
MODELAMIENTO GEOELECTRICO Y GRAVIMETRICO DE UN SECTOR DEL SUROESTE DE LA SABANA DE BOGOTA

LUIS ALBERTO BRICEÑO GUARUPE

Profesor Asociado, Departamento de Geociencias-Facultad de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia

IRENE ARANGO HAUPT

Geóloga, Carrera de Geología-Facultad de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia

Briceño. L. A. & I. Arango (2000): Modelamiento geoelectrico y gravimétrico de un sector del suroeste de la Sabana de Bogotá. Geofis. Colomb. 4:43-60. ISSN 0121-2974. Santa Fe de Bogotá, D.C. - Colombia

RESUMEN

Se realizó un modelamiento geológico del subsuelo en una zona ubicada en inmediaciones del municipio de Soacha, entre las coordenadas N 997.000 a 1'000.000 y E 985.000 a 988.000. Se determinó, con base en mediciones gravimétricas y geoelectricas, controladas con la observación geológica de afloramientos y el registro de perforación del pozo Terreros II, que la cuenca se profundiza en sentido SE-NW, siendo el Grupo Guadalupe la base de la sucesión litológica considerada. El Grupo Guadalupe se identifica por presentar resistividades entre 300 y 380 ohm-m y se profundiza desde 60 m al SE hasta 240 m al NW. Sobre esta unidad se interpretan, siguiendo la misma tendencia de profundización, las arcillolitas de la Fm. Guaduas (espesor promedio de 60 m), una capa delgada de areniscas terciarias (15 m de espesor promedio) y rocas terciarias y cuaternarias no consolidadas sin diferenciar. El mapa de Anomalía Bouguer Simple muestra variaciones entre -142 y -149 mgal, con una tendencia regional de disminución en dirección SE a NW, coincidiendo en dirección y magnitud con valores previamente calculados para esta zona. A partir del mapa de Anomalía Residual (con un rango de valores de 12.4 a 15.5 mgal), que se utilizó para el modelamiento, se determinó la presencia de un mínimo gravimétrico que coincide con la posición y sentido de la profundización de la cuenca y limita al occidente con una zona de fuerte gradiente de anomalía, lo que permite proponer la continuidad en el subsuelo de la Falla de Sucre, con una dirección aproximada N45°W, que concuerda con lo esperado a partir de la revisión geológica preliminar.

ABSTRACT

A subsurface geological modeling was carried out near the Soacha area. Based on both gravimetric and geoelectric measurements, the examination of surface geological data and the Terreros II well log, it is proposed that the basin deepens from southeast toward northwest, being the Guadalupe Group the bottom of the lithologic studied sequence. High resistivity values ranging from 300 to 380 ohm-m characterizes the Guadalupe Group, which is found at 60 m in the southeast and deepens to 240 m in the northwest of the area. Above this rock unit, following the same deeping tendence, should appear the Guaduas Formation (about 60 m thick), a thin belt of Tertiary sandstones (about 15 m thick) and non-diferentiated Tertiary-Quaternary unconsolidated sediments. Simple Bouguer Gravity anomaly map shows variations between -142 to -149 mgal, with a regional decreasing from SE to NW that coincides in amplitude and direction with previous values for this zone. The Residual Anomaly map (ranging from 12.4 to 15.5 mgals), that was used for modeling, shows a relative gravity minimum which matches the trend of deeping and position of the basin and it borders a strong gradient anomaly, suggesting the continuity of the Sucre Fault in the subsurface, with a N45°W direction.

1. INTRODUCCION

El conocimiento del subsuelo de la Sabana de Bogotá es importante dentro del panorama geológico del país por la implicación social y económica, aparte del aspecto técnico y científico. Dicho conocimiento contribuye, por una parte a la microzonificación sísmica, además es la base del planeamiento de obras civiles y ayuda, finalmente, a la definición de acuíferos subterráneos.

Por ser un terreno relativamente plano, la adquisición de información geológica está muy restringida y se requiere de la perforación de pozos o de la implementación de herramientas geofísicas para obtener un modelamiento real del subsuelo.

Con el propósito de complementar el conocimiento actual de la geología de la Sabana de Bogotá, en el presente trabajo se escogió un sector al sur-occidente de Santa Fe de Bogotá, en inmediaciones del municipio de Soacha (Fig.1), con el fin de realizar en la zona mediciones gravimétricas y geoelectricas, tomando como control en la interpretación de los datos adquiridos, el registro de perforación de un pozo para aguas, ubicado dentro del área y la geología conocida de los alrededores.

Por medio de la geofísica se intentó determinar la continuidad en el subsuelo de las estructuras y unidades aflorantes y, así mismo, establecer la geometría de las unidades que conforman la cuenca.

El modelo geológico presentado servirá en el futuro como punto de amarre en estudios de zonas cercanas, en donde no se presenten afloramientos y la información geofísica o de pozo sea escasa o nula.

2. MARCO GEOLOGICO GENERAL

La Sabana de Bogotá es una altiplanicie situada en la cordillera oriental de Colombia entre los 4°30' y los 5°30' norte y los 74° y 74°30' oeste, es una de las mayores cuencas de su tipo, casi completamente cerrada. Se encuentra rodeada por cerros, a una altura aproximada de 2550-2650 m sobre el nivel del mar y abarca un área de 1400 km². El relleno de la Sabana de Bogotá está constituido por sedimentos terciarios y cuaternarios depositados sobre rocas cretácicas que también conforman los cerros adyacentes.

La geología general del área de estudio, que se presenta, descrita a continuación, es producto de una compilación bibliográfica y posterior revisión de la misma en campo, apoyada por un análisis fotogeológico. La geología general se sintetiza en el mapa geológico anexo (Fig.2). La relación estratigráfica de las unidades descritas se encuentra detallada en la columna presentada por Arango (1998).

2.1 Estratigrafía

A continuación se presenta una breve descripción de las unidades aflorantes en el área de estudio, así como de las que se espera encontrar en el subsuelo. Son formaciones geológicas pertenecientes a los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario.

Cretácico:

Formación Chipaque (Kvc)-Cenomaniano-Coniaciano-:

En la zona se encuentra conformando el núcleo del Anticlinal de Cheba.

Forma parte del Grupo Villeta, suprayace la Fm. Une e infrayace la Fm. Arenisca Dura. Su contacto superior en el área de estudio se presenta de manera concordante y transicional.

Litológicamente está conformada por tres segmentos (Renzone, 1962): un nivel inferior constituido por arenitas de grano muy fino con delgadas intercalaciones de arcillolitas; un segmento intermedio conformado por calizas arenáceas fosilíferas con intercalaciones de arcillolitas, y un segmento superior constituido por arcillolitas negras intercaladas con delgadas capas de calizas y areniscas.

En el área de estudio aflora el segmento superior, caracterizado por presentar lodolitas de colores gris oscuro a negro, carbonosas, fisiles, con laminación fina paralela en capas y bancos de 10 cm hasta 1 m hacia el tope y con un aumento de espesor, hacia la base, de 1.5 hasta 2 m. Presenta intercalaciones de 20 cm hasta 1.5 m de areniscas de grano fino, amarillentas a café, con matriz arcillosa y presencia de fósiles (escamas de peces). No se presentan intercalaciones calcáreas en el sector.

El espesor de la formación medido en el Cerro de Cheba fue de 69 m (Angel et al., 1988).

Grupo Guadalupe:

Fm. Arenisca Dura (Kgd) -Coniaciano-:

Es la base del grupo. En la zona de estudio se encuentra aflorando, en ambos flancos del Anticlinal de Cheba, suprayaciendo transicionalmente a la Fm. Chipaque. Se encuentra fallada en ambos flancos del anticlinal, al oriente por la Falla de Sucre, que delimita el contacto con la Fm. Arenisca de Labor y al occidente con una falla que la pone en contacto con la misma formación.

