Líneas de Transmisión Asociadas.

3.2.1. Geología

Van der Hammen (1961, p. 97), en la sección de El Morro (Río Cravo Sur, Casanare) describe la unidad así: “La formación llamada Arenisca de El Limbo es una sucesión de areniscas conglomeráceas sobre todo en la parte inferior. En la mitad puede haber una intercalación de areniscas arcillosas y de lutitas arenosas”.

De acuerdo con la metodología descrita en el Capítulo 1 Generalidades, se realiza la descripción sobre las condiciones geológicas por las cuales se encuentra el trazado de la Línea de Transmisión Eléctrica de la Empresa de Energía de Bogotá, del Proyecto Chivor II Norte.

Inicialmente se lleva a cabo la revisión de la información correspondiente al carácter regional, publicada en planchas geológicas a escala 1:100.000, por el hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC) en diferentes años, de acuerdo con la siguiente relación: Plancha 209 - Zipaquirá (Montoya & Reyes, INGEOMINAS 2003), Plancha 210 - Guateque (Ulloa, Camacho, Escobar, et al., INGEOMINAS 1975), Plancha 227 - La Mesa (Ulloa, Rodríguez, Acosta & Martínez, INGEOMINAS 1998) y Plancha 229 - Gachalá (Ulloa, Camacho & Escobar, INGEOMINAS 1975)

A partir de la información anterior, complementada con la suministrada en el Informe del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) se efectúa la confrontación respectiva, que se valora con recorrido de campo, con el fin de tener criterios propios que conlleven al análisis regional, sectorial y local, de los diversos problemas de índole geológico que pueden llegar a afectar la línea de transmisión.

Con base en lo anterior se identifican las diferentes características que hacen parte del componente geológico, que con su evolución han adquirido una conformación geomorfológica y desarrollo de suelos, que por las condiciones climatológicas presentan actualmente algún tipo de riesgo.

Las unidades estratigráficas y los aspectos estructurales están perfectamente identificados en mapas regionales y municipales, de manera tal que es de fácil reconocimientos cada uno de dichos elementos. La información correspondiente se encuentra en el Anexo Cartográfico\ 3. Pdf, AMB-322-1-04-GEOL.

3.2.1.1. Área de Influencia Indirecta

3.2.1.2. Historia Geológica

La tectónica de la zona y su geomorfología están íntimamente relacionados con el origen y evolución de la parte central de la cordillera Oriental de los Andes Colombianos, dominados por rocas de origen sedimentario o con muy bajo metamorfismo, de ambientes marinos y continentales, plegadas y fracturadas durante las fases de deformación

tectónica y posterior levantamiento durante la Orogenia andina, a finales del Terciario, que desarrollaron diferentes estilos estructurales.

En el área del proyecto se identifican dos sectores de carácter geológico, delimitados por las condiciones geotécnicas de los materiales que conforman el macizo rocoso, que corresponden la primera al oriente, altamente fracturada, plegada y fallada, que se extiende hasta la región de la Represa del Sisga. La segunda es el sector del Altiplano Cundiboyacence, de características muy diferentes, con fallas y estructuras más suaves y de menor importancia o afectación.

Al oriente en la zona de piedemonte afloran rocas sedimentarias de ambiente marino del Cretácico y de ambiente continental del Terciario, con poca presencia de Sedimentos Cuaternarios, que en su conjunto conforman y definen las principales estructuras plegadas y falladas, las cuales a su vez definen y controlan las características geológicas actuales. Desde el punto de vista tectónico, corresponde a un frente estructural con complejos sistemas de fallas e cabalgamiento, denominado Sistema de Fallas de Guaicaramo. Que ponen en contacto rocas del Terciario y del Cretácico, deformando la zona observándose varias estructuras de sinclinales y anticlinales en la zona.

La zona del occidente del proyecto, denominada altiplano cundiboyacence, se formó como producto de procesos orogénicos ligados a la formación de los Andes, interactuó con dinámicas de sedimentación continental y marina (resultantes de trasgresiones y regresiones marinas) y sucesivos procesos tectónicos¹, presenta una tectónica con un estilo estructural de fallas inversas asociadas a pliegues anticlinales, a veces invertidos y amplios sinclinales de dirección noreste.²

3.2.1.3. Estratigrafía

La evolución geológica de la cordillera oriental es bastante compleja, teniendo en cuenta que corresponde a la cordillera más antigua de las colombianas, razón por la cual tiene una amplia y variada composición, desde litológica hasta estructural, que hacen que sea muy inestable desde el punto de vista evolutivo, acompañada de procesos sísmicos, dados por la gran cantidad de fallas regionales y locales que la surcan.

Las condiciones climatológicas y evolutivas de la misma cordillera, hacen que la fisiografía del sector de interés para el proyecto sea complejo, con variedad de componentes que favorecen y han permitido la generación de muchos elementos estructurales (Fallas, sinclinales, anticlinales, etc.) que ayudan a observar e identificar cómo ha evolucionado y potencialmente inferir las condiciones de inestabilidad de los lugares más inclinados y con litologías más débiles. De la zona del proyecto de Oriente a Occidente, hacen parte los

¹ CAR y otros, Realineración de RFPPCARB, Bogotá, 2013

² IGAC, Estudio general de suelos de Boyaca, Bogota, 2005

municipios de San Luis de Gaceno, Santa María, Macanal, Garagoa, Tenza, Sutatenza, Guateque, Tibirita, Machetá, Chocontá, Sesquilé, Suesca, Gachancipá, Nemocón, Cogua, Zipaquirá, Tabio, Subachoque, Tenjo y Madrid, pertenecientes a los departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

Se puede hablar de dos grandes zonas de comportamiento geológico, separadas aproximadamente por la Represa del Sisga, donde la región oriental corresponde a la zona montañosa, agreste y de mayor fallamiento. La segunda es la perteneciente al denominado Altiplano Cundi-Boyacense, zona relativamente plana a ondulada, más uniforme.

La existencia de diversas fallas en la parte oriental, principalmente de tipo inverso, hacen que los desplazamientos verticales no sean muy grandes con respecto a los horizontales, pero a su vez sean de gran importancia dentro del mismo proceso evolutivo regional, afectado en cierta medida por la cercanía de la denominada Falla de Guaicáramo o del Borde Llanero. Adicionalmente a lo antes comentado, se puede manifestar que la zona es considerada a nivel de algunas de las fallas como geológicamente activas, razón por la cual el sector es crítico en términos geológicos y de sismicidad.

Hacia la zona plana las fallas presentes o aflorantes, no tienen la misma importancia que las identificadas en la parte montañosa, teniendo en cuenta precisamente el componente morfológico, el cual hace que el sector sea de plano a ligeramente ondulado, con escasa zonas de cerros.

Las unidades se describen de antigua a reciente, mientras que las estructuras se puntualizan de oriente a occidente, siguiendo la línea de transmisión. La descripción de las unidades litoestratigráficas se realiza de base a tope, llevado a cabo por períodos geológicos y está representada en el Anexo Cartográfico\ 3.pdf, AMB-322-1-04-GEOL.

➤ **Devónico**

✓ **Grupo Farallones (Cdf)**

Bajo este nombre se denominan una serie de limolitas, arcillolitas, areniscas y conglomerados aflorantes en las cuchillas de Los Farallones de Medina, definida por Segovia (1963).

El autor, para el estudio de la formación se basó en secciones levantadas en el Caño La Mina (Alto de Bojará) y entre Miralindo Viejo y el Caño de La Mina en el camino Gachalá - Medina.

Conformado por una serie de limolitas, arcillolitas, areniscas y conglomerados expuestos; el espesor aproximado de cada una de las secciones es de 800 m. Está constituido por 110 m de areniscas cuarzosas de grano fino a conglomeráticas, continua 180 m de

limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; luego 850 m de cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; su techo lo constituyen 1.090 m de argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza.

Esta unidad ofrece un buen grado de estabilidad en su superficie, debido a la gran cantidad de sílice presente en su composición, lo cual la hace resistente a los procesos de meteorización, generando relieves de cuchillas y lomos de ángulos agudos.

Ulloa y Rodríguez (1975) consideran como sección tipo la levantada en el cañón del río Batá, comparando estas columnas se establece que la sección del Caño de La Mina, presenta similitud con la parte inferior de la sección del río Batá, mientras que la de Miralindo presenta similitud con la parte superior de dicha sección. Por las consideraciones anteriores y por no estar afectada tectónicamente, los autores la establecen como sección tipo.

En el cañón del río Batá, el Grupo Farallones está constituido, de base a techo, por areniscas cuarzosas, de grano fino a conglomeráticas con guijos de cuarzo; luego limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; seguidas por cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas; el techo lo constituyen argilitas, cuarcitas y conglomerados con intercalaciones de caliza.

En la sección antes descrita el Grupo Farallones presenta un espesor de 2.200 m. Se localiza en las veredas Caño Negro, San Rafael, Hormigueros, Guadales; Centro y Santa Cecilia; constituyendo las partes más altas y de mayor pendiente. El grupo Farallones suprayace en discordancia angular a los estratos del Grupo Quetame e infrayace inconformemente a la Formación Batá.

Abarca un lapso de tiempo entre el Devónico Medio - Carboniano, según Segovia, A. (1933), lo cual es confirmado por Forero (1970) basado en fauna colectada en el sector. Esta unidad fue depositada en un ambiente marino de aguas poco profundas, de circulación restringida a abierta.

➤ **Cretácico**

✓ **Formación Lutitas de Macanal (Kilm)**

Compuesta por lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso, la cual fue definida por Ulloa y Rodríguez (1975).

Constituida por lodolitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas, con láminas de yeso y localmente fosilíferas; en la parte intermedia contiene intercalaciones de estratos gruesos de arenitas cuarzosas de grano fino y de color gris oscuro; con un espesor total de 2.935 m.

Conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso. La unidad está compuesta en su parte inferior por 760 m de lutitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas y láminas de yeso; la parte media está constituida por 145 m de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino con estratificación gruesa a maciza; son frecuentes las intercalaciones de lutitas negras, micáceas, físciles, oscuras a negras, ligeramente calcáreas, con venas de calcita y nódulos arenosos hasta de 10 cm de diámetro y lentejones de yeso hacia el tope; su techo está compuesto por 680 m de lutitas negras, micáceas con intercalaciones de areniscas gris clara, de grano fino, estratificadas en capas hasta de 20 cm de espesor. Su espesor total es de 2.935 m.

Bürgl (1960) la considera de edad Titoniano a Valanginiano, y Ulloa y Rodríguez, de acuerdo con fauna del área, como Berriasiano a Valanginiano. Los sedimentos de esta formación se depositaron en un ambiente marino, de aguas someras en una cuenca cerrada.

Las fallas que afectan la formación son de carácter regional (Santa María, Lengupá y La Esmeralda), estas generan una serie de pliegues apretados que presentan altas pendientes, factor que se suma a la amenaza generada por deslizamientos y remoción en masa.

✓ **Formación Areniscas de las Juntas (Kiaj)**

Ulloa y Rodríguez (1975) propusieron este nombre para designar dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico cuya sección tipo se levantó entre las cuchillas de El Volador y El Dátil, carretera entre Guateque y Santa María.

Se le ha subdividido de la siguiente manera:

○ **Miembro Areniscas de El Volador**

Compuestas por areniscas cuarzosas, de color gris y grano fino, en estratificación delgada e intercalada con pequeñas capas de lutitas negras, el espesor promedio es de 145 m.

○ **Miembro Lutitas Intermedias**

Constituido por lutitas grises oscuras a negras con intercalaciones de areniscas en espesores hasta de 1 m., de color gris claro a blanco y de grano fino; este miembro tiene un espesor promedio de 295 m.

○ **Miembro Areniscas de Almeida**

El miembro Areniscas de Almeida, parte superior de la Formación Areniscas de las Juntas, está compuesto por cuatro segmentos; el inferior consta de areniscas cuarzosas, de color gris claro, estratificación gruesas a maciza, intercalada con pequeñas capas de lutitas, el espesor de este segmento es de 100 m.; le suprayacen 100 m. de un conjunto de lutitas negras, micáceas con delgadas intercalaciones de arenisca cuarzosa de grano fino; el tercer segmento está compuesto por 100 m. de areniscas cuarzosas de grano fino en estratificación gruesa con delgadas intercalaciones de lutitas negras; en el techo del miembro aparecen 170 m. de una intercalación de lutitas negras con areniscas cuarzosas de grano fino.

En Santa María, la Falla de Lengupá pone en contacto las Areniscas de las Juntas con las Lutitas de Macanal. La Formación Areniscas de Las Juntas suprayace a la Formación Lutitas de Macanal e infrayace a la Formación Fómeque. De acuerdo a su posición estratigráfica y a la datación que se tiene de las rocas que la suprayacen e infrayacen es considerada por Bürgl (1960) de edad Hauteriviano - Barremiano.

La Formación Areniscas de las Juntas es una de las unidades geológicas que ocupa mayor área en la zona de influencia del proyecto, y se encuentra plegada, formando una serie de sinclinales y anticlinales apretados que pueden generar amenaza por deslizamientos debido a las altas pendientes, por otra parte su composición silícea la hace resistente a los procesos de meteorización y erosión.

✓ **Formación Fómeque (Kif)**

Definida por Hubach (1931) para designar una serie de esquistos piritosos, caliza cristalina y areniscas cuarcíticas que abarcan la parte media de la angostura del río Une y un vasto campo en el triángulo Ubaque - Choachí – Fómeque.

Hubach, E. (1957), designa una serie de esquistos piritosos, calizas cristalinas y areniscas cuarcíticas con este nombre. La formación está constituida por lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y lentejones de calizas, gris oscuro a negras, con frecuentes intercalaciones de areniscas cuarzosas, gris clara, de grano fino, micáceas, estratificadas en bancos hasta 3 m de espesor.

Utilizando cortes geológicos se le ha calculado un espesor entre 800 y 1.200 m. La Formación Fómeque suprayace concordantemente a la Formación Areniscas de Las Juntas e infrayace concordantemente a la Formación Une.

De acuerdo con lo establecido por Hubach (1933 y 1957) y a la fauna colectada en el área de Santa María, se considera que la edad abarca del Barremiano Medio hasta el Albiano Inferior.

Se considera que ésta Formación se depositó en un ambiente marino, de aguas someras y circulación restringida; por sus características litológicas y paleontológicas.

➤ **Formación Une (Kiu)**

Hubach, E. (1957) describe un conjunto de areniscas caracterizada por una topografía de grandes escarpes que contrasta con la topografía suavemente ondulada de las formaciones blandas que le infrayacen y suprayacen. La formación está constituida por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco amarillentas, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza; presenta estratificación cruzada, calcos de carga y marcas de oleaje. Dentro de ésta unidad se presentan delgadas intercalaciones de lutitas negras, las cuales son más frecuentes hacia la parte superior.

Su expresión topográfica está caracterizada por grandes escarpes, que contrasta con la topografía suave y ondulada de las formaciones con las que está en contacto.

La Formación Une en esta área está constituida por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco - amarillentas, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación cruzada, calcos de carga y marcas de oleaje. Presenta delgadas intercalaciones de lutitas negras.

Se caracteriza por conformar grandes escarpes que siguen una dirección aproximada N 45° E. En el sector presenta un espesor aproximado a los 1.100 m.

➤ **Formación Chipaque (Ksch)**

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

El nombre de Chipaque fue empleado por Hubach en 1931, bajo la denominación del “Conjunto Chipaque”, para designar la parte alta del Grupo Villeta. Renzoni G. (1962) redefine a la Formación Chipaque, considerando su techo hasta la base de la arenisca dura incluyendo en ésta forma el conjunto inferior de Guadalupe de Hubach.

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

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

Esta unidad forma el núcleo de los anticlinales de río Blanco - Machetá, San José, Sopó - Sesquilé y Bogotá; sin embargo, numerosos deslizamientos hacen difícil su observación y por lo general se encuentran afloramientos aislados. La morfología que deriva es de valles

y crestas, que corresponden a intercalaciones de intervalos arcillosos y arenosos, en algunos sectores se reconocen lentes de calizas como los observados en la región de la Calera en donde son explotados y horizontes silíceos, como los reportados por Montoya & Reyes (2003), cerca de la base, en la región de Manta - Machetá y otro en la parte media, que aflora sobre la carretera Guasca - Gachetá.

A continuación se describe la columna levantada en la sección de Manta en las veredas Gazuca y Mulato; la cual tiene un espesor de 1.027 m, en el que se reconocen cuatro segmentos (Montoya & Reyes, 2003), (Ver Figura 3-1)

✓ **Segmento A**

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

✓ **Segmento B**

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

✓ **Segmento C**

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

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

✓ **Segmento D**

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

Las areniscas están dispuestas en capas medias y gruesas con contactos ondulados, continuos, intercaladas con capas de limolitas con laminación lenticular y continua de areniscas de grano fino. En general las areniscas presentan laminación flaser o son macizas y en las intercalaciones limolíticas, predomina la laminación lenticular, afectada en ocasiones por bioturbación. Para la parte inferior de la formación, en las calizas han reportado fauna con edad Cenomaniano Superior (Hubach, 1931 y 1957); además amonitas recolectadas y determinadas por el doctor Fernando Etayo en el Segmento B de la Formación Chipaque (Montoya & Reyes, 2003) tienen una edad Turoniano.

No se tienen amonitas para la parte superior de la Formación Chipaque, sin embargo con base en palinología sería de edad del Santoniano (Guerrero & Sarmiento 1996) De esta manera la edad de la Formación Chipaque es Cenomaniano Superior – Santoniano.

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

La Formación Chipaque está constituida por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas, principalmente hacia la parte inferior alta; en la parte superior se presentan intercalaciones areniscas cuarzosas, grises claras a oscuras, de grano fino, estratificadas en bancos que varían de 1 a 3 m de espesor y un nivel de carbón. Se presenta en el sector como una delgada franja que aflora en la parte media baja Oriental de la Cuchilla Calichana, con un espesor de 350 m.

En el sector oriental, sobre la proyección de la Cuchilla Larga, la Formación Chipaque descansa normalmente sobre los estratos de la Formación Une e infrayace concordantemente a la Formación Palmichal.

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

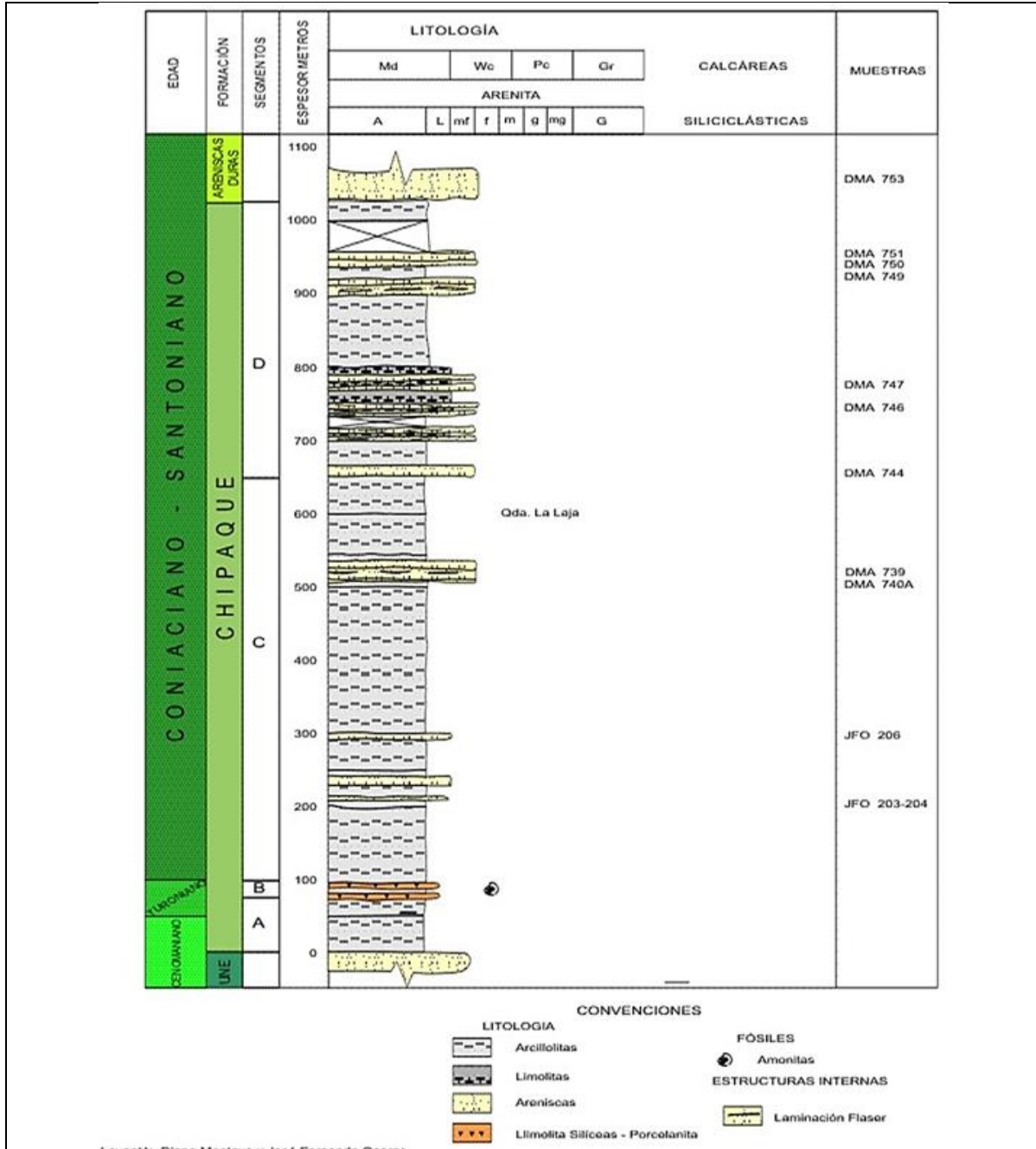


Figura 3-1 Columna estratigráfica de la Formación Chipaque. Sección Machetá-Manta.

Fuente: Tomada de Montoya & Reyes, 2003.

➤ **Formación Conejo (K2c – Ksc – Kscn)**

Nombre y rango propuesto por Renzoni (1967) para describir la sucesión de base a techo de arcillolitas y lodolitas laminadas, comúnmente calcáreas, color gris medio, en las que ocurren concreciones micríticas de diámetros menores a los 20 cm, a continuación de las cuales se presentan arcillolitas laminadas no calcáreas, en las que ocurren algunas capas delgadas a medias de limolitas de cuarzo, silicificadas y, ascendiendo estratigráficamente, cuarzoarenitas de grano fino a medio, en capas paralelas, medias a gruesas.

El nombre de Formación Conejo fue propuesto por Renzoni en 1967 y publicado en 1981, para referirse a la unidad geológica que aflora en la Plancha 191 (Tunja) y suprayace a la Formación San Rafael e infrayace al Grupo Guadalupe. Etayo (1968), utiliza esta nomenclatura y la separa en tres conjuntos: el inferior (80 m), compuesto por shales negros e intercalaciones de bancos de limolitas o areniscas de grano fino; el conjunto intermedio es llamado Miembro Cucaita (170 m) y está conformado por dos segmentos, el inferior (Segmento A) calcáreo arenoso con presencia de amonitas y el Segmento Superior B, constituido por arcillolitas y con manifestaciones fosilíferas; el techo de esta unidad (conjunto superior) está representado por areniscas y calizas con fósiles.

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

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

En las localidades de el Alto de los Caballeros, Ubaté y la escuela El Salto en la región de Lenguaque, Montoya & Reyes (2003) levantaron una columna compuesta, con un espesor medido de 1.022 m, subdividida en seis segmentos; la parte inferior y media se levantó en el Alto de los Caballeros, (Segmentos A, B, C, D, E) y la parte superior (Segmento F) en el sector de El Salto. (Ver Figura 3-2)

✓ **Segmento A**

Con un espesor de 333 m está conformado por arcillolitas grises, laminadas, con esporádicas intercalaciones de capas medias de areniscas con estratificación ondulosa paralela. Las arcillolitas son de color gris oscuro, pueden mostrar laminación dada por

alternancia de láminas de color gris claro y oscuro, en donde el color oscuro se debe a material carbonoso.

✓ **Segmento B**

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

✓ **Segmento C**

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

✓ **Segmento D**

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

✓ **Segmento E**

Presenta un espesor de 88.5 m, es un intervalo fino, constituido por arcillolitas, que hacia el techo se intercalan con limolitas silíceas en capas delgadas.

✓ **Segmento F**

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

predominan las arcillolitas, observándose intercalaciones de bancos muy gruesas de lodolitas (2 m) y capas gruesas (70 cm) de areniscas.

