	<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>	<b>VERSIÓN 2</b>
		<b>F-CIN-LIC-001</b>
		<b>Página 3 de 112</b>

**Anexo de Especificaciones Técnicas área No. 1.**  
**Área del bloque PPII KALÉ (SGC Puerto Wilches 1 y SGC Puerto Wilches 2)**

<b>ESTUDIO PREVIOS</b>
------------------------

Especificaciones técnicas del Departamento en donde se llevarán a cabo las perforaciones objeto del presente contrato.

Las perforaciones exploratorias se realizarán en sitios seleccionados de acuerdo al estado del conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual del Valle Medio del Magdalena, Planchas geológicas 108 y 119, en los municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de , en el municipio de Santander formulado en el año 2019 por el Servicio Geológico Colombiano para los Sistemas Acuíferos Cuaternario Depósito Aluvial Reciente (Q2al), y los Depósito de Planicie Aluvial (Q1pal) y el Sistema Acuífero Terciario Grupo Real los cuales ocurren en superficie y se extiende en el subsuelo de las cuenca del Río Sogamoso afluente del río magdalena.

Para efectos de validar el Modelo Hidrogeológico Conceptual en el Valle Medio del Magdalena específicamente en el municipio de Puerto Wilches , se gestionan desde el punto de vista técnico, administrativo y ambiental la perforación de cuatro pozos exploratorios en 6 pulgadas, que alcancen profundidades de 250 y 700 metros y se diseñaran como pozos de monitoreo de las aguas subterráneas de capas acuíferas que capten agua dulce de los sistemas acuíferos estratégicos identificados en el área de los Proyectos Pilotos de Investigación Integral PPII mencionados anteriormente. En el área rural del municipio de Puerto Wilches se ubican dos Proyectos Pilotos de Investigación Integral PPII sobre Yacimientos No Convencionales-YNOC de hidrocarburos que se identifica como Kalé, de las compañías Ecopetrol y Exxon Mobile respectivamente.

A continuación, se describen los requerimientos o características técnicas, logísticas, ambientales las cuales se describen a continuación:

## **DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

### **MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

Los trabajos por realizar se basan en las especificaciones y alcances que se exponen a continuación:

### **CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES.**

#### **ANTECEDENTES**

El Servicio Geológico Colombiano adelanta la evaluación del potencial de las aguas subterráneas que ocurren en el Valle Medio del Magdalena donde ocurren sistemas acuíferos estratégicos desde el punto de vista socioeconómico y ambiental tal como se presente en el municipio de Puerto Wilches, cuya población se abastece de agua subterránea a través de pozos profundos.

El estado del arte del conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual del municipio de Puerto Wilches integra la captura, análisis y generación de datos y conocimiento geológico, geomorfológicos, geofísico hidrológicos, hidráulico, hidrogeoquímicos, hidráulicos y de perforación y construcción de pozos existentes y disponible generado por el Servicio Geológico Colombiano a través del Grupo de Exploración de Aguas Subterráneas, al igual que por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y la proveniente de consultores particulares.

El Servicio Geológico Colombiano a través del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas prospecta la perforación de dos pozos en el área del bloque PPII KALE que se identificaran como SGC Puerto Wilches 1, SGC Puerto Wilches 2, con el fin de validar el conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual formulado para el Sistema Acuífero de los Depósitos Cuaternarios de origen Aluvial y Fluvioacustre y el Sistema Acuífero Terciario Grupo Real los cuales afloran y se extienden en el subsuelo en el área urbana y rural de dicho municipio, lo que permitirá aportar y actualizar el conocimiento de sus potencial en cantidad y calidad y generar indicadores de sostenibilidad para la toma de decisiones en relación a su uso, manejo y aprovechamiento por parte de la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS y diferentes sectores socioeconómicos como el de hidrocarburos con miras a obtener la información suficiente para evaluar los proyectos PPII.

Los pozos se ejecutan con el objeto de actualizar y generar nuevo conocimiento de las características hidrogeológicas de la secuencia de capas que conforman los Sistemas Acuíferos del Cuaternario e infra yacientes del Terciario hasta una profundidad promedio 700 metros, que permita conocer los topes y bases de la secuencia litológica, al igual que sus características litológicas, geofísicas, hidráulicas e hidrogeoquímicas de flujos de agua subterráneos captados que ocurren en el subsuelo de Yopal.

Los esquemas de correlación litológica realizados con base en los registros de pozos perforados y construidos por diferentes tipos de usuarios del agua que alcanzan profundidades del orden de 400 metros, registran una secuencia de capas de naturaleza detrítica de gravas medias a gruesas y arenas de grano grueso a medio y arcillas, las cuales presentan cambios faciales que se manifiestan como capas gruesas a medias que forman lentes discontinuos que se acuñan en la lateral. Cabe destacar que la mayoría de las columnas litológicas disponibles provenientes de diferentes fuentes consultadas no se describieron con los estándares geológicos adecuados que permita precisar el conocimiento de sus características litológicas en relación a su composición mineralógica, texturas, espesores, de las capas acuíferas captadas para efectos de precisar la geometría y los límites de los sistemas acuíferos cuaternarios y terciarios a captar.

Los sitios propuestos donde se propone la perforación y construcción de cuatro pozos exploratorios en el área rural del municipio de Puerto Wilches, permitirá validar y generar conocimiento de las características hidrogeológicas de los sedimentos cuaternarios conocidas como el Depósito de Terraza Aluvial, la Meseta de San Rafael, Fluvio-glaciares, Aluvial Reciente y los sedimentos Terciarios del Grupo Real, los cuales constituyen los principales sistemas acuíferos de interés tanto en la cabecera como en el área rural del municipio.

En los sitios donde se proponen realizar la perforación y construcción de los cuatro pozos exploratorios anteriores se han identificado en el subsuelo capas acuífera estratégicas de sistema acuífero con presencia de agua dulce que serán objeto de seguimiento y monitoreo durante la ejecución del Proyecto Piloto Integral de Investigación PPII Kalé.

El municipio de Puerto Wilches se abastece con agua subterránea a través de pozos profundos que permiten satisfacer la demanda creciente de agua para consumo humano de la cabecera municipal y de la población del área rural a través de pozos de mediana profundidad al igual que el sector palmero para el riego de los cultivos.

Sectores económicos que se abastecen con aguas superficiales se ven afectados por la reducción de la precipitación debido a la ocurrencia de condiciones climáticas de extrema sequía o humedad asociadas a fenómenos de variabilidad climática y el fenómeno del Niño o la Niña a nivel local y global.

Los datos y el nuevo conocimiento adquirido permitirá consolidar el conocimiento de las características

hidrogeológicas de las unidades acuíferas captadas, que involucra identificar y precisar sus límites, la secuencia

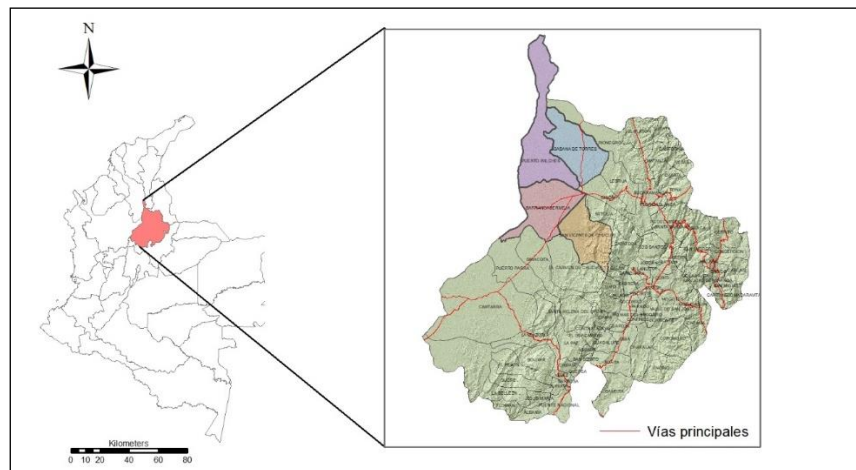
Importante destacar que los pozos perforados y construidos durante la realización del proyecto se incorporaran a la red de monitoreo de las aguas subterráneas que se diseña y se operará por parte de las entidades que gestionan los Proyectos Pilotos de Investigación Integral PPII Kale y que son reguladas en materia del uso, manejo, aprovechamiento y protección integral por parte de la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS. La incorporación del nuevo conocimiento para los sistemas acuíferos cuaternarios y terciarios que afloran y se extienden en el subsuelo de la cuenca del río Sogamoso contribuirá significativamente a consolidar el modelo hidrogeológico conceptual y la red de monitoreo de los sistemas acuíferos del municipio de Puerto Wilches.