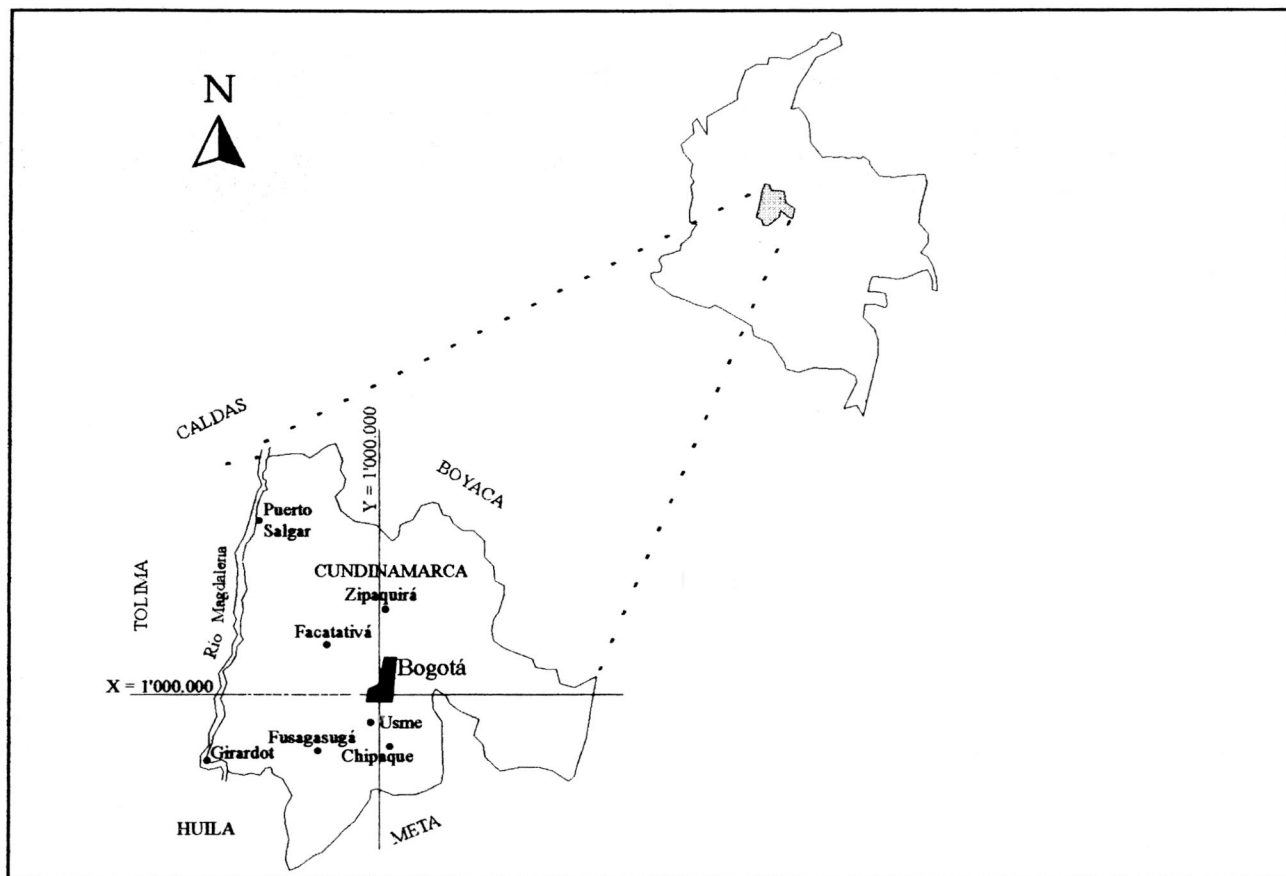


FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

Litológicamente está constituida por arenitas finas (algunas veces alcanzan a ser finas a medias), blancas a gris amarillentas (por alteración), bien seleccionadas, duras y macizas, ocasionalmente micáceas (1-2%), en capas gruesas (de 1.5 a 10 m de espesor). Presenta intercalaciones delgadas de arcillolitas lodosas grises, lodolitas arenosas y liditas; capas de 10 a 40 cm que hacia la parte más superior de la unidad pueden alcanzar espesores mayores, de hasta 5 m. Las capas de areniscas predominan en toda la sucesión expuesta en la zona. Presenta una estratificación principalmente plano-paralela, aunque entre algunos bancos se observa laminación fina ondulosa (no es común). Está fuertemente compactada por cemento silíceo principalmente (Vergara & Rodríguez, 1996).

El espesor de la unidad, medido al occidente del eje del Anticlinal de Cheba, alcanza los 258 m (Angel et al., op.cit.)

Fm. Plaeners (Kgp) -Santoniano-:

No aflora en la zona estudiada. Suprayace a la Fm. Arenisca Dura e infrayace a la Fm. Arenisca de Labor (normalmente sus contactos inferior y superior son concordantes y transicionales). Litológicamente, en los afloramientos cercanos a la zona de estudio, está constituido por una sucesión de arcillolitas y limolitas silíceas con fractura concóidea y partición en romboedros, muy compactas, de colores claros intercaladas con bancos de arcillolitas y lodolitas arenosas gris a gris verdoso, fisiles, blandas, conformando bancos de 1.5 hasta 10 m de espesor. También se presentan capas de arenisca de grano muy fino en bancos de estratificación gruesa (hasta 3 m) separadas por finas capas de arcillolitas de color blanco amarillento, muy porosas (por disolución de fósiles).

En la Quebrada El Molino, al sur del área de estudio tiene un espesor de 63 m. (Hernández & Rincón, 1990).

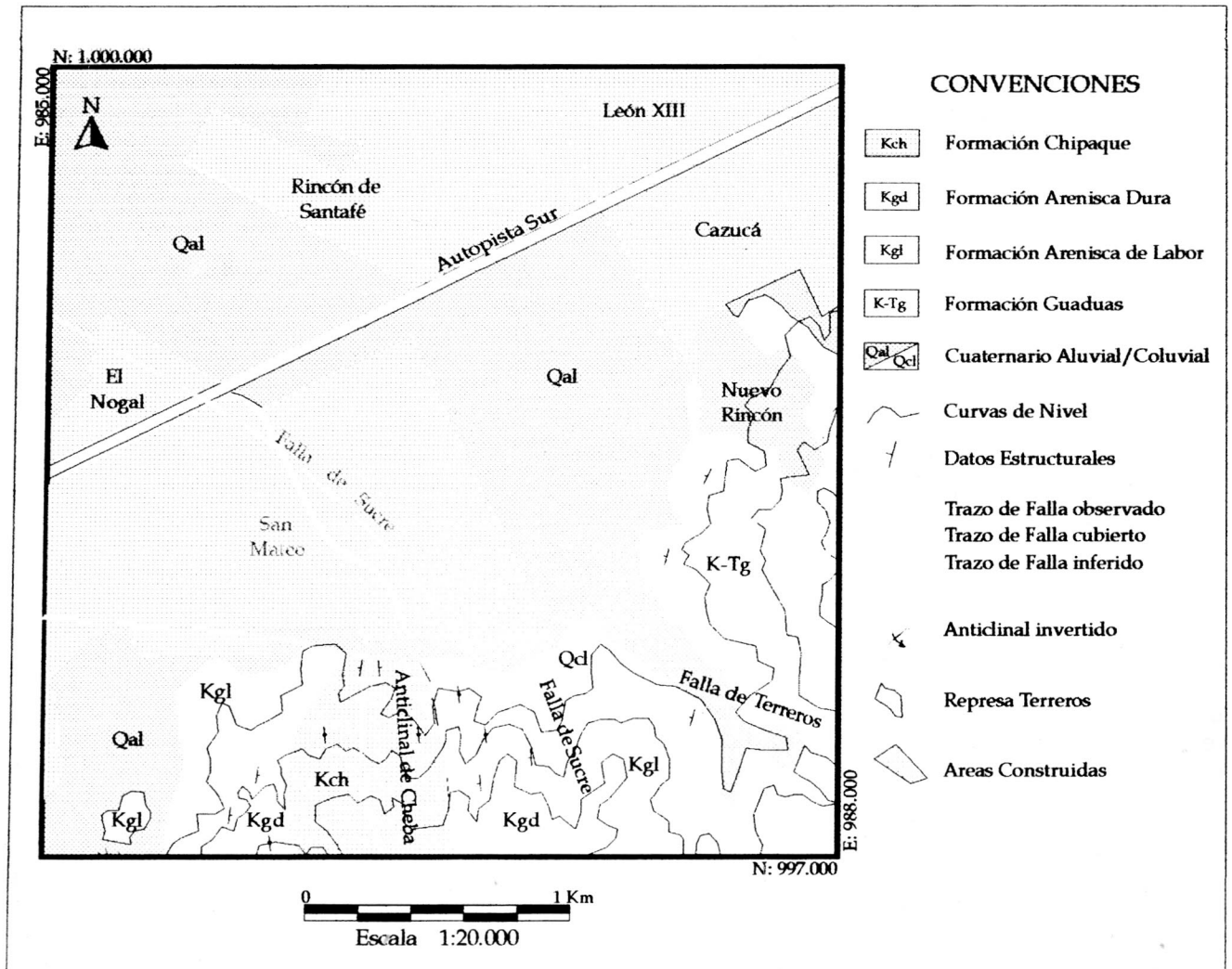


FIGURA 2. MAPA GEOLOGICO

Fm. Arenisca de Labor (Kgl)-Campaniano:

En la zona de estudio se encuentra en el flanco occidental del anticlinal de Cheba, mediante contacto fallado con la Formación Arenisca Dura (en posición inversa) y en los alrededores de las antiguas Canteras Terreros, frente a la represa Terreros, en el flanco oriental del anticlinal de Cheba, buzando entre 10 y 40 grados hacia el NE y cubierta en su gran mayoría por un espeso coluvión. Se caracteriza por presentar bancos gruesos de lilitas, muy similares a las presentes en la Fm. Plaeners, intercalados con bancos también gruesos de areniscas.

De base a techo la unidad está compuesta por areniscas grises blancuzcas a blanco amarillento, de grano fino hasta muy fino, intercaladas con capas de arcillolitas blancas grisáceas, más frecuentes y espesas hacia la base de la unidad, conforman bancos de entre 15 cm y

1.5 m. En la base de la unidad se observa fractura en romboedros. En la parte intermedia, la unidad se compone de intercalaciones de areniscas arcillosas blancas y amarillentas, de tamaño variable (de muy fino a grueso, tamaño medio predominante), porosas por disolución de fósiles y ocasionalmente micáceas, y lodolitas silíceas gris verdosas, micáceas, laminadas. En la parte más superior de la unidad se presentan capas de areniscas arcillosas blancas amarillentas a gris claras, con tamaño de grano variable, desde grueso hasta grava fina, formando capas gruesas que muy comúnmente se acuñan o toman forma lenticular; las areniscas se intercalan con capas delgadas de arcillolitas grises.

Hernández & Rincón, op.cit., le asignaron un espesor de 50 m, medido en la Quebrada El Molino. Al sur de las antiguas Canteras Terreros la unidad alcanza 150 a 200 m de espesor (Julivert, 1963).

Fm. Arenisca Tierna (KgT) -Maastrichtiano Inferior-:

No aflora en la zona de estudio, pero sí en cercanías de la misma, al oriente de la Represa Terreros (entre la Falla Terreros y una falla satélite), en el Valle del Río Soacha (al occidente de la zona) y al sur, en las canteras de la Vereda Pantoja, donde no se observa el tope.

Litológicamente está constituida por arenitas con tamaño de grano variable, con predominio de grano grueso a muy grueso hasta ligeramente conglomerático, en potentes bancos separados por finos paquetes de arcillolitas y limolitas oscuras interestratificadas. Hacia la base se encuentran bancos gruesos de areniscas friables, arcillosas (de 5 a 10% de matriz), color café amarillento a blanco, de grano grueso a muy grueso, con mezcla ocasional de grava fina y esporádicamente grano fino a muy fino, los cuales se intercalan con capas más delgadas de limolitas y arcillolitas que hacia el techo forman láminas gruesas.

