

## Capítulo 8.

### MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO

El modelo hidrogeológico conceptual permite la identificación de unidades acuíferas y sus principales características geométricas, como extensión y espesores, direcciones de flujo, fuentes y posibles zonas de recarga, y la composición fisicoquímica del agua subterránea para determinar su calidad. El modelo hidrogeológico conceptual es un esquema lógico, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, que describe las propiedades, condiciones, procesos y potencialidades de los acuíferos, para predecir su comportamiento y determinar sus recursos explotables; además, es útil para prever posibles impactos ambientales sobre el sistema o por su aprovechamiento y para la gestión integral del recurso hídrico (UNAL – INGEMOMINAS).

El modelo conceptual resulta del análisis e integración de la información geológica, geomorfológica, geofísica, hidrológica, de la hidráulica de aguas subterráneas, hidrogeoquímica, y otras herramientas utilizables, como en este caso, los isótopos ambientales. El modelo se “materializa” representándose por medio de perfiles hidrogeológicos, el mapa hidrogeológico, y otros mapas específicos, como mapas de isopiezas, isópacas (representa la distribución de capas de igual espesor) e isóbatas (representa al distribución de los techos o las bases de las capas).

En este capítulo se integra la información analizada en los capítulos anteriores para definir el modelo hidrogeológico conceptual del acuífero costero del municipio de Turbo.

#### 8.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La información geológica y geomorfológica levantada durante la campaña de campo realizada durante los meses de Julio y Agosto de 2008, permitió conocer las características litológicas, estratigráficas, estructurales y morfológicas de las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio. Junto con la información secundaria previamente consultada, se concluyó, que la zona de estudio posee tres formaciones geológicas, que son la Formación Corpa, la Formación Pavo y los depósitos cuaternarios (Capítulo 3). Estas formaciones, conforman estructuralmente un sistema de pliegues que se observa claramente en las fotografías aéreas y que se prologan bajo el subsuelo. Las características litológicas imperantes de las rocas de la zona de estudio son en su mayoría intercalaciones de limolitas, arcillolitas y areniscas; estas ultimas, son las que mayor potencial, desde el punto de vista hidrogeológico, pueden presentar para el almacenamiento y aprovechamiento del agua subterránea.

## 8.2 GEOFÍSICA

La realización de 47 sondes eléctricos verticales (SEV) permitió medir la variación de la resistividad en profundidad de las rocas, y la posterior interpretación de los datos de campo, asociar un tipo de roca a rangos específicos de resistividad, definiendo así, el tipo de rocas que constituyen los estratos el subsuelo de la zona de estudio con sus espesores y profundidades. Se correlacionaron los SEV interpretados mediante cortes o perfiles geoelectricos para establecer la continuidad lateral y en profundidad de los diferentes estratos con rangos semejantes de resistividad a la largo de la zona de estudio (Capítulo 4). De esta manera, se elaboró el modelo geológico del subsuelo y la identificación de las rocas que representarían unidades acuíferas, como por ejemplo, la Formación Corpa, que debido a su granulometría, indica gran potencial como unidad acuífera.

## 8.3 HIDROGEOQUÍMICA

Con la toma y análisis de 18 muestras de agua subterránea de aljibes y pozos, se determinó las características fisicoquímicas del agua de la unidad acuífera más superficial (depósitos cuaternarios), dentro de la cual se muestrearon 10 aljibes y 5 pozos que se encontrarían en depósitos de origen mixto (marino y continental), y la unidad acuífera terciaria (paquete B de Corpa) donde se muestrearon 3 pozos. Se analizaron los valores de concentraciones de los principales iones presentes en el agua, al igual que su variación espacial en la zona de estudio. De esta manera se tiene una idea de la calidad fisicoquímica del agua más superficial y de pozos, como una herramienta para definir su uso y el tratamiento a realizar, según sea el caso (Capítulo 5).

## 8.4 ISÓTOPOS AMBIENTALES

Con el análisis del fraccionamiento isotópico del  $^2\text{H}$  (deuterio) y  $^{18}\text{O}$  (oxígeno 18) de 20 muestras tomadas en el municipio de Turbo (aportadas por este estudio), y 29 entre el corregimiento de Nueva Colonia y el Apartadó (por parte de Corpourabá), de aguas de pozos, aljibes, manantiales, aguas superficiales y de precipitación, se trató de establecer la relación entre el agua de precipitación y el agua subterránea (Capítulo 6).

## 8.5 PERFILES GEOLÓGICOS

A continuación se describen los perfiles geológicos elaborados para la zona de estudio (Figura 101), los cuales permitieron definir en profundidad y extensión, 5 unidades hidrogeológicas que se describirán posteriormente.

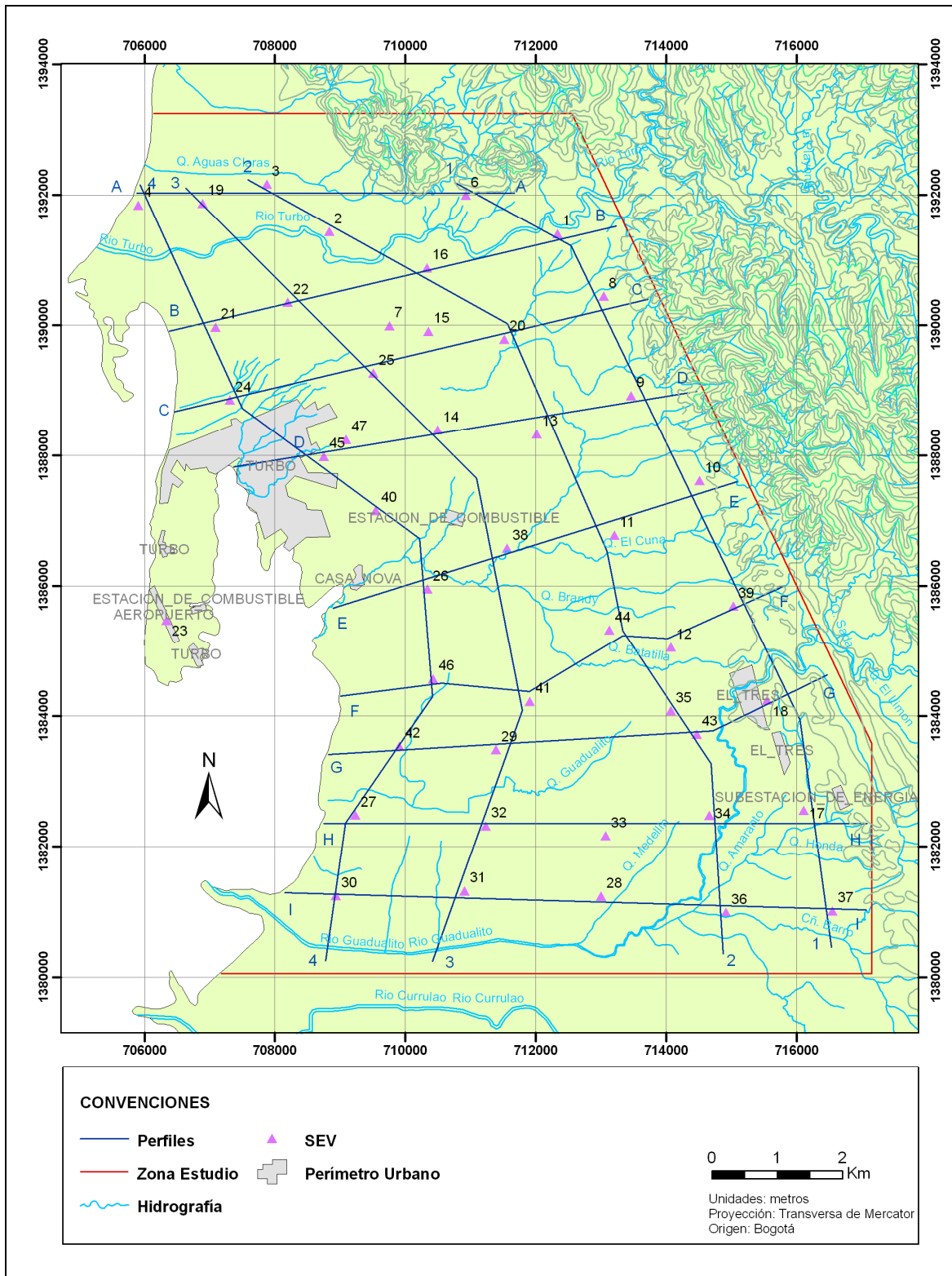


Figura 101. Distribución de perfiles geológicos

### 8.5.1 Perfil A – A´

Este perfil tiene una longitud aproximada de 8000 metros, en una dirección E-W; se encuentra ubicado al norte de la zona de estudio, entre las coordenadas 1392000 N, 706000 W y 1392000 N, 711000 W en la Formación Pavo y Formación Corpa. Para la elaboración de este perfil se utilizó la información de la interpretación de los SEV 4, 19, 3 y 6 (Figura 102).

Este perfil muestra los paquetes a2 (intercalación de lodolitas y areniscas en una proporción 70% y 30% respectivamente) y a3 (intercalación de areniscas de tamaño medio a grueso y lutitas, en una proporción 70% y 30% respectivamente) de la Formación Pavo en la parte oriental, en contacto fallado con la Formación Corpa (Figura 102). Por la interpretación de los SEV (sondeo eléctrico vertical) el paquete a2 presentaría un espesor aproximado de 100 metros. La base de esta capa no está bien definida, debido a las limitaciones en la profundidad de investigación dada por la extensión de las medidas del SEV, por lo que podría ser más potente.

La capa a3 presentaría un espesor máximo de 30 metros infrayaciendo los depósitos cuaternarios, hasta aflorar y presentar espesores mayores de este valor (Figura 102). Este paquete, representaría un acuífero semiconfinado por los depósitos cuaternarios, y estaría limitado al occidente por el contacto fallado con la Formación Corpa.

Hacia el occidente, se observan los paquetes plegados A (intercalación de areniscas finas con lodolitas) y B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas) de la Formación Corpa. El paquete A por su litología, posee bajo potencial acuífero, y presenta espesores entre 30 y 150 metros según la interpretación, por lo anterior, puede presentar espesores más potentes (Figura 102).

El paquete B, que presentaría buen potencial hidrogeológico como formación acuífera semiconfinada, ya que está suprayacida por un paquete de entre 5 y 20 metros de espesor de depósitos cuaternarios, presenta variación en su espesor, de unos pocos metros hasta 60 metros aproximadamente (Figura 102).

Hacia la línea de costa predominan resistividades bajas ( $0 - 1 \Omega.m$ ), que se interpretaron como estratos de diferente granulometría ( $Qt_2$ ), saturados con agua salada de hasta 40 metros de espesor, indicando que la intrusión marina, alcanzaría 2.5 km tierra adentro, a partir de la línea de costa. Estos depósitos estarían en contacto con otros de igual granulometría pero saturados con agua dulce a salobre ( $Qt_3$ ) según su origen, el cual no se pudo determinar con claridad a partir de valores de resistividad, y tendrían un espesor máximo de 25 metros aproximadamente, suprayaciendo el paquete A de la Formación Pavo (Figura 102).

