

Potencial Acuífero en un Depósito de Río Trenzado. Río Tonusco

Camilo Restrepo Vallejo
Estudiante de Ingeniería Geológica
crestre1@unalmed.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas.

Maria Victoria Vélez O., Humberto Caballero A., Carolina Ortiz P., Rubén D. Arismendy,
Juan Camilo Gómez R., Jorge E. Patiño Q.
mvelez@unalmed.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas.

Preparado para presentación en el
XVI Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología
Sociedad Colombiana de Ingenieros
Sociedad de Ingenieros del Quindío
Universidad del Quindío
Corporación Autónoma Regional del Quindío
Armenia 29, 30 y 31 de octubre de 2004

Resumen. La prospección hidrogeológica de depósitos originados por ríos trenzados es una de las tareas más difíciles para la hidrogeología, ya que la depositación de sedimentos finos y gruesos puede ser muy aleatoria lo que causa bastante heterogeneidad en sus propiedades hidráulicas.

Se presentan en este trabajo los resultados de la evaluación del potencial acuífero de una zona sobre el valle de un río trenzado, el Tonusco, situado en el municipio de Santa fe de Antioquia, una de las zona turísticas más importantes del departamento, donde la escasez de aguas superficiales, convierten a las aguas subterráneas en una buena alternativa de abastecimiento.

Como herramientas de prospección se utilizaron 16 SEV (sondeos eléctricos verticales) que permitieron definir tres rangos de resistividades para diferentes materiales, 14 levantamientos de columnas estratigráficas y la medida de los niveles de agua en aljibes y pozos.

Se planteó un modelo geológico del subsuelo para determinar en profundidad los materiales con potencial alto de acumulación de agua los cuales son diferentes tamaños de grava soportados por una matriz arenosa

media y algunos estratos de arenas finas con limos; esto, junto con los niveles de agua medidos, permiten definir y se determinan los posibles acuíferos dentro de la zona.

A partir de las redes preliminares de flujo, se concluyó que los acuíferos delimitados en la zona no están siendo recargados en su totalidad por aguas del río Tonusco, sino que también existe la posibilidad de un flujo regional que aporta agua al depósito. Teniendo en cuenta lo anterior el siguiente artículo muestra los acuíferos determinados en la zona, su litología y la calidad del agua presente.

1. Introducción

En el municipio de Santa Fé de Antioquia existe una demanda importante de agua que se incrementará a corto plazo con la inauguración del Túnel de Occidente. Debido a sus condiciones climáticas es una de las principales zonas turísticas de Antioquia, además en el área existe escasez de fuentes superficiales de agua por lo que el agua subterránea adquiere una importancia mayor.

El municipio de Santa Fé de Antioquia se sitúa en el occidente antioqueño sobre el abanico aluvial del Río Tonusco, el cual tiene corriente de carácter trenzado y deposita materiales aptos para la acumulación de agua, pero que a su vez dificulta la exploración de agua por la poca homogeneidad del depósito. Este trabajo requirió del análisis de información geológica secundaria tal como el TDG de Salazar Jaramillo, Susana y Sánchez Caballero, Catalina. "Caracterización geomorfológica y estratigráfica de los depósitos cuaternarios en los alrededores de Santa Fe de Antioquia", (UNAL 2003). Además de la información secundaria se utilizó información de campo como levantamiento de columnas estratigráficas, información geofísica (Sondeos Eléctricos verticales), geomorfología y levantamiento de niveles piezométricos en pozos y aljibes.

2. Geología Regional.

El área de estudio se encuentra ubicada geológicamente en la depresión intramontana Cauca - Patía (DICP) entre las cordilleras occidental y central de los Andes Colombianos. A lo largo de DICP y separándolo de la Cordillera Central, se extiende el sistema de Fallas Cauca – Romeral, el cual es el límite geológico entre las cordilleras central y occidental, siendo interpretado como una zona de sutura (Macdonald et al., 1997) y como evidencia clara, se da dentro de él una marcada división de unidades de afinidad oceánica al occidente y de afinidad continental al oriente.

A nivel regional la Cordillera Occidental está compuesta principalmente de rocas de origen oceánico (Depósitos Turbidíticos y Ofiolitas) acrecionados desde la margen Oeste de Sur América durante el Mesozoico y Cenozoico temprano (Mc Court et al., 1984; Pindell and Barret, 1990; Restrepo Pace, 1992; Kellogg y Vega, 1995, en Taboada, 2000), posteriormente estuvo afectada por intrusiones Terciarias.