Terciario:

Fm. Guaduas (Tg) -Maastrichtiano Superior-Paleoceno:

Suprayace a la Fm. Arenisca Tierna e infrayace a la Fm. Arenisca del Cacho. Puede dividirse informalmente en tres segmentos (**Hubach**, 1957):

Conjunto Inferior: Constituido por arcillolitas gris oscuras con algunos fósiles en la base (amonitas y bivalvos aplastados), que permiten asignar a la base de la formación una edad Maastrichtiano (**Dietrich**, cf. **Hubach**, op.cit.).

Conjunto Medio: Conformado por dos niveles de areniscas de grano fino a medio y a veces de grueso a conglomerático (Arenisca La Guía de aproximadamente 30 m, cf. **Aalto**, (1971), hacia la base y Arenisca Lajosa en la parte superior). Entre ambos niveles arenosos se encuentran capas de arcillolitas gris oscuras que contienen mantos de carbón explotables (este segmento constituye la parte productiva de la formación). En los horizontes arcillosos abundan los restos de plantas. **Angel et al.**, op.cit., proponen, al sur, un espesor de 88 m para este segmento intermedio arenoso.

Conjunto Superior: Presenta capas de arcillolitas varicoloreadas (rojizas, azulosas, verdosas y moradas) entre las que se encuentran mantos de carbón no explotables y bancos de areniscas de grano medio grueso a grueso.

Tiene un espesor promedio que oscila entre 700 a 1000 m. Su ambiente de depósito se interpreta como marino transicional (**Hubach**, op.cit.).

En el área de estudio aflora la Arenisca La Guía y las arcillolitas suprayacentes (parte inferior y media del

conjunto intermedio), en posición normal. La Arenisca La Guía aflora en el costado oriental del área, buzando alrededor de 25° hacia el NW y las arcillolitas suprayacentes siguen la misma dirección y aparecen en contacto fallado con la Fm. Arenisca de Labor, por acción de la Falla de Terreros.

Fm. Arenisca del Cacho (Tc)-Paleoceno-:

Hubach, op.cit., dividió la unidad en tres conjuntos, dos arenosos (Infracacho y Supracacho) y uno lutítico, intermedio entre los dos. Los conjuntos arenosos están conformados por areniscas de grano medio a grueso hasta conglomeráticas, mal seleccionadas. Hacia el sur de la Sabana aparece su afloramiento típico en la Quebrada de San Cristóbal (**Hubach**, op.cit.), donde alcanza un espesor de 100 metros.

Fm. Bogotá (Tb) -Paleoceno-Eoceno Inferior:

Está constituida por arcillolitas y limolitas abigarradas (moradas rojizas a grises) intercaladas con capas de 2 a 20 m de espesor de areniscas amarillas a rojizas, lodosas (10 a 20%), de grano muy fino a medio. Su contacto con la suprayacente Fm. Regadera es discordante. Según **Julivert**, op.cit, tiene un espesor de 2000 m.

Fm. La Regadera (Tr) -Oligoceno-:

Nombrada por **Hubach**, op.cit., como un miembro de la Arenisca del Cacho. **Julivert**, op.cit., la eleva al rango de formación. Constituida por areniscas cuarzosas de grano fino a muy grueso, lodosas (10 a 20%), generalmente friables, con selección regular a mala, cementadas por óxido de hierro, color blanco amarillento. Presenta frecuentes intercalaciones de láminas arcillolitas grises a violetas-rojizas y conglomerados finos. Tiene un espesor aproximado de 320 m.

Fm. Usme (Tu) -Mioceno-:

Establecida por **Hubach**, op.cit.. En 1963 **Julivert** la dividió en dos: parte basal, lutítica predominantemente, con intercalaciones arenosas finas y un espesor de 50 m, y parte superior, constituida por intercalaciones de areniscas gruesas y conglomerados de grano fino, con un espesor de 75 m. Presenta un contacto concordante con la Fm. Regadera en el flanco occidental del Sinclinal de Usme y un contacto discordante con la misma en el flanco oriental del sinclinal.

Cuaternario:

Fm. Tilatá (Tt) -Plioceno-Pleistoceno-:

Establecida por **Scheibe**, 1934. Producto del depósito de sedimentos lacustres, paludales y marginales distribuidos en la Sabana de Bogotá (**Hubach**, op.cit.).

Está compuesta por depósitos sin consolidar de arenas de grano fino a grueso hasta conglomerados, limos arcillosos y arcillas rojizas y grises, cenizas, restos de plantas y capas caoliníticas. Es muy vulnerable a la acción de agentes meteóricos (presenta gran cantidad de surcos y cárcavas). En algunos sectores se presentan restos de mastodontes.

En la zona de estudio se observa su presencia en los alrededores de la Represa de Terreros, donde se encuentran bloques gruesos de areniscas típicas de la parte inferior del Grupo Guadalupe, embebidos en una matriz arcillo-terrosa y cubiertos por un paleosuelo negro de 70 cm a 1 m de espesor, que posiblemente contiene un nivel de cenizas volcánicas (comunicación directa del geólogo Mauricio Díaz S.).

Fm. Sabana -Pleistoceno-:

Constituida por sedimentos producto del relleno lacustre de la Sabana de Bogotá, intercalados con sedimentos menores aluviales y de pantano: arcillolitas, arenas y gravas, producto del depósito lagunar; lodolitas y turbas, depósitos de pantano, y arcillas de inundación, arenas y cascajos, correspondientes a los depósitos fluviales (Hubach, op.cit.). En su parte inferior dominan los sedimentos arenosos y en la parte superior los arcillosos. Su espesor supera los 400 m (Dueñas, 1978).

Depósitos Coluviales, (Qcl) :

Coluviones de matriz arenosa, con bloques angulares de arenita de diferente tamaño y limos y arcillas del valle aluvial de la antigua Quebrada Terreros.

Depósitos Aluviales (Qal):

Gravas, cantos y bloques redondeados en matriz arenosa y arcillosa. Están cubriendo parte de la zona plana del área de estudio.

2.2 Geología Estructural

El sector sur-occidental de la Sabana de Bogotá, donde se encuentra ubicada la zona de estudio, tiene una alta complejidad tectónica, caracterizada por la presencia de fallas inversas con dirección NW, cubiertas por depósitos cuaternarios. Los pliegues son estrechos y sin orientación preferencial.

Las zonas más fracturadas, determinadas por conteo de diaclasas en una misma dirección, según Angel et.al. (1988), son las zonas que se extienden a lo largo de fallas mayores, como es el caso de las dos fallas de importancia presentes en el sector, y la zona ubicada al norte de la Represa de Terreros, donde la Fm. Guaduas se encuentra afectada de manera muy constante por diaclasas asociadas a fallas de pequeña y mediana escala (abundantes en el sector).

Las principales estructuras geológicas presentes en el área son:

Falla de Sucre: Se evidencia por el fuerte diaclasamiento que se presenta en la zona montañosa, a lo largo de un sector que fotogeológicamente se distingue como un lineamiento marcado. Presenta su bloque occidental levantado, el cual está conformado por rocas de la Fm. Arenisca Dura, con planos de buzamiento invertidos y las pone en contacto con las arenitas y liditas de la Fm. Arenisca de Labor, también invertidas. Corta el flanco oriental del anticlinal de Cheba. Es de tipo inverso, con rumbo N30°W (dirección del lineamiento fotogeológico) e inclinación de 80° hacia el SW (según Caro & García, 1988). Su continuidad bajo el depósito cuaternario no es clara. Angel et al., op.cit, proponen que es cortada por la Falla de Terreros y desplazada al occidente una distancia promedio de 200 m.

Falla de Terreros: De tipo inverso, se encuentra cubierta por coluviones o por la Fm. Tilatá, pero es evidente su trazo, ya que pone en contacto a la Formación Guaduas con la Fm. Arenisca de Labor en la parte norte de la represa de Terreros y posiblemente es la responsable de la inversión de los buzamientos y del grado de fracturamiento de las rocas de la Fm. Guaduas, observado en las canteras del costado derecho, al norte de la Represa de Terreros. Presenta su mayor desplazamiento hacia el NW de la zona de estudio y su influencia disminuye hasta desaparecer. Se inclina al occidente con un plano variable entre 45° y 80° (Angel et al., op.cit.).

Anticlinal de Cheba: Estructura alargada que presenta ambos flancos invertidos. En su núcleo aflora el segmento superior de la Fm. Chipaque. Está limitado por las fallas de Sucre al oriente y del Sinclinal del Río Soacha, fuera de la zona de estudio, al occidente. Hacia el sur, fuera del área estudiada, presenta un desplazamiento de su eje debido a la acción de una serie de fallas transversales. Tiene un claro cierre periclinal truncado hacia el norte, posiblemente debido a la acción de la Falla de Terreros.

3. GRAVIMETRIA

Para la adquisición de los datos se utilizó un gravímetro Worden previamente calibrado (Arango, op.cit). La base topográfica fue levantada con nivel de precisión (± 0.1 m).

Debido a que los puntos geodésicos cercanos al área de estudio, establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, fueron destruidos, se hizo necesario el establecimiento de bases gravimétricas de tercer orden que sirvieran como bases de cierre y permitieran hacer las mediciones requeridas en la zona.

Las bases auxiliares establecidas fueron GUN1 y GUN2 (ver mapa de ubicación de estaciones gravimétricas y

SEVS, Fig.3), para las cuales se determinaron los siguientes valores de gravedad (sistema de referencia de 1924):

GUN1=977404.23 mgal

GUN2=977405.00 mgal

La precisión en el valor de gravedad de las bases auxiliares es del orden de una centésima de mgal.

Las estaciones se establecieron en perfiles cuyo máximo tiempo de cierre fue de 3½ horas y se utilizaron cierres simples del tipo ABCDEFA, donde la base A es una de las bases gravimétricas de tercer orden (GUN1 o GUN2).