## LOCALIZACIÓN

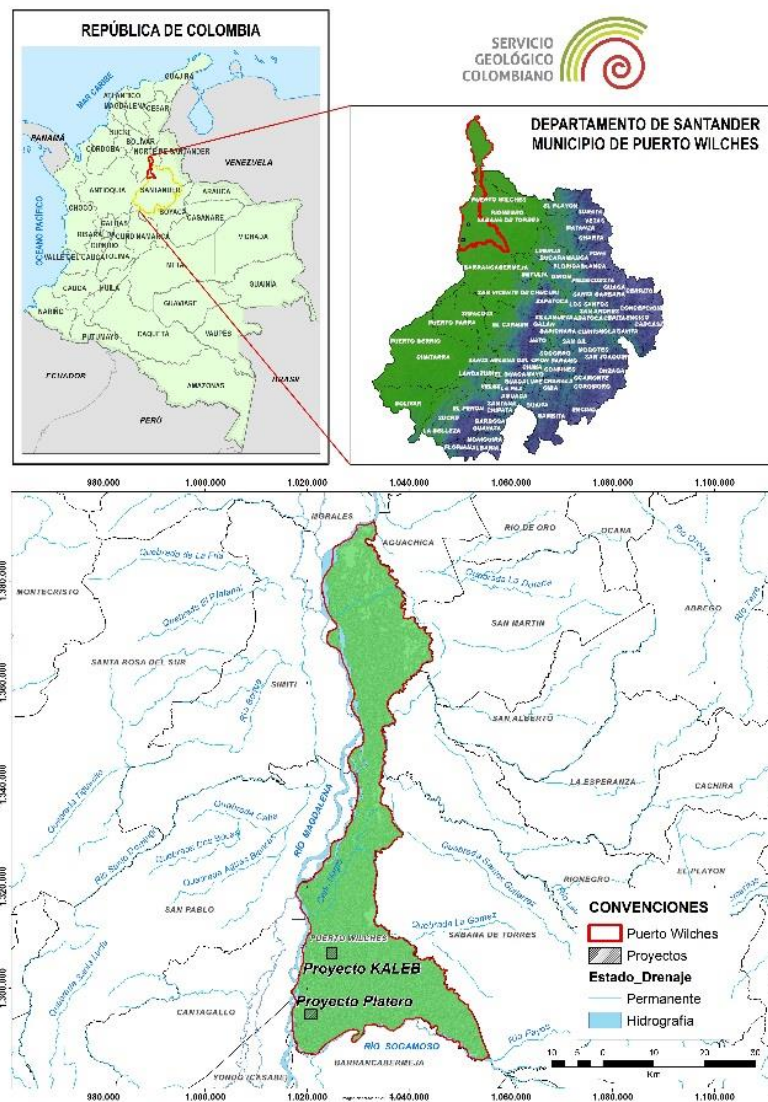
El área de estudio se ubica en la cuenca del Valla Medio del Magdalena, en la zona centro del territorio colombiano, geográficamente se localiza entre las cordilleras Oriental y Central, las cuales son atravesadas por el principal afluente hídrico de Colombia que corresponde al Río Magdalena, en dirección Sur – Norte. De igual forma son atravesadas por el río Sogamoso en dirección Oriente – Occidente.

El proyecto del modelo hidrogeológico conceptual del VMM, se formuló en las planchas geológicas 108-Puerto Wilches y 119 –Barrancabermeja, cubre parcialmente los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, San Vicente de Chucurí y Barrancabermeja en el Departamento de Santander, ubicados en la cuenca del VMM y limitados por los ríos Magdalena y Sogamoso. El acceso y desplazamiento en la zona de estudio se realiza por vías principales, así como de carreteables, caminos y senderos.

Al área de estudio se accede saliendo desde Bogotá por la Avenida Calle 80, que comunica con la Autopista Bogotá-Medellín hasta llegar a la variante La Vega- Guaduas. En el municipio de Guaduas, Cundinamarca se toma la salida Ruta del Sol hasta llegar a la vía Puerto Libre- Puerto Boyacá que nos conecta con la Troncal del Magdalena Medio - Puerto Nare - Puerto Araujo, esta troncal nos comunica con la Troncal del Magdalena Medio - Puerto Araujo - La Rochela. Por último, se accede nuevamente a la Ruta del Sol y a la Troncal del Magdalena Medio, las cuales nos guían a los diferentes municipios como lo son Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de Torres. Existen numerosas vías que comunican a todos los municipios, corregimientos y veredas que cubren la zona de estudio. La mayoría de las vías se encuentran en buen estado, pavimentadas y/o recebadas, siendo transitables.



**Infraestructura vial del departamento de Santander**



**Localización del proyecto PPII KALÉ en el Municipio de Puerto Wilches, Santander.**

La principal fuente de abastecimiento de agua para los habitantes del área rural y urbana de estos municipios es el agua subterránea, la cual es captada por medio de pozos de mediana a gran profundidad y aljibes, debido a la gran oferta de este recurso y a la limitada oferta del recurso hídrico superficial.

En las zonas rurales, la principal actividad económica es la agrícola, donde se encuentran grandes extensiones de cultivos de palma africana, además de fincas ganaderas. Para dicha actividad se requieren grandes cantidades de agua, en la siembra y procesamiento del aceite. Las empresas palmicultoras extraen agua subterránea de pozos

profundos para las plantas de procesamiento de aceite, los habitantes en su gran mayoría tienen aljibes y/o pozos de los cuales extraen agua para uso doméstico, ganadero y para abastecer acueductos veredales.

## **CLIMA**

Los aspectos climáticos del Departamento de Santander, son determinados por la diversidad de altitud en la que se encuentra localizado; se generan pisos térmicos y geoformas que generan paisajes variados. Para la zona del valle del bajo Magdalena, las temperaturas promedio son de aproximadamente 29°C y se presentan lluvias abundantes en las que se pueden presentar registros de hasta 3800 mm.

En la base del flanco occidental de la Cordillera Oriental en donde está localizado el Departamento de Santander mayormente disminuye la temperatura y las lluvias están determinadas en intervalo entre 1500 y 2000 mm en promedio anual. En la zona sur del departamento en el área de la cuenca baja del Cañón del Chicamocha principalmente se presenta una precipitación que oscila entre los 500 y 600 mm/año y las temperaturas alcanzan valores de 32°C.

En las partes altas de la cordillera santandereana en donde se encuentran localizados los páramos, se registran temperaturas menores de 70C y una escasa precipitación, La franja oriental y el sur del departamento, registran lluvias abundantes, superiores a los 2500 mm anuales; adicionalmente se destacan núcleos aislados con volúmenes mayores a los 3000 mm en municipios como Opón y Contratación, al sur, y Puerto Wilches y Sabana de Torres.

En el Departamento de Santander existen cuatro tipos de pisos térmicos: cálido, medio, frío y Páramo. El piso térmico cálido representa el 46.92% del área del departamento, los pisos medio el 32.05%, frío el 14.02% y muy frío solo el 7.01%.