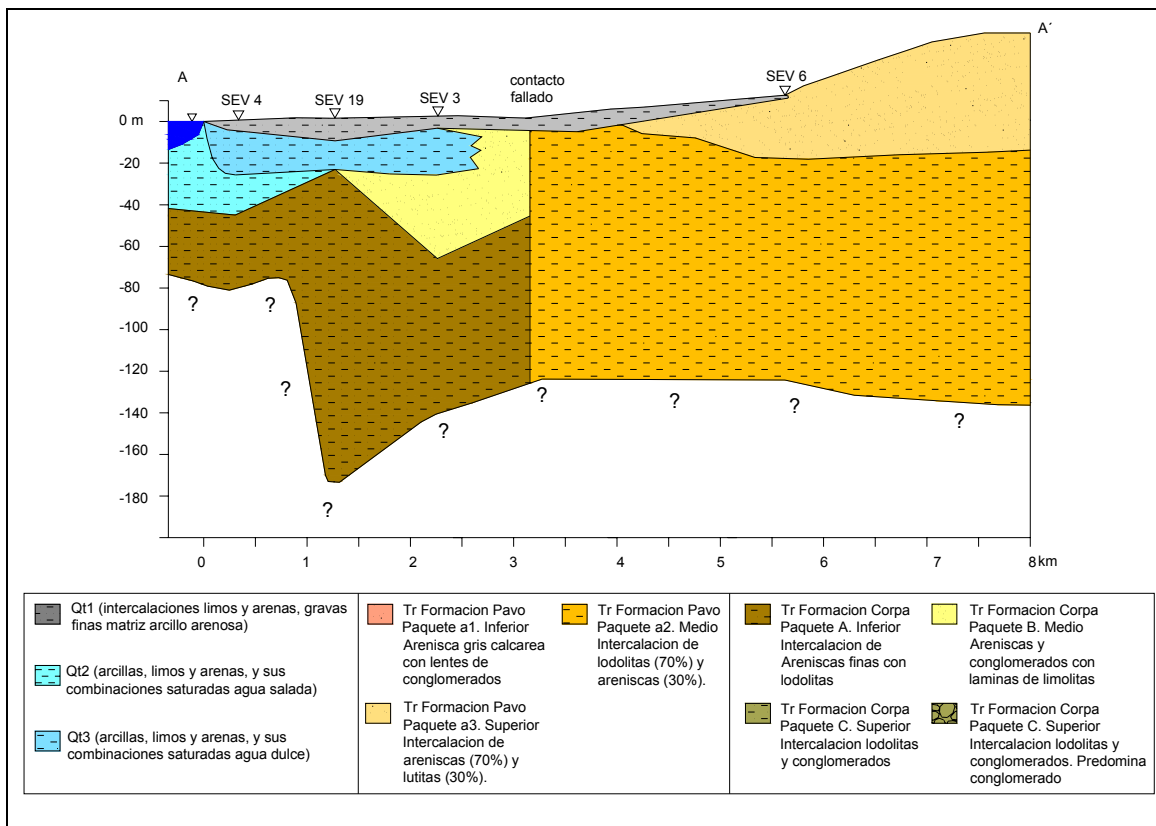


Figura 102. Perfil A-A'

### 8.5.2 Perfil B - B'

La longitud aproximada de este perfil es de 8000 metros y tiene una dirección E-W, el perfil está ubicado al sur del río Turbo, entre las coordenadas 1390000 N, 707000 W y 1390000, 712200 W, los sondeos utilizados fueron los SEV 21, 22, 16 y 1 (Figura 103). El perfil ilustra las disposiciones que tendrían los sedimentos terciarios de las Formaciones Pavo y Corpa y los sedimentos cuaternarios.

En cuanto a las rocas terciarias de la Formación Pavo, el paquete a2 (intercalación de lodolitas y areniscas en una proporción 70% y 30% respectivamente) con un espesor aproximado de 100 metros, por poseer mayor proporción de sedimentos finos, se clasifica como capa confinante con baja posibilidad de extraer agua subterránea. El espesor máximo interpretado es de 70 metros aproximadamente. La base de esta capa no está bien definida, debido a las limitaciones en la profundidad de investigación dada por la extensión de las medidas del SEV. La secuencia estratigráfica de la Formación Pavo se encuentra en contacto fallado con la Formación Corpa (Figura 103).

La Formación Corpa, también terciaria, presenta en este perfil los paquetes B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas) y C (intercalación de lodolitas y conglomerados). El paquete B, presentaría continuidad a partir del perfil A – A' como formación acuífera,

con un espesor que variaría entre 60 y 90 metros, infrayaciendo los depósitos marinos y el paquete C de su misma secuencia terciaria (Figura 103). La base de esta capa no está bien definida, debido a las limitaciones en la profundidad de investigación dada por la extensión de las medidas del SEV.

El paquete C, que no muestra continuidad a partir del perfil A-A', se encontraría suprayaciendo el paquete B, con un espesor máximo de 60 metros aproximadamente. Como ya se había explicado anteriormente, por la litología de este paquete, no se le considera unidad acuífera potencial (Figura 103).

La parte superficial esta conformada por depósitos cuaternarios (Qt<sub>1</sub>) con un espesor hasta de 80 metros. Estos sedimentos suprayacen los sedimentos Qt<sub>3</sub>, los cuales tendrían por interpretación, un espesor mínimo de 80 metros encontrándose saturados con agua dulce a salobre según su origen, continental o marino, el cual no se pudo determinar con claridad a partir de valores de resistividad. No se obtuvieron valores de resistividad que indicaran estratos saturados con agua salada. (Figura 103).

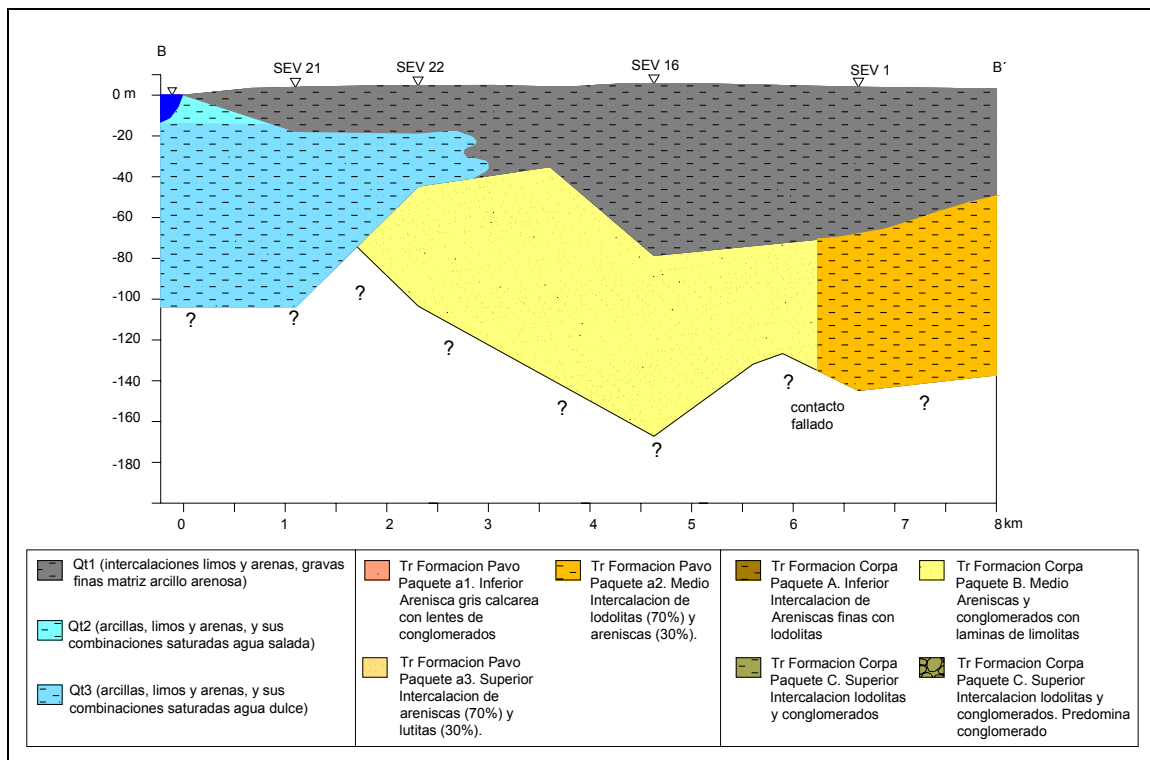


Figura 103. Perfil B-B'

### 8.5.3 Perfil C - C'

Este perfil tiene una longitud de 8000 metros de longitud, en sentido E-W; está ubicado al norte del municipio de Turbo, paralelo a la vía que conduce a Necocli, entre las veredas El Uno y El dos. Las coordenadas iniciales y finales del perfil son 1388300N, 707200 E y



1388300N, 713200 E. Los SEV utilizados para la correlación fueron 24, 25, 15, 20 y 8 (Figura 104).

En el perfil se observan sedimentos terciarios de la Formación Pavo, que corresponde al paquete a3 (intercalaciones de areniscas y lutitas en una proporción (70%) y (30%) respectivamente) de más de 160 metros, y que se encuentra en contacto fallado con la Formación terciaria Corpa, de la cual se observan dos paquetes el B y el C (Figura 104).

El paquete B, corresponde a areniscas y conglomerados con láminas de limolitas, con un espesor que variaría entre 40 y 150 metros. Se observa la continuidad de este paquete, con respecto a los perfiles A-A' y B-B', infiriendo así, su buen potencial de unidad acuífera.

Desde la costa, hasta 2.8 km hacia tierra adentro, hay influencia de la cuña marina en sedimentos de unos 20 metros de espesor (Qt<sub>2</sub>). Los sedimentos cuaternarios (Qt<sub>1</sub>) conforman un paquete de unos 40 metros aproximadamente que persisten desde la base de las colinas terciarias al oriente, hasta el sector costero (Figura 104).

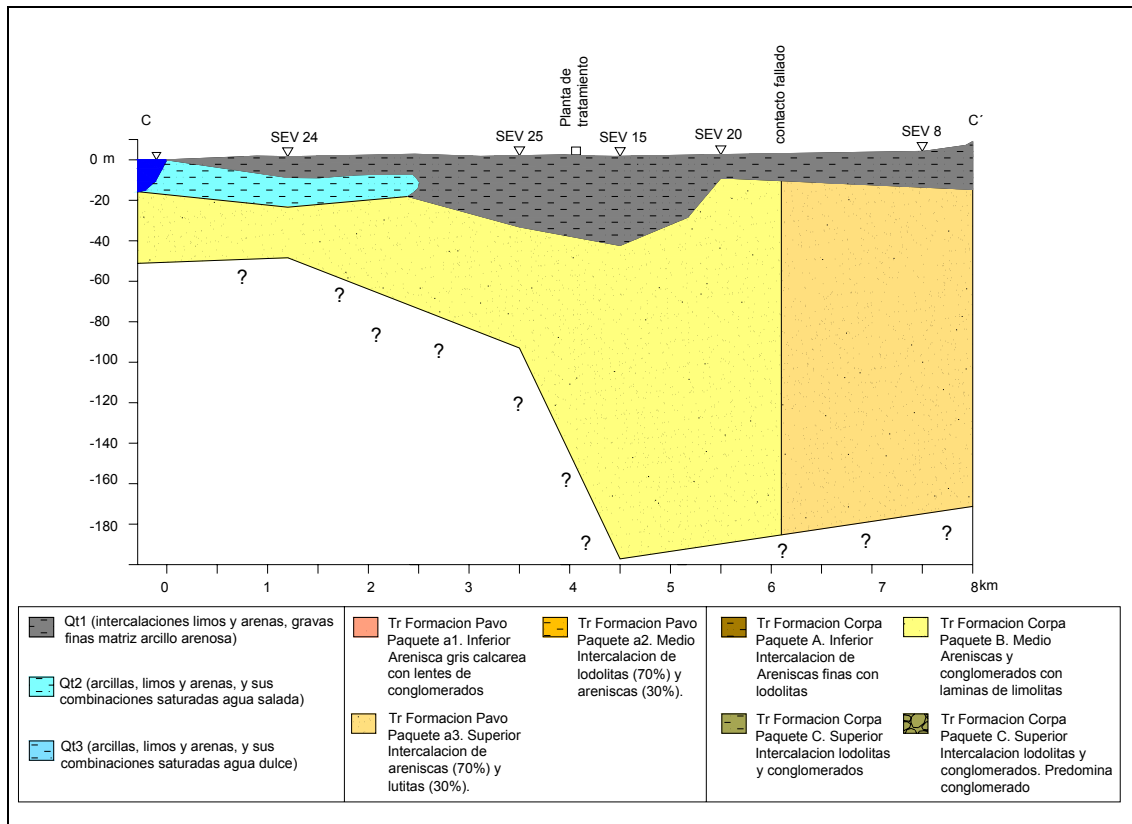


Figura 104. Perfil C-C'

#### 8.5.4 Perfil D - D´

Tiene una longitud aproximada de unos 8500 metros en sentido E-W. Corta el municipio de Turbo, frente a Colegio Carmelo, y se prolonga hacia el oriente pasando por la Finca La Yenka, hasta el sector de la piscina en la vía que comunica El Tres y El Dos. Los SEV utilizados fueron el 45, 47, 14, 13 y 9 (Figura 105). Las coordenadas inicial y final son 1388000N, 708500 E y 1388000N, 713700 E.