El valor de la gravedad observada se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$G_{OBS} = L_D (0.089) + C_{Der} + C_{Ma} + C_{Ci} + G_{Ba}$$

donde L_D es la lectura del dial, C_{Der} es la corrección por deriva instrumental, C_{Ma} es la corrección de mareas terrestres, C_{Ci} es la corrección del error de cierre referido a la base inicial del ciclo y G_{Ba} es el valor de gravedad real en la base auxiliar.

El dátum utilizado para todos los cálculos fue el nivel del mar. Los valores de gravedad observada obtenidos varían entre 977406.0 a 977402.3 mgal.

Los factores involucrados en la adquisición de los datos, tales como las mediciones topográficas, la deriva instrumental y el efecto de mareas, fueron corregidos y el máximo error que introducen es de 0.05 mgal. Sin embargo, debido a que los datos fueron adquiridos en zona urbana, la introducción de ruido al momento de la lectura de los datos resultó inevitable, a pesar de que se tuvieron especiales cuidados al realizar las mediciones, por lo que en algunos perfiles el error de cierre alcanzó los 0.2 mgal. Tomando en cuenta que este error es producto de la acumulación de errores pequeños a lo largo del perfil, se corrigió repartiéndolo en partes iguales en las estaciones del mismo.

Una vez obtenida la gravedad observada se procedió a realizar el cálculo de la gravedad teórica y de las correcciones de Aire Libre y Bouguer, con el fin de obtener la Anomalia Simple de Bouguer, necesaria para el posterior cálculo de la Anomalia Residual.

La fórmula aplicada en el cálculo de la Anomalia Simple de Bouguer fue:

$$Ab_S = G_{OBS} - G_{TEO} + C_A$$

donde G_{OBS} es la gravedad observada, G_{TEO} es la gravedad teórica y C_A es la corrección de altura.

La gravedad teórica empleada en el presente trabajo corresponde a la referida a la Red Internacional de Estandarización Gravimétrica (IGSN) de 1924 y es función de la latitud (φ):

$$G_{TEO(\varphi)} = 978049 (1 + 0.0052884 \text{sen}^2 \varphi + 0.0000059 \text{sen}^4 \varphi) \text{ (mgal)}$$

La corrección de altura corresponde la siguiente fórmula:

$$C_A = C_{AL} + C_{Bo}$$

donde C_{AL} corresponde a la Corrección de Aire Libre y C_{Bo} es la Corrección Bouguer (o de masas).

La corrección de Aire Libre está definida por:

$$C_{AL} = 0.3086 h$$

donde h es la altura del punto de medida con respecto al dátum (que en este caso corresponde al nivel del mar).

La Corrección Bouguer corresponde a la siguiente fórmula:

$$C_{Bo} = - 0.04188 \rho h$$

donde ρ es la densidad.

En este trabajo no se realizó el cálculo de la Anomalia Total de Bouguer debido a que el efecto topográfico que producirían las elevaciones circunvecinas sería máximo del orden de 0.2 mgal en las estaciones cercanas a las mayores elevaciones topográficas, decreciendo suavemente hasta 0.1 mgal en las más lejanas, lo que implicaría variaciones relativas de máximo 0.1 mgal.

Para determinar el valor de densidad para los cálculos de Anomalia Bouguer, se tomó como base el análisis realizado por **Calvache & Muñoz, 1984**, para la zona de la Sabana de Bogotá y la Cordillera Oriental. La secuencia litológica propuesta por estos autores coincide con la información geológica de superficie y de pozo disponible para la zona de estudio. Las densidades que proponen se ilustran en la siguiente Tabla:

Tipo de Roca	Densidad (g/cm ³)
Precámbricas	2.7
Metamórficas del Paleozoico Inferior	2.6-2.65
Sedimentarias del Paleozoico Superior	2.4-2.6
Sedimentarias del Cretácico	2.3-2.45
Sedimentarias del Terciario	2.2-2.3

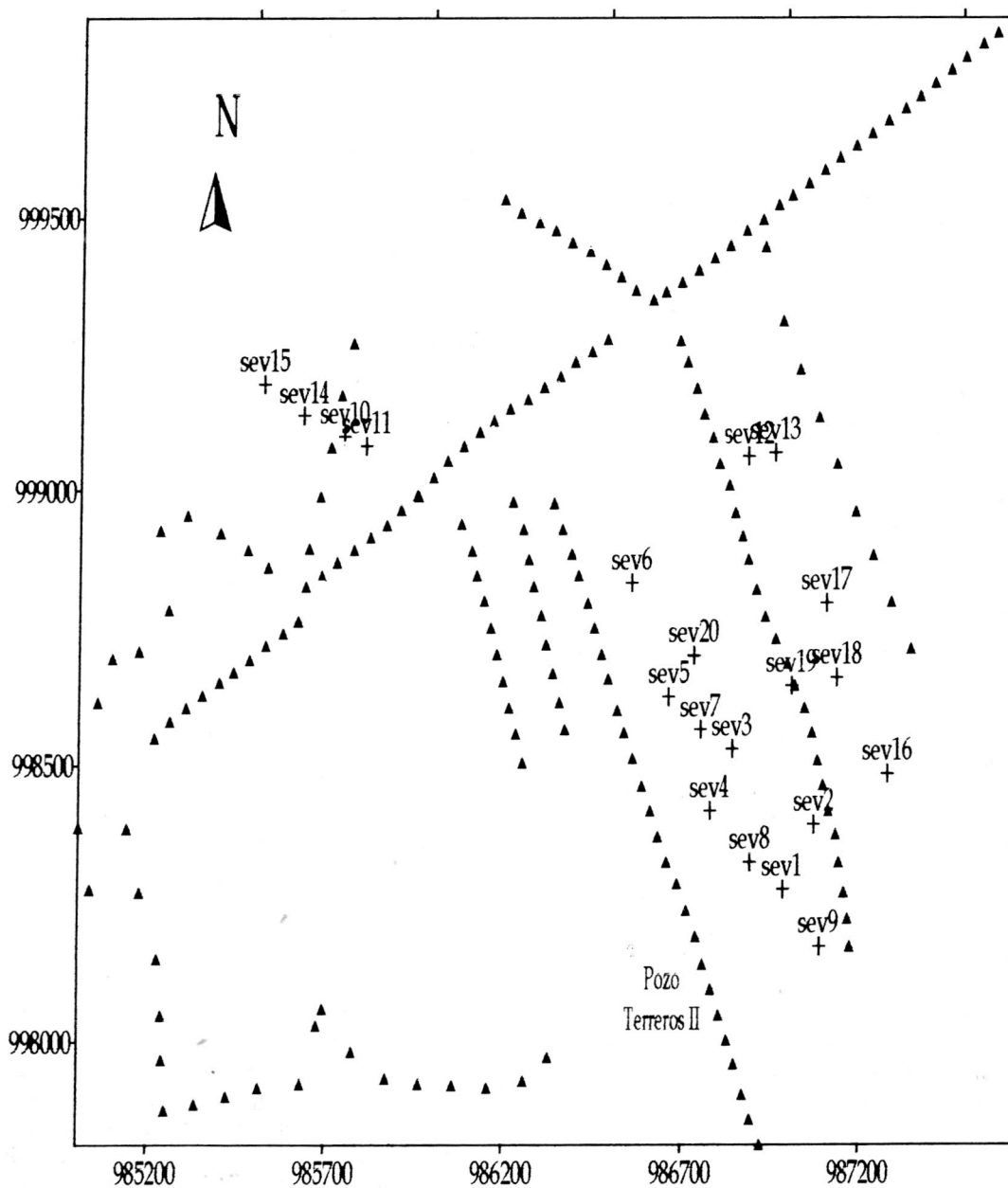


FIGURA 3. MAPA DE LOCALIZACION DE SEV Y ESTACIONES GRAVIMETRICAS

La principal herramienta que emplearon para definir esas densidades fueron datos de velocidad de intervalo (a partir de líneas sísmicas), adicionalmente utilizaron las tablas de Ludwing et al., 1970 (cf. Calvache & Muñoz, op.cit.) y complementaron con información de pozo.

Los valores propuestos por esos autores se confrontaron con los esperados a partir del análisis de las litologías conocidas por medio del registro de perforación del pozo Terreros II, resultando muy acordes con las densidades esperadas. Adicionalmente se estimó una densidad

promedio de 2.0 g/cm^3 , para los sedimentos cuaternarios. De esta manera se obtuvo una densidad promedio total de la cuenca de 2.4 g/cm^3 (ver mapa de Anomalia Bouguer, Fig. 4).

Como el interés del estudio es la determinación del límite entre las rocas cretácicas y los sedimentos suprayacentes y la definición de la forma y continuidad de las estructuras en el subsuelo, la anomalía que se modeló fue la Anomalia Residual (debida a efectos más superficiales y de extensión local).