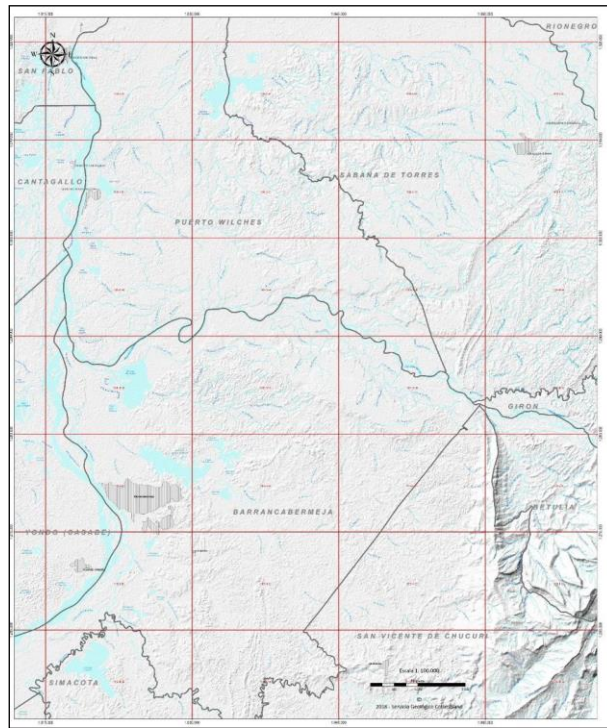
El régimen de lluvias es bimodal en la mayor parte del departamento. Se registra una temporada seca principal en los meses de diciembre, enero y febrero y otra, menos significativa, en junio, julio y agosto. Las temporadas lluviosas ocurren en abril y mayo, la primera, y en septiembre y octubre, la segunda. En los sectores más lluviosos, del oriente y sur del departamento, la temporada seca de mitad de año tiende a ser menos marcada.

Los sectores con mayor frecuencia de días lluviosos están ubicados a lo largo de la franja sur del departamento, en municipios como Vélez, Oiba ó Charalá, con valores entre 200 y 250 días al año. Las menores frecuencias corresponden al sector noroccidental del departamento, en municipios como Sabana, Betulia, San Vicente de Chucurí y Simácota, con valores inferiores a los 100 días al año.

## **HIDROGRAFIA**

Teniendo en cuenta las características hidrológicas del área de estudio, se identificaron fuentes hídricas principales, red de drenaje y demás características físicas de las cuencas principales, de igual manera se identificaron sistemas cenagosos los cuales priman en el área de la plancha 108 Puerto Wilches, esto debido a que corresponden a zonas de planos inundables que varían con el régimen pluviométrico de la región y sistemas de amortiguación en época invernal. Gran parte de esta área presenta áreas inundables, haciendo que se presente abundancia del recurso hídrico, siendo consecuente con la dinámica fluvial de los ríos presentes en la zona.

La red hidrográfica principal del área de estudio, está conformada por los ríos Magdalena, Sogamoso, Lebrija y Carare, estos presentan un sistema de ríos trenzados con brazos y canales, formando islas transitorias, y generando amplias llanuras de inundación. Los sistemas cenagosos presentes se encuentran representados principalmente por la Ciénaga de Paredes, Yariguí, Montecristo y Corredor, localizados en el municipio de Puerto Wilches, así mismo en el municipio de Barrancabermeja se encuentran las ciénagas de San Silvestre y El Llanito.



Hidrografía del área de estudio en el Valle Medio Magdalena



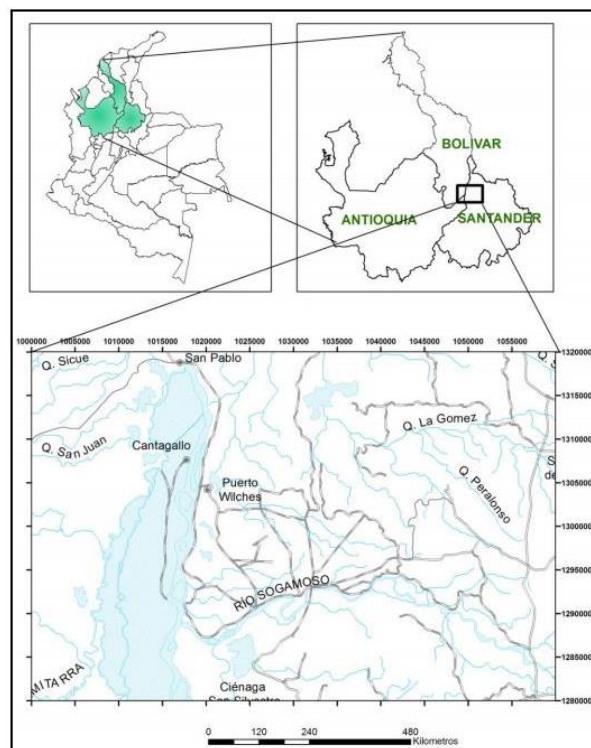
Refinería de Barrancabermeja, Ubicada a orillas del río Magdalena, municipio de Barrancabermeja



Ciénaga El Llanito, Municipio de Barrancabermeja

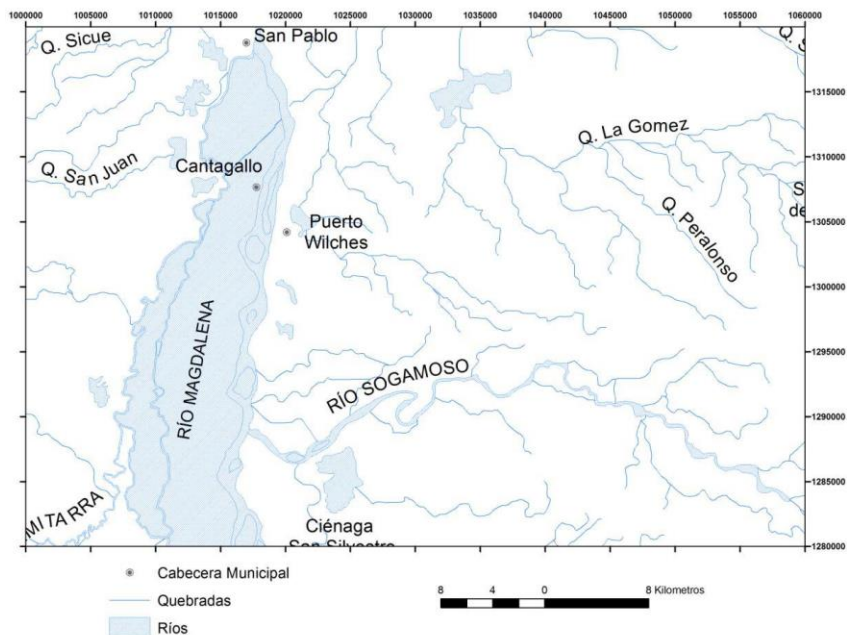
El Municipio de Puerto Wilches está situado a la margen derecha de río magdalena, a una altura promedio de 75 msnm, se caracteriza por ser una zona muy calurosa y húmeda, pues su temperatura oscila entre los 25 y 40 °C, y actualmente el promedio es 33 °C, formando parte de la Provincia de Yarigües. La precipitación media anual (PMA) es de 3.104,5 mm y la precipitación media mensual (PMM) es de 258,7 mm.

El Río Magdalena, constituye el principal eje hidrográfico del Valle Medio del Magdalena, región colombiana que corresponde al valle interandino de este río entre los rápidos circundantes con la ciudad tolimense de Honda y la entrada del río a las llanuras Mar Caribe. El Río Magdalena recorre el área de estudio de a Norte por el costado Oeste, y a este río confluyen dos vertientes:



### Red Hidrográfica Área del Municipio de Puerto Wilches

La vertiente occidental de la Cordillera Oriental en la cual se destaca el Río Sogamoso que drena en dirección Este a Oeste, al Norte del río se encuentra la divisoria de aguas con el Río Lebrija, que aunque esta fuera de la plancha, toda la parte Sur de su cuenca representada por la Quebrada La Gómez drena gran parte del área de Sabana de Torres y da lugar al complejo de humedales de Paredes y más al Norte al de Chocó. La vertiente Sur del Río Sogamoso recoge las aguas de Caño Zarzal que da origen a la Ciénaga - Represa de San Silvestre (abastecedora de agua del Municipio de Barrancabermeja) y que posterior al paso del sitio de presa se denomina Caño San Silvestre y hace parte del sistema de drenaje de la Ciénaga El Llanito.