Por otro lado la Cordillera Central está compuesta por un basamento polimetamórfico Pre-Mesozoico que incluye rocas oceánicas y continentales (McCourt et al., 1984 en Taboada, 2000), intruído por varios plutones mesozoicos y cenozoicos relacionados con la subducción de la litosfera oceánica debajo de la cadena de los Andes.

3. Geología Local y Estratigrafía

En la zona se presentan 4 unidades principales que se describen a continuación (ver figura 1):

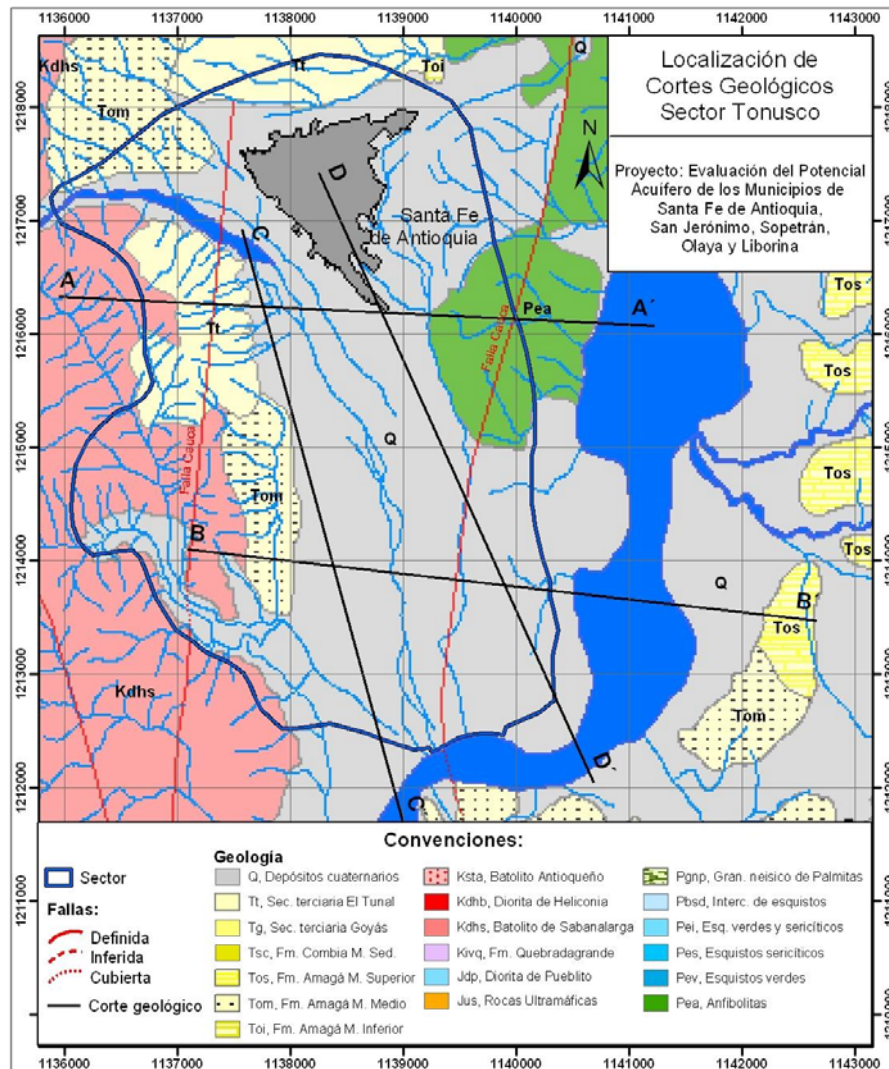


Figura 1. Mapa geológico

Batolito de Sabanalarga (Kdhs-Kdhsc-Khs)

Cuerpo alargado, ubicado un 95% en la margen oeste del río Cauca, intruye el borde este de la Formación Barroso y los esquistos verdes de la margen oriental del río Cauca. Este cuerpo está orientado N-S en el sector septentrional del Occidente Colombiano, entre las cordilleras Oriental y Occidental. El área cubierta por este batolito y sus cuerpos satélites y facies correlativas es de unos 560 Km².