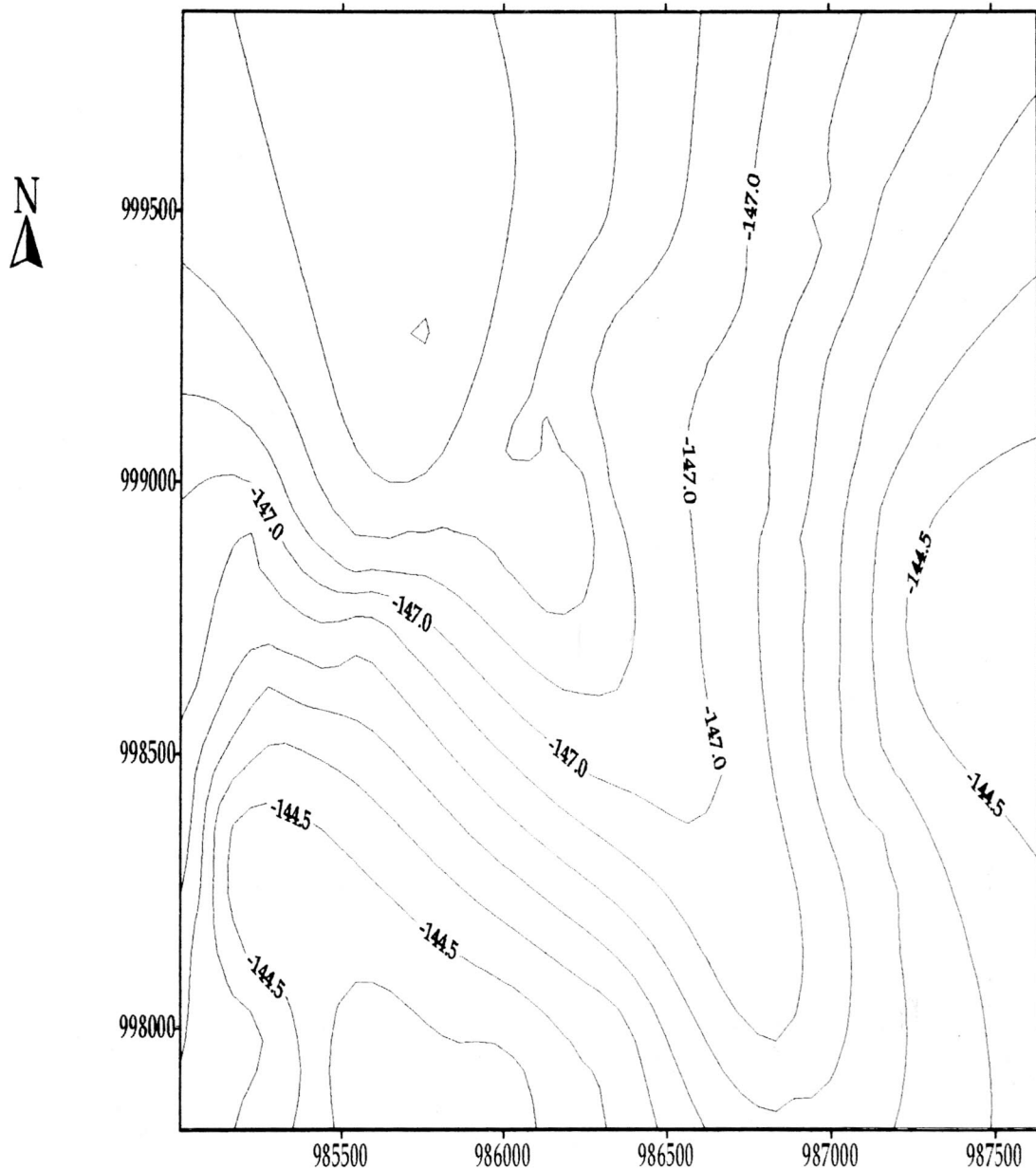


FIGURA 4. MAPA DE ANOMALIA BOUGER SIMPLE

Sobre los valores de la Anomalia Bouguer se realizó un filtrado matricial, obteniendo los valores de Anomalia Regional, los cuales, al sustraerlos de la anomalia inicial, permiten determinar los valores de la Anomalia Residual, que en el caso estudiado presentan un rango de variación de 3.6 mgal (ver Mapa de Anomalia Residual, Fig.5).

A partir de la información que se observa en el mapa de Anomalia Residual se escogieron dos cortes significativos, que pasaran por zonas gravimétricas contrastantes, A-A' y B-B' (ubicados en la Fig.5). La información topográfica y gravimétrica disponible de esas secciones se utilizó en la elaboración de dos modelos

gravimétricos bidimensionales que se integraron posteriormente para concretar un modelo gravimétrico general para toda la zona de estudio.

Los datos de Anomalia Residual se modelaron tomando en cuenta su altura sobre el nivel del mar y su distancia, y se establecieron una serie de bloques con sus respectivas profundidades y densidades. Con este fin se utilizó un programa que calcula el efecto sobre la componente vertical de la fuerza de gravedad que causarían los bloques propuestos sobre cada uno de los puntos de observación. El programa aplica el método de Talwani (Talwani, et al., 1959).

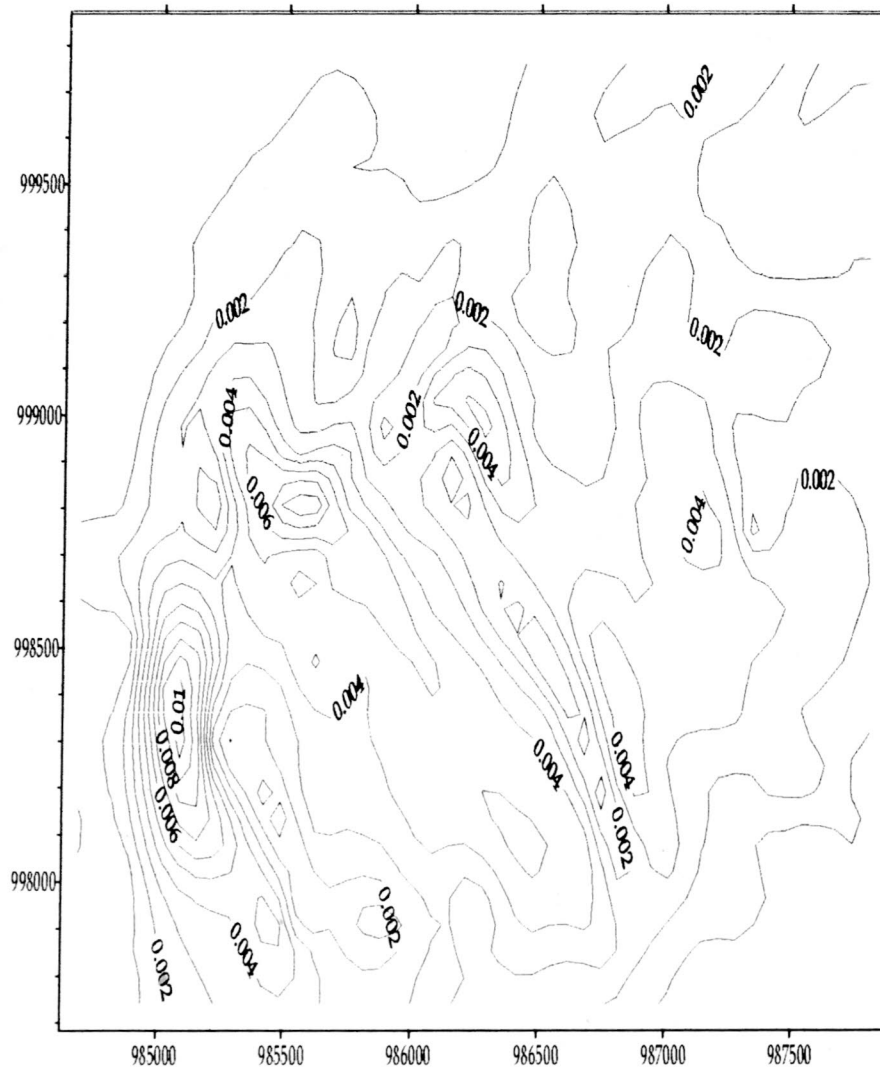


FIGURA 6. MAPA DE GRADIENTE DE ANOMALIA RESIDUAL

Tomando en cuenta que aparentemente la acción de esta falla solo llega hasta la Fm. Guaduas (al menos en su parte basal -arcillosa-), se podría sustentar la hipótesis de una falla terciaria (Paleoceno temprano?). La propuesta de continuar el trazo de la Falla de Sucre en el subsuelo se apoya en el análisis de los mapas gravimétricos, en especial del mapa de Anomalía Residual (Fig.5).

Para el establecimiento del modelo gravimétrico propuesto, se tuvieron en cuenta los datos adquiridos a partir de los SEVS realizados en el sector de los cuales se escogieron los más cercanos a los cortes gravimétricos propuestos y se ilustraron en las gráficas correspondientes.

5.3. Geoeléctrica

A partir de la interpretación de los SEVS realizados (ver gráficas de SEVS 1 a 20), se elaboraron 8 secciones geoeléctricas con el fin de visualizar la continuidad de las unidades interpretadas para cada uno de ellos. A continuación se presentan y discuten las cuatro más representativas.

La sección geoeléctrica I (Fig.9), realizada con los sondeos 1, 2 y 16, fue amarrada a través del SEV1 con la información del pozo Terreros II (Fig.3). Permite interpretar el techo del Grupo Guadalupe (con resistividades que oscilan entre 370 y 390 ohm-m) superficializándose desde 73 hasta 62 m hacia el SE. Suprayaciendo al Grupo Guadalupe se encuentra un potente paquete arcilloso (alrededor de 40 m en su parte más espesa), con resistividades entre 28 y 33 ohm-m, interpretado como arcillolitas de la Fm. Guaduas, que a su vez parecen superficializarse hacia el SE.