### Hidrografía general área de la plancha 108-Puerto Wilches

#### ECONOMIA

En época de verano el Río Grande de la Magdalena, como sus afluentes, reduce considerablemente su nivel de agua hasta en un 100%, conllevando que las personas que dependen de estas vías de comunicación se vean perjudicadas por la dificultad del transporte fluvial y al mismo tiempo sus actividades económicas se frustren.

La actividad económica es fundamentalmente agrícola y gira alrededor del cultivo de la palma de aceite, que es la respuesta a un ejercicio de planificación agroecológico efectuado hace más de cuarenta años y se ubica en la zona sur.

Geofísicamente la característica más importante de la zona Norte, es la presencia de humedales y cuerpos de agua, que desde el centro del Municipio se van intensificando hacia el norte, derivándose en estos, una alta potencialidad para la producción de especies de agua y anfibias.

En la zona norte se cultiva maíz y plátano de manera tradicional, ignorando toda la potencialidad de riqueza ictiológica. Predominan las llanuras aluviales y varios niveles de terraza, sometidas a inundaciones periódicas, que conlleva a una fertilidad mediana en las tierras altas, y muy propensa en la zona de vega y rivera de los ríos. Los suelos presentan escasa erosión.

## GEOMORFOLOGIA

El Valle Medio del Magdalena se caracteriza por ser plano con algunas ondulaciones, orillales bajos, terrazas, pantanos y ciénagas.

La terraza presentan diferentes grados de disección, donde se han desarrollado nuevos valles aluviales de características similares: alargados, estrechos y de fondo plano. Las terrazas disectadas conformando sistemas colinados.

El área se caracteriza por un paisaje donde existen tres grandes geoformas: una zona colinada conformada por colinas bajas como remanentes de las unidades montañosas de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, una zona aluvial y por último una zona montañosa que hace parte de la vertiente oriental de la Cordillera Central.

La zona colinada es un sector amplio en donde se pueden distinguir planos de terraza poco disectados, terrazas disectadas que conforman varios tipos de colina con cimas redondeadas y con cimas agudas, en todos los casos con vertientes fuertemente pronunciadas y laderas cortas (probablemente hagan parte del Grupo Real, un ejemplo de ellas son las que se presentan en la cuenca de la Quebrada La Gómez en el Municipio de Sabana de Torres).

El origen de la zona aluvial está relacionado con los cauces mayores de los ríos Magdalena, Sogamoso, Lebrija, y Carare, que han generado importantes y extensas llanuras aluviales sobre las que es posible diferenciar claramente patrones anastomosados, complejos de orillales, bacines y diques, esta zona se encuentra salpicada de relictos de terraza en diversos grados de disección.

Finalmente la zona montañosa en los dominios de la Cordillera Central presenta una cubierta de rocas ígneo – vulcanosedimentaria que forman vertientes escarpadas, con algunos intrusivos y eventuales valles aluviales y depósitos de vertiente, pero quizás su principal característica es la relacionada con los fuertes fallamientos que se observan en patrones geométricos claramente definidos que alinean cauces e interfluvios.

## GEOLOGIA

El Valle del Magdalena se ha dividido tradicionalmente en Valle Inferior, Valle Medio y Valle Superior, teniendo como criterios principales de división, características geográficas, y en algunos casos geológicas, tales como cambios litológicos y límites tectónicos.

El flanco Este de la Cordillera Central está compuesto principalmente por rocas ígneas y metamórficas, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Jurásico y que se extienden hacia el VMM y son suprayacidas por rocas sedimentarias de edades Jurásicas hasta Terciarias. Por otro lado, la Cordillera Oriental está compuesta por un basamento polimetamórfico de edad Precámbrica y Paleozoica, deformada durante varios eventos orogénicos pre-Mesozoicos. Las rocas del basamento están cubiertas por una gruesa secuencia de rocas sedimentarias de edad mesozoica y cenozoica, fuertemente deformadas durante el Neógeno por empuje y plegamientos (e.g., Irving, 1971 en Taboada 2000).

El VMM, donde se ubica el área de interés, es una zona de depresión, la compleja evolución de la cuenca del VMM durante el Paleógeno - Neógeno, ha sido considerada desde diferentes perspectivas como el resultado de la interacción de las placas suramericana y Caribe, la cual originó el progresivo desarrollo de una intensa deformación de origen compresivo en la margen continental (Dengo and Covey, 1993; Cooper et al., 1995).

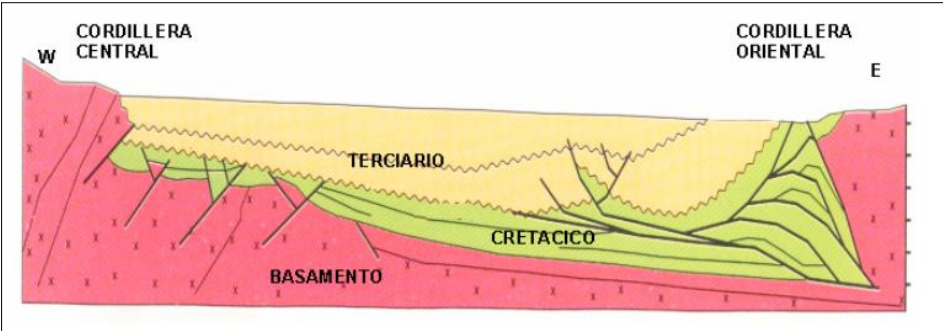
La Cordillera Oriental y los valles Superior y Medio del Magdalena se localizaron en el ante país de la Cordillera Central entre el Cretácico Superior y el Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano (Schamel, 1991), cuando los primeros pulsos de la Orogenia Andina originados por la colisión del Arco de Panamá con la Placa Suramericana, dieron lugar al inicio del levantamiento de la Cordillera Oriental (Pindell, 1994).

La configuración estructural en el VMM y Piedemonte Occidental de la Cordillera Oriental en la Plancha 108 Puerto Wilches son en gran medida el resultado de la inversión de estructuras Pre andinas del rift Mesozoico (Colletta et al., 1990). En este sentido, los estilos estructurales en esta área, guardan una estrecha relación con la geometría original de las estructuras y las características litofaciales de la cobertura sedimentaria.

Estos elementos controlaron el desarrollo de un ámbito tectónico caracterizado por la combinación de estilos de escama gruesa y delgada. A continuación se presentan; la columna estratigráfica generalizada de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena y la sección geológica esquemática en esta zona.

SIST. MA	CUAT.	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIM-BOLO	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
TERCIARIO	MIOCENO	GRUPO	GRUPO MESA	TQ		Terrazas y aluviones Gravas, arenas y conglomerados. Espesor: 300 - 545 m. Discontinuidad estratigrafica (?) Areniscas, lodolitas y conglomerados. Espesor: 500 - 700 m. Discontinuidad estratigrafica (?) Lodolitas rojas y areniscas conglomeráticas. Espesor: 935 - 1.250 m.	
			GRUPO REAL	Trp			
	OLIGOCENO	GRUPO CHUSPAS	FM. COLORADO	Tom		Lodolitas y capas delgadas de areniscas. Espesor: 550 - 850 m.	
			FM. MUGROSA	Tco		Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 160 - 575 m.	
	EOCENO	PAL.	FM. ESMERALDA	Tpe		Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada. Espesor: 240 - 800 m.	
			FM. LA PAZ	Tpe		Lodolitas areniscas y capas delgadas de carbón. Espesor: 300 - 950 m.	
			FM. LISIANA	Tpe		Lodolitas con concreciones ferruginosas y capas explotables de carbón. Espesor: 800 - 1.400 m.	
	CRETACICO	SUPERIOR		FM. UMIR	Uf		Calizas, lodolitas calcáreas, concreciones calcáreas y rocas fosfóricas. Espesor: 280 - 630 m.
				FM. LA LUNA	Uf		Lodolitas principalmente, areniscas y calizas en menor proporción. Espesor: 250 - 660 m.
FM. SIMITI				Uf		Calizas y lodolitas calcáreas. Espesor: 240 - 325 m.	
INFERIOR			FM. TABLAZO	Uf		Lodolitas y areniscas. Espesor: 150 - 625 m.	
			FM. PAJA	Uf		Calizas, lodolitas y areniscas. Espesor: 290 - 450 m.	
			FM. ROSA BLANCA	Uf		Areniscas gris verdosas, cuarzosas, de grano fino, localmente lodosas, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y lodolitas de color gris, negro y rojizo, piritosas. Espesor: 25 - 100 m.	
			FM. CUMBRE	Uf		Areniscas cuarzosas claras, localmente conglomeráticas y lodolitas pardo rojizas. Espesor: 150 - 650 m.	
			FM. LOS SANTOS	Uf		Alternancia de areniscas y lodolitas gris amarillentas a pardo rojizas, localmente niveles conglomeráticos, pardo rojizos, masivos y lenticulares. Espesor: 3.000 - 4.500 m.	
JURASICO		SUPERIOR	FM. GIRON	Uf			

Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca del VMM, Ingeominas 2010

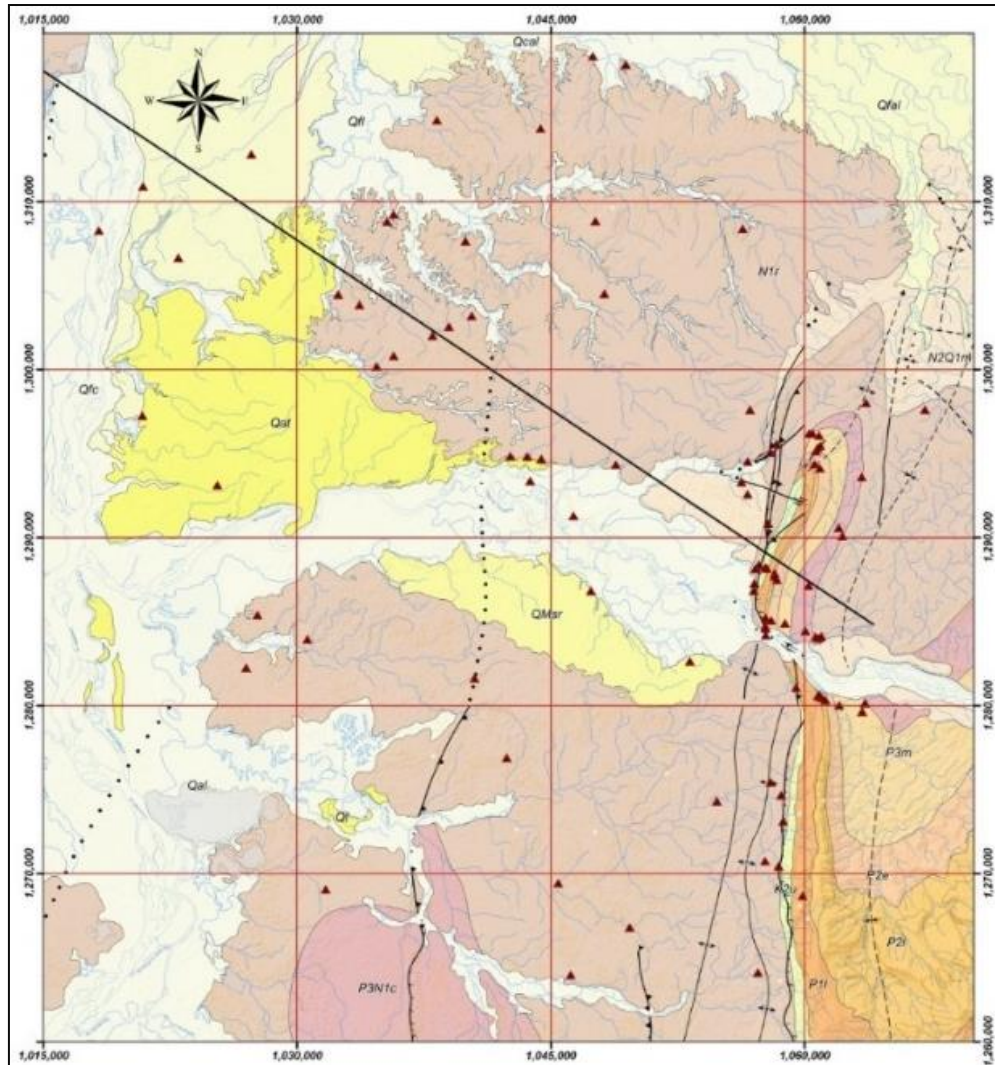


Sección esquemática del VMM Fuente: (Ecopetrol 1996)

## ESTRATIGRAFIA

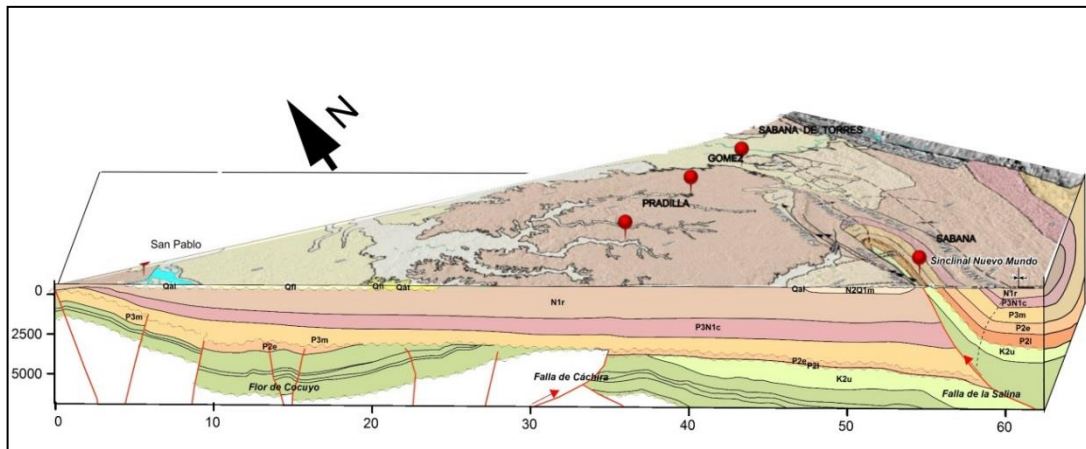
Para las unidades geológicas que se encuentran en el área de estudio, se realizaron controles geológicos enfatizados en describir las características litológicas e hidrogeológicas para aguas subterráneas, la información secundaria se basó tomando como referencia la cartografía geológica oficializada por el Servicio Geológico Colombiano realizada a escala 1: 100.000, la plancha Geológica corresponde a la denominada 108 – Puerto Wilches, 109 – Rionegro, 119 – Barrancabermeja y 120 – Bucaramanga. Dentro de la información caracterizada en campo se tuvo en cuenta estructuras geológicas con incidencia en la recarga, flujo y almacenamiento de aguas subterráneas.

Las características de las unidades litológicas se describen con el propósito de contribuir con el suministro información para desarrollar la interpretación del modelo hidrogeológico del VMM, en jurisdicción de los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, San Vicente de Chucurí, Barrancabermeja y Betulia, el mapa geológico VMM y el perfil geológico VMM.



Mapa Geológico con control de campo del VMM

Actualizado el mapa de control geológico con fines hidrogeológicos, se realizó el perfil A – A' (dirección NE – SW), mostrando una posible geometría y espesor de las unidades geológicas de la zona estudio.



**Modelo Geológico VMM**

Dentro de las unidades litológicas presentes en el área de estudio, sobresalen hidrogeológicamente el Grupo Mesa, Grupo Real, Depósitos Cuaternarios aluviales, Terrazas aluviales y la Meseta san Rafael, seguidas a estas encuentran unidades de edad Cretácico como la Formación Umir, Lisama y Formación Mugrosa.

Las estaciones de control geológico se realizaron en afloramientos de talud de carretera, canteras, ríos y quebradas, como resultado de esta actividad se generó el levantamiento de 6 columnas estratigráficas, en las cuales se describieron las principales características litológicas, hidrogeológicas y físicas de la roca.