Está clasificada como una roca ígnea intrusiva de composición intermedia. La composición predominante es de diorita hornbléndica con variaciones a Tonalita. (

Formación Amagá (Tos-Tom-Toi)

Las rocas sedimentarias dominantes en la zona, corresponden a la Formación Amagá, las cuales son continentales de origen fluvio - lacustre y se encuentran a lo largo del Río Cauca desde Liborina hasta la

parte norte de Santa Fe de Antioquia. Esta fue dividida en tres miembros según González (1980) teniendo en cuenta el contenido de carbón.

Miembro Inferior (Toi): Conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas cremas y grises, arcillolitas arenosas, arcillolitas pizarrosas grises a gris verdosas del Oligoceno Temprano.

Miembro Medio(Tom): Arcillas pizarrosas grises, areniscas claras y grises localmente conglomeráticas, mantos de carbón hasta dos metros de espesor. Edad: Oligoceno Medio.

Miembro Superior (Tos): Areniscas bien cementadas de color crema, arcillas pizarrosas gris verdosas y de color ocre, localmente bancos delgados de conglomerado y de carbón. Edad: Oligoceno tardío a Mioceno Temprano.

La secuencia El Tunal (Tt)

Consta de una alternancia de conglomerados gruesos a muy gruesos clastosoportados, generalmente carente de limos y arcillas, el cual descansa discordantemente sobre el Batolito de Sabanalarga y basaltoides verdes y es suprayacida gradacionalmente por la Secuencia Goyás, con la cual forma en conjunto una depositación de tipo molásico.

Anfibolitas (Pea)

Afloran como cuerpos de forma alargada y de tamaño variable orientados N 30° W, siguiendo el tren de estructuras regional. Las anfibolitas tienen comúnmente estructura néisica con textura granoblástica más visible en los cuerpos mayores y esquistosa con textura nematoblástica en los lentes más delgados; están compuestas esencialmente por hornblenda y plagioclasa. Edad pre-neis de la Miel. (Con datación Rb/Sr de 586 ± 44 m.a) (Ingeominas, 1983).

Depósitos superficiales (Q)

Son secciones litológicas caracterizadas por estratos horizontales a levemente inclinados ($< 3^\circ$), con intercalaciones arrítmicas de materiales finos (arenas finas principalmente) a gruesos poco consolidados. Los estratos están bien delimitados y sus contactos son tajantes en la mayoría de los casos, mostrando depositaciones continuas y sin intervalos erosivos visibles entre ellas. Los estratos evidencian condiciones predominantemente fluviales con características energéticas variables con el tiempo que permitieron depositaciones de diferentes tamaños de material, siendo los materiales gruesos los predominantes al menos superficialmente. En algunos estratos se observan estructuras tales como barras típicas de corrientes trenzadas y en algunos casos se insinúa estratificación cruzada.

Los materiales predominantes en las columnas están asociados a las rocas aflorantes en la cordillera Central, correspondientes principalmente a rocas ígneas y metamórficas. El material más característico es el cuarzo lechoso, componente principal especialmente en las arenas, fragmentos líticos de rocas ígneas y rocas metamórficas, también hay presencia en menor cantidad de chert, hornblenda, feldespatos y micas.

En términos generales este depósito de dicho abanico aluvial, según Salazar y Sánchez, 2003, presenta un espesor observable de 20.4 m, con estratificación global buena y consta de cinco estratos con contactos tajantes entre ellos y cuyos espesores son 12 m para el estrato inferior y en orden ascendente, 2.6 m, 1.3 m,

2.3 m y 2.2 m para el estrato superior; la estratificación en todos los estratos es normal, plana y paralela. El depósito tiene un estado de meteorización medio.

4. Geomorfología

Dentro de la zona de estudio existen tres geoformas principales, las cuales son importantes para identificar las zonas por las cuales recargan los acuíferos y las zonas de acumulación de agua.

UGI: Cuchillas con Laderas Planas

Se encuentra ubicada en la parte noroccidental del área rural del municipio de Santa Fé de Antioquia. Se caracteriza por presentar filos con topes angulosos en algunas partes, en algunos sectores con topes amplios de forma plana. En general los filos presentan dirección norte-sur. Las laderas presentan pendientes entre 35 y 40°, con longitudes entre 300 y 600 m. La altura máxima es de 1350 msnm y la mínima es de 605 msnm, mientras que las alturas relativas con respecto al río Cauca son aproximadamente de 900 m. Esta unidad presenta drenajes paralelos a subdendríticos, con incisiones en las laderas en forma de "V" cerrada. Litológicamente corresponde a diorita hornbléndica perteneciente al Batolito de Sabanalarga.