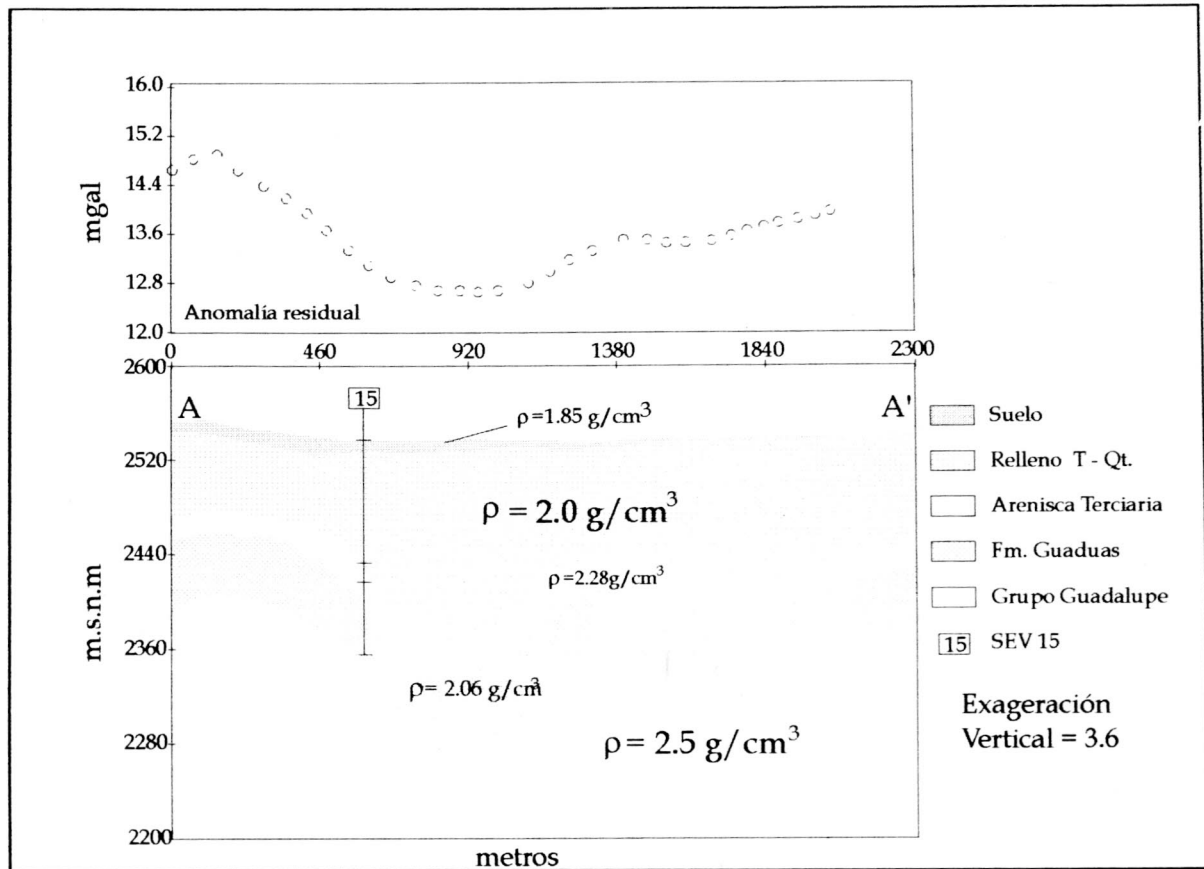


FIGURA 7. CORTE GRAVIMETRICO AA'

Por encima de las arcillolitas se encuentra una capa de resistividad variable entre 100 y 145 ohm-m con un espesor de entre 23 y 6 m, interpretada como un banco de areniscas con matriz lodosa, que se asume como terciaria (podría corresponder a algún nivel arenoso de la Fm Guaduas o a areniscas de las formaciones Cacho, Regadera o Bogotá); en el sector, esa arenisca parece estarse acuñando hacia el SE. Por encima de esas unidades se encuentra un paquete de materiales con resistividades variables entre 26 (arcillas) y 120 ohm-m (arenas), que se interpretan como pertenecientes al relleno cuaternario o a terciarios sin consolidar y en la parte más somera a suelos.

La sección geoelectrica II (Fig.10) está construida con base en los sondeos 13, 17, 18, y 16. Muestra el techo del Grupo Guadalupe, caracterizado por presentar resistividades entre 360 y 390 ohm-m, a 103 m de profundidad al norte, somerizándose hasta los 62 m al sur.

Por encima de este grupo se presenta un espeso conjunto arcilloso (con un espesor mayor al norte -70 m- y haciéndose más delgado hacia el sur -40 m-) con resistividades de entre 24 y 29 ohm-m, interpretado

como parte de la Fm. Guaduas. Por encima de este paquete se encuentra una unidad arenosa, con resistividades de entre 100 y 172 ohm-m y espesor de entre 10 y 15 m, interpretada como de edad terciaria. Suprayaciendo, estas areniscas, se encuentran sedimentos no consolidados compuestos por litologías variables desde arcillas (8 ohm-m) hasta arenas (116 ohm-m) que constituyen el relleno cuaternario y terciario sin diferenciar y el suelo; estas últimas litologías tienen en conjunto un espesor de entre 18 y 20 m.

La sección geoelectrica III (Fig.11), realizada con base en los sondeos eléctricos 6, 5, 4, 1, 8 y 9, muestra una somerización del tope del Grupo Guadalupe (identificado por presentar resistividades de entre 352 y 372 ohm-m) de norte a sur y un adelgazamiento de los sedimentos suprayacentes en la misma dirección (identificados como arcillolitas de la Fm. Guaduas, con resistividades de entre 13 y 33 ohm-m y un espesor máximo de 82 m y mínimo de 26 m). Por encima de las arcillolitas de la Fm. Guaduas se identifica una capa arenosa (resistividades entre 103 y 152 ohm-m, espesor promedio de 10 m) que se profundiza hacia el sur, interpretada como arenisca terciaria.

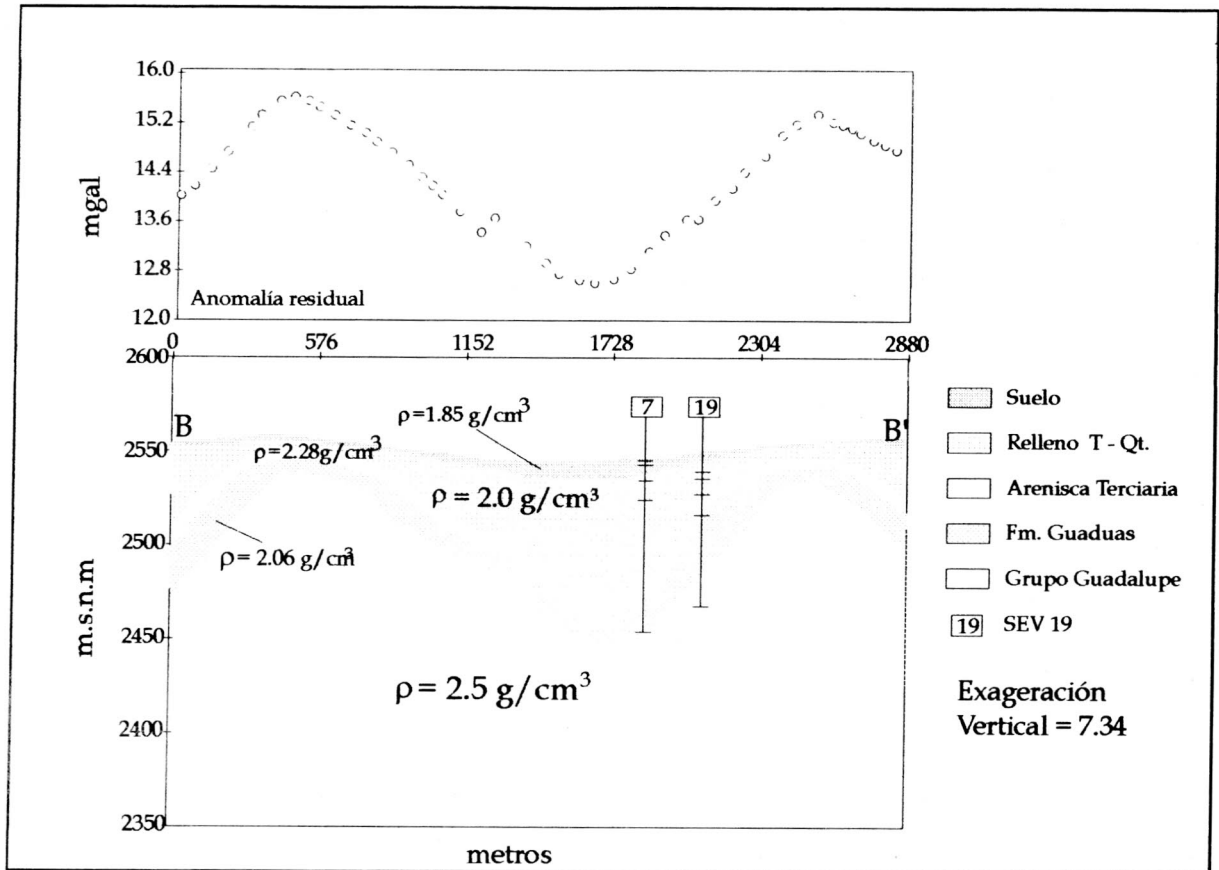


FIGURA 8. CORTE GRAVIMETRICO BB'

Suprayaciendo las capas descritas, desde superficie y hasta 17 m de profundidad, se presenta una sucesión litológica constituida por material no consolidado terciario y cuaternario sin diferenciar y en la parte más superior por suelo, las resistividades que caracterizan estos sedimentos oscilan entre 122 (sedimentos arenosos) hasta 6 ohm-m (sedimentos arcillosos).

La sección geoelectrica IV (Fig.12) fue realizada con los sondeos 15, 14, 10 y 11 (Fig.3). Tiene una orientación NW-SE. Presenta el tope del Grupo Guadalupe (resistividades de entre 356 y 378 ohm-m) a 189 m de profundidad al NW y 153 m al SE, siendo la mayor profundidad evidenciada por medio de los sondeos eléctricos realizados. Sobre esta unidad se presentan arcillolitas de la Fm. Guaduas (de alrededor de 13 ohm-m de resistividad y un espesor promedio de 65 m), que se somerizan hacia el SE.

Estas últimas se encuentran suprayacidas por areniscas terciarias (con resistividades de entre 82 y 132 ohm-m y un espesor promedio de 15 m), que se profundizan hacia el NW y encima de las cuales se encuentra el relleno terciario-cuaternario no consolidado y suelo que se profundiza de SE a NW desde 51 hasta 110 m (presenta

resistividades variables entre 100 -arenas y material de relleno artificial- y 3.5 ohm-m -arcillas saturadas-).

5.4. Establecimiento del Modelo Geoelectrico

Con base en el análisis de las secciones geoelectricas, se propone la siguiente sucesión lito-estratigráfica en el subsuelo:

- Grupo Guadalupe, profundizándose de SE a NW desde 62 hasta 189 m, con resistividades de \approx 300 a 390 ohm-m.
- Arcillolitas de la Fm. Guaduas, con resistividades promedio entre 20 y 30 ohm-m y espesor promedio de 60 m (variando desde 26 hasta 80 m), profundizándose en el mismo sentido que el Grupo Guadalupe.
- Arenisca Terciaria, con resistividades entre 82 y 175 ohm-m y espesor promedio de 15 m, correlacionable con alguno de los miembros arenosos de la Fm. Guaduas o eventualmente parte de las formaciones Cacho o Regadera.