En el municipio de Wilches afloran y se extienden en el subsuelo unidades geológicas del Cuaternario que incluyen los Depósitos de Terraza Alta (Qta), los Depósitos Fluviolacustres (Qfc), los Depósitos Aluviales Recientes (Qal) y rocas sedimentarias del Terciario correspondiente al Grupo Real (.), las cuales serán objeto de reconocimiento de sus características hidrogeológicas en los dos pozos exploratorios que se perforaran en las áreas de influencia del proyecto PPII Kalé.

A continuación se describen las características litológicas de las unidades roca sedimento anteriores observadas en el campo y complementadas de las referencia de las descripciones oficiales existentes y disponibles.

## NEÓGENO

Las formaciones de edad Neógeno corresponden al Grupo Real y el Grupo Mesa.

### ➤ GRUPO REAL (N1r)

El primero en introducir el término de Grupo Real fue Wheeler (1935), denominando a este conjunto de rocas "Real Series", su sección tipo se encuentra ubicada al Norte del Río Opón, a 2 Km al Oeste de la Quebrada Real, en el departamento de Santander. Este grupo descansa discordantemente sobre la Formación Colorado e infrayace de forma discordante la Formación Mesa (Gómez et al., 2010). Aunque no se ha determinado con exactitud el espesor del Grupo Real, se ha llegado al consenso de que está compuesta por una sucesión de aproximadamente 3.600 metros

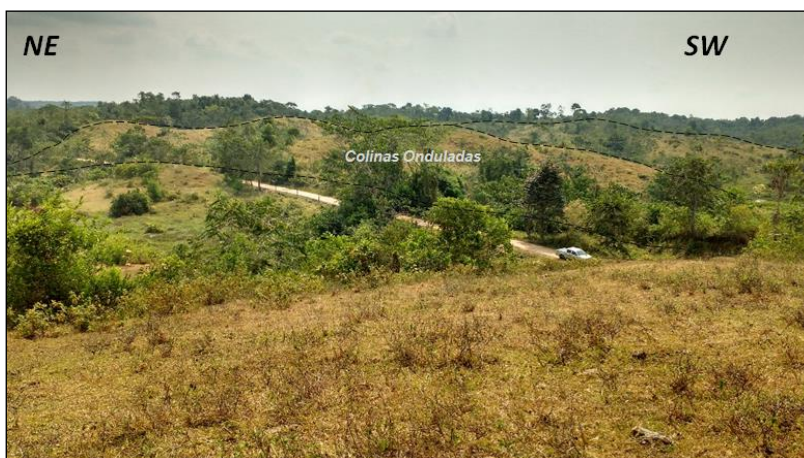
hasta unos 500 metros en el Anticlinal de La Cira, (Morales et al., 1956), disminuyendo su espesor hacia el este (Gómez et al., 2005 en INGEOMINAS - GRP, 2008).

La edad del Grupo Real ha sido determinada en base a comparaciones entre datos palinológicos, tiene presencia de foraminíferos y datos radiométricos, los datos palinológicos de la base del Grupo Real corresponden a la zona de Globorotalia fohsi fohsi (Hopping, 1967; Nuttall, 1990), cuyo periodo se extiende entre 12.7 Ma y 12.5 Ma (Berggren et al., 1995), lo cual nos proporciona una edad de Mioceno Medio - Mioceno Tardío para estas rocas.

El grupo Real (N1r), aflora en gran parte del área de la zona de estudio, ocupando grandes extensiones, cubriendo en su gran mayoría los municipios de Sabana de Torres, Puerto Wilches, San Vicente de Chucuri y Barrancabermeja.

En esta unidad litológica se desarrollan geoformas de ambiente Denudacional y fluvial denominada:

Montículo y ondulaciones Denudacional, así como también en Colinas onduladas. La cual se describe como una unidad morfológica asociada al ambiente denudacional, se localiza geográficamente en el sector del Kilómetro 20, vereda el Pescado, Campo De Tigre y Kilómetro 36, en jurisdicción del municipio de Puerto Wilches. Morfológicamente se encuentra conformada por un conjunto de prominencias topográficas onduladas donde la elevación del terreno es menor a 20 metros, presenta pendientes suavemente inclinadas a inclinadas, su morfología es colinada, de forma cóncava a convexa, su origen está relacionado con procesos de erosión intensa, con índice de relieve muy bajo, presenta una topografía, la cobertura vegetal que predomina son matorrales, cultivos de palma y vegetación herbácea.



**Colinas onduladas del Grupo Real, Sector Km 20, municipio de Puerto Wilches**



**Montículos del Grupo Real, sector Pelores-Las Palmas, Municipio de San Vicente de Chucuri**



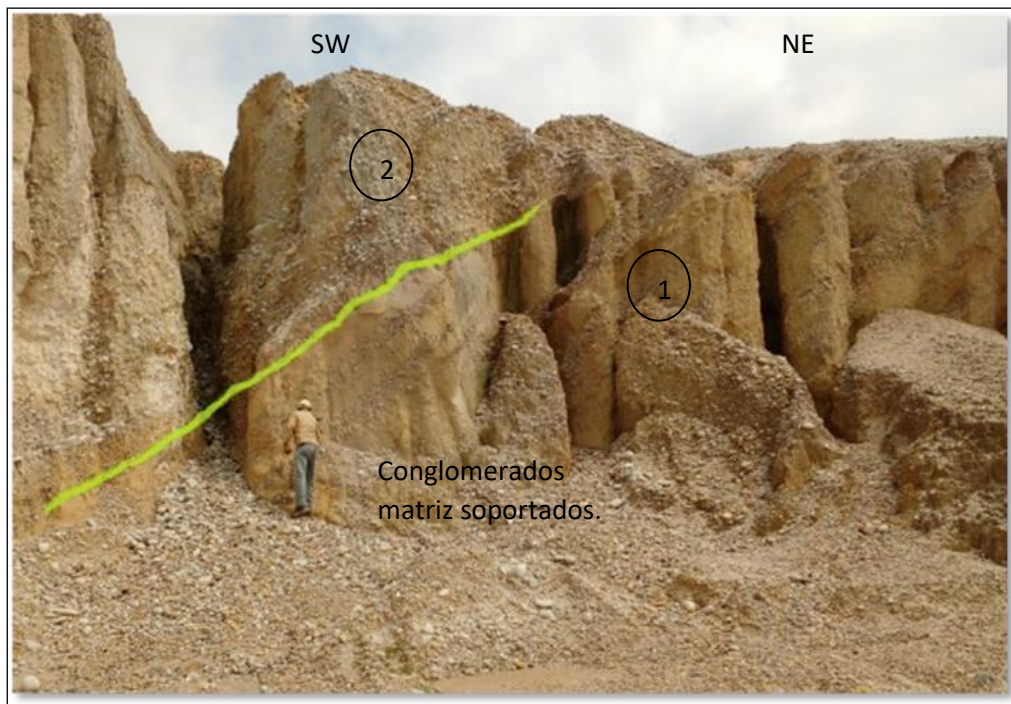
**Montículos del Grupo Real en el sector Caño Seis, Municipio de San Vicente de Chucuri**

En el Sector de la Vereda de Aguas Claras a la altura de la estación GEO 05, en las coordenadas Este: 1058335, Norte: 1295567, Altura: 153m. Ubicada en el Municipio de Sabana de Torres, y que corresponde a un afloramiento de Cantera abandonada, la unidad se han identificado varias capas las cuales presentan las siguientes características:

**La capa 1** es una capa muy gruesa, de aproximadamente 8 metros de espesor, de conglomerados matriz soportados, polimícticos, con estratificación cruzada, moderadamente seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 30 centímetros, correspondientes a guijos, guijarros y bloques, bien redondeados, subelongados a esféricos, con composición de clastos variable. **La capa 2** es una capa muy gruesa, de aproximadamente 7 metros de espesor, de conglomerados clastosoportados polimícticos, con imbricación, moderadamente seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 30 centímetros, corresponden a guijos, guijarros y bloques, bien redondeados, subelongados a esféricos, la composición de los clastos es variable, la matriz es de arena feldespática de grano fino a grueso, mal seleccionada. **La capa 3** es una capa muy gruesa, de aproximadamente 2 metros de espesor, de arcillolitas abigarradas rojizas, que estarían al tope de este afloramiento, la cual estaría limitando la recarga. En la base de esta capa, se forma un plano cuyos datos estructurales corresponden azimut es  $180^{\circ}/28^{\circ}$ . De manera general este afloramiento sería una zona de recarga para los acuíferos, teniendo en cuenta su porosidad primaria y permeabilidad.