UGII: Cuchillas con Laderas Planas y Convexas

Se encuentra ubicada en la parte suroccidental del área rural del municipio de Santa Fe de Antioquia. Presenta alturas absolutas entre 500 y 1000 msnm y alturas relativas con respecto al río Cauca de hasta 500 m. Se caracteriza por presentar topes amplios y medianamente redondeados. Sus laderas son planas a convexas y presenta pendientes entre 30 y 50°, con longitudes entre 700 y 1200 m. La red de drenaje es subparalela a subdendrítica con valles en forma de "V" cerrada. Litológicamente corresponde a rocas ígneas pertenecientes al Batolito de Sabanalarga.

UGIII: Abanico Aluvial del Río Tonusco

Esta unidad esta representada por el abanico aluvial formado por el río Tonusco. En términos generales se caracteriza por superficies planas con la forma característica de abanico aluvial, y se irradia pendiente abajo del punto donde el río abandona el área de montaña (pie de monte de la Cordillera Occidental) y entra al valle labrado por el Río Cauca, tienen una inclinación promedio de 1° aproximadamente. Geológicamente esta compuesta por materiales aluviales compuestos por mezclas de materiales gruesos y finos asociados a los diferentes estados de transporte de dicha corriente.

5. Geoeléctrica

En el sector del abanico aluvial del río Tonusco se realizaron 16 SEV y una calibración sobre sus terrazas aluviales las cuales se analizaron posteriormente.

El abanico aluvial del río Tonusco esta caracterizado por una dinámica diferente (río trenzado) a las demás corrientes de la zona, se requiere especial cuidado en la interpretación de los sondeos hechos allí, debido a la compleja depositación que el río presenta, la cual consiste en barras puntuales de material grueso depositados por los canales abandonados. Es por esto que sobre todo el abanico del río Tonusco existe una gran variación lateral de tamaños de grano, por lo que los SEV registran diferente orden de resistividades en

distancias muy cortas, por lo que debieron ser apoyados en la información. Por lo tanto es difícil determinar con claridad la continuidad espacial de los materiales que conforman el acuífero, ya que en pocos metros pueden existir una variación considerable de los mismos, por lo que se plantea, que el agua se puede almacenar en los diferentes paquetes siendo más permeable en unos sitios que en otros, según las intercalaciones de las barras depositadas, y la geometría del acuífero sea variable, es decir, el espesor variará por esta misma razón, al igual que su área en planta. No es fácil modelar el acuífero en terrazas de ríos trenzados.

Los rangos de resistividades para los materiales se definieron de la siguiente manera (tabla 1):

Tipo de Material	Resistividades Ohmio.m	
	secas	saturadas
Intercalaciones de arenas finas, limos y arcillas	5-80	0-50
Arenas con menor contenido de grava	80-200	50-150
Arenas con mayor contenido de grava	200-1000	150-500

Tabla 1. Rangos de resistividades

6. Modelo Geológico

Analizando toda la información geológica presente y con ayuda de la geoeléctrica se plantea un modelo geológico del subsuelo que se materializa por medio de cortes geológicos del subsuelo, dentro del abanico aluvial se trazaron cuatro cortes geológicos diferentes que se describen a continuación:

Perfil A - A´: Este perfil tiene una dirección N 85° W, con una longitud aproximada de 5500 m, atraviesa desde las rocas ígneas del Batolito de Sabanalarga hasta el río Cauca. En este se puede observar que en la zona más oriental del perfil la roca ígnea actúa como basamento de la secuencia terciaria el Tunal a una profundidad asumida de 475 m aproximadamente, mientras que esta secuencia a su vez actúa de basamento de los depósitos cuaternarios de río trenzado del Tonusco. En esta sección predominan las arenas finas con una intercalación de arenas con contenido moderado de gravas, el depósito en su parte Oriental está soportado por rocas metamórficas, en este caso un cuerpo de anfibolita. En el flanco este se observan depósitos de alta energía, asociados al Río Cauca y caracterizados por gravas que suprayacen la anfibolita. Ver figura 2