El techo de este segmento está constituido por capas muy gruesas (1.5 m) y medias (30 cm) de areniscas grises, macizas; con sílice en porcentajes que clasificarían la roca como arenisca silíceo. En el sitio conocido como La Platea, en el Anticlinal de Tabio y cerca al contacto con la Formación La Frontera, se recolectaron amonitas que arrojaron una edad Coniaciano temprano (comunicación oral, Fernando Etayo Serna) Además, Montoya & Reyes (2003), en la Plancha 209 (Zipaquirá), con determinaciones de amonitas reportan las siguientes edades para esta formación: Coniaciano para las amonitas localizadas en el techo del segmento B; Coniaciano - Santoniano para las amonitas encontradas en el segmento D y las encontradas en el Anticlinal de Tabio y las amonitas encontradas en el contacto entre las Formaciones Conejo y Lidita Superior, marcan el límite entre el Santoniano y el Campaniano. De acuerdo con lo anterior la edad de la Formación Conejo es Turoniano a Santoniano.

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

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

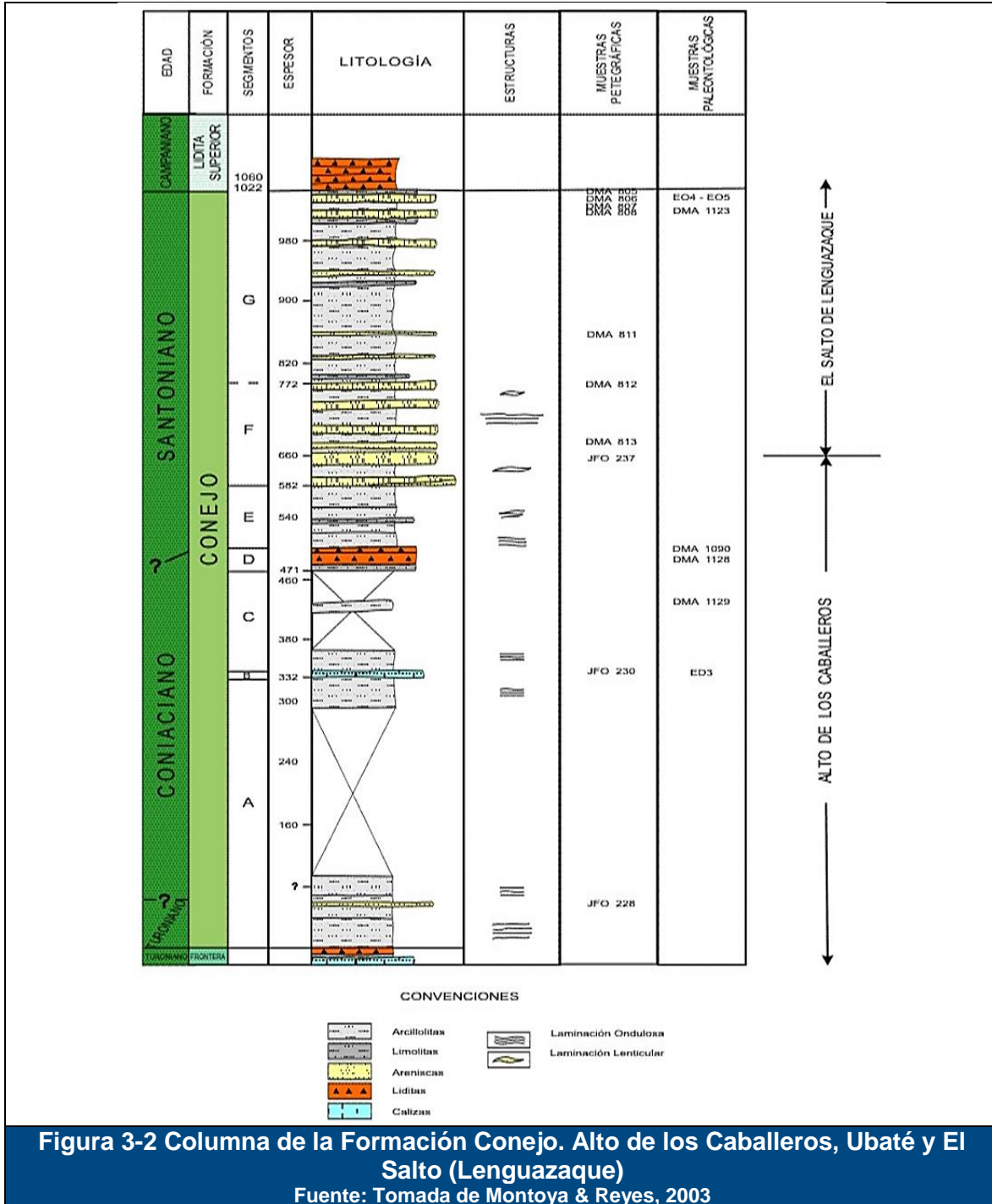


Figura 3-2 Columna de la Formación Conejo. Alto de los Caballeros, Ubaté y El Salto (Lenguazaque)

Fuente: Tomada de Montoya & Reyes, 2003

➤ **Grupo Palmichal (Tkp)**

Se propone esta unidad para designar una serie de areniscas, lutitas y conglomerados finos que ocurren en la quebrada Palmichal. Su espesor se calculó aproximado de 550 m, formados de base a techo así: Conjunto A, con un espesor de 170 m, constituido por cuarzoarenitas de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas y limolitas; Conjunto B hacia la parte media, con 60 m de espesor de limolitas grises claras a oscuras; Conjunto C, con 150 m de espesor de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, friables intercaladas con lutitas y limolitas grises; Conjunto D, con 40 m de espesor con intercalaciones delgadas de limolitas calcáreas, arcillosas y lentes de calizas; su techo lo conforman 130 m de cuarzoarenitas de grano medio a grueso y conglomerados finos con cantos redondeados de cuarzo hasta de 2 cm de diámetro. Se correlaciona con las formaciones Guadalupe y Guaduas de la Sabana de Bogotá.

➤ **Grupo Guadalupe (Ksg)**

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

✓ **Formación Arenisca Dura (K2d) (Ksgad)**

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

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

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

Tabio a Subachoque tiene un espesor de 320 m y una proporción arena: lodo-sílice de 90,6:9,4.

A continuación se describen las columnas levantadas en la vía Guasca - Sueva (Figura 3-3) y en la vía Tabio - Subachoque.

✓ **Sección Guasca – Sueva**

Se midió un espesor de 422 m, en donde se diferencian cuatro segmentos, esta sección presenta intercalaciones de areniscas-lidita y lodolitas que forman crestas y hondonadas.

✓ **Segmento A**

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

✓ **Segmento B**

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

✓ **Segmento C**

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

✓ **Segmento D**

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

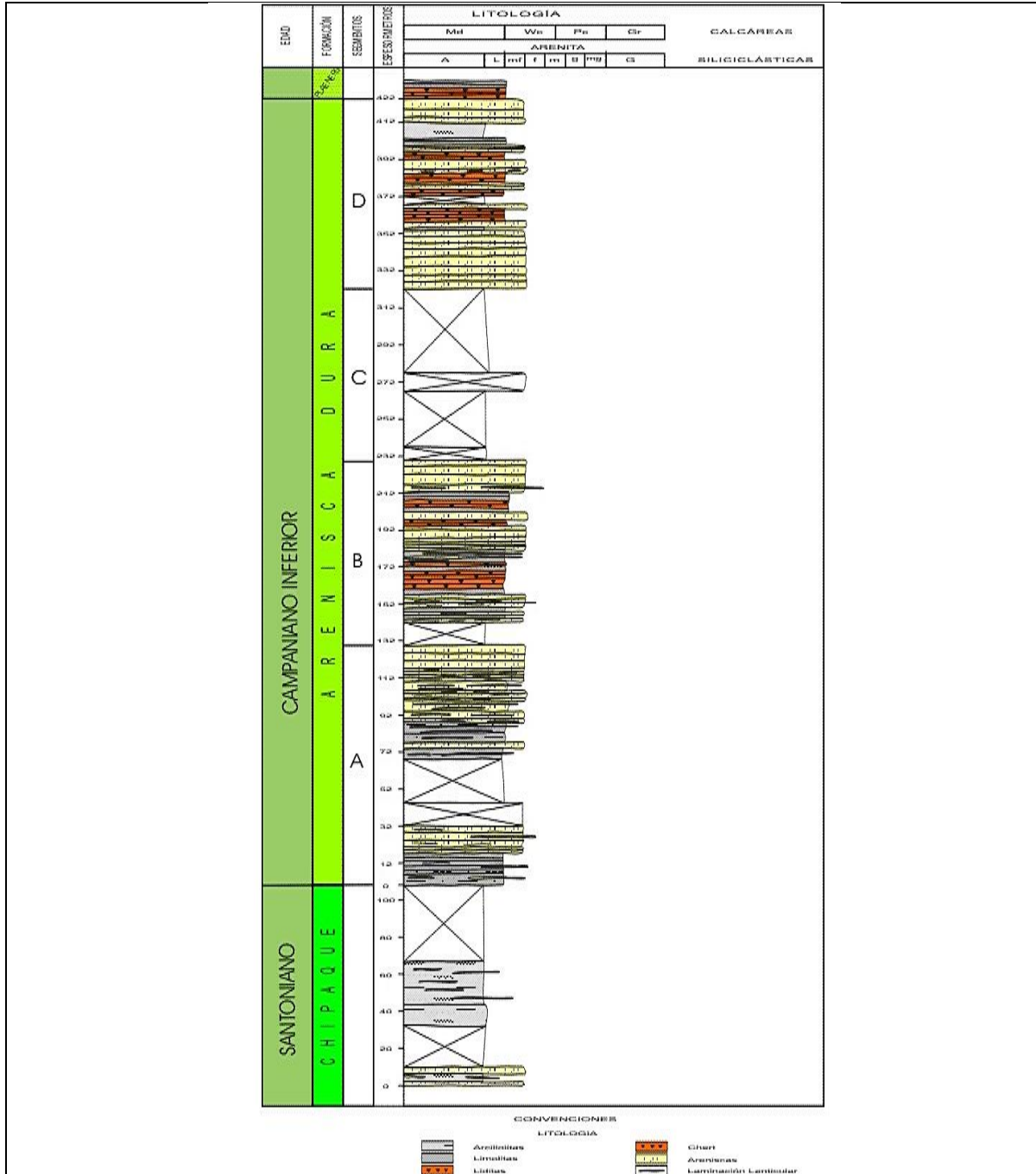


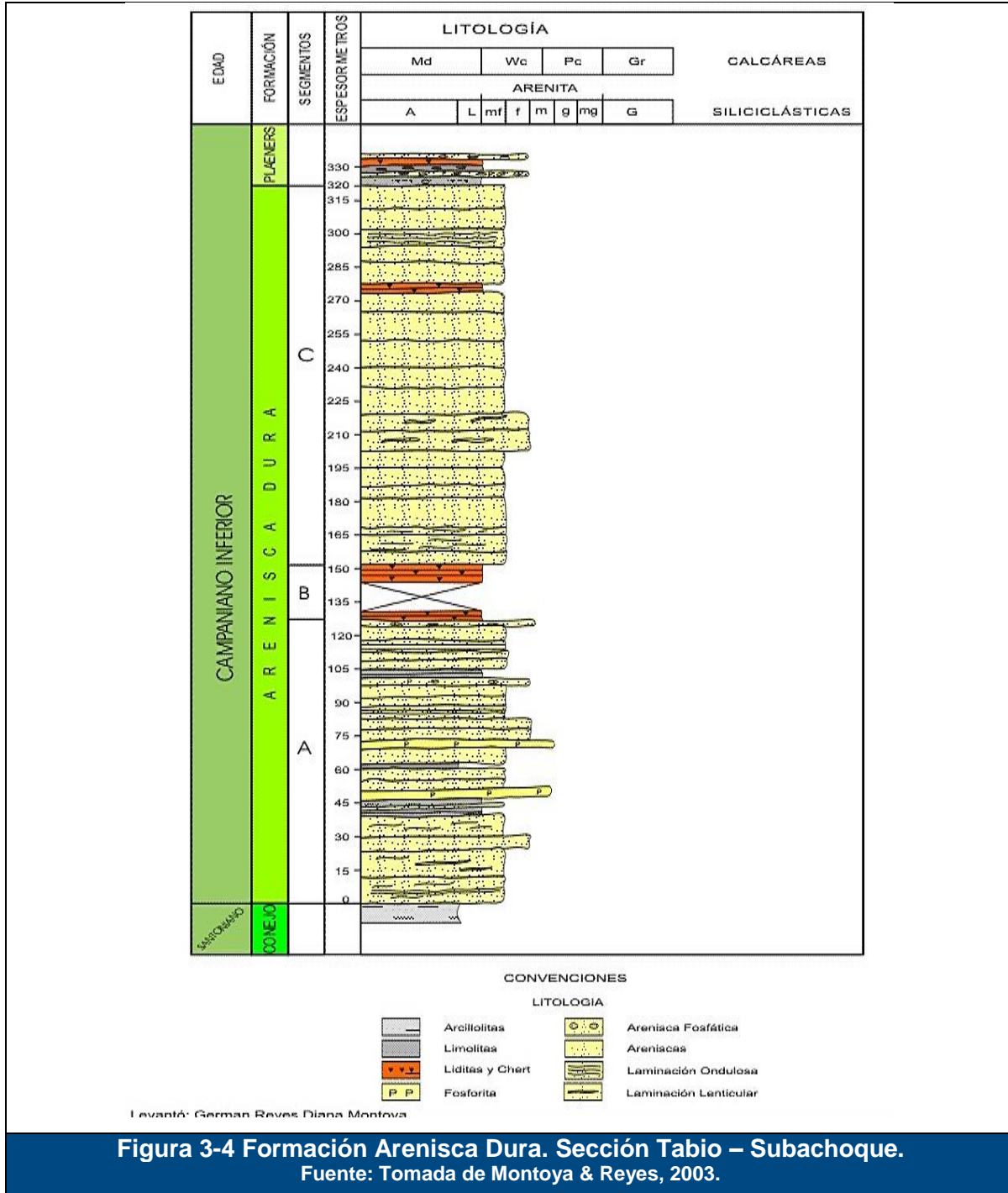
Figura 3-3 Formación Arenisca Dura. Sección Carretera Guasca – Sueva.
Fuente: Tomada de Montoya & Reyes, 2003.

La Formación Arenisca Dura es suprayacida por la Formación Plaeners en contacto neto; pero su límite inferior varía; en el sector oriental es infrayacida por la Formación Chipaque en contacto concordante y transicional, pasa de un intervalo arcilloso a una sucesión arenolimososa (Carretera Guasca - Sueva), al occidente suprayace a la Formación Conejo, en contacto neto y concordante.(Figura 3-4)

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

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

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



➤ **Formación Plaeners (K2p) (Ksgpl)**

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

Pertenece a la subdivisión del Grupo Guadalupe, definida así por Hubach (1931) y redefinida por Pérez y Salazar (1978) La sección tipo se encuentra ubicada en el carretable al Cerro El Cable al oriente de Bogotá, entre las quebradas Rosales y La Vieja, se puede hallar con espesores que oscilan entre 50 y 160 m.

Litológicamente presenta delgadas capas de porcelanitas y cherts ricos en foraminíferos, vertebras y escamas de peces, también presenta esporádicos niveles de fosforita con una parte intermedia de arcillolitas y areniscas. Continúa con intercalaciones de lutitas grises a blancas, bastante diaclasadas, con liditas o porcelanitas blancas amarillentas de gran espesor; hacia la base se presentan intercalaciones de lutitas blancas con areniscas compactas y capas de cherts (Carlos E. Ulloa, 1998).

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

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

La Formación Plaeners en la sección del Boquerón de Tausa, está compuesta por una secuencia de 187 m, divididos en los siguientes segmentos (Montoya & Reyes, 2003) (Figura 3-5).

✓ **Segmento A**

Representado por 70 m de arcillolitas negras que parten en shales, con costras de hierro que forman planos que atraviesan la estratificación de las rocas. Hacia el techo se presentan bancos de arcillolitas con intercalaciones de capas medias y gruesas de limolitas síliceas y lodolitas arenosas que forman capas resistentes; en todo el segmento hay abundancia de foraminíferos bentónicos.

✓ Segmento B

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

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

✓ Segmento C

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

✓ Segmento D

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

La Formación Plaeners reposa en la parte central y norte (anticlinales de Tausa; Guachaneca y Chocontá) sobre la Formación Lidita Superior, el contacto es neto y concordante pasando de capas silíceas de la Formación Lidita Superior a capas arcillosas con gran abundancia de foraminíferos bentónicos de la Formación Plaeners.

En el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, la Formación Plaeners es correlacionable por litología y edad (Campaniano tardío) con Las Lodolitas de Aguascalientes que afloran en la región de San Luis de Gaceno (Guerrero & Sarmiento, 1996). En la Sierra Nevada del Cocuy, por posición cronoestratigráfica se correlaciona con la Formación Los Pinos, representada por lodolitas y hacia el techo calizas y areniscas de grano fino (Fabre 1985).

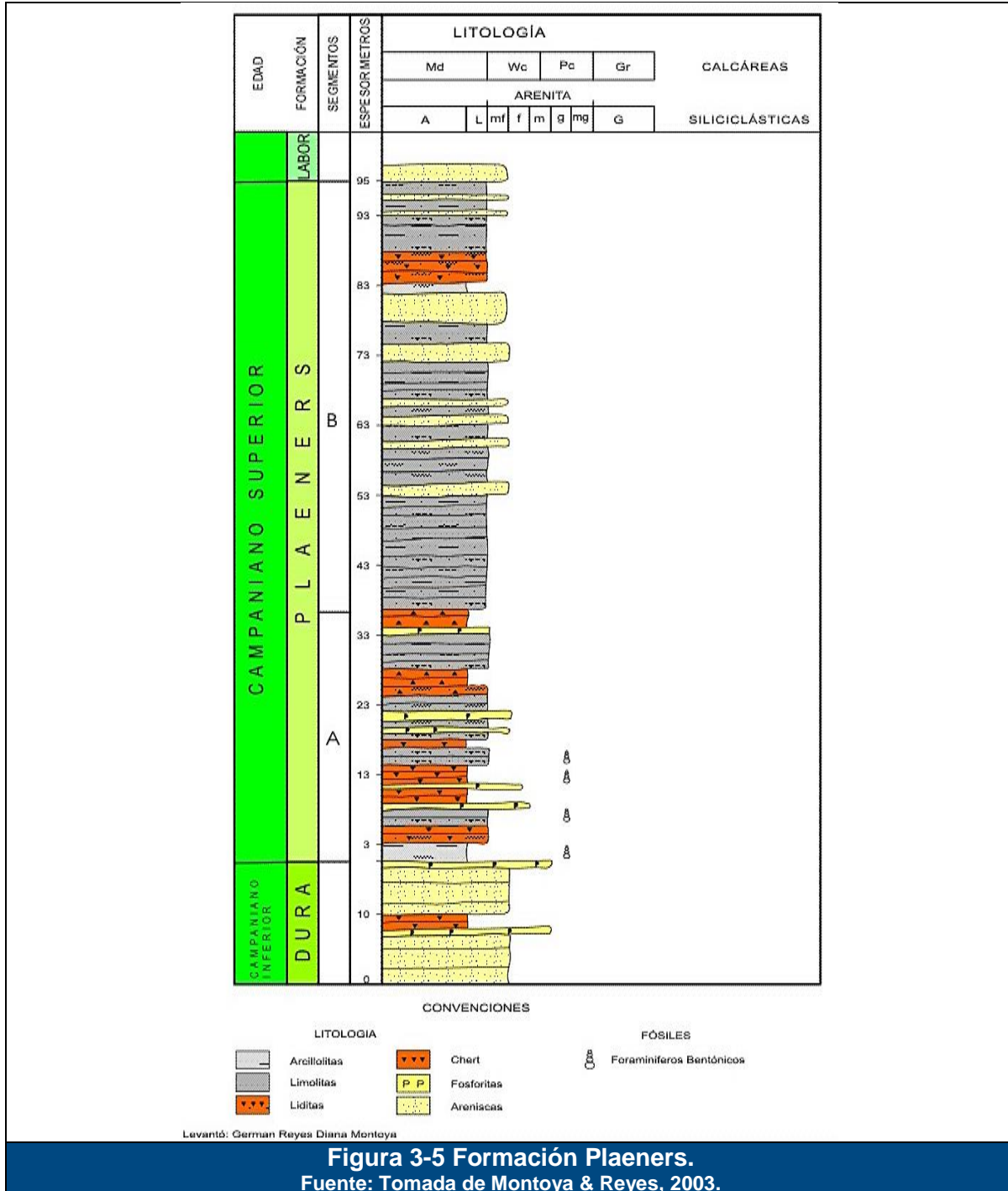


Figura 3-5 Formación Plañers.
Fuente: Tomada de Montoya & Reyes, 2003.

En los sectores oriental, occidental y sur esta suprayaciendo rocas de la Formación Arenisca Dura; el contacto es neto y concordante, pasa de capas arenosas masivas a capas arcillosas de la Formación Plaeners. Esta unidad es suprayacida por la Formación Labor - Tierna en contacto gradual rápido y se pasa de limolitas silíceas a capas de arenisca muy fina y limolitas.

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

➤ **Formación Arenisca Labor Tierna (K2t) (Ksgalt)**

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

Las formaciones Arenisca de Labor, Arenisca Tierna y el segmento que los separa, se agrupan como una sola unidad cartográfica dada la similitud litológica y su expresión morfológica, se establece desde el techo de la Formación Plaeners hasta la base de la Formación Guaduas. (Ver Figura 3-6)

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

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

✓ **Segmento A**

Corresponde a la Formación Arenisca de Labor; en la base se presentan 10 m de areniscas de grano muy fino, dispuestas en capas delgadas y muy delgadas, le sigue un intervalo de 6 m de limolitas y limolitas arenosas en capas delgadas planas, paralelas y continuas y luego un intervalo de areniscas limosas en capas planas, paralelas y continuas, con intercalaciones de arcillolitas; la parte superior son 46 m de

cuarzoareniscas, blancas, de grano muy fino, en donde se alternan cíclicamente, capas gruesas y capas delgadas.

✓ **Segmento B**

Corresponde a la Formación Arenisca Tierna. Este segmento empieza con capas potentes de areniscas de grano fino y muy fino, con laminación ondulosa, que hacia arriba están separadas por capas delgadas y muy delgadas de arcillolitas e intervalos de limolitas y areniscas con laminación lenticular. En los 49 m superiores, se presentan areniscas blancas, de grano fino a muy fino, friable o macizo en capas gruesas y bancos, tabular y levemente onduladas; en algunos intervalos las capas son medias, con lentes de arenisca de grano fino o de limolitas. La edad reportada para la Arenisca de Labor y Tierna (Figura 3-6) no es más antigua al Maestrichtiano Inferior (Pérez & Salazar, 1978) Martínez, 1989 (en Sarmiento, 1992) reporta la zona bentónica Siphogenerinoides bramlettei, a la que considera de edad Maestrichtiano tardío.

Los contactos se observan morfológicamente, el límite inferior es transicional rápido y concordante con la Formación Plaeners, pasa de intercalaciones de limolitas silíceas, arcillolitas a capas arenosas con intercalaciones de limolitas y arcillolitas de la Formación Arenisca de Labor - Tierna. El contacto superior con la Formación Guaduas es neto y concordante, al pasar de paquetes arenosos a arcillolitas de la Formación Guaduas.

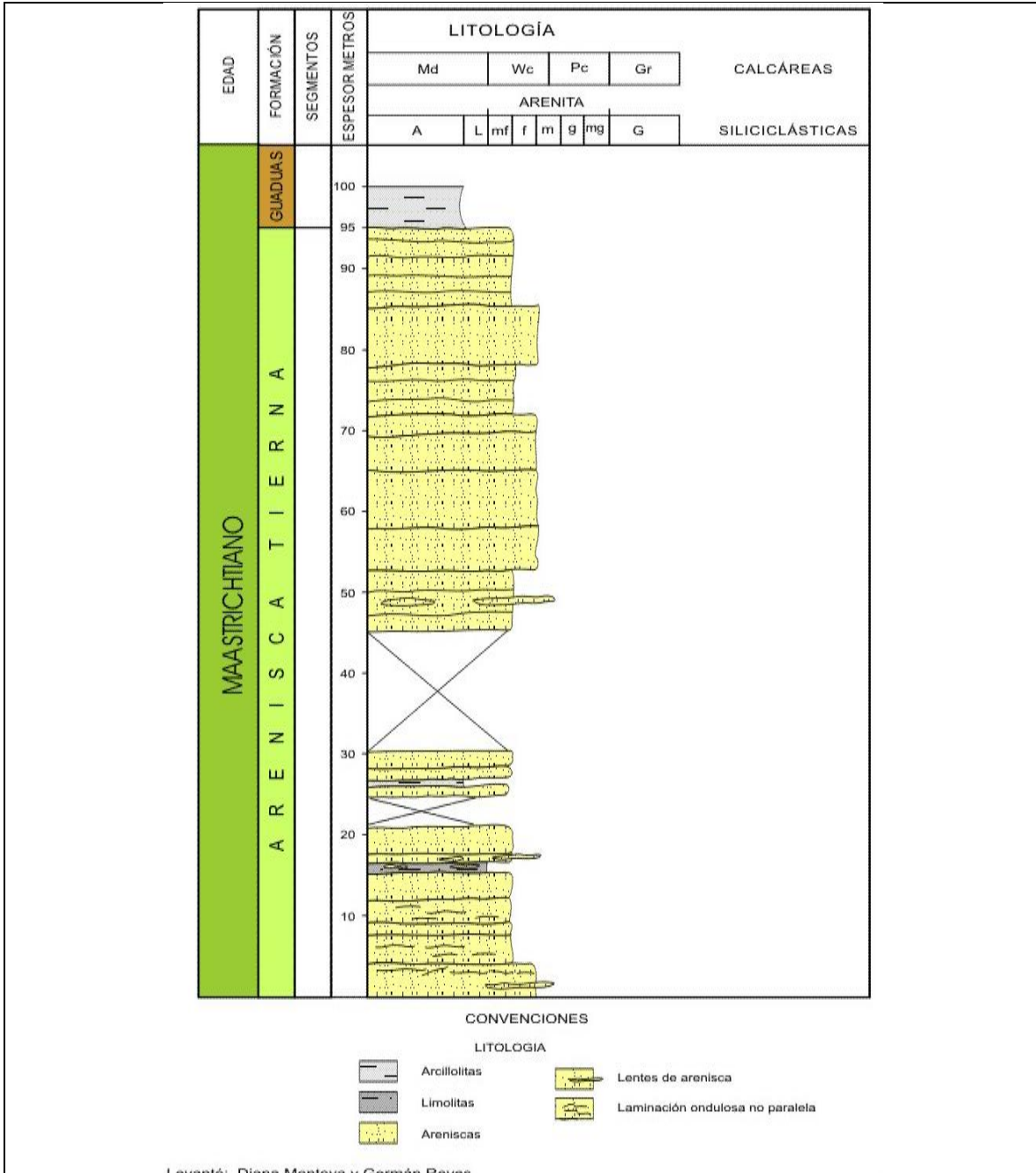


Figura 3-6 Formación Labor y Tierra. Sección. Vereda Piedra Colorada (Subachoque)

Fuente: Tomada de Montoya & Reyes, 2003.