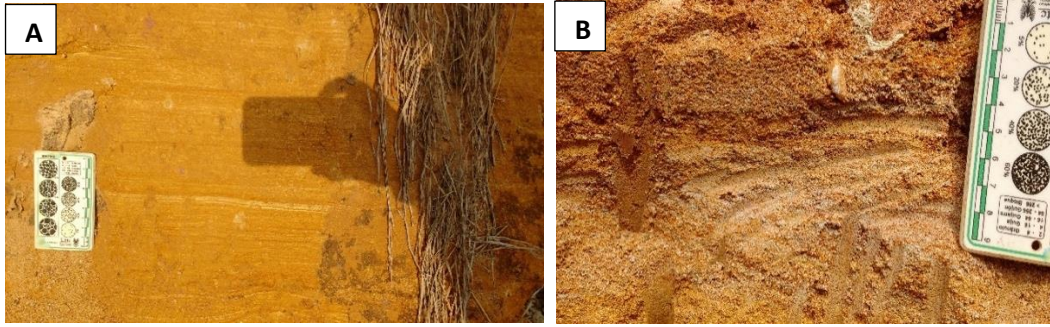
**Conglomerados clastosoportados del Grupo Real, Vereda Aguas Claras. Estación GEO-05**  
 ➤ **Municipio de Sabana de Torres.**



**Conglomerados matriz soportados del Grupo Real. Estación GEO 05**

➤ **Vereda Aguas Claras, Municipio de Sabana de Torres.**

Se puede observar las características de las areniscas de la capa 1 y las capas de areniscas y conglomerados con estratificación cruzada y laminar limitados hacia el tope por capas de arcillas.



**Capas de areniscas con variación en el tamaño de grano**  
**(A) Areniscas de grano fino a medio con estratificación cruzada.**  
**(B) Areniscas de grano medio a grueso con gránulos de cuarzo**



**Capas de areniscas y conglomerados con estratificación cruzada y laminar limitados hacia el tope por capas de arcillas.**

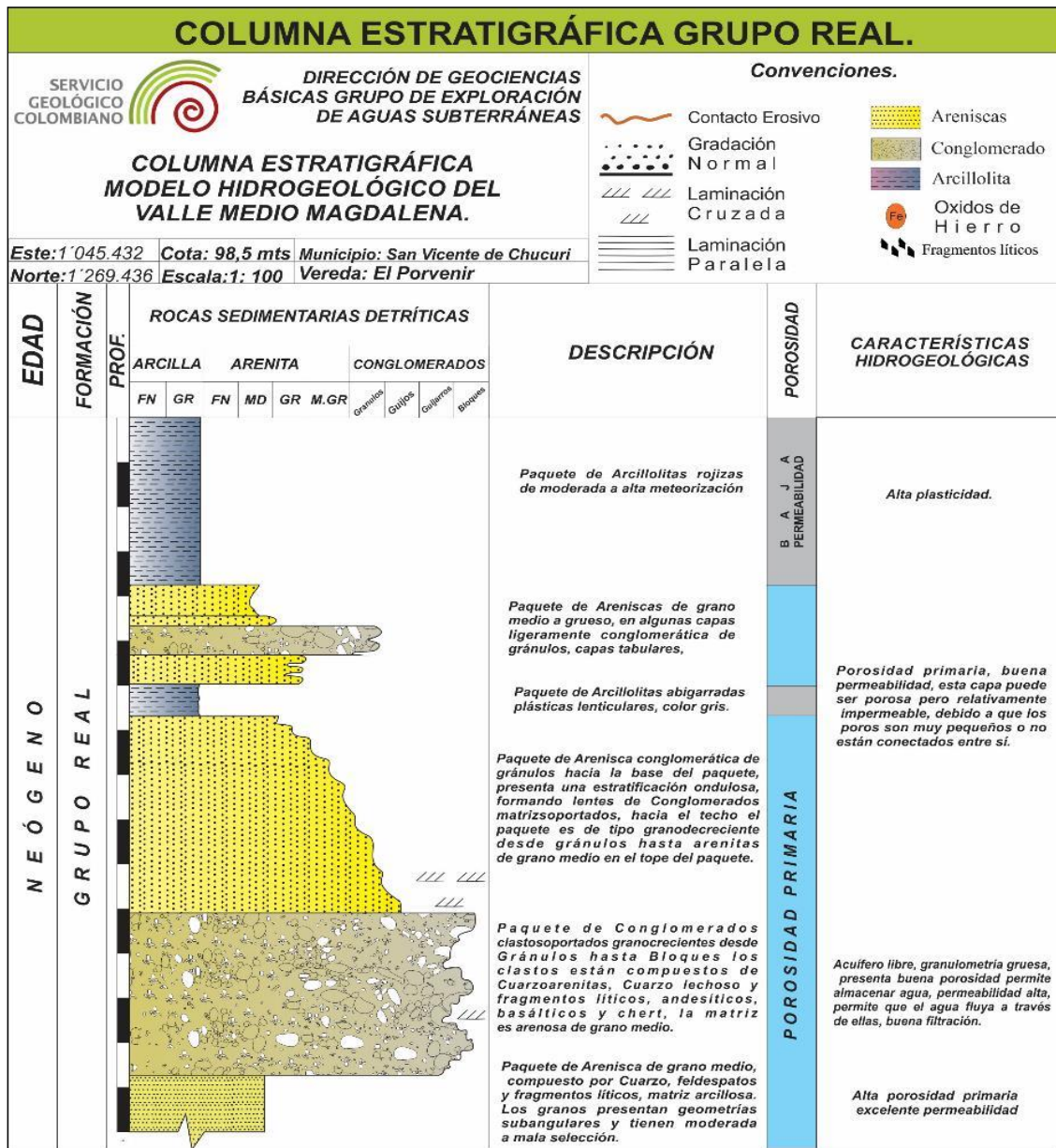
Se observa la composición variable de los clastos. A: Clastos de composición basáltica, B: Clastos de Cuarzoarenitas, C: Clastos de Cuarzitas, D: Clastos de chert y E: Clastos de composición granítica. La matriz es de arena feldespática de grano fino a grueso, mal seleccionada.