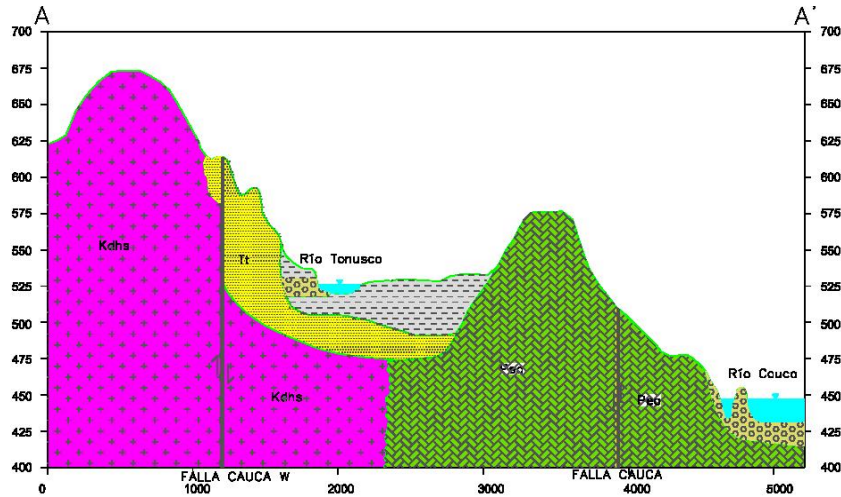


Figura 2. Perfil A – A'

Perfil B - B': Este es un perfil transversal a los depósitos del río Tonusco, con una dirección aproximada N 83° W y una longitud de 600 m. En el presente perfil los depósitos se presentan más potentes respecto al perfil A - A', aquí predominan las arenas con un contenido alto de grava (importantes hidrogeológicamente) y algunas capas de arenas finas. Es posible observar lo ancho del depósito del río Tonusco, mostrando la forma del abanico en dirección Sur.

En la parte central del perfil hacia el Este el Batolito de Sabanalarga no solo actúa como basamento del abanico del Río Tonusco sino que además subyace también a los depósitos aluviales del río Cauca, que tienen una profundidad aproximada de 375 m. y que en su parte derecha entran en contacto con las rocas sedimentarias de la Formación Amagá (miembro medio). Ver figura 3

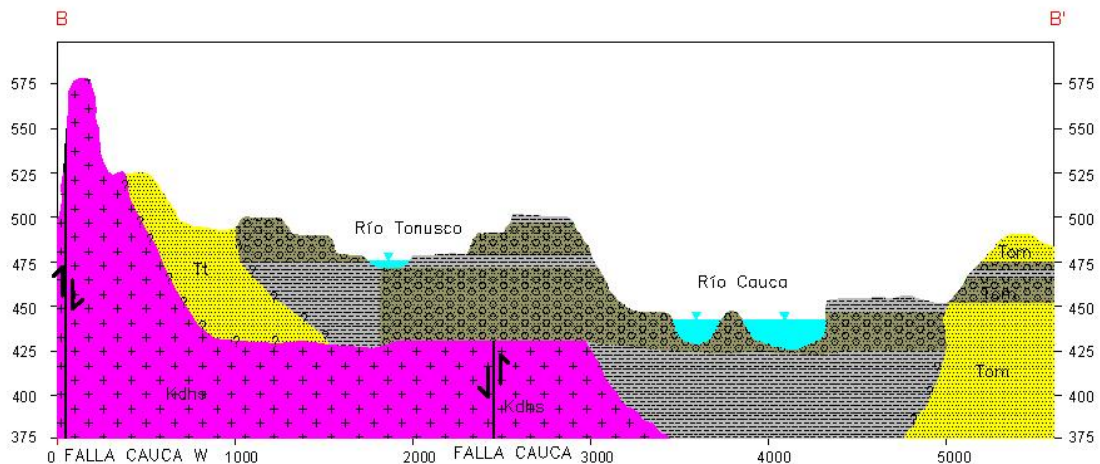


Figura 3. Perfil B – B'

Perfil C – C': Tiene una dirección aproximada N17°W y 5500 m. de longitud. Este es un corte longitudinal y se realizó a lo largo de la margen derecha de las terrazas del río Tonusco y va desde el río Tonusco en cercanías al municipio de Santa fe de Antioquia hasta el río Cauca. En este se presentan materiales cuaternarios, caracterizados en su mayoría por arenas con alto contenido de gravas y a mayor profundidad se encuentra una capa espesa de arenas finas. Además es posible observar el pinchamiento de las capas de arenas con alto contenido de gravas. Ver figura 4