➤ Formación Guaduas (K2Eig) (KPgg Tkg)

Según Hettner, A. (1892), y Hubach, E. (1957), la Formación Guaduas denomina al conjunto de estratos que contienen los mantos de carbón explotables por analogía con la formación homónima definida por Hettner A. (1892) en la región de Guaduas, Cundinamarca. Está conformada por arcillolitas grises oscuras con algunos fósiles en la base; dos niveles de areniscas intercaladas con arcillolitas grises y con mantos de carbón; es notoria la presencia de arcillolitas abigarradas; el espesor de esta formación oscila entre 200 a 500 m según Alvarado y Sarmiento (1944).

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

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

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

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

En la sección de Sutatausa (Figura 3-7), se describirán los cinco segmentos que presentan las siguientes equivalencias con los segmentos propuestos por Sarmiento (1994); el segmento inferior (A), forma valle y en él se agrupan los segmentos S1 y S2 de Sarmiento (1994); el segmento B, el cual genera una colina, es reconocido informalmente como Arenisca La Guía y corresponde al segmento S3 de Sarmiento (1994) El segmento C, genera un valle y en él se agrupan los segmentos S4 y S5 de Sarmiento (1994) En el segmento D, se reconocen valles y crestas correspondientes a lodolitas y areniscas y se agrupan los segmentos S6, S7 y S8 de Sarmiento (1994) y el segmento E corresponde al segmento S9.

✓ Segmento A

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

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

✓ Segmento B

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

✓ Segmento C

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

✓ Segmento D

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

En la parte media de este segmento, se reconocen lodolitas abigarradas (verdosas, rojizas), que pueden ser carbonosas, los niveles carbonosos están dispersos y no son explotables, las limolitas tienen laminación plana paralela y son comunes las concreciones de siderita.

Sobre la anterior secuencia se presenta un aumento en la granulometría y cambio de color de las rocas, son areniscas y limolitas, para terminar con niveles arcillolíticos y lodolíticos (Sarmiento, 1994).

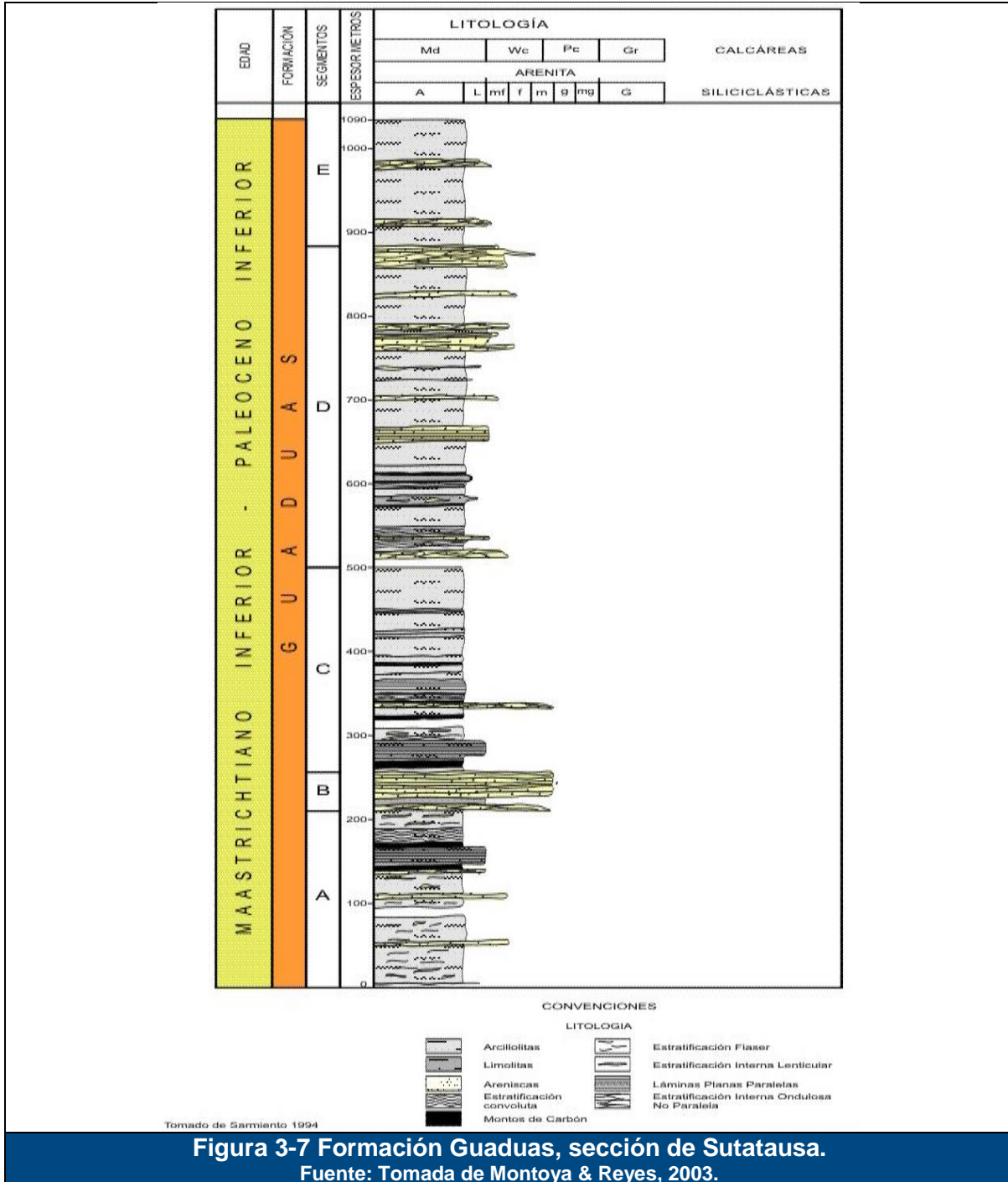
La parte superior de este segmento lo constituye la Arenisca Lajosa, equivalente al S8 de Sarmiento (1994), es el conjunto arenoso más destacado conformado por areniscas de grano fino, con estratificación plana paralela y conglomerados de intraclastos.

✓ Segmento E

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

El contacto inferior de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca Labor-Tierna, es neto y concordante con la geometría de las capas, pasa de un intervalo arenoso constituido por capas muy gruesas de arenisca a un intervalo lodolítico, como se observa en el Boquerón de Tausa y en Guatavita (Quebrada el Chala) El contacto superior con la Formación Cacho es neto, se pasa de un nivel arcilloso de la Formación Guaduas a intercalaciones de capas medias y gruesas de areniscas de la Formación Cacho; para Sarmiento (1994 a), el contacto es erosivo e inconforme progresivo de Oeste a Este, faltando más secuencia de la Formación Guaduas en este mismo sentido. Por palinología la edad de la Formación Guaduas es Maestrichtiano Superior – Paleoceno Inferior (Sarmiento, 1992).

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



➤ Terciario

Las siguientes unidades pertenecen al este periodo de tiempo geológico.

✓ Formación Arenisca de Cacho (Eic)

Compuesta principalmente por areniscas cuarzosas, de grano medio, gris clara a gris naranja, estratificación cruzada es común, localmente capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta, localmente hay dos miembros de areniscas separadas por una capa de arcillolita limosa.

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

En el área de estudio, aflora a lo largo de los sinclinales de Sisga, Siecha, Sesquilé, Teusacá, Usme, Checua - Lenguaque, Río Frío, Subachoque y anticlinal de Guatavita.

Esta unidad forma un relieve pronunciado por lo cual es fácilmente cartografiable; se reconoce en ella una sola secuencia arenosa o como dos niveles arenosos separados por uno arcilloso.

A continuación se describe la columna levantada en Guatavita (Ver Figura 3-8), en la vereda la Carbonera, con un espesor de 172.6 m.

✓ Segmento A

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

✓ Segmento B

Con un espesor de 55 m, los primeros 22 m están representados por capas muy gruesas y bancos de areniscas de grano medio, de buena selección o en ocasiones conglomeráticas (hasta gránulo) que definen lentes, algunas capas son cuneiformes y pueden o no estar separadas por arcillolitas en capas de hasta 1 m. Los 52.8 m restantes

están dispuestos en capas muy gruesas de areniscas de grano medio con granodecrecimiento que define la laminación inclinada; también se observa laminación cruzada asintótica.

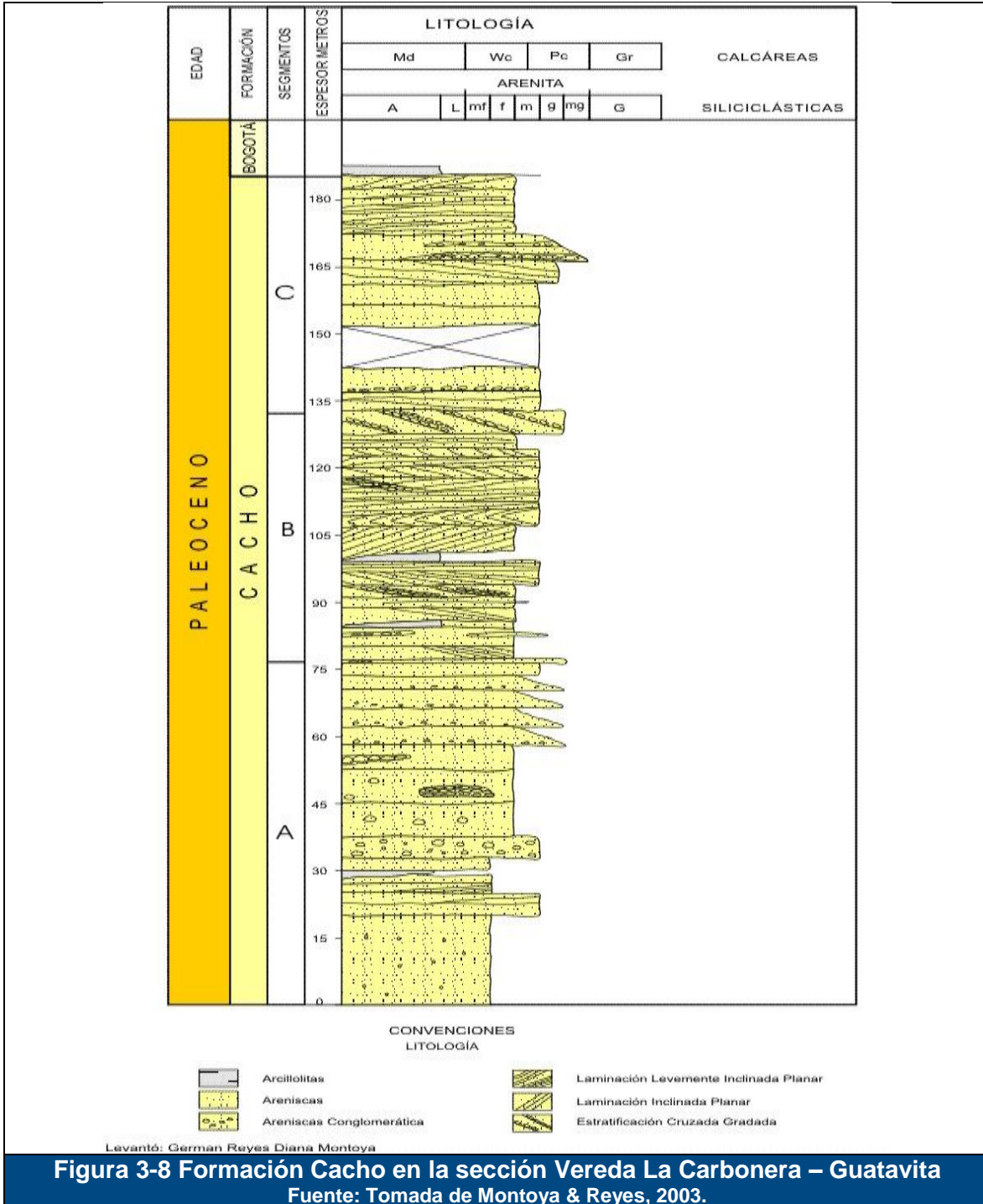
✓ Segmento C

Son 40.6 m de espesor representados por capas gruesas y medias en menor proporción bancos, tabulares ocasionalmente cuneiformes, son areniscas de grano medio con decrecimiento a fino, son cuarzoareniscas, friables, blanco amarillentas, con buena a mala selección.

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

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

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



✓ **Formación Bogotá (E1b)**

El término Bogotá fue establecido por Hettner (1892); posteriormente, Hubach (1945, 1957) utiliza el nombre de Formación Bogotá para designar la sucesión estratigráfica que se halla comprendida en su base por el tope de la Arenisca del Cacho y en su techo por la base de la Arenisca de La Regadera. Esta unidad consiste de una sucesión alternante de arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado y sólo hacia la base gris pardo. Interstratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo.

✓ **Formación Regadera (E2r)**

Constituida por arenas de grano grueso, localmente conglomeráticas con intercalaciones de lutitas y limolitas rojizas.

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

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

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

Sección de Usme. Fue levantada en la quebrada el Chuscal, con un espesor de 756.3 m, en los cuales se diferencian tres segmentos; dos arenosos separados por uno arcilloso (Ver Figura 3-9)

✓ **Segmento A**

Le corresponden 221.3 m, de una secuencia de areniscas de grano medio hasta gránulos; en los primeros 42 m las areniscas están en capas gruesas, levemente onduladas con estratificación cruzada y gradada. Le siguen 93 m de areniscas cuneiformes en capas medias a gruesas; en los 85 m superiores de este segmento, las areniscas son de grano fino, arcillosas y están dispuestas en capas con contactos levemente ondulados.

✓ **Segmento B**

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

✓ **Segmento C**

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

➤ **Sección del Sisga**

En la vereda Suralá y sobre la carretera el Sisga – Machetá, se levantó una sección estratigráfica compuesta, en donde se midieron 660 m, sin aflorar el techo de la unidad al ser recubierta discordantemente por la Formación Tilatá; la morfología que deriva es de colinas redondeadas separadas por intervalos limo - arcillosos.

✓ **Segmento A**

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

✓ **Segmento B**

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

✓ **Segmento C**

Con un espesor de 90 m, genera la topografía más abrupta de la unidad y está constituida por areniscas y conglomerados, del cual se explotan arenas y gravas. El segmento empieza con 30 m de intercalaciones de areniscas friables, de grano medio y localmente conglomeráticas, dispuestas en capas gruesas y muy gruesas que presentan estratificación cruzada y en ocasiones separados por capas lenticulares de arcillolita. Le

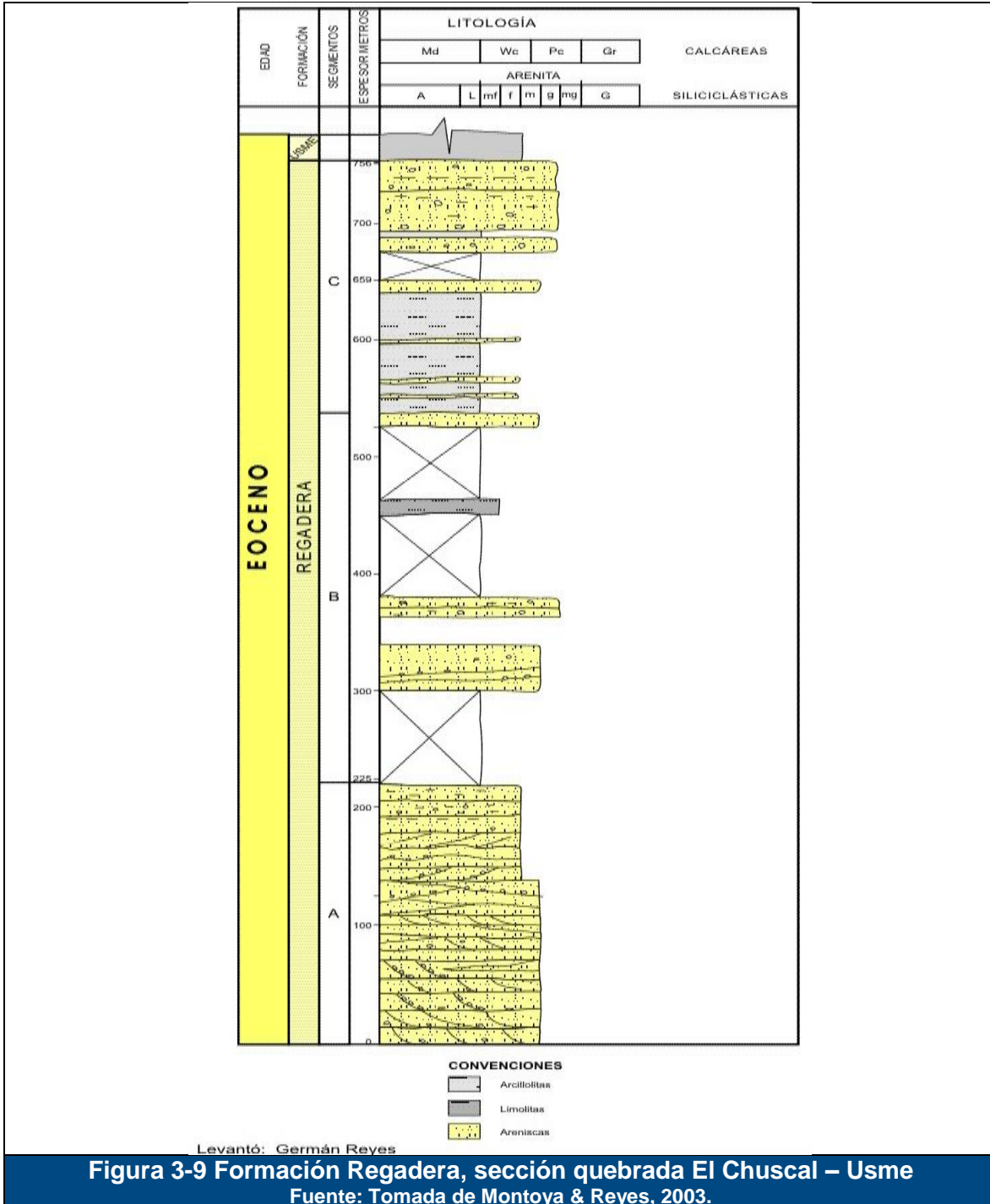
siguen 35 m de bancos macizos de areniscas friables, de grano fino y medio que llegan a ser conglomeráticas (gránulo y guijos (6 mm), de colores blanco, amarillo, naranja y rojo.

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

✓ Segmento D

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

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



✓ **Formación Areniscas de El Limbo (Tarl)**

Se reconocen como un conjunto de rocas duras que conforma pequeños escarpes que se elongan en dirección NE - SW paralelos al límite noroccidental del municipio de Yopal, al suroriente de la Cuchilla de San Agustín. Las Areniscas del Limbo suprayacen e infrayacen concordantemente con las unidades San Fernando y Arcillolitas del Limbo, y su espesor se estima en 160 m. Su edad es Eoceno Tardío.

Ulloa y Rodríguez (1979, p. 33), en su estudio geológico del cuadrángulo K-12, Guateque, indican: “Esta unidad en el área de la Loma de Monserrate está constituida por 120 m (Conjunto A) de conglomerado con cantos redondeados de cuarzo hasta 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa. El conglomerado en algunas partes del área pasa a ser arenisca de grano fino; le suprayace 27 m (Conjunto B) de arcillolitas, lutitas y areniscas de grano fino a medio. Dentro de este conjunto aflora un estrato lenticular de hierro oolítico. La parte superior de esta unidad, está constituida por 16 m (Conjunto C) de areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada y huellas de icnofósiles”.

Ulloa y Rodríguez (1981, p. 16-18), en su estudio geológico del Cuadrángulo K13, Tauramena, describen la unidad así: “En el área del Sinclinal de El Porvenir, la Arenisca de El Limbo está compuesta por conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo hasta de 5 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa, a los cuales le suprayacen una serie de arcillolitas, lutitas y areniscas cuarzosas, de grano fino a medio; en este último nivel se presenta la continuación noreste del estrato de hierro oolítico descrito en el Cuadrángulo K12, Guateque. El techo de la unidad está formado por areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada”.

✓ **Formación Caja (Tc)**

La unidad está constituida en la base por arcillolitas y limolitas rojizas con intercalaciones de areniscas arcillosas rojizas y conglomerados hasta de un metro de espesor. La parte media está formada por la alternancia de arcillolitas, limolitas y conglomerados con cantos de Chert, cuarzo y arenisca en una matriz arenosa. En la parte superior de la unidad los cantos se tornan más gruesos hasta alcanzar 30 cm de diámetro, presentando además lentes y estratificación irregular. La edad de esta formación se considera Mioceno medio a Pleistoceno.

Ocupa una extensa área al Norte del río Guavio. Al Occidente del río Lengupá, conforma el Sinclinal de Nazareth, aflora en extensas área, donde está conformada por una alternancia de arcillas rojizas, areniscas arcillosas, color blanco a carmelita; la parte media la conforman areniscas grises amarillentas e intercalaciones de limolitas y conglomerados cementados en matriz arenosa; le suprayacen limolitas arenosas, areniscas arcillosas y

conglomerados finos; luego una alternancia de lutitas arenosas, grises claras y conglomerados cementados en matriz arenosa; luego un tramo cubierto que parece corresponder a arcillas y limolitas con intercalaciones lenticulares de conglomerados; el techo está compuesto por alternancia de lutitas y conglomerados. El espesor medido es de 1600 m.

✓ **Formación Tilatá (N2t)**

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

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

En el área de trabajo se designa Formación Tilatá a los sedimentos aflorantes en el sinclinal de Sisga que recubren discordantemente a las unidades cretáceas (Formaciones Plaeners, Labor-Tierna) y paleógenas (Formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá y Regadera) y en el sinclinal de Subachoque donde recubre rocas de la Formación Bogotá.

Morfológicamente la Formación Tilatá muestra terrazas alomadas de varios kilómetros de extensión en forma de abanicos explayados con pendientes suaves e inclinadas; como las observadas en la vía principal Bogotá – Tunja y que corresponden a arenas de grano fino o forma colinas redondeadas a veces alargadas, las cuales están conformadas por gravas y arenas.

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

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

✓ **Segmento A**

Es un segmento arenoso, son 37 m de arenas y gravas; en la parte inferior se presentan capas muy gruesas de arenas de grano medio y grueso y en menor porcentaje fino, intercaladas con capas gruesas de gravas grano-soportadas y matriz-soportadas. En la parte superior se presentan intercalaciones de arenas de grano fino y arenas de grano muy fino, dispuestas en capas medias.

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

✓ **Segmento B**

Con 46 m está constituido por capas muy gruesas de gravas granosoportados, con tamaño de guijos (5 cm) y guijarros (20 cm), con formas elongadas, subredondeados y con imbricación, los clastos son de areniscas y liditas. Sobre 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.

Las relaciones de campo observadas en la zona de estudio definen un contacto discordante sobre rocas paleógenas. La edad asignada por dataciones de huellas de fisión es de 5,3 m.a para el miembro Tequendama, 3,7 m.a. para las rocas que conforman el miembro Tibagota y que constituyen la parte inferior de la Formación Tilatá y para la parte superior 2,7 m.a. correspondiente al Plioceno Inferior a Medio (Helmens & Van der Hammen, 1995); sin embargo Dueñas & Wijninga (2003), por palinología le asigna a la parte más inferior una edad Mioceno tardío; por consiguiente la edad de la Formación Tilatá es desde el Mioceno tardío al Plioceno Inferior.