Se identifica el paquete a2 de la formación terciaria Pavo (intercalación de lodolitas y areniscas en una proporción 70% y 30% respectivamente) con un espesor no menor a 60 metros. Por poseer mayor proporción de sedimentos finos, se clasifica como capa confinante con baja posibilidad de extraer agua subterránea.

Suprayaciendo el paquete a2, se encuentra el paquete a3 (intercalaciones de areniscas y lutitas en una proporción (70%) y (30%) respectivamente) de 100 metros de espesor. Estos paquetes se encuentran en contacto fallado con la Formación terciaria Corpa.

En este perfil se observa parte de la secuencia estratigráfica plegada de la Formación Corpa, compuesta por los paquetes B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas) y C (intercalación de lodolitas y conglomerados). El paquete B, presentaría un espesor de más de 70 metros, sin tener claridad en la profundidad de su base, debido a las limitaciones de la profundidad de investigación por la extensión del SEV, y se encuentra a partir de 100 metros bajo el nivel del mar (Figura 105). Este paquete es de gran interés como unidad acuífera, ya que sigue mostrando continuidad espacial a partir de los perfiles A-A', B-B' y C-C' desde el norte de la zona de estudio, infrayaciendo el paquete C.

El paquete C lodolítico, se encuentra por encima del paquete B, con espesores que variarían entre 70 y más de 150 metros sin representar una unidad acuífera. El paquete C conglomerático, presentaría un espesor variable desde unos pocos metros hasta aproximadamente 120 metros suprayaciendo el C lodolítico e infrayaciendo los depósitos cuaternarios, representando una unidad acuífera importante. Según el SEV 45, este paquete conglomerático se encontraría infrayaciendo los depósitos marinos hacia la costa, pero no se tiene información suficiente para determinar su base o variación en profundidad (Figura 105).

Todo lo anterior esta suprayacido por los depósitos cuaternarios  $Qt_1$ , con un espesor de 25 metros aproximadamente en la parte más gruesa. Los depósitos cuaternarios  $Qt_2$  con un espesor de aproximadamente 20 metros de espesor saturados con agua salada, se extenderían hasta 3.3 km aproximadamente tierra adentro, es decir parte del municipio de Turbo, está ubicado sobre sedimentos marinos, los cuales no son interesantes como unidad acuífera (evidencia en los valores de cloruros de los pozos ubicados en la zona urbana). En este perfil no se observan los sedimentos terciarios de la Formación Pavo (Figura 105).



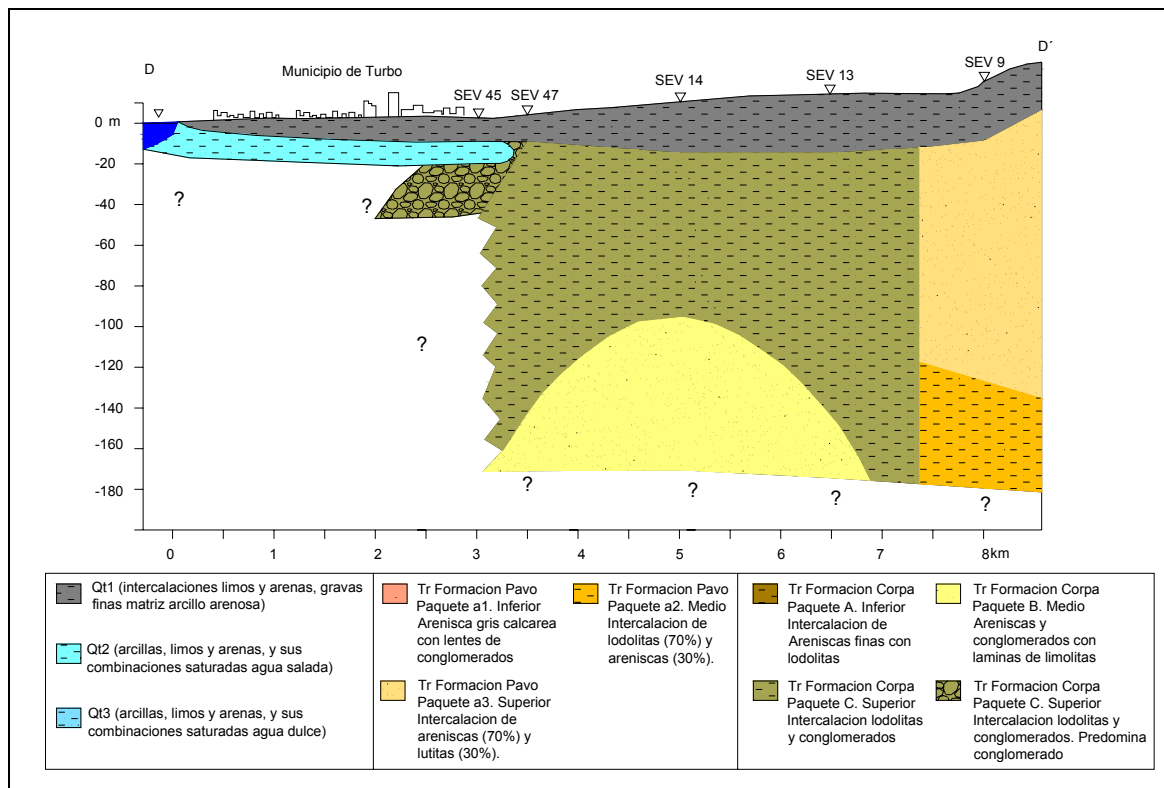


Figura 105. Perfil D-D'

### 8.5.5 Perfil E – E'

Tiene una longitud aproximada de 8000 metros, con una dirección E-W, ubicado al sur del municipio de Turbo a la altura de la Vereda Casanova. Las coordenadas inicial y final son 1386000N, 710200 E y 1386000N, 715000 E. Los SEV correlacionados fueron el 26, 11 y 10, y el 133 del estudio de Ingeominas (1995). La secuencia estratigráfica que se observa en el perfil corresponde al paquete C de la Formación Corpa (de origen continental) y depósitos cuaternarios (Figura 106).

El paquete C lodolítico, se encuentra debajo del C conglomerado, con espesores que variarían hasta 100 metros o más, ya que no se establece bien su base por la limitación en distancia del SEV. Este paquete muestra continuidad desde el norte a partir del perfil B-B'. Como se ha expresado, no representaría una unidad acuífera (Figura 106).

El paquete C conglomerático, se encuentra sobre el C lodolítico y debajo de los depósitos cuaternarios. Presenta continuidad a partir del perfil D-D', con espesores que variarían a partir de 28 metros aproximadamente hasta más de 100 metros, representando una unidad acuífera. Al igual que el paquete anterior, no se determinó la profundidad de su base, por las limitaciones del SEV (Figura 106).

Los sedimentos cuaternarios  $Qt_3$ , tendrían un espesor variable entre 40 y 120 metros aproximadamente encontrándose debajo de los cuaternarios  $Qt_1$ . La intrusión marina alcanzaría una distancia entre 1 y 1.5 km tierra adentro, a partir de la línea de costa según los depósitos  $Qt_2$ . En la parte superficial, los sedimentos cuaternarios  $Qt_1$  tendrían un espesor máximo de 30 metros (Figura 106).

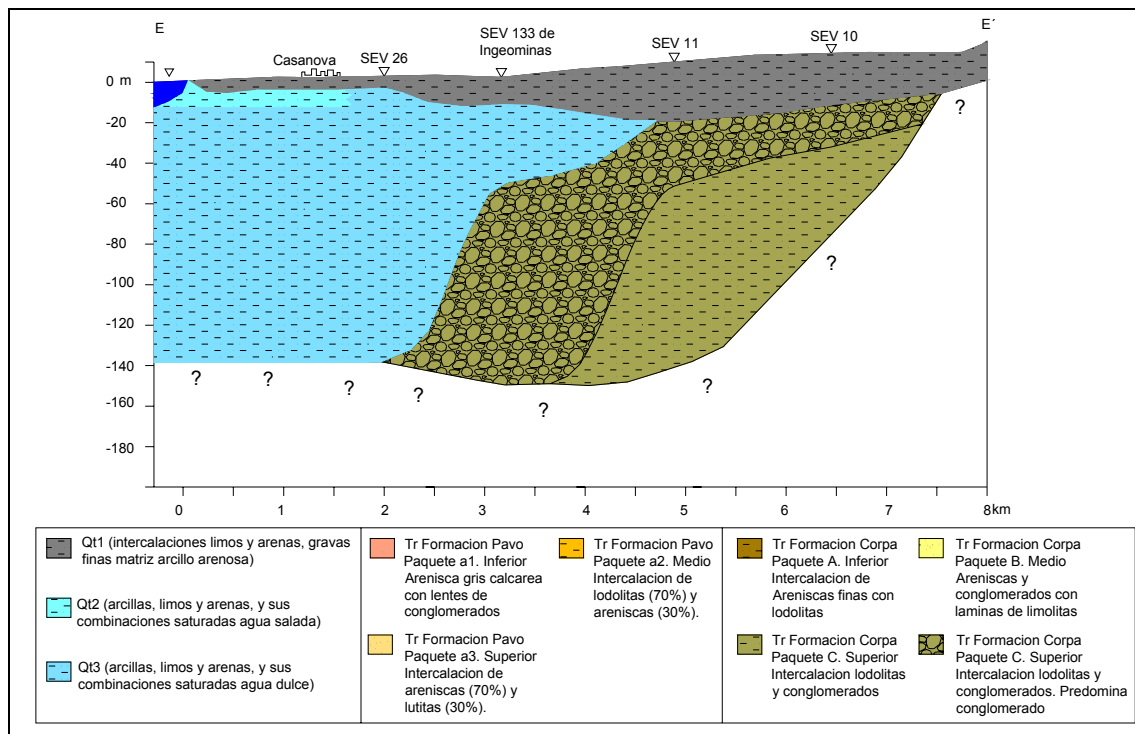


Figura 106. Perfil E-E'

### 8.5.6 Perfil F - F'

Este perfil cuenta con una longitud de 8000 metros, dispuesto en sentido EW y se ubica al norte del corregimiento El Tres. Las coordenadas de inicio y final son 1384500N, 710100 E y 1384500N, 715000 E, y los SEV utilizados para la correlación fueron el 46, 41, 44, 12 y 39 (Figura 107).