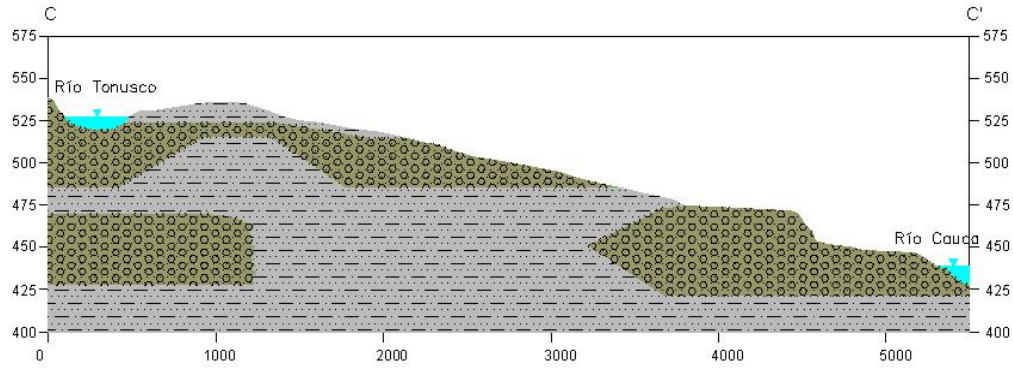


Figura 4. Perfil C – C'

Perfil D – D': Trazado en dirección N23 W y con una longitud de 6000 m. Esta ubicado desde el municipio de Santa Fé de Antioquia hasta el río Cauca. El sector de Santa Fé de Antioquia se encuentra sin información ya que no fue posible la realización de SEV en el sector debido, a la ausencia de los sitios provistos de asfalto.

Hacia el Este se observan los depósitos del río Tonusco que se mezclan con los depósitos del río Cauca, empezando con un predominio de arenas finas y luego intercalándose con las arenas con contenido alto de gravas, en cercanía del río Cauca. Ver figura 5.

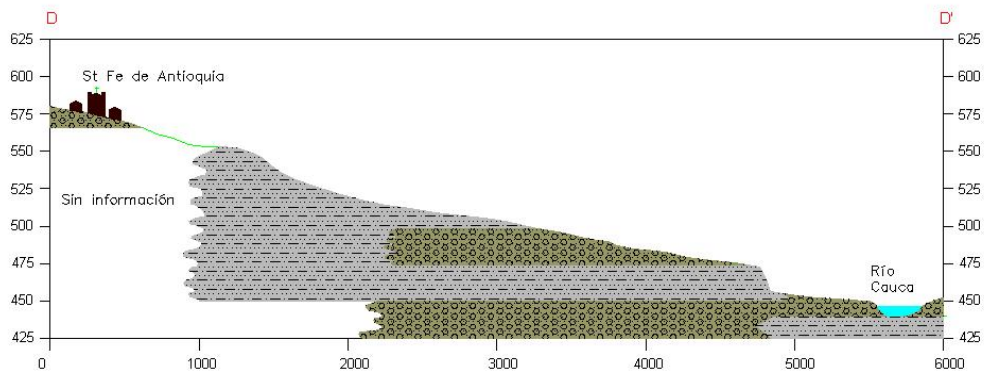


Figura 5. Perfil D – D'

7. Calidad del Agua

Químicamente los aljibes muestreados no presentan limites superiores a los establecidos por el Ministerio de Salud.

Biológicamente presentan gran cantidad de coliformes los cuales pueden ser eliminados del agua si se hierva, por lo cual se considera agua de buena calidad.

El análisis geoquímico de las muestras de se realizó por medio de dos tipos de diagramas; de Stiff y de Piper los cuales son los mas utilizados en cuanto a las agua subterrneas.

Se muestrearon en total 5 aljibes distribuidos en los depósitos cuaternarios a ambas márgenes del Río Tonusco.

Diagramas de Piper

El diagrama permite clasificar la muestra en seis tipos de iones dominantes divididos en cationes y aniones (Ca, Mg, Na y K como cationes; bicarbonato, SO₄ y Cl como aniones). En nuestro caso las muestras se presentan muy unidas evidenciando similitud química entre las diferentes aguas muestreadas y se clasifican como de tipo magnésica según los cationes y de tipo bicarbonatada según los aniones.. Ver figura 6.