➤ **Cuaternario**

Dentro de los cuerpos cuaternarios es posible identificar diferentes estados de ellos, dependiendo del lugar que ocupen y de sus propias características. Por lo tanto se considera necesario efectuar una división adecuada para estos cuerpos, los cuales se describen a continuación.

✓ **Depósitos Fluvioglaciares**

Gravas y arenas no consolidadas. Las gravas son grano soportadas con cantos de tamaño de 4 y 6 cm envueltos en matriz arenosa; las arenas son de grano fino.

✓ **Terrazas Altas**

Están constituidas especialmente por arcillas, arenas y gravas.

✓ **Terrazas**

Sedimentos conglomeráticos de diferentes rangos, en matriz areno-arcillosa y con lentes arcillosos y arenosos.

✓ **Llanura Aluvial**

Conformada por material no consolidado arenoso y limoso, con escasa barras de grava, en la ronda de inundación del río.

➤ **Cuaternario Sin Diferenciar**

Dentro de este tipo de cuaternario se incluyen los cuerpos coluvial, derrumbes existentes a lo largo del trayecto de la línea de transmisión.

✓ **Depósitos Coluviales**

Depósitos de bloques y guijarros envueltos en matriz arenosa.

✓ **Depósitos Aluviales**

Depósitos recientes constituidos por arenas, gravas y arcillas.

En la Tabla 3-1 se muestra la distribución área de las unidades geológicas en el proyecto, siendo la de mayor cubrimiento la Formación de Terrazas Altas con el 13,22%.

Tabla 3-1 Unidades Geológicas Chivor II Norte

EDAD	UNIDAD INGEOMINAS (hoy SGC) ESCALA 1.100.000 (1975, 1998, 2003)	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	ÁREA (%)	
Cenozoico	Depósitos Aluviales	Qal	Sedimentos recientes conformados por bloques, cantos, gravas y arenas.	858,95	5,59	
	Depósitos Coluviales	Qc	Depósitos de bloques y guijarros envueltos en matriz arenosa.	449,00	2,92	
	Cuaternario sin diferenciar	Q	Cuerpos coluviales, derrumbes existentes a lo largo del trayecto de la línea de transmisión.	220,37	1,43	
	Llanura Aluvial	Qlla	Conformada por material no consolidado arenoso y limoso, con escasa barras de grava.	323,21	2,1	
	Terrazas	Qt	Depósitos no consolidados formados por gravas y cantos de diferente tamaño, angulares a redondeados, con matriz arcillosa.	271,89	1,77	
	Terrazas Altas	Q2t	Conformadas por arcillas, arenas y gravas.	2029,60	13,2	
	Depósitos Fluvioglaciares	Q1f	Gravas y arenas no consolidadas. Las gravas son grano soportadas con cantos de tamaño de 4 y 6 cm envueltos en matriz arenosa; las arenas son de grano fino.	78,15	0,51	
	Tilatá	(N2t)	Arenas, intercaladas con capas gruesas de gravas grano-soportadas y matriz-soportada, areniscas de grano grueso, lecho-cascajosos con clastos de cuarzo y de "plaeners"	420,78	2,74	
	Caja	Tc	Comprende especialmente en la zona arcillas rojizas, areniscas arcillosas, color blanco a carmelita; la parte media la conforman areniscas grises amarillentas e intercalaciones de limolitas y conglomerados cementados en matriz arenosa.	362,60	2,36	
	Areniscas El Limbo	Tarl	Areniscas conglomeráceas con intercalación de areniscas arcillosas y de lutitas arenosas	51,37	0,33	
	Regadera	E2r	Areniscas friables, capas gruesas de areniscas, capas delgadas cuneiformes de arcillolitas, intercalaciones de areniscas friables, localmente conglomeráticas,	98,74	0,64	
Bogotá	E1b	Arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo	443,770	2,89		
Cacho	Eic	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.	456,01	2,97		
Mesozoico	Guaduas	K2Eig (KPgg) (Tkg)	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.	1544,40	10,05	
	Grupo Guadalupe	Labor y Tierna	K2t (Ksgalt)	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas	345,30	2,25
		Plaeners	K2p (Ksgpl)	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.	848,34	5,52
		Arenisca Dura	K2d (Ksgad)	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano	1065,79	6,93

EDAD	UNIDAD INGEOMINAS (hoy SGC) ESCALA 1.100.000 (1975, 1998, 2003)	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
			fino.		
	Grupo Palmichal	Tkp	Cuarzoarenitas, intercalación de lutitas y limolitas, areniscas cuarzosas friables, intercaladas con lutitas y limolitas grises; limolitas calcáreas, arcillosas y lentes de calizas.	120,360	0,78
	Conejo	Ksc-Kscn	Arcillolitas y lodolitas laminadas, calcáreas, con limolitas de cuarzo, silicificadas y cuarzoarenitas.	283,04	1,84
	Chipaque	Ksch	Lutitas negras con intercalaciones de calizas, intercalaciones areniscas cuarzosas, un nivel de carbón.	412,99	2,69
	Une	Kiu	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza.	811,80	5,28
	Fómeque	Kif	Lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y escasos y delgados niveles de calizas.	377,03	2,45
	Areniscas de las Juntas	Kiaj	Conformado principalmente por areniscas cuarzosas y lutitas grises oscuras a negras.	1845,77	12,19
	Lutitas de Macanal	Kilm	Lodolitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas, con láminas de yeso y localmente fosilíferas, intercalaciones de arenitas cuarzosas	1151,92	12,01
Paleozoico	Grupo Farallones	CDF	Limolitas, arcillolitas, areniscas y conglomerado, areniscas cuarzosas y conglomeráticas, cuarcitas, argilitas, y conglomerados con intercalaciones de caliza.	499,18	3,25
TOTAL				15370,36	100

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

3.2.1.4. Geología Estructural

Se describen a continuación los elementos estructurales identificados y que son determinantes en el comportamiento geomorfológico de la región.

➤ **Fallas Geológicas**

Son estructuras importantes que se encuentran en el área estudiada. Las hay normales, de rumbo y de cabalgamiento. La determinación de estas fallas se comprobó parcialmente en el terreno y parcialmente se infirió como explicación a la situación estructural.

Las fallas normales o de gravedad, son aquellas que se generan como respuesta a esfuerzos distensivos de bloques hacia abajo, tienen la misma orientación de los esfuerzos y pueden tener componentes en varias direcciones del espacio.

Las fallas de cabalgamiento son un tipo de falla inversa, por ruptura de la superficie terrestre, que implica un desplazamiento relativo, en el cual rocas de posición estratigráfica inferior son empujadas por encima de los estratos más recientes y son el resultado de fuerzas de compresión.

En el altiplano Cundiboyacense. Al occidente del área, se observan dos fallas de cabalgamiento regionales correspondientes a las inversiones de los anticlinales de Nemocón – Norte y Chocontá Norte. El origen de estas fallas se remonta a la ocurrencia del plegamiento y a su vez se encuentran afectadas por fallas más modernas de rumbo.

La dirección de las fallas de cabalgamiento es paralela a los ejes de las estructuras (NE) y las superficies de falla buzan al SE, indicando con esto la superposición de capas más antiguas del oriente sobre capas más modernas, localizadas inicialmente al occidente de éstas.

Las fallas de rumbo son más nuevas que las de cabalgamiento y que las estructuras y por lo tanto causan un desplazamiento horizontal de todas las estructuras existentes. La magnitud de los movimientos es generalmente menor de 1 km. El movimiento, además de ocurrir en el rumbo, puede combinarse dando como resultado una especie de corte en forma de tijera. La presencia de estas fallas es importante por su densidad y por su edad más reciente que llega inclusive a afectar sedimentos del Plioceno (Formación Tilatá).

✓ **Falla de Tesalia**

Falla inversa de gran ángulo que afecta el flanco occidental del sinclinal de Nazareth poniendo en contacto las rocas del Cretáceo con el Terciario.

✓ **Falla de Lengupá**

Falla inversa de gran ángulo y buzamiento hacia el occidente, afecta el flanco oriental del Anticlinorio de Farallones, junto con la Falla Santa María; pone en contacto formaciones del Cretácico inferior conformado por lutitas y limolitas principalmente; viene de las veredas de Culima, Caño Negro, El Retiro, Calichana, San Rafael, Santa Cecilia y Planadas.

El trazo de la Falla de Lengupá va aproximadamente paralelo al de la Falla de Santa María. Esta falla controla el cauce del Río Lengupá entre el SW de Mámbita y el NE de Santa María de Batá. Es una falla similar a la de Santa María, es decir, de tipo inverso, con relativamente alto ángulo de buzamiento (30° a 50°), vergencia al sureste y también con componente transcurrente dextral. Su dirección preferencial es $N40^{\circ}E$.

✓ **Falla Manizales**

Satélite de la Falla Lengupá, que da origen a la depresión tectónica en la zona de influencia, afecta a la vereda Planadas.

✓ **Falla de Santa María**

Esta falla es de tipo regional y se extiende con dirección NE - SW, pasando por la hoya del río Lengupá, población de Mámbita y margen derecha del río Guavio; por las veredas Santa Cecilia, San Rafael, Calichana, Centro del casco urbano, Caño Negro y Culima. Existen dos interpretaciones acerca de la tectónica de esta falla:

La primera considera el plano de falla con una inclinación de unos 40° hacia el oeste, producido por el empuje de las rocas Precámbricas, del Escudo Guayanés (localizado al este de Colombia y al oeste de Venezuela y Brasil), que dislocó las rocas Jura triásicas y Cretáceas; es posible que la falla sea sinéctica con la Cordillera Oriental. El bloque oeste está formado por segmentos del Juratriásico y se encuentra desplazado sobre el bloque este de sedimentos del Cretáceo.

La segunda interpretación sostiene que el plano de falla buza hacia el este con un ángulo de 40° y 45° , formando una zona de falla en la cual el movimiento originado por la roca del Escudo Guayanés se ha reflejado en forma más caótica en las capas más blandas (lutitas) las cuales se han plegado e invertido, en tanto que las capas más competentes (areniscas) se han basculado ligeramente y en casos excepcionales se han invertido. Esta estructura se puede clasificar como una falla de empuje de estratificación, en la cual los principales movimientos siguen los planos de estratificación.

La Falla de Santa María se ha considerado activa por algunas evidencias de desplazamientos en el cuaternario, observados en la terraza de Mámbita.

Falla de tipo inverso, de ángulo alto y buzamiento hacia el W, con desplazamiento vertical de gran magnitud, ya que pone en contacto Formaciones Terciarias con Pre - Cretácicas. Afecta el flanco E del Anticlinorio de Farallones.

✓ **Falla Las Moyas**

Satélite de la Falla Santa María, que da origen a la depresión tectónica en la zona de influencia, viene desde la vereda Caño Negro pasando por las veredas Centro, San Rafael y Santa Cecilia.

✓ **Falla de La Esmeralda**

Esta estructura conserva el rumbo general de todas las estructuras de las hoyas de los ríos Batá y Guavio. Se localiza a lo largo de las quebradas la Esmeralda y Seca, y pone en contacto sedimentos cretáceos de la Formación Cáqueza Medio con sedimentos del Paleozoico. Se clasifica como una falla inversa con un ligero movimiento rotacional. El plano de falla tiene una inclinación de 80° hacia el oeste, pero con la profundidad cambia su buzamiento hacia el este. Esta estructura origina numerosas fallas de satélites con abundantes brechas de falla que han dado lugar a un intenso fracturamiento en la margen izquierda de la quebrada La Esmeralda, y algunas zonas locales de la margen derecha.

✓ **Falla de Macanal**

Conserva el rumbo general de todas las estructuras de la región, con una tendencia N45°E y fractura sedimentos de la Formación Lutitas de Macanal, se clasifica como una falla inversa con alto ángulo de buzamiento.

✓ **Falla del río Garagoa**

Es una inversa de alto ángulo con componente transcurrente dextral, poco salto vertical y vergencia al SE, que controla el cauce del Río Garagoa entre los municipios de Garagoa y Chinavita. El trazo de la falla inicia casi en el municipio de Sutatenza y finaliza contra la Falla Puente Tabla, de vergencia opuesta (al NW), muy cerca al cerro Doña Francisca que es la prolongación al norte del cerro Mamapacha localizado al oriente de Chinavita. La Falla del Río Garagoa trunca la continuación al norte de varios pliegues anticlinales y sinclinales importantes por su extensión geográfica (de 15 km a más de 20 km de longitud), de los cuales el más importante es el Anticlinal de Garagoa.

✓ **Falla de Sutatausa**

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

Esta falla tiene una vergencia al occidente y las inclinaciones de las capas sugieren un ángulo alto. Al sur pone en contacto el anticlinal de Tausa y el sinclinal de Neusa, sin que sea claro un desplazamiento importante, pero al norte (fuera del área de la Sabana) por el cierre estructural del sinclinal de Neusa, capas cada vez más antiguas del Grupo Guadalupe y la Formación Conejo están en contacto por medio de esta falla, con la Formación Lidita Superior y con el techo de la Formación Conejo del anticlinal de Tausa.

Esta relación podría sugerir un arrastre generado por un movimiento transcurrente dextral ya que la importancia de esta falla radica en que coloca unidades coetáneas pero de ambientes diferentes en contacto, como es el caso de las formaciones Arenisca Dura y Lidita Superior; hecho que hace pensar en un desplazamiento horizontal considerable.

✓ **Falla Chocontá – Pericos**

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

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

El tramo norte se observa desde Villapinzón hasta Sopó, es rectilíneo, presenta una dirección N45°E, cabalgan las formaciones Lidita Superior, Plaeners y Labor Tierna sobre la Formación Guaduas y genera inversión de estratos y en algunos sectores como en la región de Sisga - Chocontá se presentan bloques rotados.

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

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

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

✓ **Falla de Guatavita**

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

✓ **Sistemas de Fallas de Villapinzón**

Se designa con este nombre a las fallas de Farasia y Villapinzón (Montoya & Reyes, 2003) localizadas al Norte de la Sabana, son fallas inversas con vergencia al occidente y que afectan los Anticlinales de Chocontá y Ventaquemada. Se extienden desde Chocontá hacia el norte (Plancha 190), con una dirección preferencial N40°E. Estas fallas repiten secuencia principalmente de la Formación Lidita Superior y de la parte media a alta de la Formación Conejo, las cuales cabalgan sobre la parte media de la Formación Labor - Tierra y sobre la Formación Plaeners.

La falla más oriental (Villapinzón), además de generar repetición de la secuencia en la Formación Lidita Superior, al norte por el cierre del anticlinal de Chocontá, coloca en contacto a las formaciones Churuvita, Simijaca y La Frontera del anticlinal de Ventaquemada con la Formación Conejo del Anticlinal de Chocontá.

✓ **Falla de Nemocón**

Localizada en la parte central norte de la Sabana, presenta un rumbo variable entre N20° - 60°E y una vergencia al oriente. Se inicia al sur en el área fallada de Nemocón y se extiende hacia el norte bordeando el Anticlinal de Guachaneca; esta falla se cartografía hasta la Plancha 190. Su salto más grande, está entre Nemocón y Suesca, donde pone en contacto rocas de la Formación Conejo del Anticlinal de Nemocón con las formaciones Guaduas y Cacho del Sinclinal de Suesca, con una geometría típica de falla de

cabalgamiento. Los cambios de dirección generan saltos variables siendo más importantes cuando éstos son más nororientales.

✓ **Falla El Porvenir**

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

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

✓ **Falla Chital**

Nombre utilizado en las Planchas 208 (Acosta & Ulloa, 2001) y 209 (Montoya & Reyes, 2003), está localizada al noroccidente de la Sabana, bordeando el flanco oriental de la serranía de Tabio – Tenjo. Al Sur, en algunos sectores, presenta una dirección N5°E, en la parte central N5° - 150°E y al Norte cambia a N50°W; es una falla inversa con vergencia al oriente, con movimiento transcurrente sinistral en el Norte, donde coinciden con un lineamiento NW que comienza en la zona de salinas de Zipaquirá y continúa hacia la región de la localidad de Pacho (Plancha 208) Dentro de su movimiento inverso cabalgan rocas de la Formación Arenisca Dura sobre rocas de la Formación Guaduas. Al sur de la localidad de Tabio la falla queda fosilizada por depósitos cuaternarios y para Velandia & Bermoudes (2002) probablemente continué hacia la Falla Mosquera que definió en el centro de la Sabana.

La Falla de El Chital está ubicada al costado oeste del valle del río Frio; es una falla de cabalgamiento con rumbo N20°E y con plano inclinado al W; en el campo se evidencia porque las rocas de la Formación Arenisca Dura se encuentran invertidas y buzando al W; esta estructura monta rocas de la Formación Conejo y de la Formación Arenisca Dura sobre rocas de la Formación Guaduas.

✓ **Falla de Subachoque**

Se denomina con este nombre a la falla que bordea el flanco occidental de la serranía de Tabio – Tenjo, desde la Falla Chital al norte y se extiende por debajo del relleno cuaternario en la parte central de la Sabana. Es una falla con rumbo N10° - 45°E, inversa,

con vergencia al occidente y pone en contacto rocas de las formaciones Labor - Tierna, Plaeners y Dura sobre las rocas de la Formación Guaduas. De esta falla se desprenden 2 fallas menores que atraviesan la serranía con rumbo N60°E y terminan en la Falla Chital entre las localidades de Tabio y Tenjo.

➤ **Sistema de Fallas Transversales**

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

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

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

➤ **Sinclinales**

Se denomina a los pliegues de la corteza terrestre que presentan los estratos más recientes en su núcleo, se forman por plegamiento cóncavo, o arqueamiento, de las capas de roca por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.

✓ **Sinclinal de Nazareth**

Ubicada en la vereda de donde deriva su nombre, cuyo eje se encuentra al occidente del caserío de Nazareth y que tiene un rumbo NE con un cabeceo hacia el SW. Es un sinclinal asimétrico que presenta su flanco occidental dispuesto en forma vertical formando los Farallones que se pueden observar en los sitios Miráculos y Balcones.

El otro flanco al oriente del sinclinal presenta una inclinación más suave, formando colinas y montañas con control de pendiente por la estructura en sí. Este sinclinal ejerce el control estructural de las demás unidades estratigráficas circundantes.

✓ **Sinclinal de Suesca – Teusacá**

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

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

✓ **Sinclinal de Checua**

Denominación usada en la cartografía del Cuadrángulo K11, para la estructura sinclinal localizada entre las localidades de Zipaquirá y Lenguaque y que hacia el norte continúa en la Plancha 190 con el nombre de Guachetá. Es una estructura asimétrica, con el flanco oriental más inclinado y en ocasiones invertido por efecto de la Falla de Cucunubá. Hacia el Sur, el sinclinal de Checua muestra algunos plegamientos menores y es cubierto por depósitos cuaternarios de la Sabana de Bogotá. El núcleo está en rocas de la Formación Bogotá y en los flancos las formaciones Cacho y Guaduas. Regionalmente se puede pensar en su continuidad hacia el sur de la Sabana entre la serranía de Chía - Cota y los cerros orientales de Bogotá y de no existir fallas con desplazamientos importantes fosilizadas en el centro de la Sabana podría tener una conexión con el sinclinal de Usme.

✓ **Sinclinal de Sesquilé**

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

Al Sur la orientación es N10°E, en Sesquilé cambia a N50°E y al Norte es N30°E; estos cambios obedecen a los movimientos de la Falla de Chocontá que corta esta estructura cerca de Sesquilé y genera al sinclinal un desplazamiento y una curvatura en sentido

dextral. Por el embalse de Tominé el sinclinal es asimétrico con el flanco occidental más inclinado e invertido y en el norte es simétrico hasta terminar en la Falla de Chocontá.

✓ **Sinclinal del Sisga**

Corresponde con la estructura sinclinal denominada Siecha - Sisga, en la cartografía del Cuadrángulo K11. Esta estructura está localizada al nororiente de Sabana, se extiende a lo largo del valle entre Guasca, el embalse del Sisga y la localidad de Villapinzón.

Regionalmente presenta una orientación N40°E, con algunas variaciones locales; en su núcleo, se encuentran los depósitos de gravas y arenas de la Formación Tilatá y en sus flancos están las unidades paleógenas, Guaduas, Cacho, Bogotá y Regadera; tanto al oriente como al occidente está limitado por fallas inversas (Chocontá y Suralá) con vergencia hacia el sinclinal, provocando inversiones especialmente en la región del Sisga.

Al sur en la región de Guasca, su eje cambia a N60°E y aunque hay cierre estructural en rocas de la Formación Regadera, termina contra la Falla de Chocontá – Pericos.

✓ **Sinclinal de río Frio**

Nombre utilizado en las cartografías del Cuadrángulo K11 y Plancha 227. Está localizado al Noroccidente de la Sabana y su eje con rumbo NS a N40°E, cruza al oriente de las localidades de Tabio y Tenjo. Tanto al Sur como al Norte es una estructura amplia con el núcleo en rocas de la Formación Bogotá y con depósitos fluvio-glaciares y de coluvión; en la parte central se angosta considerablemente por las entrantes que hacen las unidades cretácicas a través de las fallas el Porvenir y Chital. Al sur de Tenjo su continuidad se considera asociada a la terminación de la Serranía de Tabio - Tenjo (flanco occidental) y la Serranía de Chía - Cota (flanco oriental).

✓ **Sinclinal de Subachoque**

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

Ubicado en los alrededores del Municipio de La Pradera; es un pliegue simétrico de gran extensión (más de 30 km de longitud) y amplitud (mayor a 8 km), cuyo eje presenta una dirección que varía entre N20°E y N-S. El núcleo de la estructura está constituido por las formaciones Guaduas y Bogotá y sus flancos por rocas del Grupo Guadalupe. En la parte media de la plancha se presenta el cierre de la estructura, el cual queda truncado por fallas de cabalgamiento de vergencia hacia el sur, que montan lodolitas de la Formación Guaduas sobre limolitas de la parte media del Grupo Guadalupe. Hacia el sur la

estructura se amplía y presenta el flanco W invertido y afectado por la Falla de Chicamocha; además, sus flancos se observan afectados por fallas.

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

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

➤ **Anticlinales**

Se denomina a los pliegues de la corteza terrestre que presentan los estratos más antiguos en su núcleo, se forman por plegamiento convexo o arqueamiento de las capas de roca por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.

✓ **Flanco Este Anticlinal Santa María**

Este flanco presenta todas las series Litológica desde el Paleozoico, hasta el Cretáceo con buzamientos que varían entre 80° y 45°E. En los alrededores de Santa María y el río Lengupá, se encuentran las estructuras de colapso que alteran la actitud de los estratos, causados por la Falla de Santa María.

✓ **Flanco Oeste del Anticlinal Santa María**

El flanco oeste se desarrolla aguas arriba del sitio de presa y está compuesto por rocas Cretáceas plegadas que reposan discordantemente sobre rocas del Paleozoico.

✓ **Anticlinal de Garagoa**

El Anticlinal de Garagoa (Ulloa et al., 1975) y su nombre debe provenir del municipio de Garagoa. Este pliegue pasa a menos de 300 m al occidente del caserío de Las Juntas. Presenta una longitud de más de 20 km en el área de estudio, pero su extensión es de por lo menos 35 km. Es un pliegue cerrado, subvertical (la superficie de charnela buza 87° al SE) con inmersión débil tanto al norte como al sur; el eje muestra orientación de N20°E a norte-sur. El núcleo está conformado por el Miembro El Volador perteneciente a la porción inferior de la Formación Las Juntas.

✓ **Anticlinal de Tibirita**

Estructura de plegamiento estrecha y simétrica, orientado en una dirección N40°E, cuyo eje pasa por el casco urbano de Tibirita.

✓ **Anticlinal de Quebrada Negra**

Sus flancos presentan inclinaciones variables entre 30° y 50°, debidas a repliegues locales, y están formados por lutita negra de la Formación Cáqueza Medio. Esta estructura se encuentra en las proximidades de la quebrada Negra y controla parcialmente la red Hidrográfica de esta quebrada.

Se estima que el volumen del material que puede deslizarse en este sitio es de unos dos millones y medio de metros cúbicos, por causa de la erosión que ejerce la quebrada Negra y sus afluentes en las laderas, las cuales están conformadas por lutita laminada y débil que se desliza con relativa facilidad. Se cree que este derrumbe se activará con las fluctuaciones del nivel de agua del embalse, pero sus características y la distancia que lo separa del sitio de presa, hacen pensar que cualquier deslizamiento futuro no causaría problemas de estabilidad en el Embalse.

✓ **Anticlinal de Chocontá**

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

✓ **Anticlinal Sopo – Sesquile**

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

Aunque como estructura anticlinal con sus dos flancos cartografiados, solo se puede identificar entre Sopó y Sesquilé, al sur de Sopó, la serranía que forma sigue estando presente entre Sopó y La Calera, pero fragmentada y con pedazos de flancos de la

estructura, esto a causa de la deformación ocasionada por la Falla de Chocontá – Pericos y otras relacionadas; de esta forma entre Sopó y el sitio de El Salitre hay un angostamiento morfológico y está presente lo que sería el flanco oriental del anticlinal; entre el sitio El Salitre y La Calera la serranía vuelve a ensancharse, para luego decrecer cerca de La Calera y continuar hacia el sur perdiendo prominencia, en este sector afloran rocas cretácicas que por su disposición harían parte del flanco occidental del anticlinal.