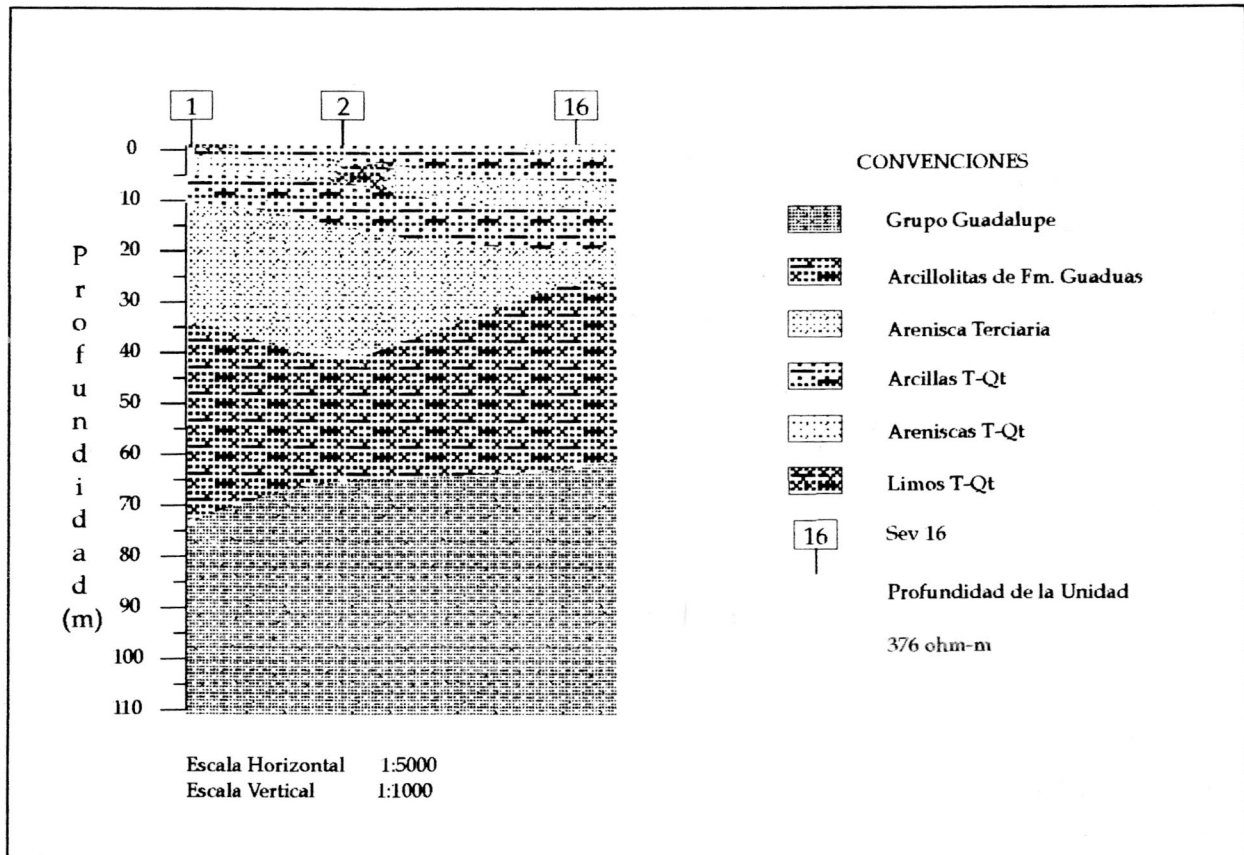


FIGURA 9. SECCION GEOELECTRICA I

- Depósitos terciario-cuaternarios sin diferenciar y suelos, no consolidados, caracterizados por presentar resistividades muy disimiles y espesor irregular.

5.5. Modelo Geológico Propuesto

Compilando la información geofísica resultante de las mediciones de gravedad y los SEVS, integrada con la información geológica disponible, se plantea un modelo geológico general para el área de estudio.

El Grupo Guadalupe se encuentra en la base de la cuenca, profundizándose hacia el NW del área estudiada, hasta aproximadamente 240 m. Suprayaciendo a este último se encuentran arcillolitas de la Fm. Guaduas, con un espesor promedio de 60 m, seguidas por una arenisca terciaria, que podría corresponder a las formaciones Cacho o Regadera o alguna de los miembros arenosos de la Fm. Guaduas - Arenisca La Guía o Arenisca Lajosa-. Por encima de esas unidades consolidadas se encuentra una sucesión

de materiales blandos tales como areniscas, limos y arcillas que se interpretan como rellenos terciario-cuaternarios sin diferenciar y suelos.

De acuerdo con las observaciones de campo e integración con la información gravimétrica, se propone la continuidad de la Falla de Sucre en el subsuelo, con una dirección aproximada N45°W, que está afectando a las unidades del Grupo Guadalupe y disminuye su influencia en las capas de la Fm. Guaduas. Esta falla, de edad terciaria (Paleoceno?), es cortada por la Falla de Terreros y posiblemente deflectada por la acción de la misma. Su inclinación es de aproximadamente 70° hacia el SW.

La estructura Anticlinal de Cheba, que presenta un cabeceo hacia el nor-occidente, parece evidenciarse de manera muy suave en el subsuelo, limitada por la Falla de Sucre (igual que ocurre en superficie). Al oriente de la falla se observa una leve tendencia sinclinal y anticlinal, posiblemente asociadas al mismo evento tectónico que dio origen a la estructura anteriormente descrita.