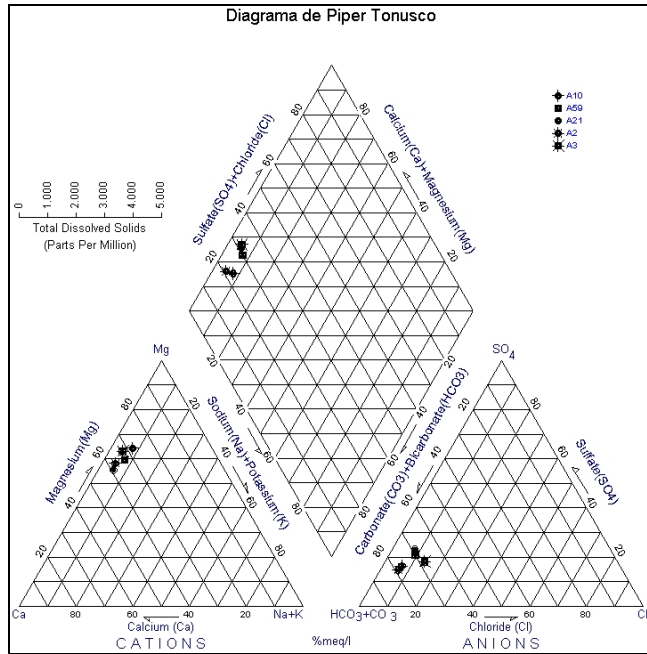


Figura 6. Diagramas de Piper

Diagramas de Stiff

Este diagrama permite una visualización rápida para comparar el agua en diferentes lugares. El área del polígono da una idea de la concentración de iones en la muestra en miliequivalentes por litro. La mayoría de los diagramas se encuentran recargados hacia el lado derecho, lo que indica, como se mencionó en los diagramas de Piper un alto contenido en los iones de bicarbonato más carbonato (HCO₃+CO₃). El calcio se presenta en menor proporción respecto al bicarbonato cuando es observado por los ejes horizontales que se trazan dentro de estos diagramas.

Es posible observar la semejanza entre ellos y permite la asociación química entre los diferentes aljibes muestreados, aquí predominan las aguas bicarbonatadas, donde el valor máximo supera los 5 meq/l, el Na+K, Cl y Ca no supera 1 meq/l. Ver figura 7

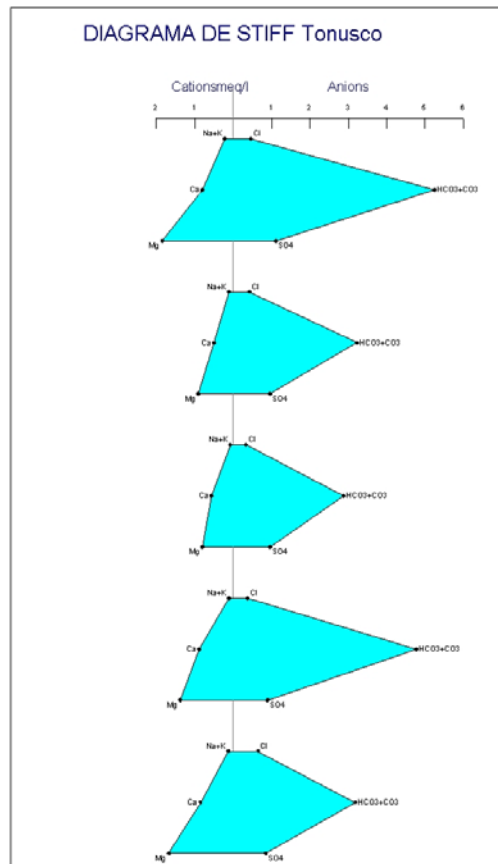


Figura 7. Diagramas de Stiff

8. Hidrogeología

Se identificó una sola unidad hidroestratigráfica relacionada a los materiales aluviales de las terrazas formadas del río Tonusco. El acuífero aledaño a ambas márgenes del Tonusco tiene área superficial de 12,517 km² y niveles piezométricos muy variables a ambas márgenes del río; en la margen derecha el nivel piezométrico se halla constante a 25 m. y tiene espesor variable entre 25 y 55 m., en la margen izquierda del Río Tonusco los niveles piezométricos varían desde 8 m. en cercanías a Santa Fé de Antioquia hasta 45 m. en la parte más alejada del abanico, donde el espesor del depósito es mayor y el espesor de acuífero, deducido de los cortes es 50 m. El agua de este acuífero tiene iones predominantes de bicarbonato y de magnesio, las temperaturas varían de 26.6 a 32°C y los valores de pH oscilan entre 7.07 y 7.8. Las siguientes figuras (8,9 y 10) muestran la litología y los espesores de acuífero de este sector.