Después de la correlación, se observan los paquetes plegados B (intercalaciones de areniscas y conglomerados) y C (lodolítico) de la Formación Corpa. El paquete B, después de no presentarse en el perfil E-E', aparece de nuevo como unidad acuífera, con espesores de más de 80 metros sin establecer su base en profundidad (Figura 107).

El paquete C lodolítico (intercalación de lodolitas y conglomerados) presenta continuidad desde el norte a partir del perfil B-B (Figura 68), con un espesor que variaría entre 40 y 120 metros, sin representar una unidad acuífera (Figura 107).

Los sedimentos cuaternarios  $Qt_3$  saturados con agua dulce a salobre según su origen, aparecen con espesores como mínimo de 140 metros al lado de la costa. Sobre estos depósitos, aparecen los depósitos cuaternarios  $Qt_2$  saturados con agua salada, lo que indica que la intrusión marina, estaría alcanzando aproximadamente 2 km tierra adentro a partir de la línea de costa (Figura 107).

El depósito cuaternario  $Qt_1$  tiene en su parte más gruesa 22 metros, cerca al SEV 12 y se observa que persiste prácticamente a lo largo de todo el perfil en sentido EW (Figura 107).

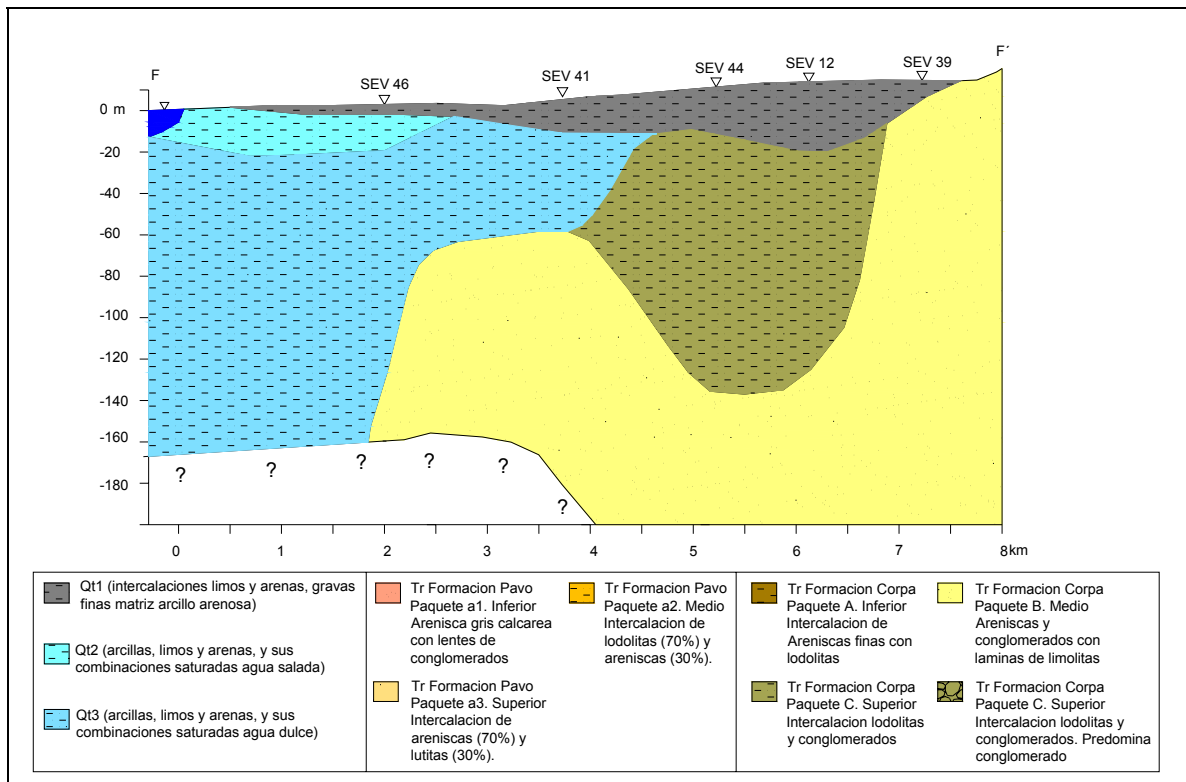


Figura 107. Perfil F-F'

### 8.5.7 Perfil G - G'

Este perfil orientado en sentido EW en cercanías al corregimiento de El Tres, presenta 8000 metros de longitud, con coordenadas iniciales y finales 1383800N, 710000 E y 1384500N, 715700 E. Los SEV utilizados para la correlación fueron el 42, 29, 4 y 18. La secuencia estratigráfica estaría compuesta por paquetes de la Formación Corpa y sedimentos cuaternarios (Figura 108).

El paquete B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas), presenta de nuevo continuidad desde el norte, a partir del perfil F-F'. Presentaría un espesor de más de 100 metros, sin conocer su base, debido a la limitación de la profundidad de investigación del

SEV, representado una unidad acuífera debajo de los depósitos cuaternarios y el paquete C conglomerático (intercalaciones de lodolitas y conglomerados) (Figura 108).

El paquete C conglomerático no presenta continuidad a partir del perfil anterior. Representaría una unidad acuífera con un espesor promedio de 10 metros debajo de los depósitos cuaternarios (Figura 108).

Los depósitos cuaternarios  $Qt_1$  que se observan en la superficie, tendrían espesores entre 4 a 20 metros. Los depósitos cuaternarios  $Qt_2$  saturados con agua salada que se encontrarían debajo de los  $Qt_1$ , se extenderían aproximadamente 3.5 km tierra adentro a partir de la línea de costa, indicando intrusión marina. Debajo de los depósitos  $Qt_2$ , se encontrarían los depósitos  $Qt_3$  con un espesor de más de 100 metros (Figura 108).

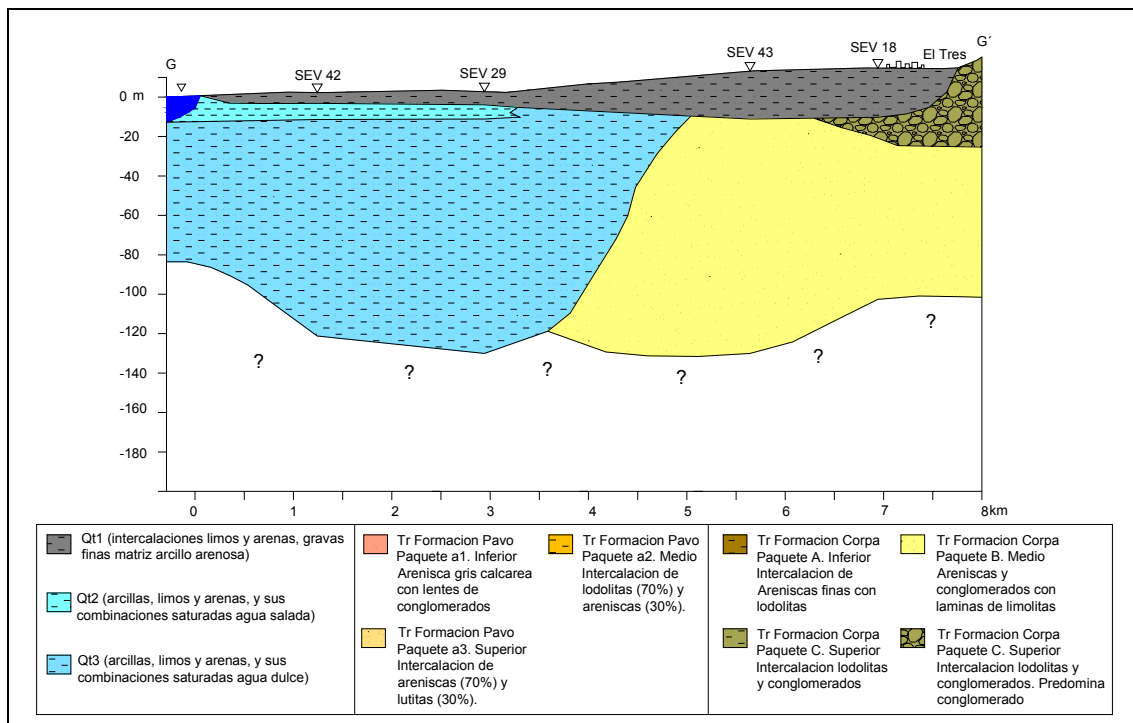


Figura 108. Perfil G-G'

### 8.5.8 Perfil H - H'

Este perfil tiene una longitud de 8500 metros en sentido EW, y se ubica al sur del corregimiento de El Tres. Las coordenadas de inicio y fin son 1382200N, 711300 E y 1382200N, 7161000 E. Los SEV empleados para la correlación son el 27, 32, 33, 34 y 17. Se observa la secuencia estratigráfica plegada de los sedimentos terciarios de la Formación Corpa y los depósitos cuaternarios (Figura 109).

El paquete B, sigue mostrando continuidad a partir del perfil F-F', con espesores interpretados de más de 40 metros, sin definir bien su base, por las limitaciones de la profundidad de investigación dada por el SEV. Este paquete estaría debajo del paquete C lodolítico (Figura 109).

El paquete C lodolítico (intercalaciones de lodolitas y conglomerados), que no tuvo continuidad entre los perfiles F-F' y G-G', aparece con espesores de hasta 20 metros. No representaría una unidad acuífera por su granulometría. Sobre el paquete C lodolítico, se encontraría un paquete C conglomerático que tendría continuidad desde el perfil G-G', presentando un espesor máximo de 25 metros aproximadamente. Representa una unidad acuífera interesante (Figura 109).

Los sedimentos cuaternarios  $Qt_1$  presentan un espesor variable y son más potentes hacia el centro y el oriente del perfil con un espesor de hasta 100 metros. Los sedimentos  $Qt_3$  se encontrarían al lado de la costa con espesores de hasta 70 metros saturados con agua dulce a salobre, según el origen continental o marino. Los sedimentos  $Qt_2$ , saturados con agua salada y con espesores entre 10 y 15 metros, indican que la intrusión marina estaría alcanzando una distancia de aproximadamente 2 km tierra adentro a partir de la línea de costa aproximadamente (Figura 109).