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

✓ **Anticlinal de Nemocón**

Se encuentra parcialmente invertido y fallado, conformando una estructura de plegamiento amplia y asimétrica, orientado en una dirección N45°E, dentro de este pliegue se encuentran plegamientos locales de diferente magnitud, en posiciones normales o invertidas.

✓ **Anticlinal de Zipaquirá**

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

✓ **Anticlinal de Tabio**

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

Por su orientación cercana N10°E Al norte de Tabio y N20° - 40°E al sur de Tabio se puede dividir en dos, separados por la Falla de Subchoque. El anticlinal norte es asimétrico con estratos verticales e invertidos en su flanco oriental debido a la Falla de Chital; presenta en su núcleo rocas de la Formación Conejo y localmente por efecto de un

retrocabalgamiento de la Falla Chital y aparece las Formación La Frontera; en el flanco Oriental esta fallado y afloran rocas de la Formación Arenisca Dura en contacto con la Formación Guaduas, en tanto que en el occidental afloran rocas de las unidades Arenisca Dura, Plaeners, Labor - Tierna y Guaduas. El anticlinal en la parte sur está fragmentado por fallas asociadas a las fallas de Subchoque y Chital; en su núcleo esta la Formación Arenisca Dura y en sus flancos las formaciones Plaeners y Labor - Tierna.

✓ **Anticlinal de Bogotá**

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

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

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

Los flancos usualmente están afectados por fallas, como la de Bogotá que afecta el flanco occidental y la Falla de Nemocón que afecta el flanco oriental. La segmentación que se produce en la región de Tibitó y el cierre estructural al sur de Nemocón puede ser debido a diapirismo de sal y que se manifiesta en superficie cerca de ahí en las localidades de Zipaquirá y Nemocón. En la Figura 3-10 , Figura 3-11, Figura 3-12 y Figura 3-13, se muestra el plano geología.

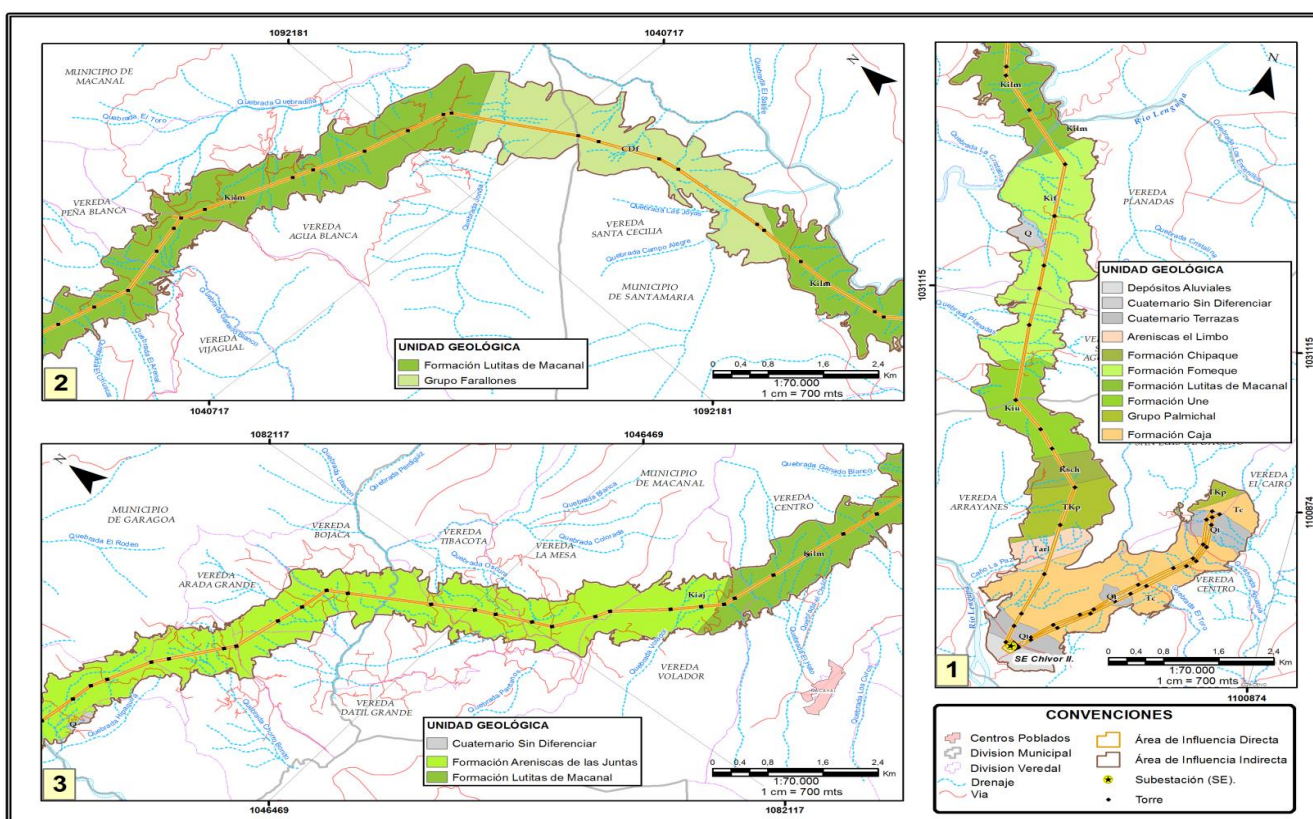


Figura 3-10 Plano Unidades Geológicas (1-3)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

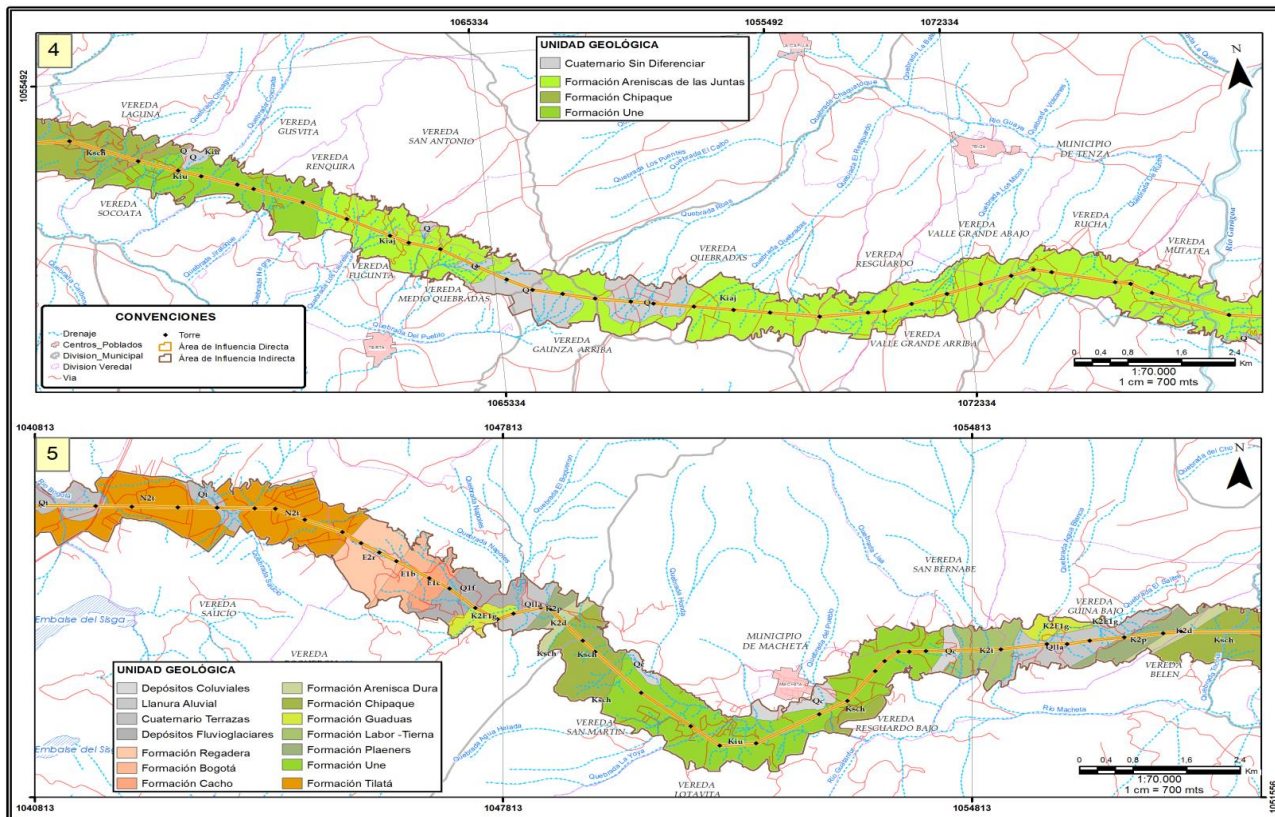


Figura 3-11 Plano Unidades Geológicas, (4-5)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

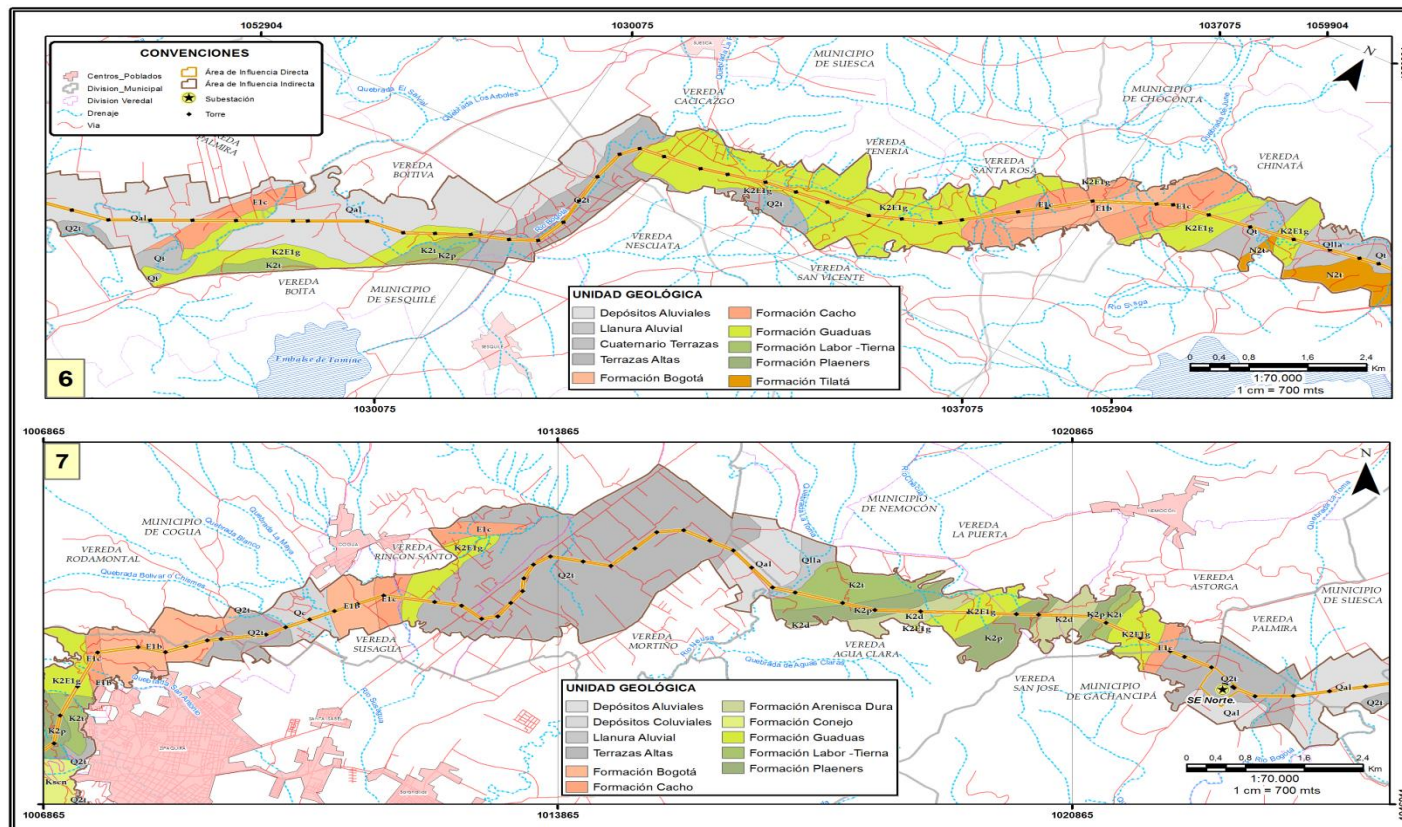


Figura 3-12 Plano Unidades Geológicas, (6-7)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

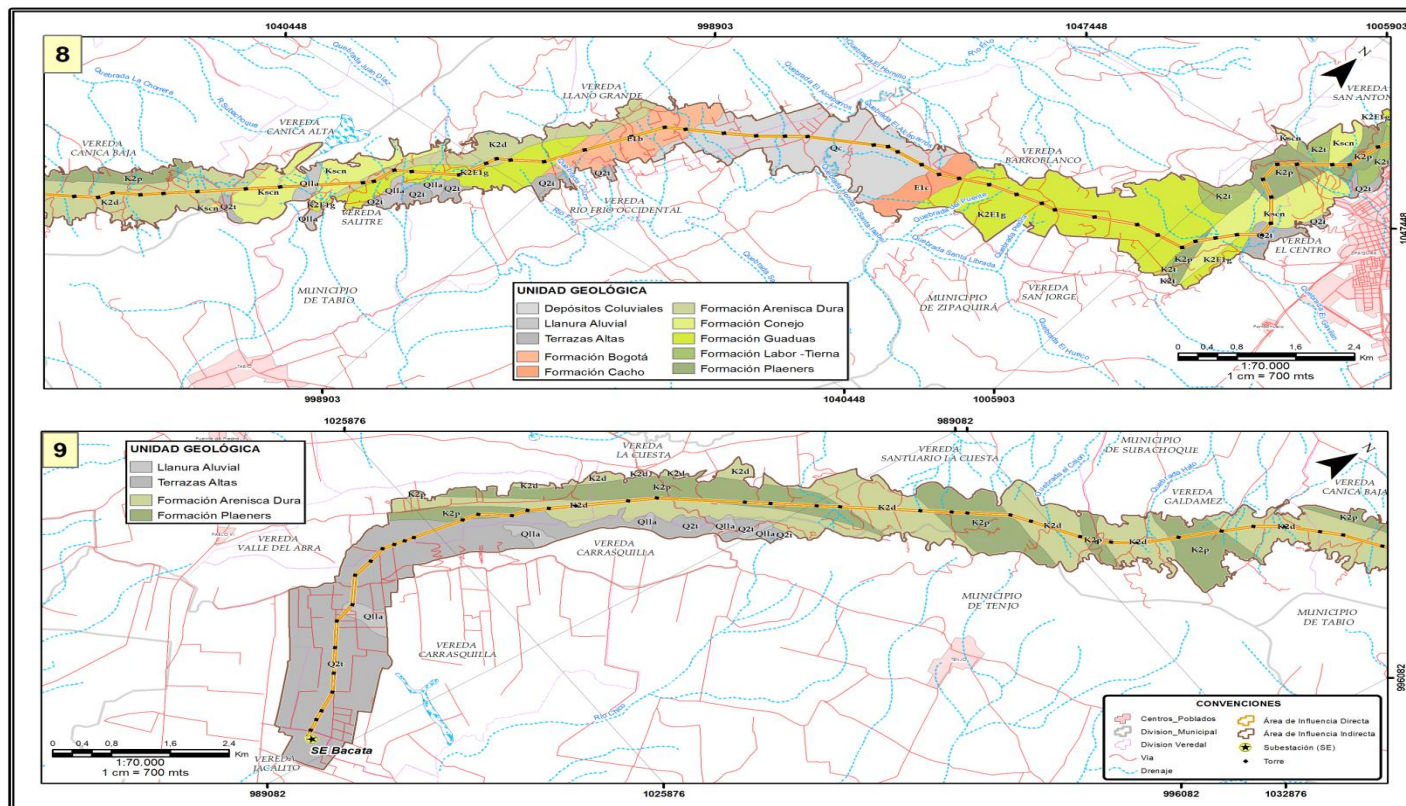
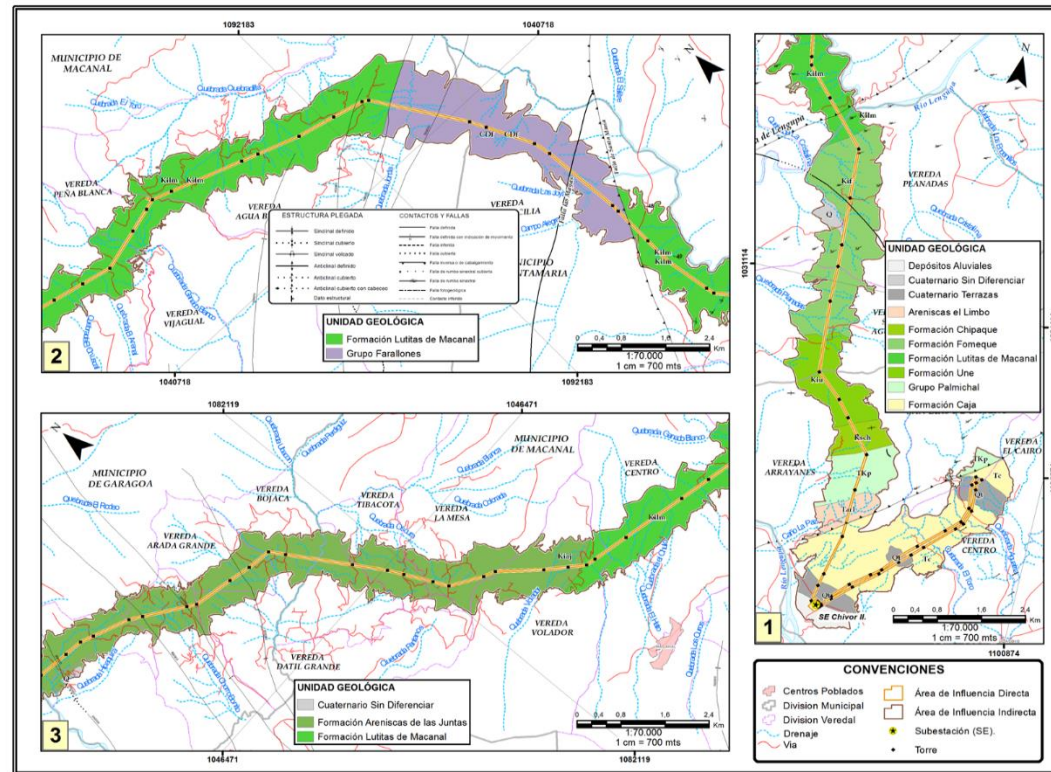


Figura 3-13 Plano Unidades Geológicas., (8-9)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor. 2016

A continuación en la Figura 3-14, Figura 3-15, Figura 3-16 y Figura 3-17 , se muestra el plano con la geología estructural del proyecto.



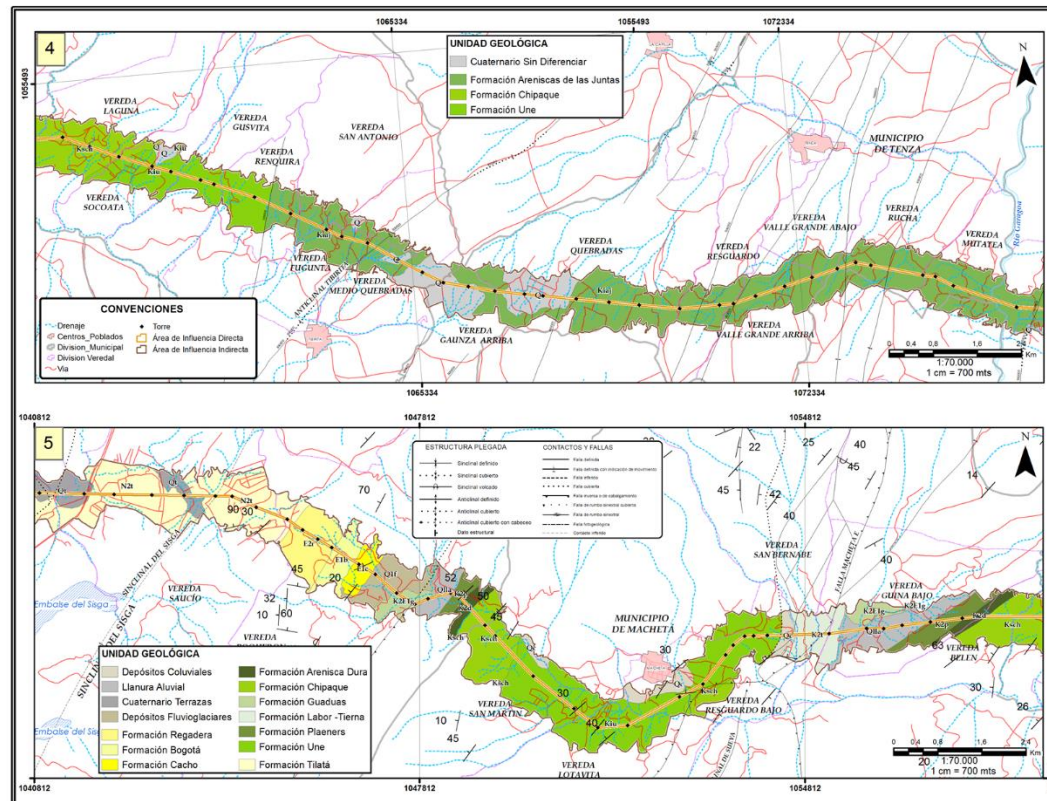


Figura 3-15 Geología Estructural (4-5)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

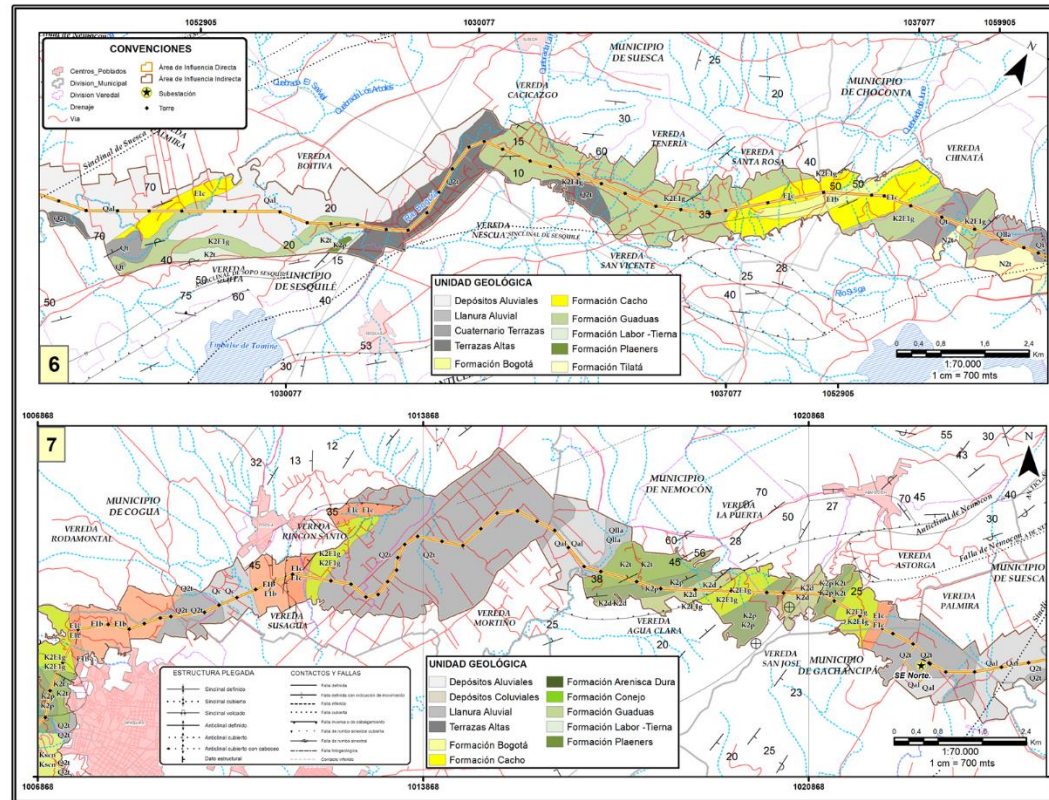


Figura 3-16 Geología Estructural (6-7)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

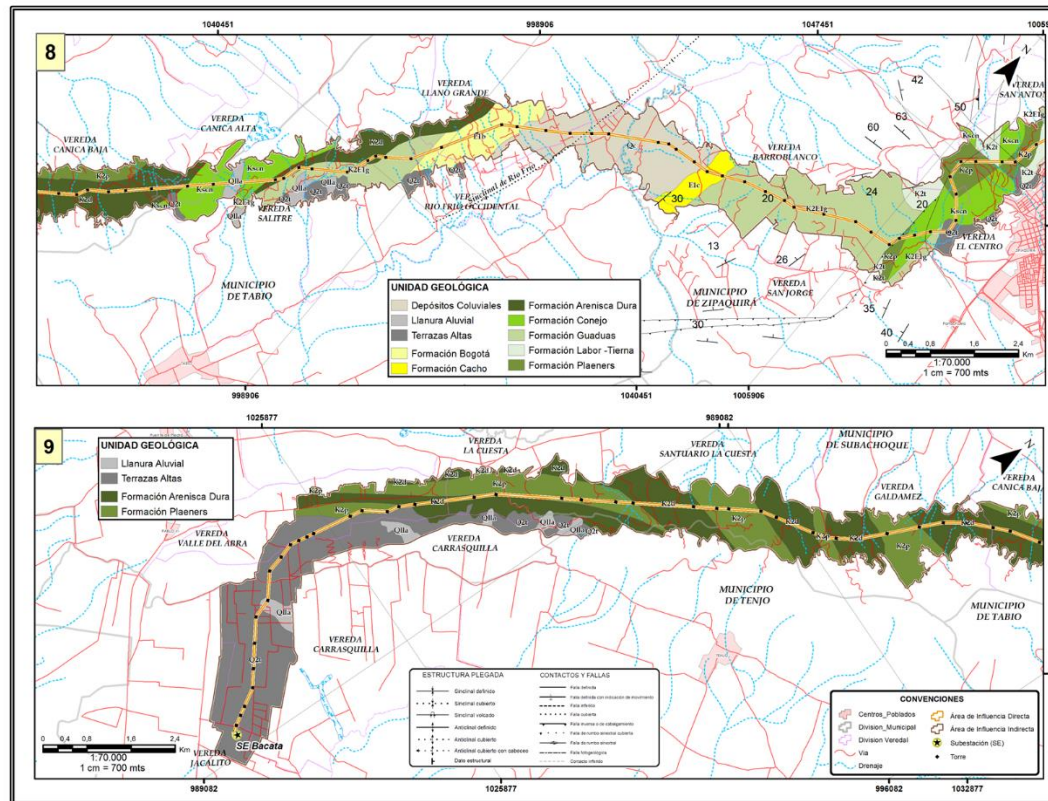


Figura 3-17 Geología Estructural (8-9)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

3.2.1.5. Amenaza Naturales

De acuerdo con lo establecido por EIRD/ONU (2004), las amenazas geológicas se definen como los procesos naturales que pueden causar pérdidas de vida o daños naturales, interrupción de actividad social y económica o degradación ambiental e incluyen procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como sismos, tsunamis, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas; así como procesos externos (exógenos) tales como movimientos en masa: deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos y subsidencias³.