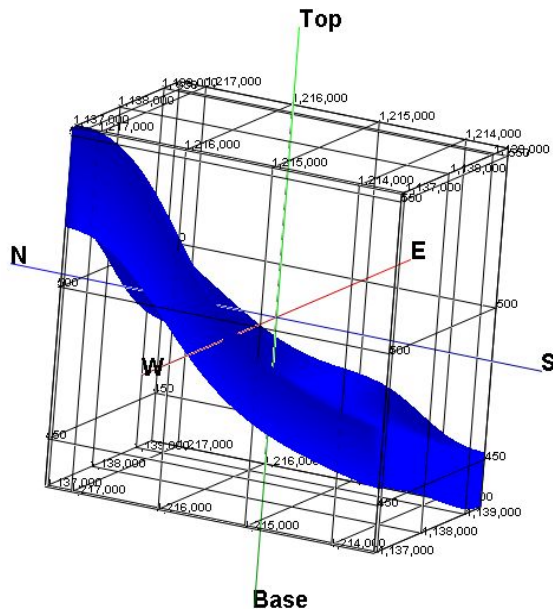


Figura 8. Acuífero margen izquierda del río

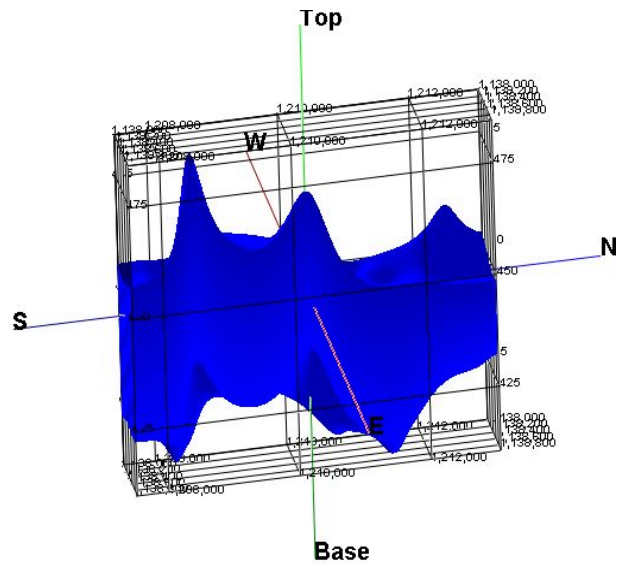


Figura 9. Acuífero margen derecha del río.

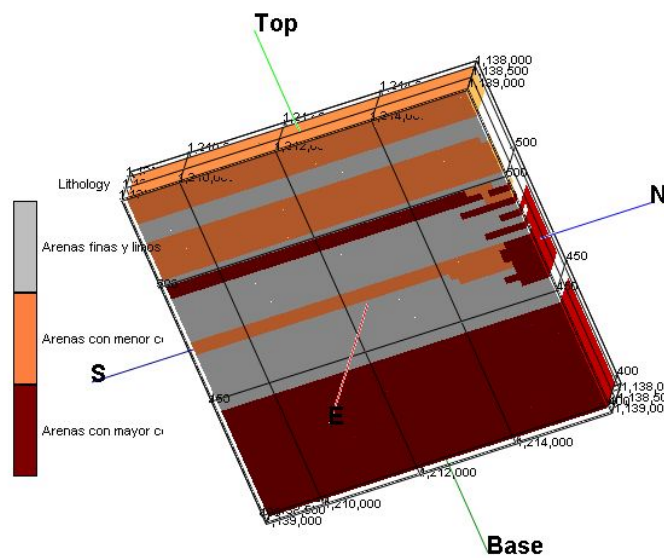


Figura 10. Litología Acuífero.

9. Bibliografía

- INGEOMINAS. Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Año 2000.
- Salazar Jaramillo, Susana y Sánchez Caballero, Catalina. Caracterización geomorfológica y estratigráfica de los depósitos cuaternarios en los alrededores de Santa Fe de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Tesis de Grado (2003).
- Parra Sánchez, Luis N. El Terciario del Valle del Río Cauca al Norte de la Barrera de Cangrejo-Borde Oeste. Trabajo de Maestría (1997). Presenta una buena Cartografía de las rocas terciarias presentes en la zona y propone la Secuencia El llano.