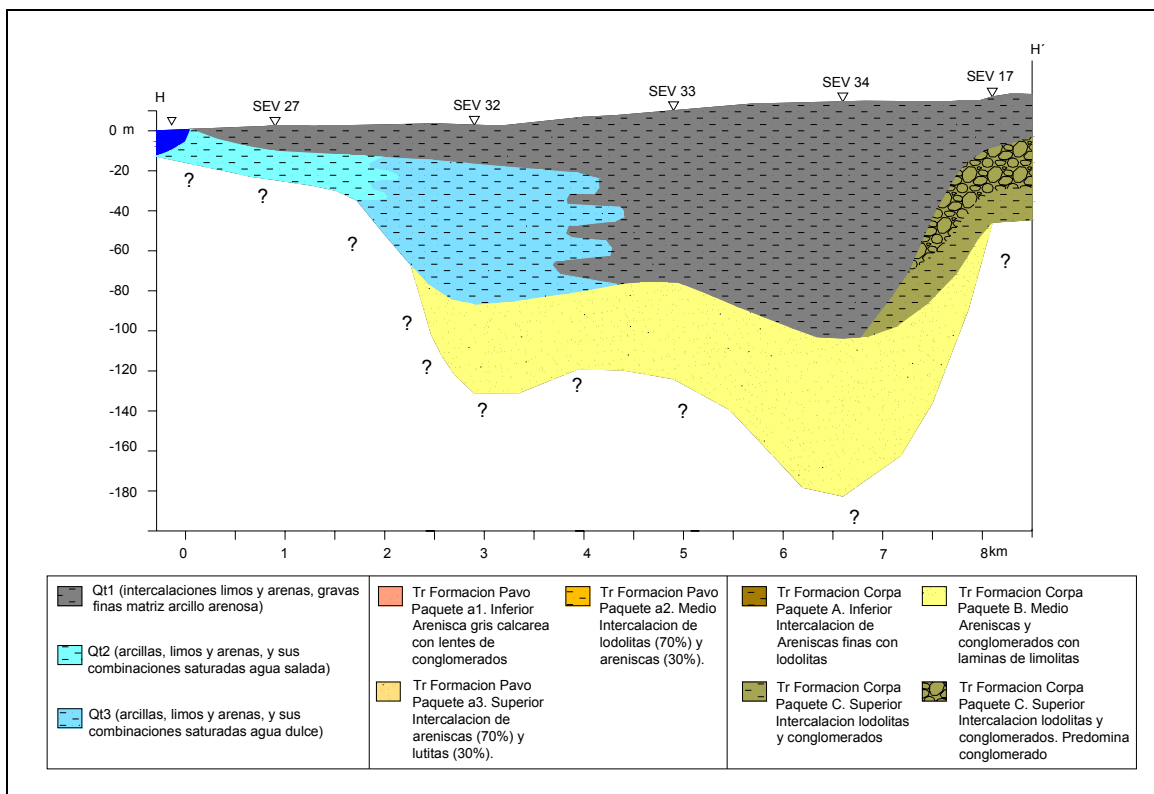


Figura 109. Perfil H-H'

### 8.5.9 Perfil I - I'

Este perfil tiene una longitud de 9000 metros en dirección EW y se ubica cerca de la vereda Palmitas en el límite sur de la zona de estudio, con coordenadas inicial y final 1381800N, 711000 E y 1381800N, 716700 E. Los SEV utilizados fueron el 30, 31, 28, 36 y 37. En este perfil se observa la secuencia estratigráfica completa de la Formación terciaria Corpa (paquetes A, B, y C) y los depósitos cuaternarios (Figura 110).

El paquete A (intercalación de areniscas finas con lodolitas) se encontraría debajo del paquete B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas) con un espesor sin definir, pero que sería de más de 30 metros (Figura 110). Por su litología, se podría clasificar como unidad acuífera, pero no presenta continuidad en los demás perfiles.

El paquete B, que se encontraría debajo del C lodolítico, sigue mostrando continuidad desde el norte de la zona de estudio, a partir del perfil F-F', con espesores que variarían entre 40 y 80 metros, confirmando su importancia como unidad acuífera (Figura 110).

El paquete C lodolítico (intercalación de lodolitas y conglomerados) se encontraría debajo de los cuaternarios hacia el centro, y debajo del paquete C conglomerático (intercalación de lodolitas y conglomerados) hacia el oriente con espesores entre 20 y 30 metros. El C conglomerático presentaría también, espesores entre 20 y 30 metros aproximadamente, mostrando continuidad desde el perfil H-H'. Solo el paquete conglomerático representaría una unidad acuífera (Figura 110).

Los sedimentos cuaternarios tienen un espesor variable entre 5 y 30 metros y persisten de oriente a occidente. Los sedimentos cuaternarios  $Qt_2$  saturados con agua salada, se encontrarían debajo de los  $Qt_1$ , con espesores de hasta 40 metros, indicando que la intrusión marina avanza aproximadamente hasta 3 kilómetros tierra adentro. Los depósitos  $Qt_3$ , tendrían espesores de hasta 50 metros aproximadamente (Figura 110).



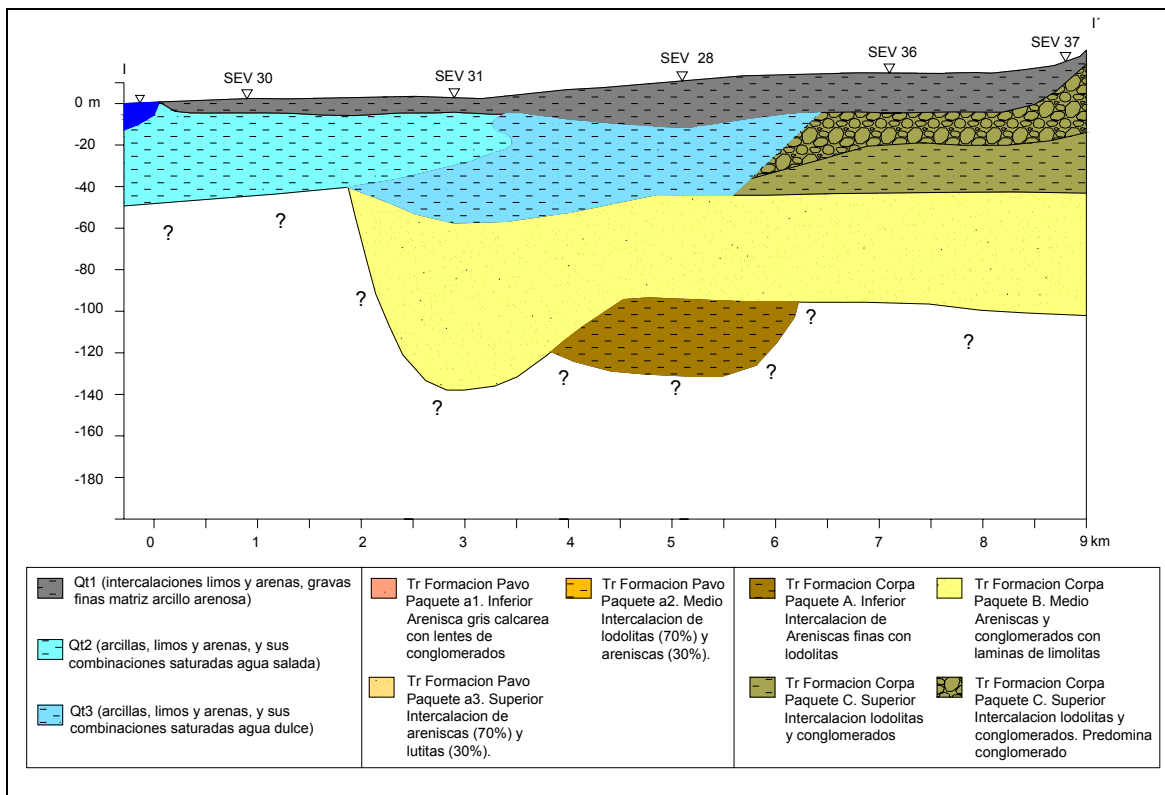


Figura 110. Perfil I-I'

### 8.5.10 Perfil 1- 1'

Este perfil tiene una longitud de 14 kilómetros en dirección NS, se ubica cerca y de forma paralela a las colinas de la serranía de Abibe. Las coordenadas de inicio y fin del perfil son 1392000N, 711000 E y 1381800N, 716700 E. Los SEV utilizados para la correlación fueron el 6, 1, 8, 9, 10, 39, 18, 17 y 37. La secuencia estratigráfica en la cual se insinúa un plegamiento esta compuesta por rocas terciarias pertenecientes a los paquetes B y C de la Formación Corpa al sur y los paquetes a2 y a3 de la Formación Pavo al norte; estas dos formaciones están en contacto fallado (Figura 111).

El paquete a2 (intercalación de lodolitas (70%) y areniscas (30%)) que se encontraría debajo del paquete a3, presentando continuidad como estrato, hasta el contacto fallado con la Formación Corpa. La profundidad de su base no se determinó por la limitación de la profundidad de investigación dada por los SEV, pero los espesores interpretados serían de más de 100 metros. No representa una unidad acuifera (Figura 111).

También se observa la continuidad del paquete a3 (intercalación de areniscas (70%) y lodolitas (30%)) como unidad acuifera, hasta el contacto fallado con la formación Corpa. Los espesores variarían desde unos pocos metros hasta más de 150 metros, sobre el paquete a2 (Figura 111).

El paquete B (areniscas y conglomerados con láminas de limolitas) de la Formación Corpa, se encuentra debajo del paquete C (lodolítico y conglomerático) y los depósitos cuaternarios. Presentaría buena continuidad en sentido norte sur, representando la unidad acuífera más importante en la zona de estudio. No se pudo determinar la profundidad de su base, debido a las limitaciones de la profundidad de investigación de los SEV, pero su espesor, sería de más de 60 metros a lo largo del perfil (Figura 111).

El paquete C lodolítico (intercalación de lodolitas y conglomerados) aparecería entre el paquete C conglomerático y el B, con espesor de 40 metros aproximadamente. No conformaría una unidad acuífera (Figura 111).

El paquete C conglomerático (intercalación de lodolitas y conglomerados) que infrayace los depósitos cuaternarios, se ubicaría bajo los SEV 9 y 10, en cercanías del sector la piscina, por la vía que conduce de El Tres al Dos, con espesores variables entre unos pocos metros y 120 metros aproximadamente; de igual forma, bajo los SEV 18, 17, y 37 a sur del río Guadualito, con un espesor promedio de 30 metros (Figura 111). Este paquete representaría una unidad acuífera.

Los depósitos cuaternarios  $Qt_1$  que se observan en este perfil tendrían un espesor de hasta 60 metros (Figura 111).

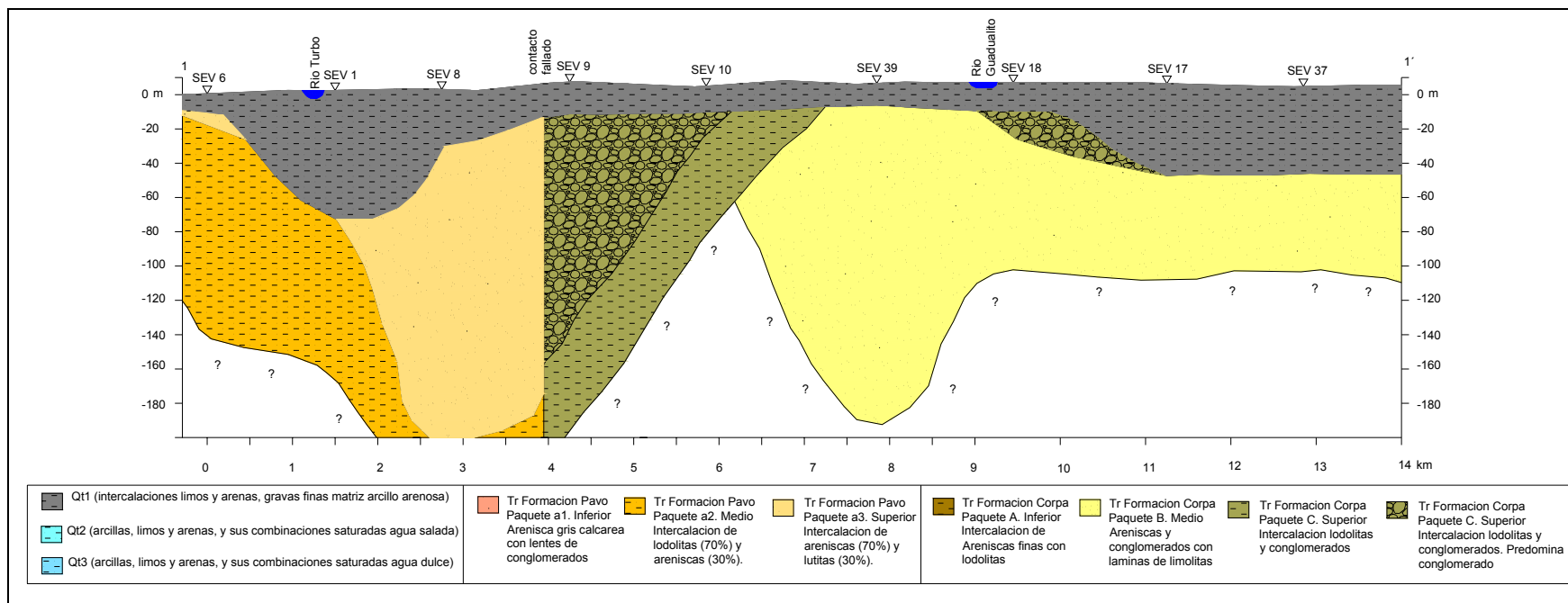


Figura 111. Perfil 1-1'

### 8.5.11 Perfil 2-2´

Posee una longitud de 15 kilómetros en sentido NS, con coordenadas inicial y final 1392800N, 711000 E y 1381000N, 717000 E. Los SEV utilizados en la correlación son el 3, 2, 16, 20, 13, 11, 44, 12, 35, 43, 34 y 36, y SEV 8 de Ingeominas (1995). La secuencia estratigráfica esta compuesta por la Formación Corpa la cual se encuentra plegada y se observan tres paquetes A (Inferior), B (medio), C (Superior) (Figura 112).