➤ Amenaza por fenómenos de remoción en masa

A escala regional, el desarrollo y transformación geológica-geomorfológica del área, está relacionado con el origen y evolución de la Cordillera Oriental al igual que con los cambios climáticos, que tuvieron una influencia sobre el modelado de las geofomas.

Actualmente se presentan afectaciones como respuesta al cambio climático, por la alteración de la composición de la atmósfera mundial, generando modificaciones en el clima, que implican incrementos en los procesos de meteorización debido a fenómenos físicos recurrentes y procesos químicos severos, que favorecen el incremento del espesor de la capa superficial meteorizada, que causa la degradación ambiental e incluyen procesos terrestres externos (exógenos) tales como deslizamientos rotacionales y planares, flujos de lodos, avalanchas, colapsos superficiales.

Para el área de estudio los fenómenos de inestabilidad más comunes que se identifican son: deslizamientos de tipo rotacional y planar en litología arenosa y desplomes en orillas de quebradas y ríos, producidos por aumento de humedad en el subsuelo. Se desarrolla en morfología de valles, laderas irregulares, cuestas homoclinales, ondulaciones, laderas irregulares, sinclinales y anticlinales. En gran parte del área de estudio fueron reconocidos los deslizamientos, exceptuando aquellas zonas de bajas pendientes características de geofomas de mesa y meseta, presentes en la denominada sabana de Bogotá.

✓ Amenaza Sísmica

La región en general está comprendida en una zona de Baja a Media actividad, considerando la cercanía al Nido Sísmico de Santander. Los diferentes eventos así registrados normalmente se reportan para los municipios de Los Santos, Umpalá, Zapatoca, Santa Helena del Opón, Villanueva, Piedecuesta, San Vicente de Chucurí, El

³EIRD/ONU., (2004): Vivir con el riesgo: énfasis en la reducción del riesgo de desastres. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas. 457 p New York.

Carmen de Chucurí, Cimitarra, Landázuri y Simacota, todos relacionados con las Fallas de La Salina al oeste y Bucaramanga – Santa Marta al este.

La siguiente figura presenta la localización de las estaciones de la RSNC. Los triángulos verdes y los cuadros rojos representan las estaciones con sensores de corto periodo y banda ancha respectivamente. Tomada de Boletín de Sismos, noviembre de 2014 Red Sismológica Nacional de Colombia – RSNC – Volumen 22, No. 11.

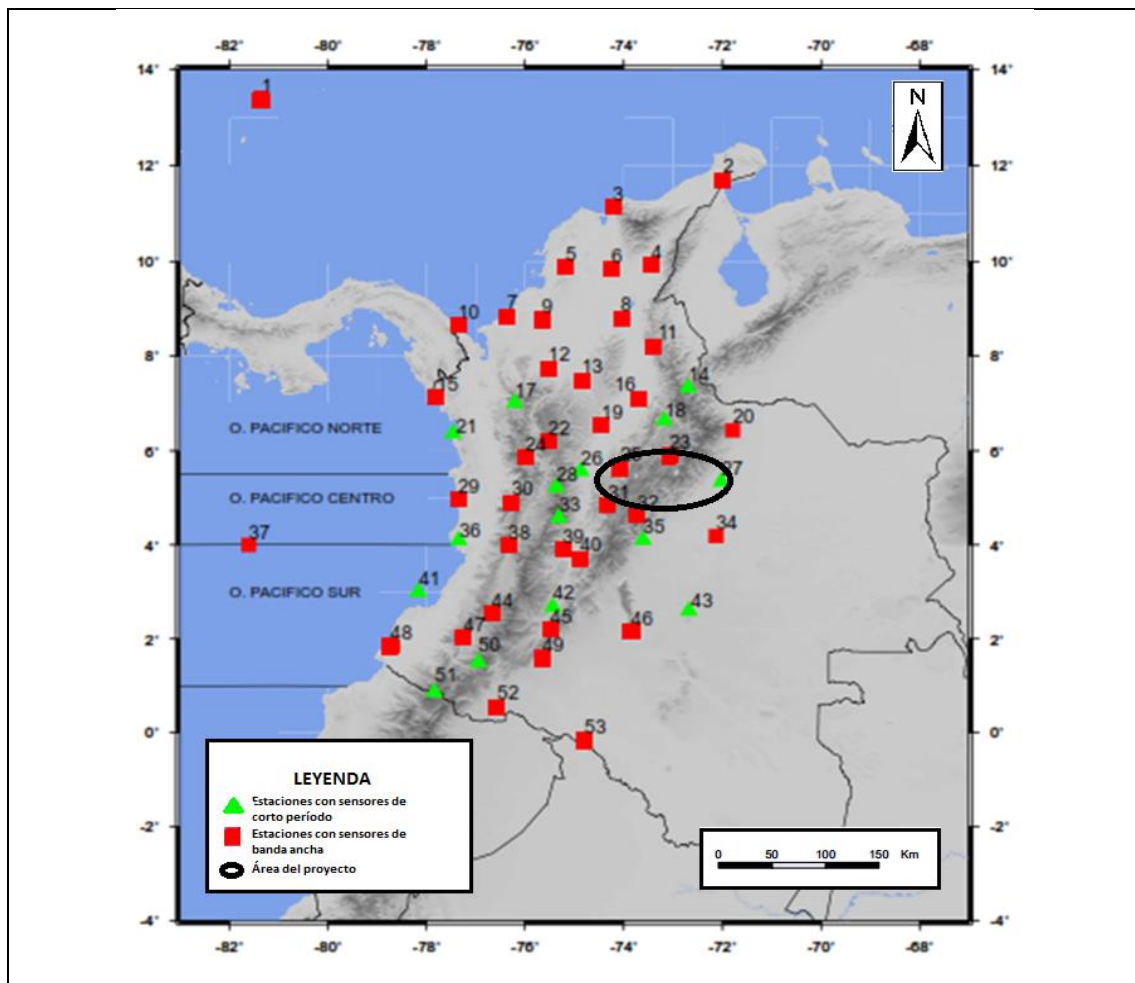


Figura 3-18 Mapa de Amenaza Sísmica con Valores de Aceleración para Colombia.

Fuente: Tomado de Zonificación Sísmica de Colombia, 2014.

La Figura-3-19 corresponde al Mapa de Amenaza Sísmica con Valores de Aceleración para Colombia. Puede observarse que la zona del proyecto comprende su totalidad en el rango de valor intermedio (0,10 a 0,20), que empieza hacia la parte oriental a incrementarse, pasando al primer valor del rango alto (0,20 a 0,25), quedando retirado del siguiente valor de 0,25 a 0,30, localizado en la parte central de la Cordillera Oriental. Hacia la parte occidental, el primer valor del rango de aceleración alta se encuentra a más de 150 Km, ubicado hacia el oeste de la Cordillera Central.

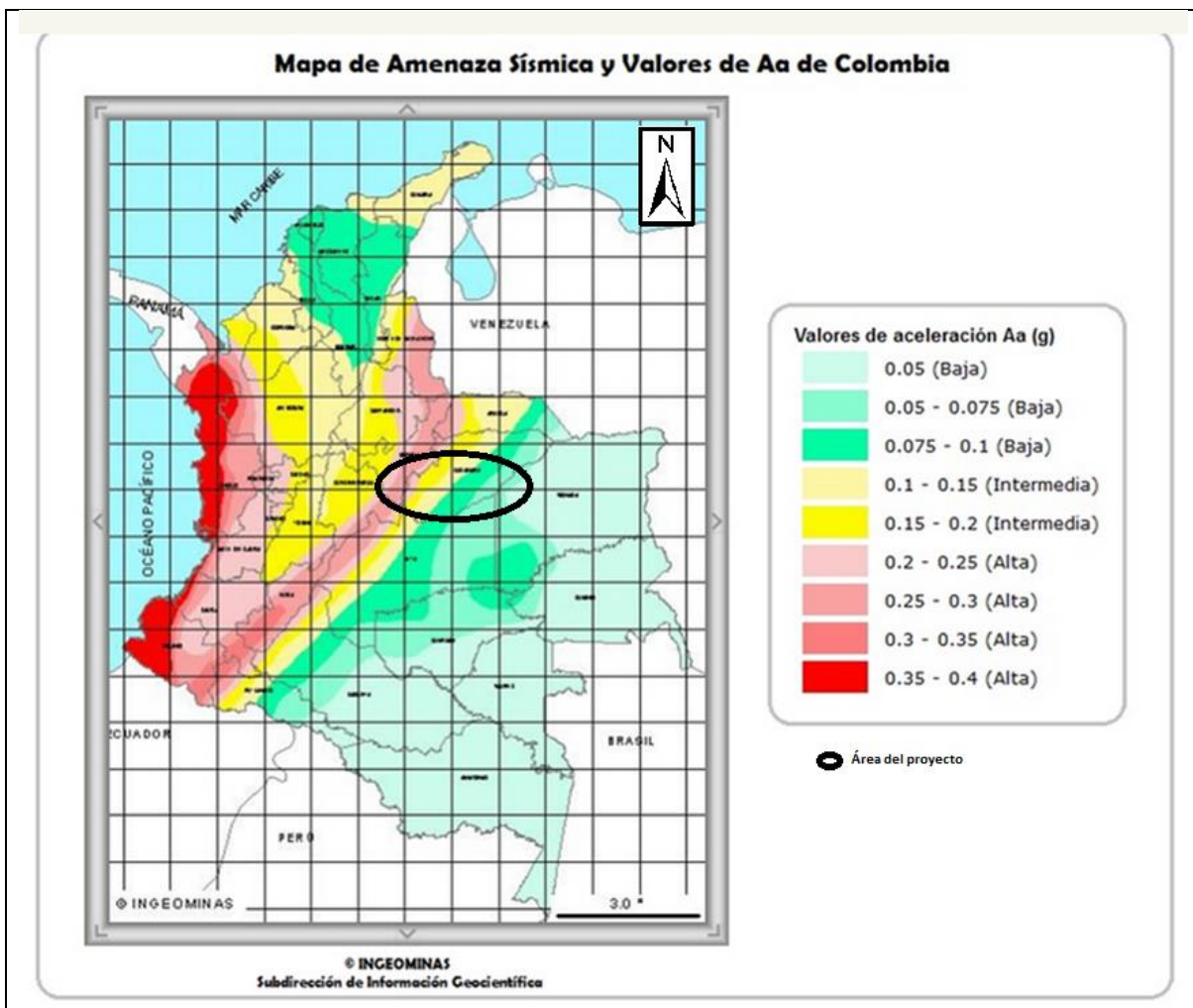


Figura-3-19. Mapa de Amenaza Sísmica y Valores de Aa de Colombia.

Fuente: Tomado de Zonificación Sísmica de Colombia, 2014.

La aceleración pico efectiva (A_a) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g = 980 \text{ cm/s}^2$). Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10% en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro A_a se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes. (Ver Figura-3-19.).

- **Zona de Amenaza Sísmica Baja**

Definida para aquellas regiones cuyo sismo de diseño no excede una aceleración pico efectiva (A_a) de 0,10 g. Aproximadamente el 14% del territorio Colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza.

- **Zona de Amenaza Sísmica Intermedia**

Definida para regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivas mayores de 0,10 g y menores o iguales de 0,20 g. Alrededor del 51% del territorio se encuentra incluido en ésta zona.

- **Zona de Amenaza Sísmica Alta**

Definida para aquellas regiones donde se esperan temblores muy fuertes con valores de aceleración pico efectivo mayores de 0,20 g. Aproximadamente el 35% del territorio colombiano queda incluido en la zona de amenaza sísmica alta.

A continuación se presenta un extracto de las características correspondientes al Grado de Amenaza y Aceleración A_a para los departamentos incluidos con la zona de influencia. Con base en dicha tabla se puede deducir que el grado de amenaza sísmica al cual se encuentra expuesto el proyecto Norte UPME 03-2010 es Media a Alta, donde solamente en el Departamento de Boyacá se tiene Grado Alto, con A_a de 0,30 g, y en Cundinamarca presenta A_a entre de 0,20 g.

Tabla -3-2 Relación de Amenaza y Aceleración departamental

DEPARTAMENTO	GRADO AMENAZA	ACELERACIÓN A_a , G
Boyacá	ALTA	0,30
Cundinamarca	MEDIA	0,20

Fuente: Modificada de Zonificación Sísmica de Colombia, 2014.

A nivel municipal, el siguiente mapa permite identificar parcialmente por su localización a cada municipio con respecto la Amenaza a la cual esta potencialmente sometido. Se puede definir por lo tanto que los municipios de Boyacá son de rango Alto, mientras que los de Cundinamarca lo son de Intermedio. Ver Figura -3-20.

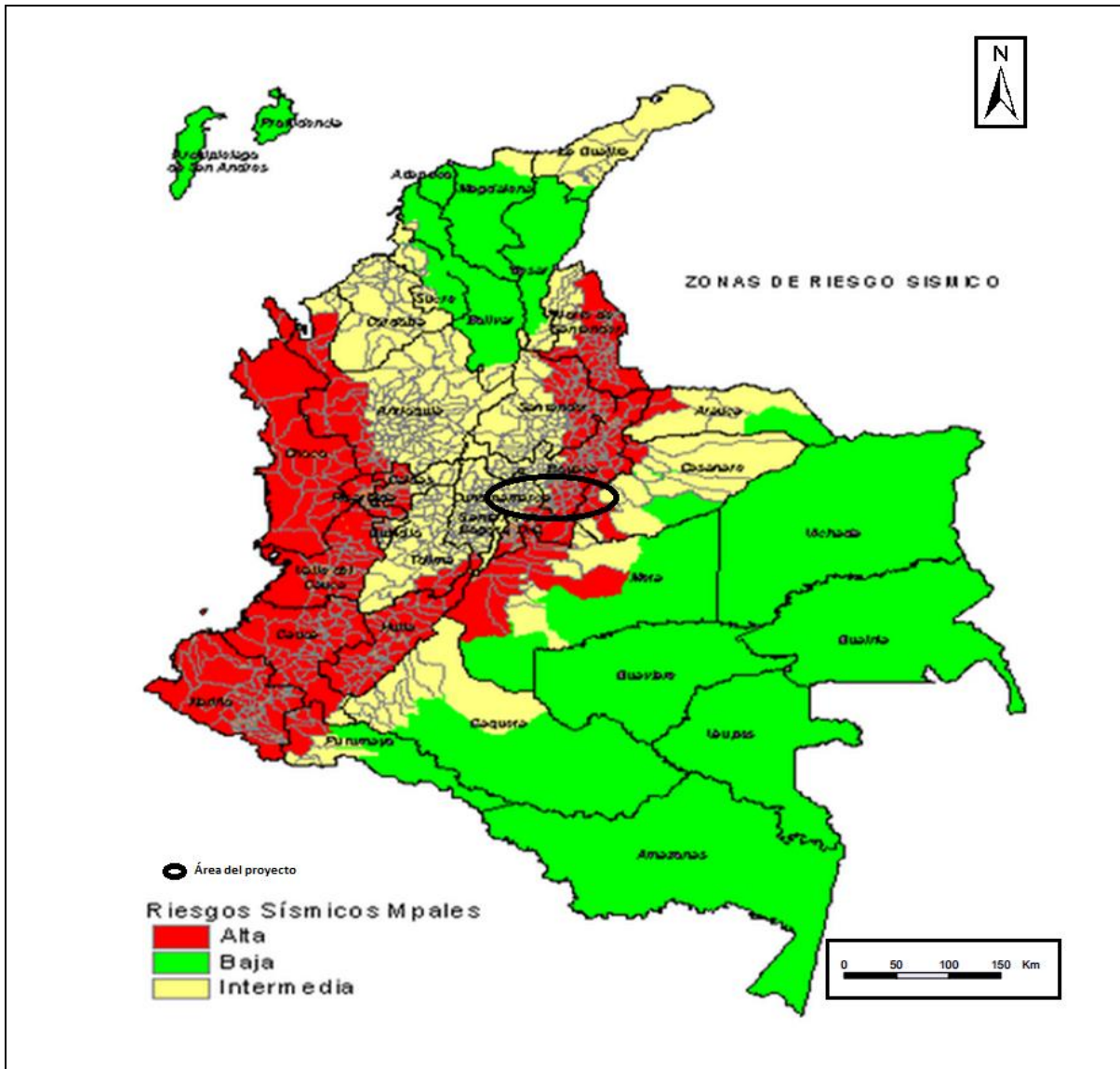


Figura -3-20. Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia.

Fuente: Tomado de Zonificación Sísmica de Colombia, 2014.

El factor detonante por sismicidad se determina con base en los resultados de amenaza sísmica. En la Tabla 3-3, se presentan los valores de los parámetros Aa y Av por municipio en cada uno de los departamentos por los que cruza el proyecto.

Tabla 3-3 Niveles de Amenaza Sísmica por municipios

MUNICIPIOS	DEPARTAMENTO	Aa	Av
Garagoa	Boyacá	0,30	0,20
Guateque			
Macanal			
San Luis de Gaceno			
Santa María			
Sutatenza			
Tenza			
Chocontá	Cundinamarca	0,20	0,15
Cogúa			
Gachancipá			
Machetá			
Madrid			
Nemocón			
Sesquilé			
Subachoque			
Suesca			
Tabio			
Tenjo			
Tibirita			
Zipaquirá			

Fuente: Tomado de Zonificación Sísmica de Colombia, 2014.

Normalmente, para una línea de transmisión, no se tienen en cuenta las cargas generadas por el sismo, teniendo en cuenta que son menores de las cargas generadas por el viento. Sin embargo en suelos donde se encontraron estratos de arenas susceptibles de licuación en caso de sismo, fue necesario determinar las cargas sísmicas y realizar el diseño de cimentación correspondiente, para lo cual se utilizó el método de la fuerza horizontal equivalente, donde se determinó la

Aceleración Espectral de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, tomando la aceleración pico efectiva más crítica para el área del proyecto, es decir de 0.30

Lo anterior se encuentra detallado en el documento 6-EEB-NORTE-GRAL-5009-6 Diseño Cimentaciones (A) contenido en el Anexo del Capítulo 2, subcarpeta Estudios y diseños de Factibilidad.

3.2.1.6. Área de Influencia Directa

La caracterización geológica del AID del proyecto Norte EEB 03-2010, se ajustó a un nivel de detalle 1:25.000, donde adicional a la descripción de las formaciones litológicas, se logró identificar y describir formaciones superficiales constituidas por depósitos cuaternarios de pendiente predominantemente coluviales, analizando las características generales de los materiales constitutivos de dichos depósitos para fines de cimentación de las estructuras de la línea de transmisión como se muestra en las tablas que se relacionan a continuación:

- Tabla 3-4 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor – Chivor II y Chivor II - PEL
- Tabla 3-5 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor II - Norte
- Tabla 3-6 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Norte -Bacatá

Tabla 3-4 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor – Chivor II y Chivor II - PEL

TORRE		UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Chivor – Chivor II	Chivor II – PEL.		
T15A (PEL), T1A	T16 a T10	E2E3arl-Arenisca El Limbo	Areniscas conglomeráticas con intercalación de areniscas arcillosas y lutitas arenosas, en el sector se presenta plegado y fallado, siendo susceptible a procesos erosivos, donde se presentan espesores de suelos de 3.0 a 5.0 m. Para las T10 y T11, se observa una meteorización moderada, con grado de erosión laminar y cárcavas, con tendencia estructural del sustrato desfavorable.

TORRE		UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Chivor – Chivor II	Chivor II – PEL.		
T2A	T9	Q2c-Depósitos de Pendiente	Depósitos no consolidados, formados por bloques y guijarros, con matriz arcillosa, se localiza sobre ladera de alta pendiente, cuyos materiales presentan un grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa. El perfil de suelo tiene un espesor de 0.5 m., donde se destaca la meteorización moderada, con grado de erosión laminar y tendencia estructural del sustrato desfavorable.
T3A a T10A	T8 a T2	E2Q1c-Formación Caja	Arcillas rojizas, areniscas arcillosas; en la parte media conformada por areniscas de grano fino a medio e intercalaciones de limolitas y conglomerados cementados en matriz arcillosa. La línea de interconexión atraviesan esta unidad en el sector de San Luis de Gaceno en donde se presenta plegada y en el extremo occidental fallada, las zonas más susceptibles a fenómenos de remoción en masa, se asocian con pliegues expuestos y paralelos a la Falla de Tesalia (distancia de 400 m). Específicamente para las T2 y T3, se observa un espesor del suelo de 0.5 m., donde se destaca la meteorización moderada, con grado de erosión laminar y tendencia estructural del sustrato desfavorable.
Pórtico	Pórtico	Q2t - Cuaternario Terraza	Depósitos fluvioglaciares de granulometría variable conformando un terreno heterogéneo que pasa abruptamente de niveles arcillosos a conglomeráticos, estructuras matriz-soportada, con un comportamiento geotécnico estable, donde se identifican taludes labrados por el lecho del río Lengupá con sectores escarpados a negativos que no presentan rasgos de procesos erosivos recientes.