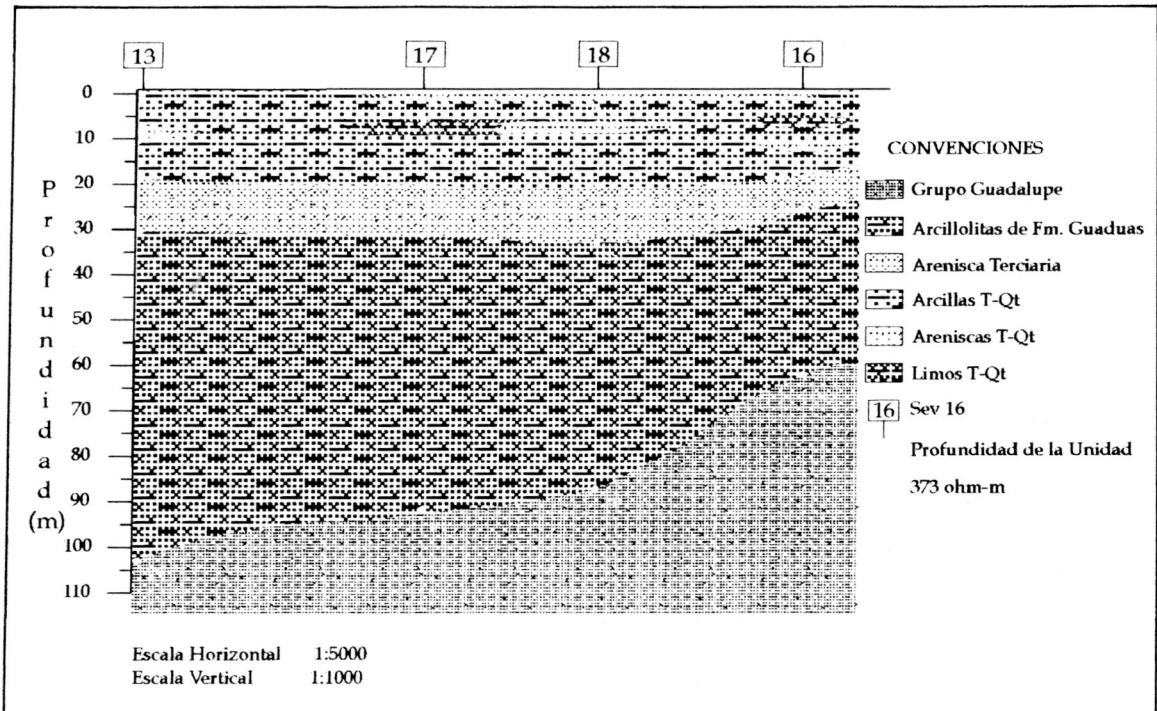


FIGURA 10. SECCION GEOELECTRICA II

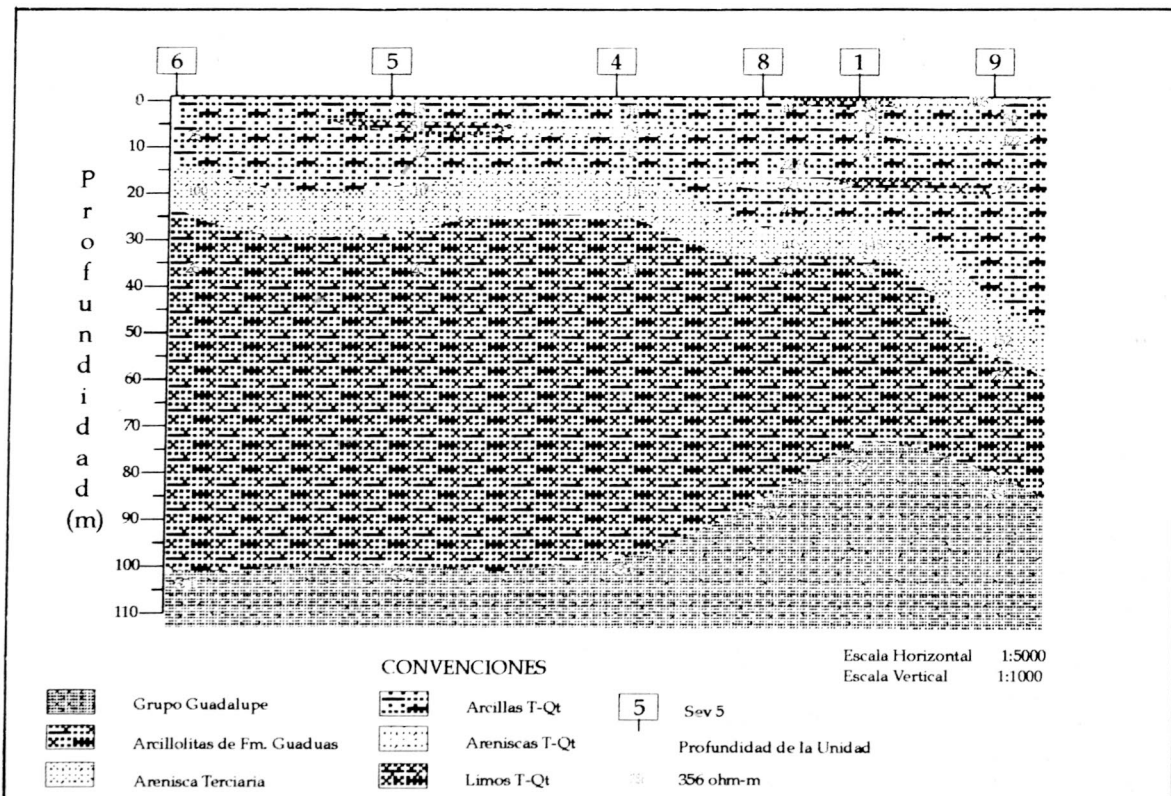


FIGURA 11. SECCION GEOELECTRICA III

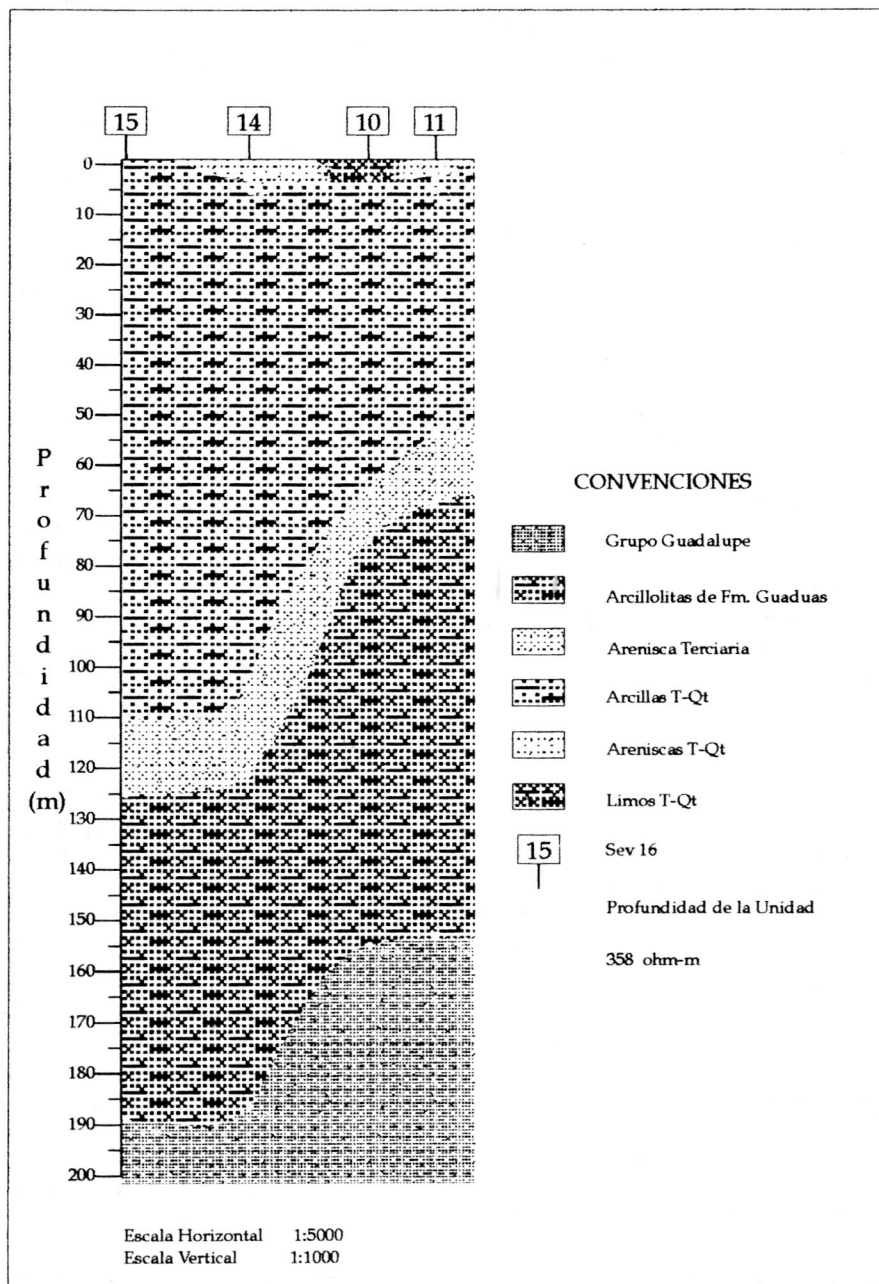


FIGURA 12. SECCION GEOELECTRICA IV

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con base en el análisis de mapas gravimétricos, secciones gravimétricas y geoelectricas, información del registro de perforación del pozo Terreros II e información geológica de superficie, se presentan a continuación:

- Los valores de Anomalía Bouguer en la zona oscilan entre -149.5 y -143.8 mgal.
- La Anomalía Regional disminuye de SE a NW, con valores que van desde -159 hasta -162.2 mgal.
- La cuenca presenta su mayor profundización en la parte central y nor-occidental del área, donde el techo del Grupo Guadalupe (basamento" de la cuenca) alcanza 240 m, lo cual se evidencia por la presencia de un mínimo gravimétrico relativo muy marcado elongado en sentido N45°W (con valores de entre 12.4 y 13.2 mgal) y por el análisis de las secciones geoelectricas y gravimétricas.
- Se propone que la profundización de la cuenca es resultado de la acción de la falla inversa de Sucre, la cual se extiende bajo el subsuelo, con un sentido N45°W y levanta las rocas de su flanco occidental sobre las del flanco oriental, situación evidenciada en los cortes gravimétricos A-A' y B-B', en el mapa de Anomalía Residual y en el mapa geológico.
- La sucesión litoestratigráfica del subsuelo está conformada de base a techo así: Grupo Guadalupe, caracterizado por presentar resistividades entre 300 y 390 ohm-m y densidad de 2.5 g/cm³; arcillolitas de la Fm. Guaduas, con resistividades de entre 20 y 30 ohm-m, espesor promedio de 60 m y densidad de 2.06 g/cm³; areniscas terciarias, con resistividades entre 82 y 172 ohm-m, espesor promedio de 15 m y densidad de 2.28 g/cm³; en la parte más superior de la sucesión se presentan depósitos terciario-cuaternarios sin diferenciar, suelos y relleno artificial, no consolidados, litológicamente conformados por areniscas, limos y arcillas, los cuales se caracterizan por presentar resistividades muy disímiles, espesor irregular y una densidad promedio de 2.0 g/cm³ para los primeros y de 1.85 g/cm³ para los suelos y el relleno artificial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aalto, R. (1971): Petrografía de las areniscas de la sección estratigráfica de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Geolog. Colomb. 8:7-36. Bogotá.

Angel, C.E., et al. (1988): Estudio hidrogeológico de las zonas de Soacha y Ciudad Bolívar. Ingeominas, Informe 2085, 83 p. y anexos, Bogotá.

Arango, H. (1998): Modelamiento geológico con base en medidas geoelectricas y gravitacionales de una zona localizada al sur-occidente de Santa Fe de Bogotá, en inmediaciones del municipio de Soacha. Trabajo de Grado, carrera de Geología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 60pp

Calvache, J. & F. Muñoz. (1984): Modelo de la corteza terrestre en un área aledaña al municipio de Cumaral, Departamento del Meta. Universidad Nacional de Colombia, Tesis 116pp. y anexos, Biblioteca del Dpto. de Geociencias, Bogotá.

Caro, P. & J. García. (1988): Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá. Ingeominas, Informe 2081, 203pp, Bogotá.

Dueñas, H. (1978): Variaciones climáticas del Pleistoceno Superior y del Holoceno en la Sabana de Bogotá. Ingeominas, Informe 1764. Bogotá.

Hernández, J. & A. Rincón. (1990): Estudio geológico y geotécnico general del Embalse de Soacha. Universidad Nacional de Colombia, Tesis, 110pp. y anexos, Biblioteca del Dpto. de Geociencias, Bogotá.

Hubach, E. (1957): Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Instituto Geológico Nacional, Boletín Geológico V (2):94-112. Bogotá.

Ingeominas. (1985): Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouguer. Escala 1:1'000.000, elaborado por A. Bermúdez, R. Acosta y M. Garzón.

Julivert, M. (1963): Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Universidad Industrial de Santander, Boletín Geológico 13-14: 5-104 y mapas, Bucaramanga.

Renzoni, G. (1962): Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona este y sureste de Bogotá. Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico X (1-3).

Scheibe. (1934): Estudios Geológicos de la Cordillera Oriental. Servicio Geológico Nacional, Estudios Geológicos y Paleontológicos de la Cordillera Oriental de Colombia, Parte 1, p. 1-58. Bogotá.

Talwani, M. J. L., et al. (1959): Rapid gravity computations for two dimensional bodies with application to the Mendocine Submarine Fracture Zone. Journal of Geophysical Research 64 (1):49-59.

Vergara, L. & G. Rodríguez. (1996): Consideraciones sobre la petrografía y diagénesis de los Grupos Guadalupe (Cordillera Oriental) y Palmichal (Piedemonte Llanero). Universidad Nacional de Colombia, Geol. Colomb. 21:41-63. Bogotá.