El paquete A, que esta compuesto por la intercalación de areniscas finas con lodolitas, se observa al norte de la zona de estudio; se encontraría a una profundidad de 70 metros y tendría un espesor aproximado de 80 metros. No representa una unidad acuífera interesante (Figura 112).

El paquete B, compuesto por areniscas y conglomerados con láminas de limolitas, se prolonga de norte a sur de forma plegada y tiene un espesor que variaría desde entre 18 y 170 metros aproximadamente, sin poder establecer la profundidad de la base, debido a la limitación de la profundidad de investigación de los SEV. Como se viene evidenciando, representaría una unidad acuífera interesante (Figura 112).

El paquete C, también se prolonga en sentido norte sur, igualmente plegado, esta compuesto por la intercalación de lodolitas y conglomerados. Los niveles lodolíticos, se asocian a resistividades mas bajas. Los niveles conglomeráticos se asocian a resistividades más altas, representando una unidad acuífera interesante. Su espesor variaría entre 10 y 140 metros aproximadamente para los niveles lodolíticos. Los niveles conglomeráticos se ubicarían debajo del sondeo SEV 11 en terrenos de la Hacienda La Mareiba y bajo el SEV 38, al sur del río Guadualito, con un espesor aproximado entre 25 y 30 metros, bajo 20 metros de depósitos cuaternarios (Figura 112).

Los depósitos cuaternarios  $Qt_1$ , también se observan de norte a sur, con un espesor de hasta 120 metros. Al norte de la zona de estudio, se observan depósitos  $Qt_2$  saturados con agua salada, cerca al SEV 3, en el sector finca Vayanviendo, con un espesor de 23 metros aproximadamente (Figura 112).

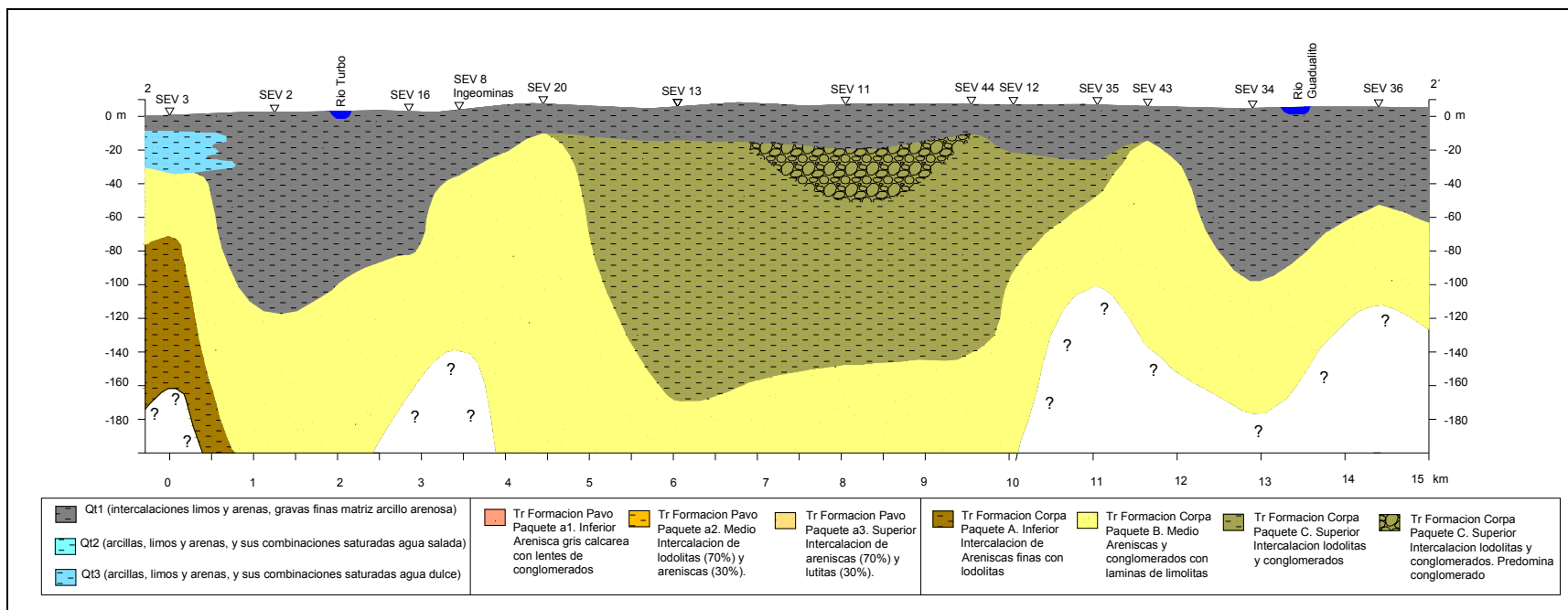


Figura 112. Perfil 2-2'

### 8.5.12 Perfil 3- 3´

Este perfil tiene una longitud 15 km en sentido NS y esta ubicado aproximadamente a 2km de la costa, con coordenadas inicial y final, 139200N, 707000 E y 1381300N, 711000 E. Los SEV utilizados para la correlación fueron el 19, 22, 25, 14, 41, 29 y 32, y 132 y 133 de Ingeominas (1995). La secuencia estratigráfica compuesta por la Formación Corpa se encuentra plegada y se observan en este perfil los paquetes A (Inferior), B (medio) y C (Superior) (Figura 113).

El paquete A, compuesto por intercalación de areniscas finas con lodolitas, se observa al norte de la zona de estudio, tendría un espesor de 150 metros aproximadamente, y se encontraría a una profundidad de 30 metros. No representa una unidad acuífera interesante, y se encontraría suprayacido por depósitos marinos (Figura 113).

El paquete B, esta compuesto por areniscas y conglomerados con laminas de limolitas y persiste de norte a sur, el espesor es variable y oscilaría entre 60 y 100 metros; se encuentra a una profundidad de 40 metros donde el pliegue sube (anticlinal) y a 90 metros donde el pliegue baja (sinclinal) (Figura 113). Representa una unidad acuífera muy interesante.

El paquete C lodolítico (intercalación de lodolitas y conglomerados), persiste de sur a norte pero se encontraría interrumpido o fragmentado por sedimentos cuaternarios de origen marino. Su espesor variaría entre 50 y 70 metros y se ubica bajo los depósitos cuaternarios que tienen un espesor que varía desde los 10 hasta los 18 metros y que persisten de norte a sur en este perfil (Figura 113).

Este perfil tiene una fuerte influencia de los depósitos cuaternarios  $Qt_3$ , saturados con agua dulce a salobre, presentando espesores entre 45 a 110 metros. Los depósitos  $Qt_1$  tendrían un espesor de hasta 40 metros (Figura 113).



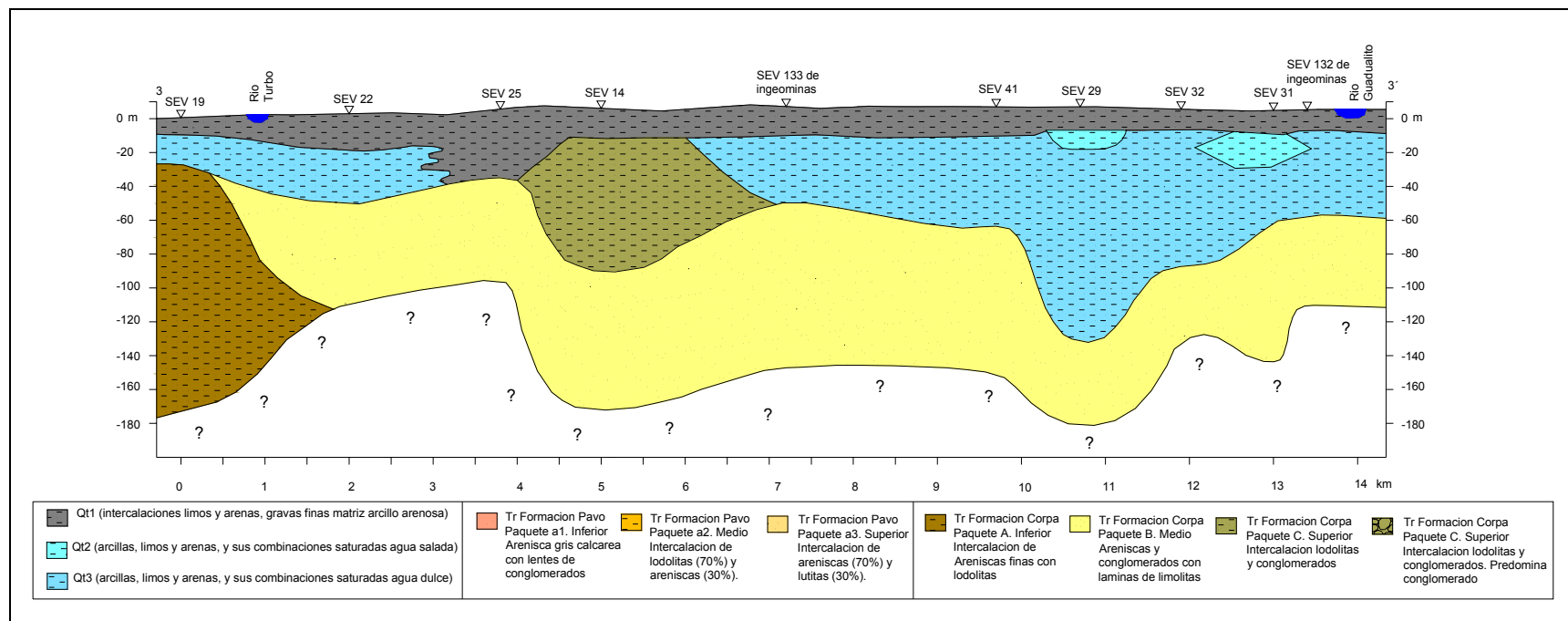


Figura 113. Perfil 3-3'

### 8.5.13 Perfil 4- 4´

Este perfil tiene una longitud de 16.5 km, en dirección norte sur y se ubica entre 400 y 1000 metros de la costa, con coordenadas inicial y final, 1381800N, 711000 E y 1381800N, 716700 E. Los SEV utilizados en la correlación fueron el 4, 21, 24, 45, 40, 26, 46, 42, 27 y 30. La secuencia estratigráfica del terciario, la Formación Corpa, se encuentra interrumpida por los sedimentos cuaternarios de origen marino, que son los predominantes en este perfil por la cercanía a la costa (Figura 114).