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016

Tabla 3-5 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Chivor II - Norte.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Pórtico-T1	Q2t- Cuaternario Terraza	Depósitos fluvio-glaciares de granulometría variable que conforma un terreno heterogéneo que pasa abruptamente de niveles arcillosos a conglomeráticos, estructuras matriz-soportada, con un comportamiento geotécnico estable, donde se identifican taludes labrados por el lecho del río Lengupá con sectores escarpados a negativos que no presentan rasgos de procesos erosivos recientes.
T2 y T3	E2Q1c-Formación Caja	Arcillas rojizas, areniscas arcillosas, color blanco a carmelita; la parte media la conforman areniscas grises amarillentas e intercalaciones de limolitas y conglomerados cementados en matriz arenosa. La línea de interconexión atraviesan esta unidad en el sector de San Luis de Gaceno en donde se presenta plegada y en el extremo occidental fallada, las zonas más susceptibles a procesos erosivos se localiza al SE, paralela a la Falla de Tesalia y los sectores de pliegues expuestos. Con perfiles de suelos de 0.5 m., se destaca la meteorización moderada y grado de erosión laminar. Las torres se localizan sobre un depósito coluvial de poca extensión, el cual suprayace a la Formación Caja, la primera presenta una tendencia estructural favorable y la segunda desfavorable. La zona presenta pendientes moderadas, donde se presentan procesos erosivos generados a partir del corte vial efectuado en la parte baja, que desmejoran la estabilidad de la zona.
T4	E2E3arl-Arenisca El Limbo	Areniscas conglomeráticas con intercalación de areniscas arcillosas y lutitas arenosas. Se localiza sobre un filo de buena resistencia y morfología de cuchillas, que generan perfiles de suelo delgados en los que no se evidencian procesos morfodinámicos recientes.
T5	K2E1p-Grupo Palmichal	Cuarzoarenitas, intercalación de lutitas y limolitas; areniscas cuarzosas friables intercaladas con lutitas y limolitas grises; limolitas calcáreas, arcillosas y lentes de calizas. Se ubica sobre un filo de buena resistencia y morfología de cuchillas, que generan perfiles de suelo delgados en los que no se evidencian procesos morfodinámicos recientes.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T6 a T9	Kiu-Formación Une	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación maciza. En el sector se localiza sobre la ladera sur del cerro de San Agustín, en con las torres 6 a 9, zonas plegadas, poco meteorizadas, que originan desprendimientos de roca y pequeños movimientos en masa, sin haberse identificado problemas de estabilidad que afecten los sitios de ubicación de las torres. Presentando meteorización moderada con grado de erosión laminar y cárcavas, destacándose una tendencia estructural favorable.
T10 a T13	Kif-Formación Fómeque	Lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y escasos y delgados niveles de calizas. Unidad con moderada susceptibilidad a la generación de deslizamientos, principalmente hacia las laderas del río Lengupá, el cual está controlado estructuralmente por el trazo de Falla de Lengupá, que afecta la secuencia sedimentaria, generando volcamiento, que favorece la formación de perfiles de suelo con espesores considerables que han migrado ladera abajo, generando grandes movimiento en masa, siendo relevantes los sectores donde se localizan las torres 12 y 13, que se plantean en la parte alta de las coronas de desprendimiento de dos cuerpos distintos.
T14 a T19	Kilm-Formación Lutitas de Macanal	Lodolitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas, con láminas de yeso y localmente fosilíferas; en la parte intermedia contiene intercalaciones de estratos gruesos de arenitas cuarzosas de grano fino y de color gris oscuro. Este sector es atravesado por la línea de transmisión y se han identificado algunos movimientos en masa suscitados a partir de la influencia generada por la confluencia entre las fallas de Santa María y Lengupá, donde se han identificado algunos movimientos en masa. Las Torres 15 y 18 se ubican sobre un coluvión, afectado por meteorización intensa, con grado de erosión laminar.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T20 a T26	CDf-Grupo Farallones	<p>Serie de limolitas, arcillolitas, areniscas y conglomerado; constituido por areniscas cuarzosas de grano fino a conglomeráticas, limolitas y arcillolitas grises oscuras con dos niveles fosilíferos; cuarcitas y argilitas grises, verdes y violetas. Zona afectada por metamorfismo asociado a las fallas Santa María y Las Moyas al SE y La Falla La Esmeralda al NW, que producen depósitos de ladera, susceptibles a generar procesos erosivos como deslizamientos, cárcavas y flujos, en un área con meteorización moderada, con grado de erosión laminar.</p> <p>Las torres 24 y 25 se ubican en laderas escarpadas que limitan la cuchilla principal, cimentándose sobre un coluvión afectado por meteorización moderada con grado de erosión laminar y tendencia estructural desfavorable.</p>
T27 a T42	Kilm-Formación Lutitas de Macanal	<p>Lodolitas negras, micáceas, compactas, ligeramente calcáreas, con láminas de yeso y localmente fosilíferas; en la parte intermedia contiene intercalaciones de estratos gruesos de arenitas cuarzosas de grano fino y de color gris oscuro. Al sur se encuentra la Falla La Esmeralda. Algunas torres se localizan sobre laderas donde la disposición estructural de los estratos lutíticos se presentan desfavorables, como es el caso de las torres 29, 31, 34, (Sustrato con tendencia estructural favorable) 36, 39, 41 y 42, afectados por meteorización intensa, con grado de erosión laminar.</p>
T43 a T45	Kiaj-Formación Arenisca de Las Juntas	<p>Conformado principalmente por areniscas cuarzosas y lutitas grises oscuras a negras. afectados por meteorización intensa, con grado de erosión laminar, con tendencia estructural desfavorable.</p>
T46	Q2c-Depósitos de Pendiente	<p>Depósitos no consolidados, formados por bloques y gujarros, con matriz arcillosa, se localiza sobre ladera de alta pendiente, cuyos materiales presentan un grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa.</p>
T43 a T78	Kiaj-Formación de Las Juntas	<p>Conformado principalmente por areniscas cuarzosas y lutitas grises oscuras a negras. Sobre un coluvión se localizan las torres 43, 46, 62 y 64, afectado por meteorización moderada a intensa y grado de erosión laminar, con tendencia estructura desfavorable del sustrato. Se trata de una zona con plegamiento</p>

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
		intenso, muy susceptibles a generar procesos erosivos en las lutitas, para las torres 69, 70 y 71, por sobreexplotación minera; cortes de taludes viales desfavorables y mal manejo de las aguas de riego.
T79 a T88	Qal-Depósitos Aluviales	Sedimentos recientes conformados por bloques, cantos, gravas y arenas, con morfología relativamente plana, con algún grado de sinuosidad dependiente de la capacidad de transporte que presenten los flujos asociados a la cuenca del río Lengupá y que está caracterizada por una acumulación semiestratificada de fragmentos subredondeados de origen sedimentario, que afloran sobre el lecho del río en la parte alta de la cuenca. Las torres se ubican sobre depósitos afectados por meteorización moderada y grado de erosión laminar, cuyo sustrato presenta tendencia estructural desfavorable. Las torres 84 y 87 se ubican sobre la Formación Areniscas de Las Juntas
T89 y T90	Kiaj-Formación Arenisca de Las Juntas	Conformado principalmente por areniscas cuarzosas y lutitas grises oscuras a negras. La torre 90 es vulnerable por el volcamiento de bloques sobre las laderas escarpadas.
T91 a T94	Kiu-Formación Une	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza. Las torres 91 y 92 son vulnerables ante la generación de movimientos en masa por la degradación o reactivación de movimientos en masa presentes en las laderas. La torre 93 es vulnerable ante la potencial afectación por flujos de la quebrada Negra.
T95	Q2c-Depósitos de Pendiente	Se presenta un coluvion sobre la ladera de mayor pendiente que se conforman por materiales que presentan algún grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa, ante procesos de desconfiamiento generan desprendimientos de bloques por volcamiento o rocas de materiales finos tipo lutitas e inclusive arcillolitas que generan gruesos perfiles de suelo.
T96	Ksc-Formación Chipaque	Lutitas negras con intercalaciones de calizas, intercalaciones areniscas cuarzosas, un nivel de carbón. La torres es vulnerable ante la potencial afectación por flujos de la quebrada Negra.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T97 a T99	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino. En la parte alta del municipio de Tibiritá, conforman la cuchilla de Los Cristales, donde se han identificado la cicatriz de un movimiento en masa que en su parte baja a afectado la vía principal, y sobre cuya corona se localizan las torres 97, 98 y 99; siendo necesario generar medidas de contingencia que eviten la reactivación del fenómeno de remoción y de su retroceso, con laderas en contrapendiente. La Torre 98 se ubica sobre un coluvión y una laderas con alta pendiente, cuyos materiales son susceptibles a degradarse y generar movimientos en masa, con gruesos perfiles de suelo.
T100 a 102N	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas. La zona presenta características geomecánicas desfavorables.
T103 y T104NN	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón. La zona presenta características geomecánicas desfavorables.
T105	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas
T105A	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T106 a T109N	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T111	Kiu-Formación Une	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza. La torre se ubica sobre ladera con un grueso perfil de suelo, siendo potencialmente vulnerable ante la generación de movimientos en masa.
T112	Qal-Depósitos Aluviales	Sedimentos recientes conformados por bloques, cantos, gravas y arenas. Zona vulnerable por encontrarse sobre el abanico de origen fluvio-coluvial que está enmarcada por el cauce de la quebrada de El Pueblo
T113 y T114	Kiu-Formación Une	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza. La torre 113 presenta una condición desfavorable al estar localizada sobre el depósito fluvio- aluvial que está confinado entre las quebradas Helada y Yoya.
T115	Qal-Depósitos Aluviales	Sedimentos recientes conformados por bloques, cantos, gravas y arenas. Se ubica sobre ladera con un grueso perfil de suelo, siendo potencialmente vulnerable ante la generación de movimientos en masa.
T116	Kiu-Formación Une	Areniscas cuarzosas, localmente conglomeráticas, algo micáceas, con estratificación fina a maciza. Predomina en el sector la litología conglomerática.
T116N y T117	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T118N y T119N	Q2c-Depósitos de Pendiente	Se presenta un coluvión sobre las laderas de mayor pendiente, conformado por materiales que presentan algún grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa, con gruesos perfiles de suelo que migran ladera abajo para formar los movimientos en masa.
T120N y T121NN	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T122N	E1c—Formación Cacho	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.
T123N y T124N	Q2c-Depósitos de Pendiente	Coluvión sobre las laderas de mayor pendiente, conformado por materiales que presentan algún grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa, con gruesos perfiles de suelo

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
		que migran ladera abajo para formar los movimientos en masa.
T125N y T127	E2r-Formación Regadera	Areniscas friables, capas gruesas de areniscas, capas delgadas cuneiformes de arcillolitas, intercalaciones de areniscas friables, localmente conglomeráticas,
T128 a T134	N2t-Formación Tiltatá	Arenas, intercaladas con capas gruesas de gravas grano-soportadas y matriz-soportada, areniscas de grano grueso, lecho-cascajosos con clastos de cuarzo y de "plaeners"
T135 a T137	Q2ch--Formación Chía	Depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos Bogotá, Néusa y Río Frío.
T138 y T139	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T140 a T142	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T143	E1c-Formación Cacho	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.
T144	E1b-Formación Bogotá	Arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo
T145	E1c-Formación Cacho	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.
T146 a T155	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T157 y T157	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.

TORRES	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T158	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T159 a T164	Q1sa--Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.
T165 a T170	Q2ch--Formación Chía	Depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos Bogotá, Néusa y Río Frío.
T171 y T172	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.
T173	Q2ch-Formación Chía	Depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos
T174 a T178 y Pórtico	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016

Tabla 3-6 Sitios de Torre y litología Asociada Tramo Norte -Bacatá.

TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Pórtico, T1 y T2	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.
T3	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón. Zona afectada por reptación.

TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T4N	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas. La zona presenta características geomecánicas desfavorables. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m.
T4A y T5	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas síliceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas síliceas, capas de porcelanitas. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m.
T6	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas. La zona presenta características geomecánicas desfavorables. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m.
T7	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m.
T8	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas síliceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas síliceas, capas de porcelanitas. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m.
T9 y T10	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas. La zona presenta características geomecánicas desfavorables. Suelos con espesores variables de 0.3 a 3.0 m. Torre 10 afectada por reptación.
T11	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba. Zona afectada por reptación.
T12 a T18	Q2ch-Formación Chía	Depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos Bogotá, Néusa y Río Frío. Susceptibles a socavación lateral.

TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T19 a T24	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba. Susceptibles a socavación lateral.
T25 y T26	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T27, T28 y T29	E1b-Formación Bogotá	Arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo
T30 a T33	Q1Tu-Formación Río Tunjuelito	Depósito constituido por sedimentos de grano grueso a lo largo de los ríos que cruzan la Sabana de Bogotá, están constituidos por gravas intercaladas de arenas, arcillas y turbas.
T34 a T37	E1b-Formación Bogotá	Arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo
T39	E1c-Formación Cacho	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.
T40 y T41	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T42	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T43AN	K2c-Formación Conejo	Arcillolitas y lodolitas laminadas, calcáreas, con limolitas de cuarzo, silicificadas y cuarzoarenitas.
T43N y T44AN	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas. Zona afectada por subsidencia.
T44N	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy

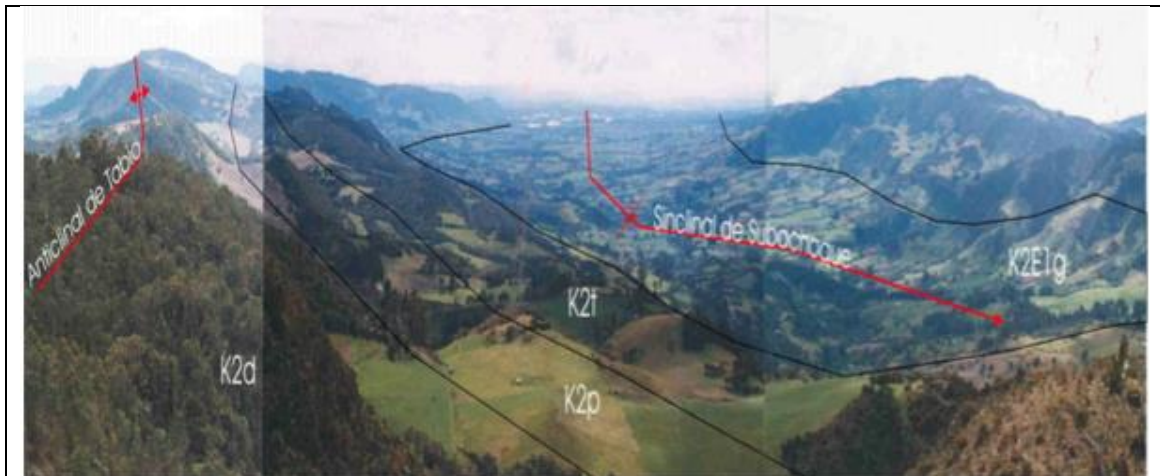
TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
		fino y en menor proporción de grano fino. Afectada por meteorización intensa, con grado de erosión laminar y tendencia estructural desfavorable. sobre zona afectada por subsidencia. Zona afectada por subsidencia.
T45 a T48	K2c-Formación Conejo	Arcillolitas y lodolitas laminadas, calcáreas, con limolitas de cuarzo, silicificadas y cuarzoarenitas. Zona afectada por subsidencia en la torre 45.
T49	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas.
T50 a T58	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.
T59	E1c—Formación Cacho	Areniscas cuarzosas, capas estratificadas de conglomerado, con capas de cuarzo en veta.
T60 a T63	E1b-Formación Bogotá	Arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas color gris verdoso, con un moteado gris pardo claro y en menor proporción rojo grisáceo
T64	Q2ch-Formación Chía	Depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos Bogotá, Néusa y Río Frío.
T65 y T66	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.
T67 y T68	Q2c-Depósitos de Pendiente	Depósitos no consolidados, formados por bloques y gujarros, con matriz arcillosa, se localiza sobre ladera de alta pendiente, cuyos materiales presentan un grado de susceptibilidad a ser degradados y generar movimientos en masa.
T69 a T72	K2E1g-Formación Guaduas	Arcillolitas, lodolitas y areniscas; arenitas con intercalación de limolitas y lodolitas; lodolitas, limolitas, lodolitas laminadas y lenticulares y esporádicas capas de areniscas con intercalaciones de lodolitas, limolitas y mantos de carbón.

TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
T73 a T76	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T77 a T81	K2c-Formación Conejo	Arcillolitas y lodolitas laminadas, calcáreas, con limolitas de cuarzo, silicificadas y cuarzoarenitas.
T82	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T83 a T85	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T86 a T93	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas.
T94	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T95 a T98	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T99 a T101	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T102 a T110	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T111N	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T112 a T117	K2d-Formación Arenisca Dura	Areniscas de grano muy fino en capas gruesas y muy gruesas, limolitas y areniscas fosfáticas, estas últimas con espesores hasta 15 cm, areniscas de grano muy fino y en menor proporción de grano fino.
T11A a T119	K2p-Formación Plaeners	Arcillolitas negras que parten en shales, limolitas silíceas y lodolitas arenosas, areniscas muy finas

TORRE	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
		limosas; areniscas, chert y limolitas silíceas, capas de porcelanitas.
T120 a T121	K2t-Formación Labor y Tierna	Capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y lodolitas, limolitas y limolitas arenosas, intervalo de areniscas limosas.
T122 a T128 y Pórtico	Q1sa-Formación Sabana	Depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba.

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016

En la Fotografía 3-1, se muestra sinclinal, anticlinal y algunos tipos de litología que afloran en el tramo Norte – Bacatá, por donde se tiene previsto el tendido de la línea de transmisión eléctrica.



Fotografía 3-1 Panorámica del sinclinal de Subachoque, formando el valle aflora la Formación Guaduas (K2E1g) y hacia los flancos las unidades del Grupo Guadalupe (K2d, K2p y K2t).

Fuente: Geología de la Sabana de Bogotá, INGEOMINAS, 2006

A continuación se muestra el plano geología en las siguientes figuras: Figura 3-21, Figura 3-22, Figura 3-23, Figura 3-24, Figura 3-25 y Figura 3-26. y la leyenda geológica en la Figura 3-27.

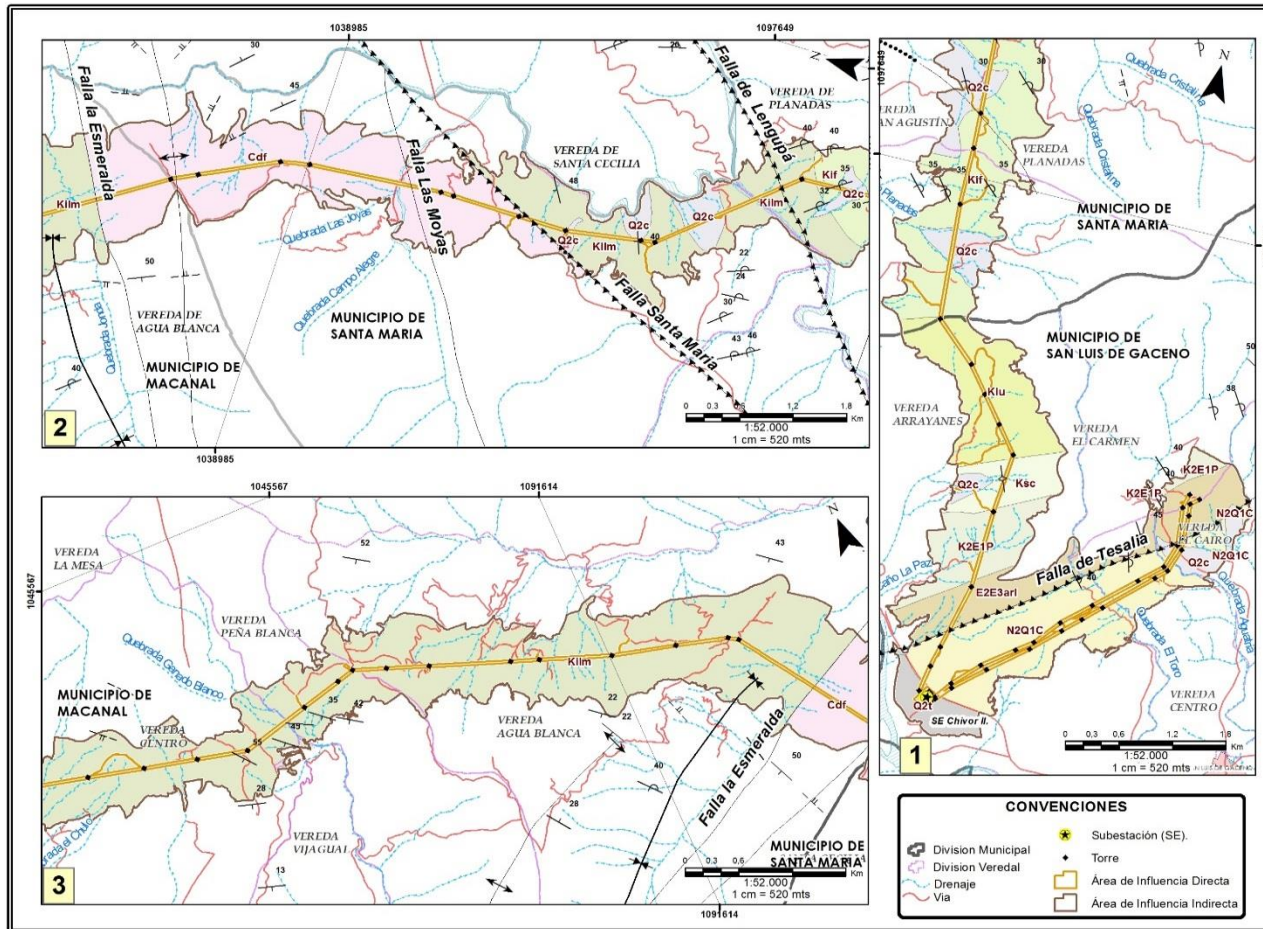


Figura 3-21 Plano Unidades Geológicas (1-3)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

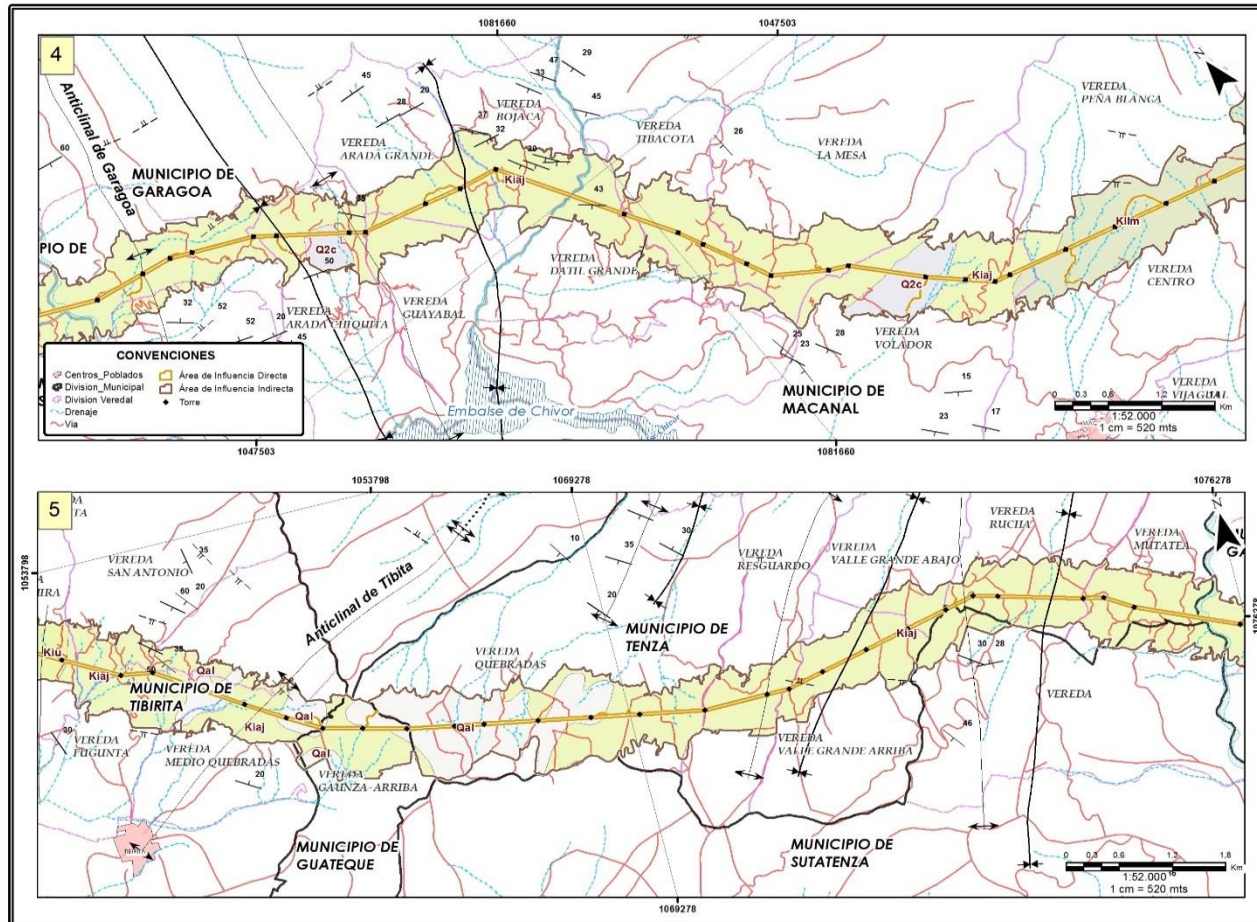


Figura 3-22 Plano Unidades Geológicas (4-5)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