Se observa el paquete A, compuesto por intercalación de areniscas finas con lodolitas, al norte de la zona de estudio, con un espesor de 30 metros aproximadamente, que se encontraría a una profundidad de 40 metros, suprayacido por depósitos marinos. No representa una unidad acuífera de interés. (Figura 114).

El paquete B, que esta compuesto por areniscas y conglomerados con láminas de limolitas, tendría un espesor variable entre 20 y 60 metros, ubicándose bajo el SEV 24, al norte de la Iglesia El Santo Ecce Homo, del municipio de Turbo, a 40 metros de la superficie (Figura 114).

El paquete C conglomerático, esta compuesto por la intercalación de lodolitas y conglomerados, estaría representado en forma de lente con un espesor máximo de 40 metros, bajo el SEV 45, frente a la unidad deportiva y la alcaldía del municipio de Turbo. Bajo el SEV 27, más hacia el sur, se encuentra otro lente de conglomerados, menos extenso y menos grueso que el anterior, que tendría 5 metros de espesor. Ambos paquetes, que representan una unidad acuífera, están debajo sedimentos cuaternarios marinos, compuestos por limos y arcillas, saturados con agua salada. (Figura 114).

Los depósitos cuaternarios  $Qt_1$  tendrían un espesor de 3 a 22 metros, persistiendo de norte a sur. Los depósitos cuaternarios  $Qt_2$  saturados con agua salada, se encontrarían debajo de los  $Qt_1$ , y se extienden aproximadamente 12.5 km a lo largo del perfil cerca a la línea de costa con un espesor máximo de 40 metros. En le centro del perfil, los depósitos cuaternarios  $Qt_3$  se encuentran debajo de los depósitos  $Qt_2$ , con espesores que alcanzan como mínimo 140 metros; hacia la zona norte del perfil, los depósitos  $Qt_3$  se encontrarían sobre los  $Qt_2$ , con espesores de hasta 100 metros (Figura 114).

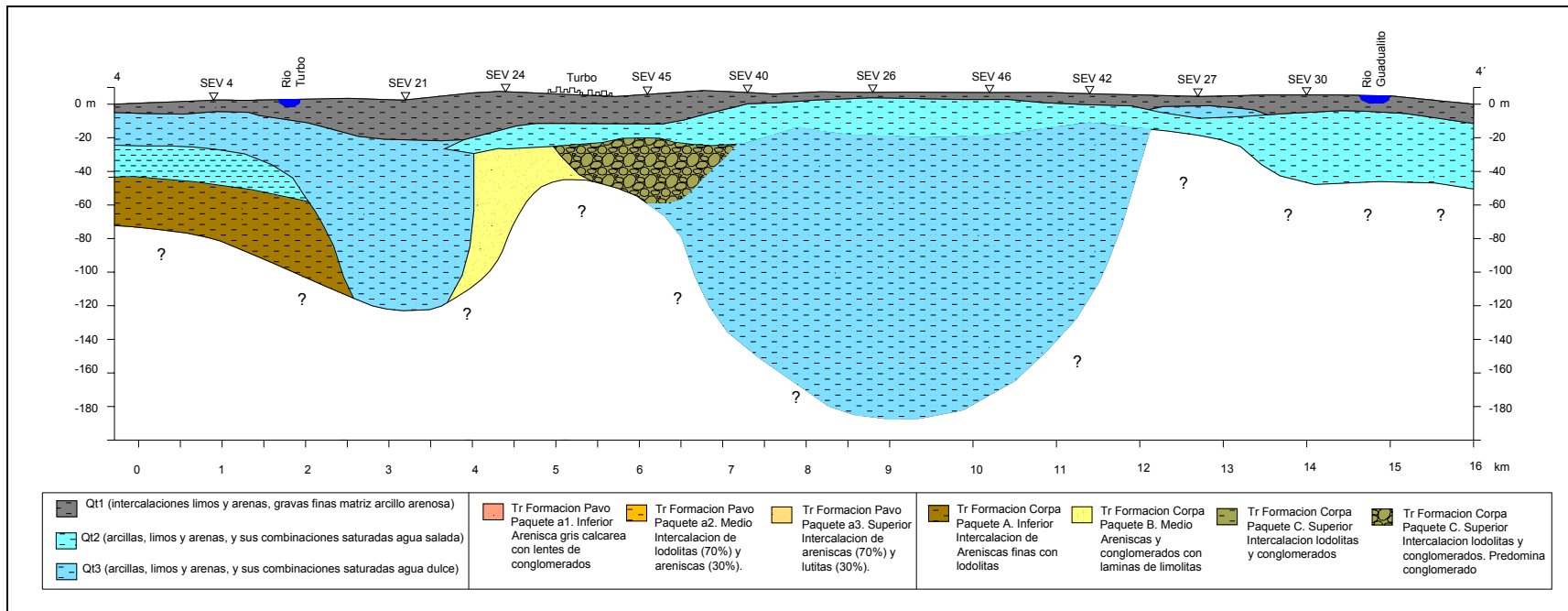


Figura 114. Perfil 4-4'

## 8.6 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El modelo hidrogeológico está conformado por 5 unidades geológicas, y a su vez conforman 5 unidades hidrogeológicas.

### 8.6.1 Unidad hidrogeológica 1: paquete a3 Formación Pavo

Está representada por las rocas del paquete a3 (paquete superior) de la Formación Pavo de origen marino. Los otros dos paquetes, que conforman la Formación Pavo, a1 (paquete inferior) y a2 (paquete medio) no representan unidades acuíferas importantes por su granulometría. En general, la formación Pavo está conformada por arenas de tamaño medio de color gris, intercaladas con lutitas y lentes de conglomerados y se encuentra en contacto fallado con la Formación Corpa. Esta falla tiene una dirección predominante NW. La Figura 115 presenta la secuencia estratigráfica típica de la unidad hidrogeológica 1.

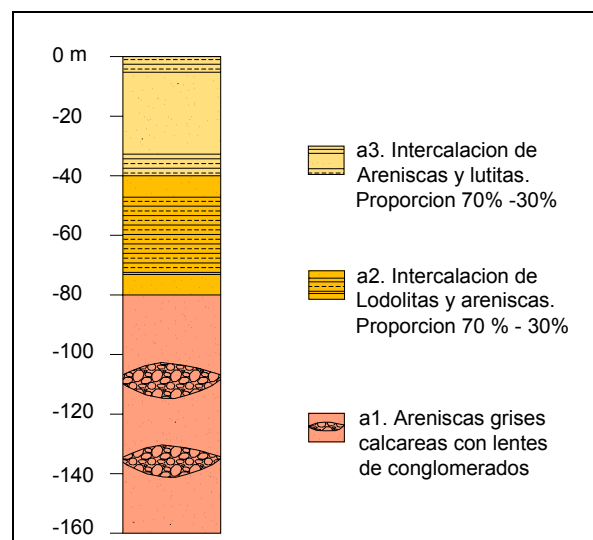


Figura 115. Secuencia estratigráfica unidad hidrogeológica 1

#### 8.6.1.1 Paquete a1 (Inferior)

Conformado por arenisca media calcárea de color gris que presenta lentes de conglomerados. Estaría confinada por la capa inmediatamente superior, que corresponde a la capa a2. No se presenta en la zona de estudio.

#### 8.6.1.2 Paquete a2 (medio)

Conformado por intercalación de limolitas y areniscas, en una proporción de 70% y 30% respectivamente. Se encuentra encima del paquete descrito anteriormente y suprayacida por el paquete a3. El paquete a2, ubicado al nororiente de la zona de estudio presenta un

espesor máximo de 130 metros, observándose en los perfiles AA' (Figura 102) y BB' (Figura 103). Posee un bajo potencial acuífero por sus características granulométricas.

### 8.6.1.3 Paquete a3 (Superior)

Se encuentra conformado por intercalación de areniscas de tamaño medio a grueso y lutitas, en una proporción 70% y 30% respectivamente, y lentes de conglomerados. Este paquete se identificó en el perfil CC' (Figura 104), en cercanías de la hacienda La Macarena en el corregimiento El Dos, con 140 metros de espesor. Hacia las colinas aflora en superficie y tiene zonas de afloramiento de aguas que son captadas para uso domestico. Representaría un acuífero semiconfinado por los depósitos cuaternarios, y libre en las zonas donde aflora.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los paquetes interesantes son: a1 (Inferior) y a3 (Superior), el paquete inferior no se observa en la zona de estudio y el paquete superior solo se observa en el perfil CC' (Figura 104).

### 8.6.2 Unidad hidrogeológica 2: paquetes B y C Formación Corpa

Esta representada por las rocas de las capas B y C pertenecientes a la Formación Corpa, que consta principalmente de conglomerados intercalados con areniscas conglomeráticas de grano grueso y capas de limolitas y arcillolitas de color gris azul, de origen continental. La capa A no representa importancia como unidad acuifera debido a su granulometría. Esta formación se observa en todos los perfiles realizados y su disposición estructural predominante esta conformada por pliegues. La Figura 116 presenta la secuencia estratigráfica típica de la unidad hidrogeológica 2.

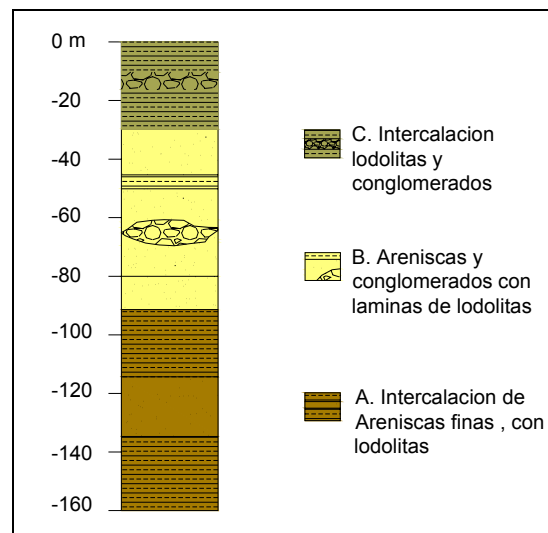


Figura 116. Secuencia estratigráfica unidad hidrogeológica 2

### **8.6.2.1 Paquete A (inferior)**

Este paquete se encuentra compuesto por intercalaciones de areniscas de tamaño fino a medio y lodolitas grises. Se observa en los perfiles AA' (Figura 102) y I I' (Figura 110), con espesores variables debido a plegamientos, pero en promedio es de 70 metros aproximadamente. Este paquete por su litología, no presenta buenas condiciones de unidad acuífera.

### **8.6.2.2 Paquete B (medio)**

Este paquete esta conformado por areniscas de grano fino, conglomerados y láminas de lodolitas, presentando un espesor variable en todos los perfiles realizados. El espesor mas potente se encuentra en los alrededores de los Terrenos de la hacienda La Mareiba, y de la hacienda Las Águilas en el corregimiento el Tres (aproximadamente de 200 metros). Este paquete presenta condiciones como unidad acuífera, además de tener una buena continuidad en toda la zona de estudio. Representaría un acuífero confinado. Se observa en todos los perfiles a excepción del perfil EE' (Figura 106).

### **8.6.2.3 Paquete C (superior)**

Se encuentra conformado por lodolitas grises intercaladas con conglomerados. Según valores de resistividad, el paquete C se subdivide, en C con predominancia de lodolitas (C lodolítico) y C con predominancia de conglomerados (C conglomerático). Este paquete persiste prácticamente en toda la zona de estudio a excepción del perfil AA', con espesores que varían desde 20 metros hasta 140 metros aproximadamente. Tiene un nivel conglomerático marcado por resistividades altas y que persiste en los perfiles DD' (Figura 105), EE' (Figura 106) GG' (Figura 106), HH' (Figura 109), II' (Figura 110), 1-1' (Figura 111), 2-2' (Figura 112), 4-4' (Figura 114) especialmente en la parte sureste continuando hacia la parte oriental de la zona de estudio. Las capas lodolíticas no presentan buenas condiciones para transmitir agua y se relaciona con resistividades bajas. El tipo de acuífero es semiconfinado a confinado según los espesores y granulometría de los depósitos cuaternarios que los suprayacen, cuyos espesores varían en la zona de estudio.