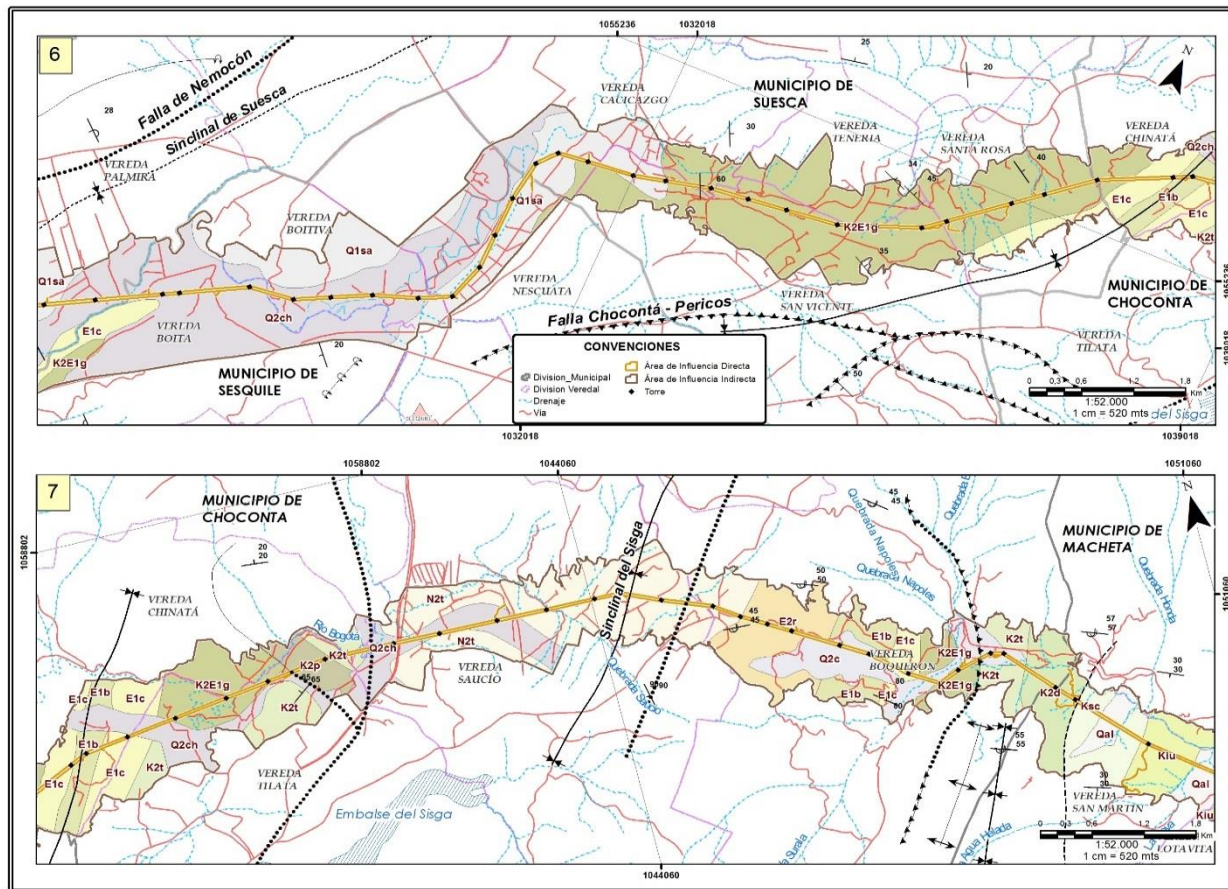


Figura 3-23 Plano Unidades Geológicas (6-7)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

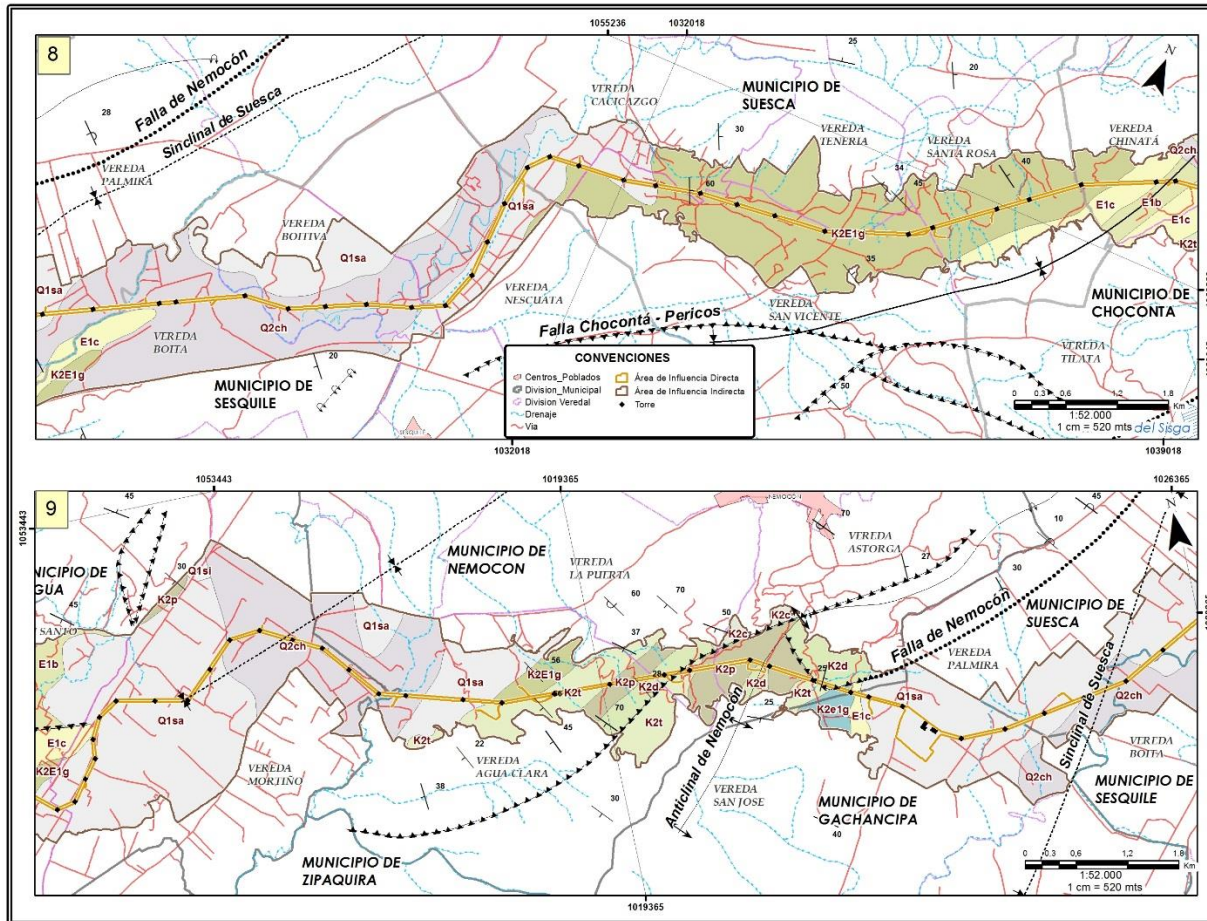


Figura 3-24 Plano Unidades Geológicas (8-9)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

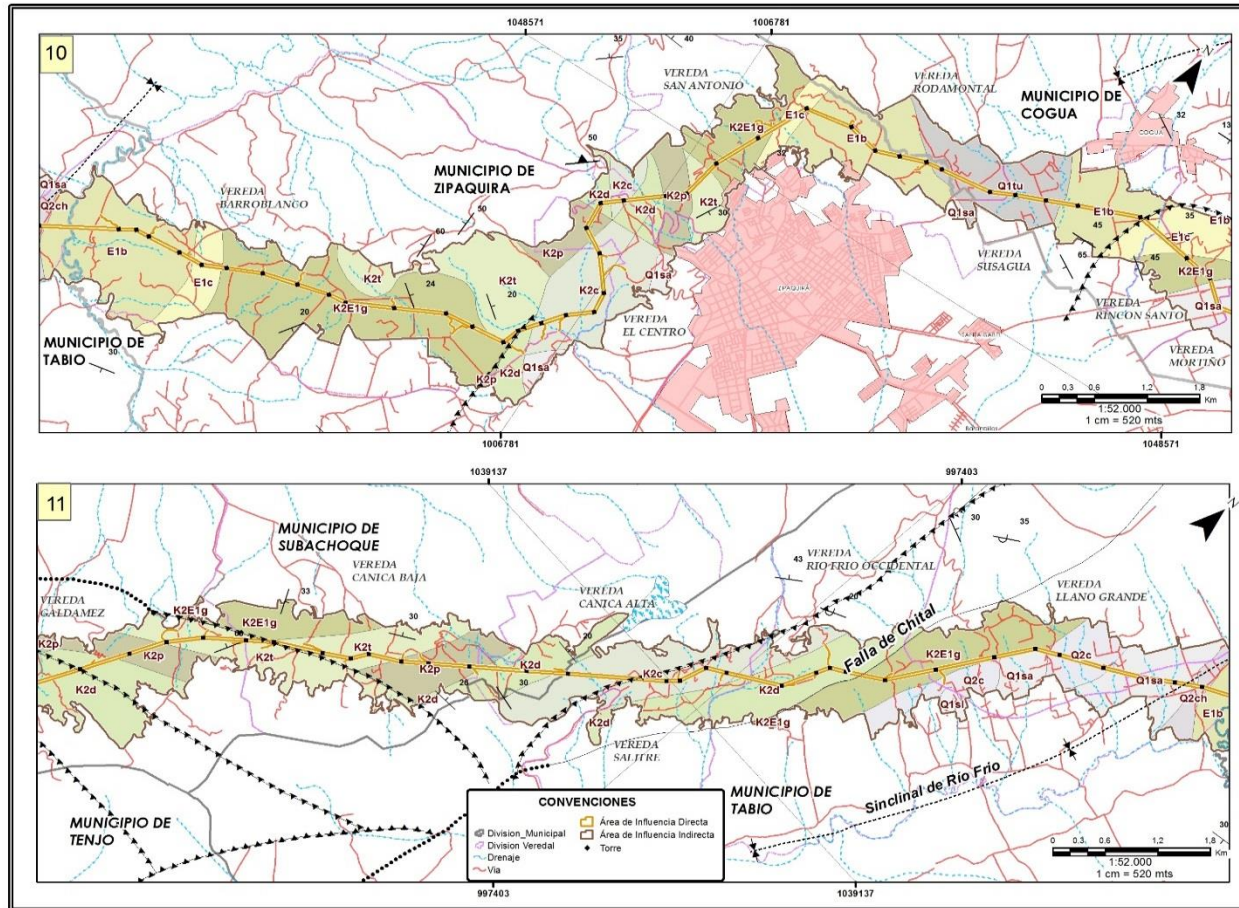


Figura 3-25 Plano Unidades Geológicas (10-11)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

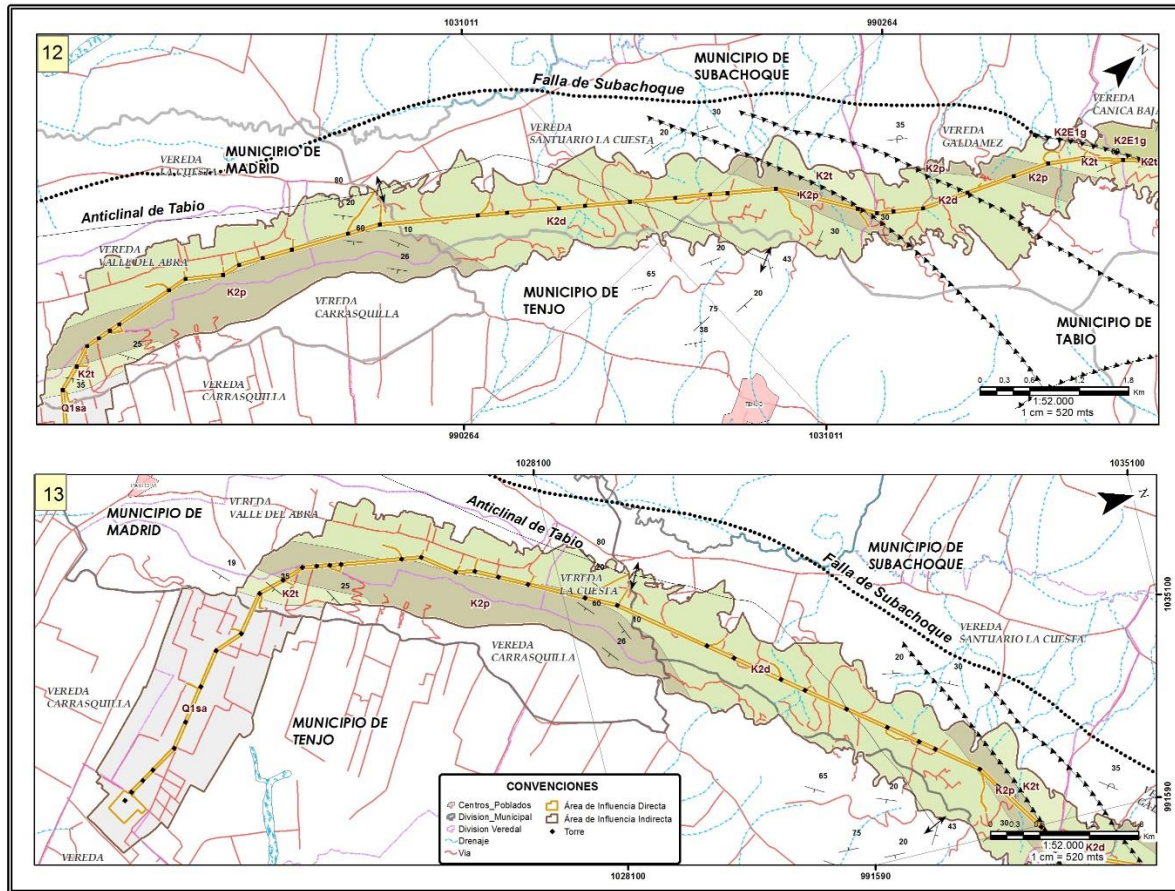


Figura 3-26 Plano Unidades Geológicas (12-13)

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

ERA	PERÍODO	UNIDAD GEOLÓGICA	SÍMBOLO
CENOZOICO	CUATERNARIO	Depósitos de Pendiente	Q2c
		Depositos Aluviales	Qal
		Formación Río Tunjuelito	Q1tu
		Formación Sabana	Q1sa
		Formación Río Siecha	Q1si
		Formación Chía	Q2ch
		Cuaternario Terrazas	Q2t
	NEÓGENO	Formación Tiltá	N2t
		Formación Caja	N2Q1C
	PALEOGENO	Formación Areniscas del Limbo	E2E3arl
		Formación Regadera	E2r
		Formación Bogotá	E1b
		Formación Cacho	E1c
MESOZOICO	CRETÁCICO	Grupo Palmichal	K2E1P
		Formación Guaduas	K2E1g
		Formación Labor y Tierra	K2t
		Formación Plaeners	K2p
		Formación Arenisca Dura	K2d
		Formación Conejo	K2c
		Formación Chipaque	Ksc
		Formación Une	Kiu
		Formación Fόμεque	Kif
		Formación Areniscas de las Juntas	Kiaj
		Formación Lutitas de Macanal	Kilm
PALEOZOICO	CARBONIFERO DEVONICO	Grupo Farallones	Cdf

Figura 3-27 Leyenda Geológicas

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

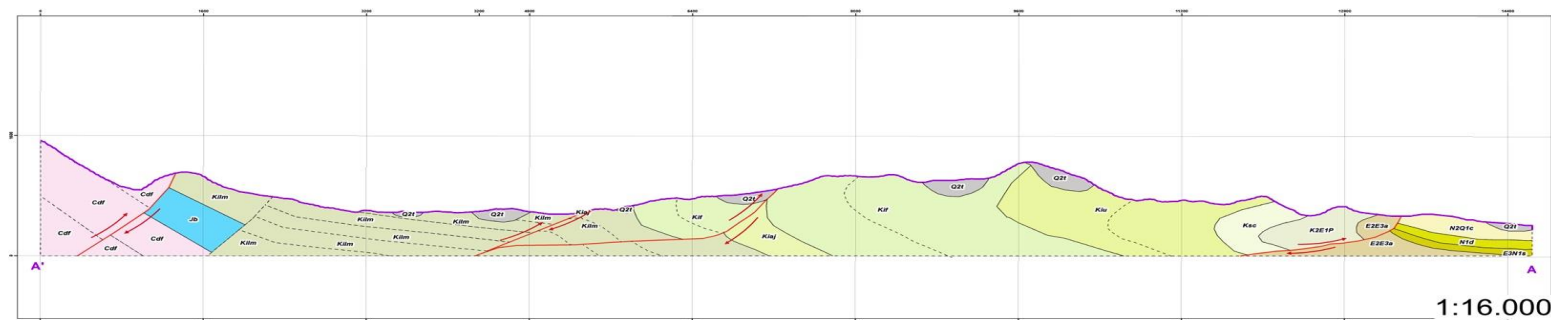
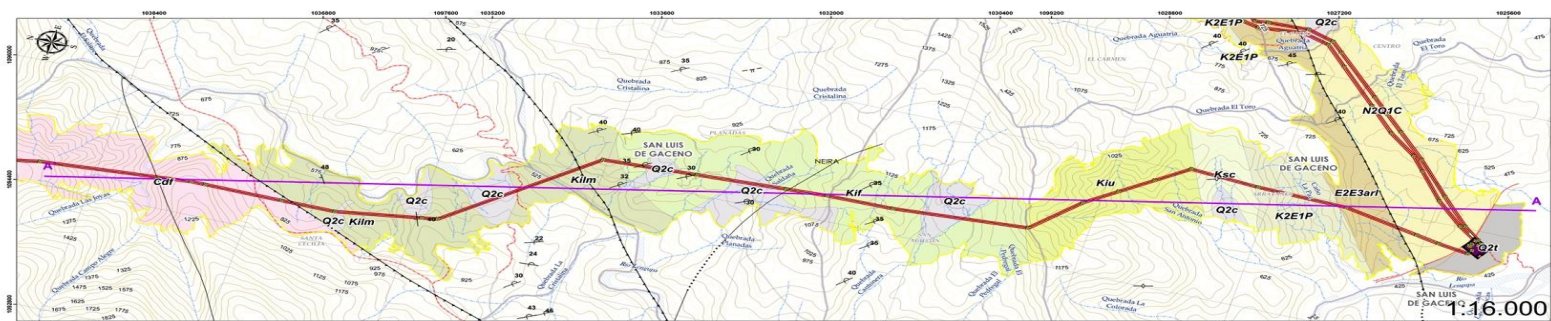
Para complementar la información anterior, se incluye las secciones transversales en las siguientes figuras: Figura 3-28, Figura 3-29 y Figura 3-30, los cuales fueron realizados con base en datos estructurales recolectados en campo que se muestran en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7 Puntos de control estructural en el área del proyecto NORTE UPME 03-2010.

COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN BOGOTA		RUMBO	BUZAMIENTO
ESTE	NORTE		
986635,798	1024694,41	N38W	SW35
986905,069	1025363,52	N30W	SW25
988358,773	1028471,27	N39W	SW26
988121,563	1028699,46	N24W	SW10
987744,475	1028314,05	N42W	SW60
987429,18	1028435,89	N40W	SW20
987123,119	1028502,74	N32W	NE80
991591,701	1032468,39	N66E	SE30
991993,538	1033057,28	N44W	NE30
993283,142	1035617,73	N70W	NE60
993348,312	1036475,19	N59E	SE33
994514,711	1037213,37	N34W	NE30
995846,526	1037604,91	N9E	SE30
1004122,47	1044172,8	N55W	SW20
1005039,12	1045266,32	N38E	SE24
1005886,32	1045663,2	N38E	SE20
1007351,93	1047924,12	N62W	SW30
1011982,52	1050664,35	N45W	NE35
1012511,2	1051911,93	N31E	NW12
1018620,9	1050155,22	N59E	NW56
1019308,82	1049823,17	N47E	NW70
1019800,71	1050147,99	N62E	NW28
1019694,35	1050634,56	N38E	NW37
1021952,41	1049819,36	N63W	SW25
1018663,06	1050531,75	N59E	SE56
1026531	1049075,42	N40E	NW70
1032797,5	1053950,13	N66E	SE60
1035097,06	1054837,07	N22E	SE45
1036128,28	1055586,81	N33E	SE40
1040535,59	1056414,77	N38W	NE65
1045681,96	1055942,11	N2E	NW45
1047080,87	1054679,85	N39E	SE80
1053321,04	1054062,29	N12E	NW70
1053485,74	1053459,37	N12E	NW45
1055445,71	1054633,94	N43E	SE40
1062253,83	1053124,76	N16E	NW40
1062622,92	1053309,61	N58E	NW30
1064313,54	1052405,33	N54E	NW38
1063988,12	1052214,02	N33E	NW50
1079037,1	1048860,38	N50E	NW35

COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN BOGOTA		RUMBO	BUZAMIENTO
ESTE	NORTE		
1080718,71	1048769,28	N52E	NW37
1080777,97	1048581,95	N11E	NW32
1080887,59	1048125,88	N62E	NW30
1081220,97	1047250,76	N40E	NW43
1087355,91	1042866,85	N51E	NW55
1087844,86	1042854,19	N42E	NW45
1088356,04	1042971,31	N41E	NW35
1095227,14	1036253,02	N31W	NE48
1094942,71	1035207,91	N21W	NE40
1096654,92	1032334,97	N45E	NW30
1096013,31	1032207,64	N62E	NW30
1096174,7	1032846,23	N59E	NW30
1096206,45	1033294,7	N55E	NW35
1096523,95	1033846,35	N54E	NW40
1095881,88	1033454,17	N50E	NW32
1096089,38	1030908,84	N53E	NW35
1096538,91	1031067,33	N43E	NW35
1098607,26	1026908	N49E	NW40

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016



UNIDADES GEOLÓGICAS

- | | | | |
|---|--|---|--|
| Cdf, Grupo Farallones | Jb, Formación Batá | Kif, Formación Fómeque | Ksc, Formación Chipaque |
| E2E3ar1, Formación Areniscas del Limbo | K2E1P, Grupo Palmichal | Kilm, Formación Lutitas de Macanal | N1d, Formación Diablo |
| E3N1s, Formación San Fernando | Kiaj, Formación Areniscas de las Juntas | Kiu, Formación Une | N2Q1C, Formación Caja |
| | | | Q2t, Cuaternario Terrazas |

Figura 3-28 Perfil Geológico A-A'
Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.

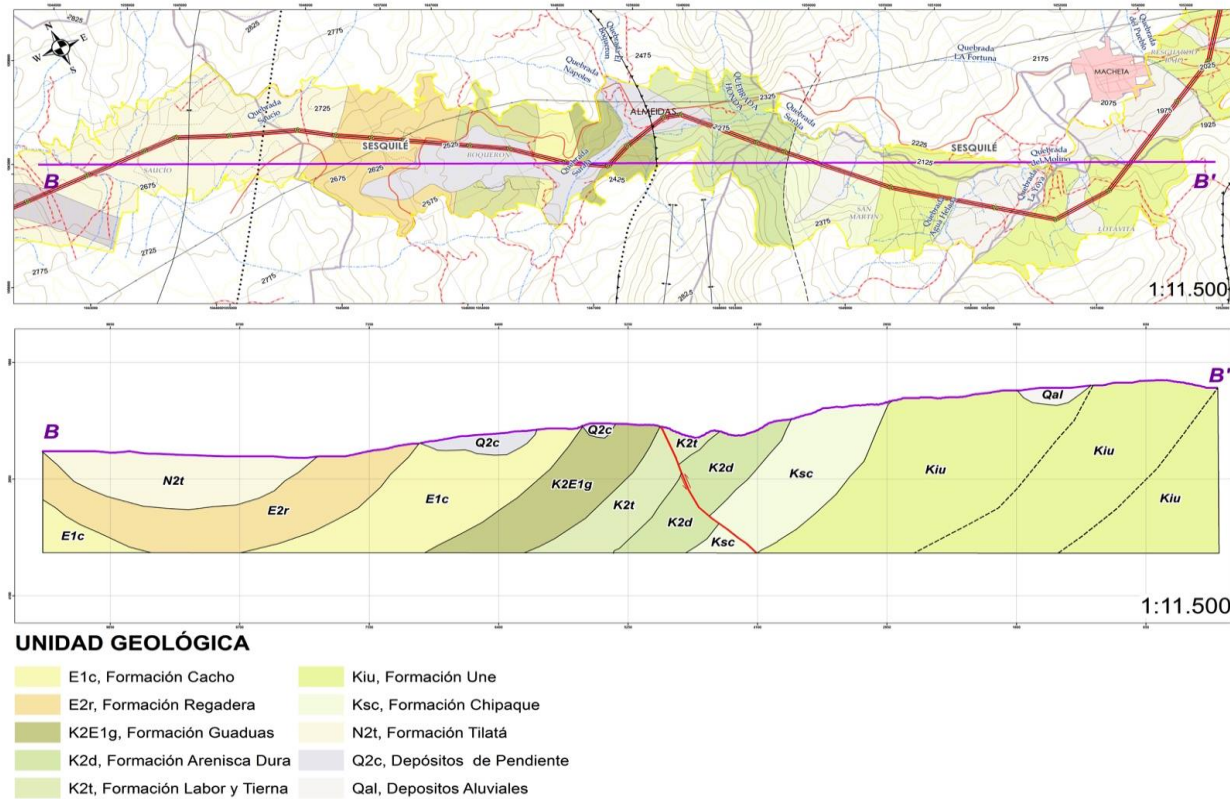


Figura 3-29 Perfil Geológico B-B'
Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.



Figura 3-30 Perfil Geológico D-D'
Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2016.