Al oriente del municipio de Turbo los niveles conglomeráticos alcanzan un espesor de 120 metros, lo cual se observa en el perfil DD' (Figura 105); el otro nivel conglomerático ubicado en cercanías del corregimiento El Tres, en la subestación de energía de El Tres y la vereda Palmitas, tiene un espesor que varia entre 10 y 40 metros.

### **8.6.3 Unidad hidrogeológica 3: depósitos cuaternarios Qt<sub>1</sub>**

Esta unidad hidrogeológica esta relacionada con los depósitos cuaternarios de la zona de estudio de origen continental, con resistividades que varían entre 5 – 90 ohmio.m y se ubican a partir de la superficie del terreno con un espesor máximo de 40 m. Están



representados por terrazas y los abanicos aluviales relacionados a los ríos Turbo, Guadualito y Grande de la gran llanura aluvial de Mutatá - Turbo.

Estos depósitos están conformados por gravas finas dentro en una matriz areno - arcillosa, de baja consolidación, también hay niveles netamente arenosos que varían en tamaño así como niveles de limos arcillosos, esta es una unidad que posee buena capacidad de almacenamiento de agua, y en el municipio de Turbo es la más explotada por medio de aljibes, ya que el nivel freático promedio es de 1.3 m bajo el nivel del mar. La profundidad de estos depósitos varía entre 5 y 60 metros aproximadamente, conformando un acuífero libre.

### **8.6.3.1 Mapa de isopiezas**

Con la información de niveles de agua en los aljibes y pozos de la unidad hidrogeológica Qt<sub>1</sub>, se generó el mapa de isopiezas para esta unidad acuífera (Figura 117).

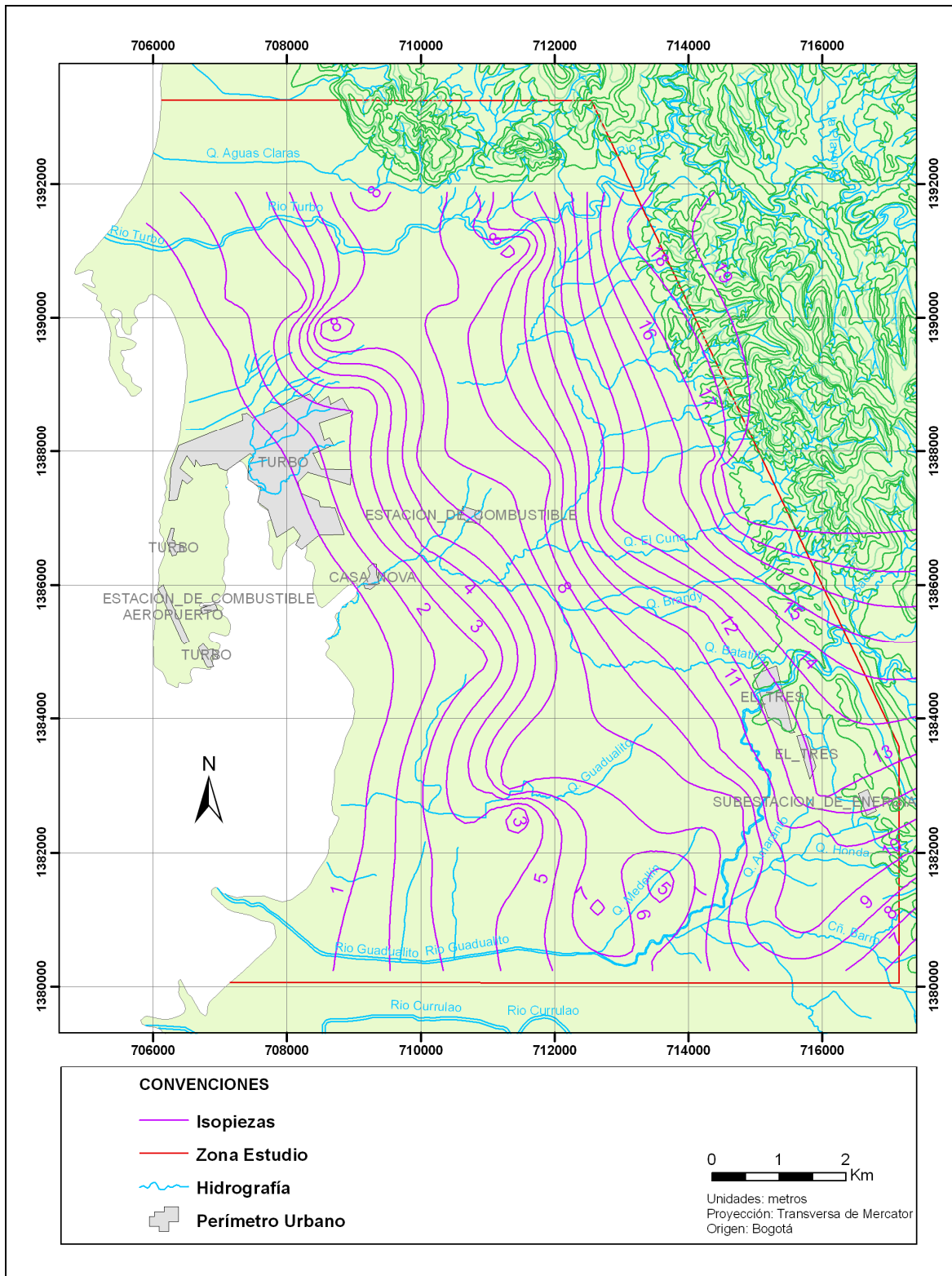


Figura 117. Mapa de isopiezas de la unidad  $Qt_1$

#### **8.6.4 Unidad hidrogeológica 4: depósitos cuaternario Qt<sub>2</sub>**

Estos sedimentos cuaternarios presentan resistividades entre (0.1-1) ohmio-m. Estos valores tan bajos de resistividad, suponen que los estratos estarían saturados de agua salada, pero no se puede establecer con certeza, si es por efecto de la intrusión marina en estratos de origen continental o agua salobre influenciada por estratos de origen marino. El origen marino está relacionado con las transgresiones que han ocurrido, lo cual esta respaldado por la presencia de caracoles en las perforaciones realizadas y por la cercanía a la costa. Estos sedimentos pueden estar conformados por arcillas, limos y arenas o por cualquiera de sus combinaciones. Estos depósitos tienen espesores de hasta 140 metros según los sondeos realizados, es necesario tener en cuenta que estos espesores pueden ser inclusive mayores. Representarían un acuífero libre, pero por las características fisicoquímicas, debido a la salinidad del agua, no sería una unidad acuífera aprovechable.

#### **8.6.5 Unidad hidrogeológica 5: depósitos cuaternario Qt<sub>3</sub>**

Se refiere a sedimentos cuaternarios que presentan resistividades entre (2 – 5) ohmio-m, y al igual que la unidad hidrogeológica 4, no es posible asegurar su origen exacto, ya que debido al proceso de avance y retroceso del mar en tiempos históricos, su origen puede variar entre marino y continental. Estos sedimentos pueden estar saturados con agua dulce, que serían de origen continental, y eventualmente con agua salobre, atribuido a influencia en el agua por estratos de origen marino. Están conformados por arcillas, limos y arenas, o por cualquiera de sus combinaciones.

Las unidades hidrogeológicas que afloran en el área de estudio se observan en el mapa hidrogeológico (Figura 118).

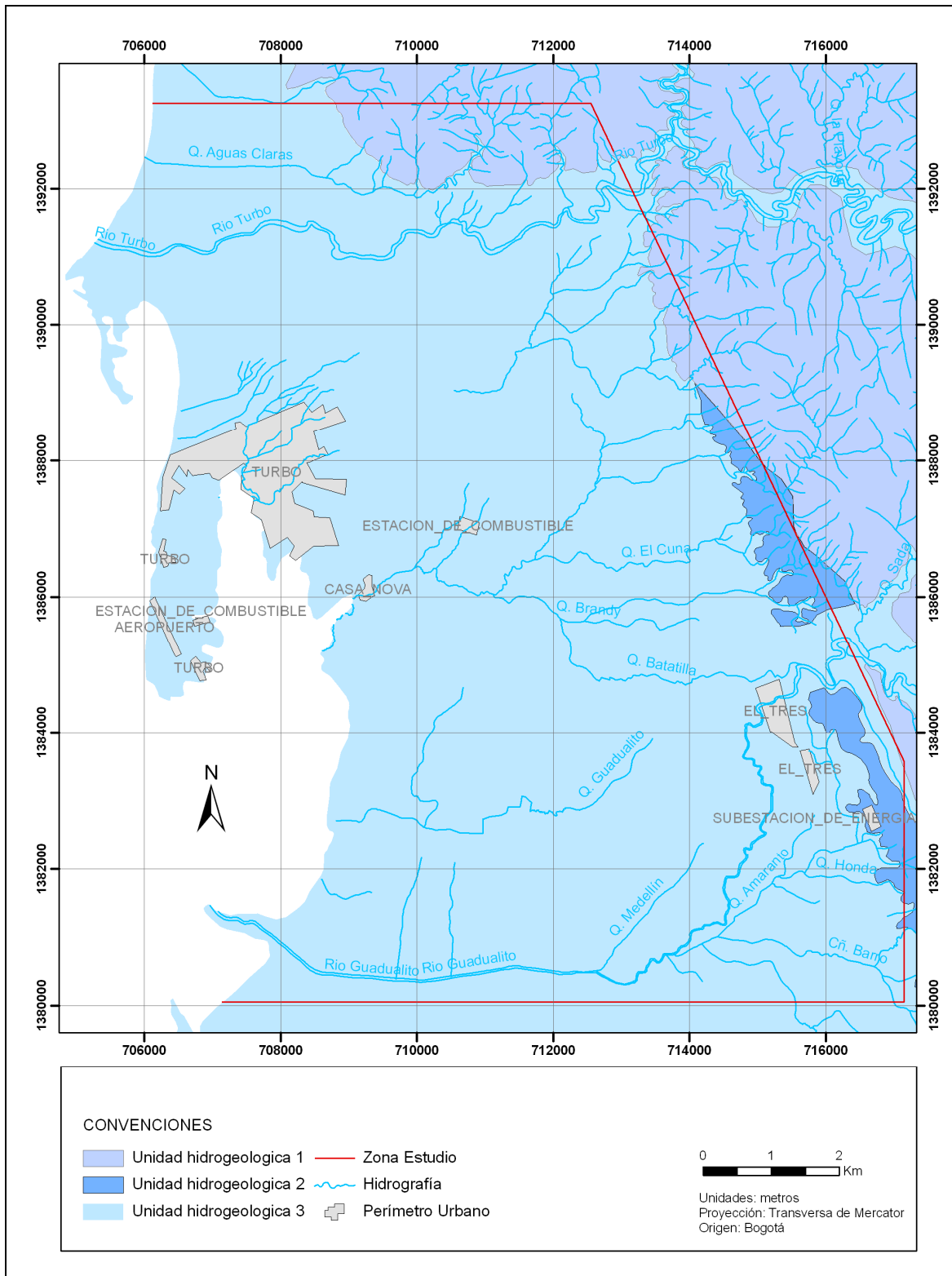


Figura 118. Mapa hidrogeológico