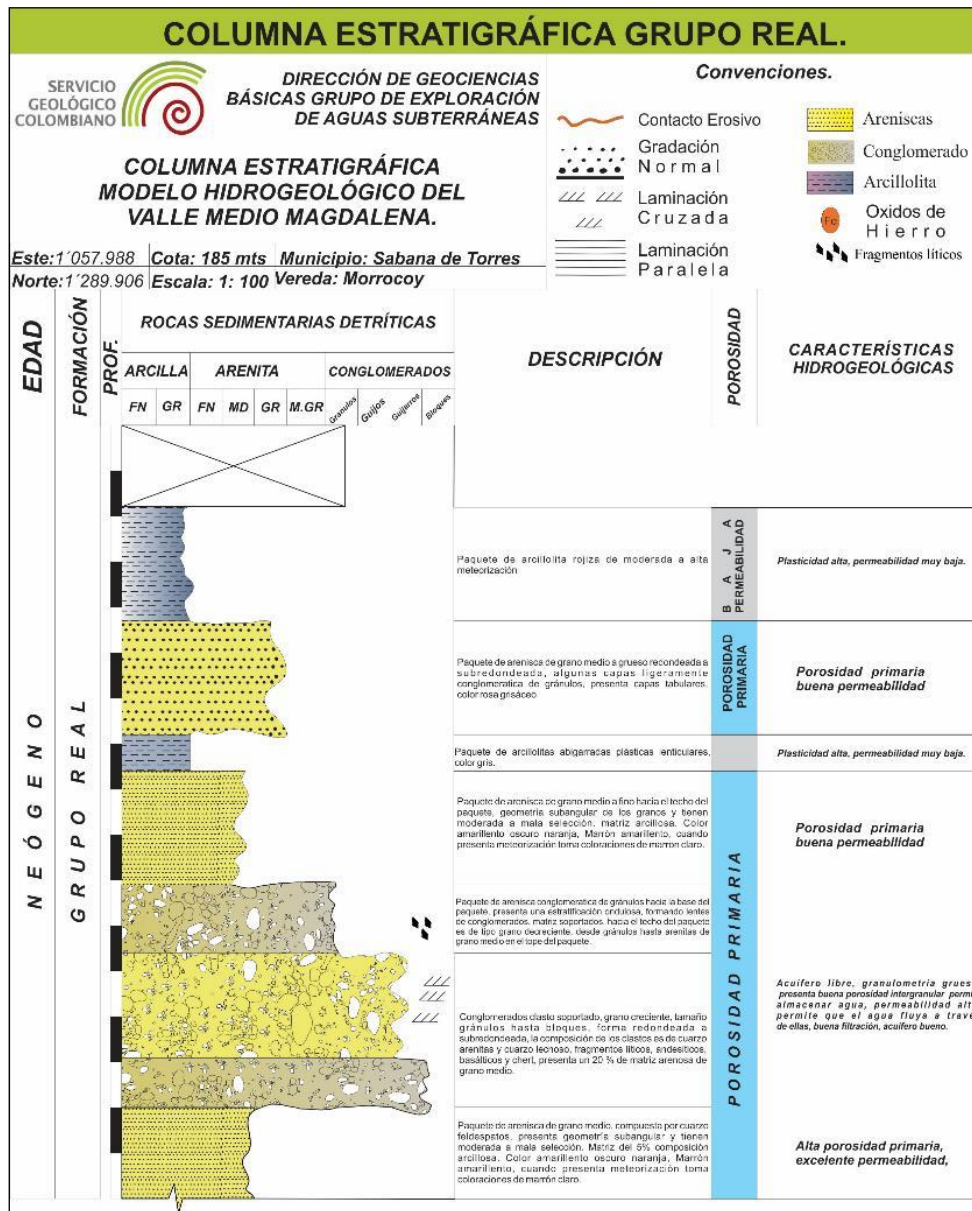
#### **Composición de los clastos que constituyen el armazón de los depósitos del Grupo Real (N1r).**

En el Sector El Porvenir, específicamente en la estación GEO 19, se describió un afloramiento altamente afectado por fracturamiento y diaclasamiento, debido a la cercanía de la zona del Sistema de Fallas de la Salina. Se observan capas medias de arenitas de grano fino a medio, bien seleccionadas, con laminación plano paralela, los granos son redondeados a subangulares, de composición 95% de cuarzo y 5% de fragmentos líticos. Se observa un porcentaje de matriz arcillosa cercano al 10%. La roca presenta porosidad primaria de tipo intergranular, la permeabilidad aumenta debido al alto grado de fracturamiento de las rocas.

A continuación, se presenta las Columnas Estratigráficas del Grupo Real levantadas en las estaciones Geo 19 y OPM 38.



Columna Estratigráfica del Grupo Real. (Estación GEO 19)



**Columna Estratigráfica del Grupo Real. (Estación OPM--38)**

➤ **Vía ruta del Sol, Barrancabermeja - Morocoy.**

Afloramientos de Suelos Residuales provenientes de los depósitos del Grupo Real, se encuentran sobre la vía que, de Barrancabermeja, específicamente en la estación GEO-11, localizada sobre la ruta del sol, en las coordenadas Este: 1056994; Norte: 1286843; Altura: 132 m, Municipio de Sabana de Torres, Vía Barrancabermeja – Sabana de Torres. En los afloramientos de estos suelos se observó un nivel de rocas completamente meteorizadas (RCM), grado V (Geological Society of London, 1990) del Grupo Real, se tiene un suelo con estructuras heredadas, y algunos núcleos

de roca aun presentes, pero en algunos lugares se encuentran suelos residuales (SR), grado VI (Geological Society of London, 1990), sin estructuras heredadas, con mayor proporción de arcillas y materia orgánica.



**Suelo residual producto de la meteorización del Grupo Real.**

Debido a la alteración de estas rocas, el suelo tiende a ser de tipo arcilloso, disminuyendo así la porosidad y permeabilidad, haciendo que la infiltración sea mínima, por lo tanto, la recarga del acuífero en estos sectores no se presenta de manera directa, razón por la cual este afloramiento limita la recarga potencial a los acuíferos comportándose como una zona de naturaleza impermeable.



**Muestras de suelo residual proveniente de la meteorización del Grupo Real.**

Así mismo, hacia el sur del área de estudio, al sur del río Sogamoso, en las veredas Margaritas y Lisama se encontraron como evidencias unas facies más finas para los depósitos del Grupo Real, no se observaron capas conglomeráticas, por el contrario, se evidenciaron capas arenosas o arcillosas. También se puede evidenciar que, por ser un material más fino hacia el sur, este es mucho más propenso a la erosión donde se forman estoraques.



### **Procesos erosivos observados en los Depósitos del Grupo Real, Vereda Margaritas.**

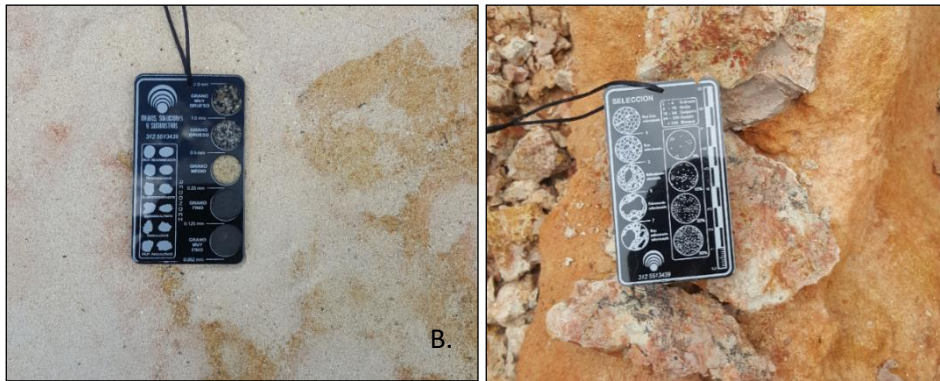
En el Sector Peroles, se realizó la estación OPM- 29, ubicada en las coordenadas Este: 1045432, Norte: 1269436, Altura: 98.5 m de la vía que conduce de Barrancabermeja - Bogotá D.C. Esta zona cubre las planchas 119 II C y 119 II D, en el municipio de San Vicente de Chucuri, esta zona litológicamente hay presencia de capas potentes de arcillas compactas impermeables, semiplástica y arenisca de grano medio a grueso embebidos en una matriz arcillosa.

El afloramiento sobre la vía de base a techo, conforma un talud conformado por 5 metros de arcilla vari coloreadas, embebido, se observan cuarzos de grano medio a fino, líticos y óxidos de hierro, seguido a este banco se evidencio una capa de 1.5 metros de arenisca de tono blanco, friable, grano soportada, con tamaño de grano fino- medio – grueso, angular a subangular, bien seleccionado, presenta buena porosidad. Seguido a estas capas se observó una capa de 1 metro de arcillolita arenosa amarillenta, de grano medio, subangular, seguido de un metro de intercalaciones de limolitas y arcillolitas violáceas en capas medianas a muy gruesas lenticulares, hacia el techo se observó 1 metro de arenisca de grano grueso, subangular, pobremente seleccionada, se observaron líticos como accesorios, presenta un 30% de matriz arcilloso, color grisáceo, este talud presenta erosión en cárcavas, a continuación se presenta la columna estratigráfica del Sector Pelores.

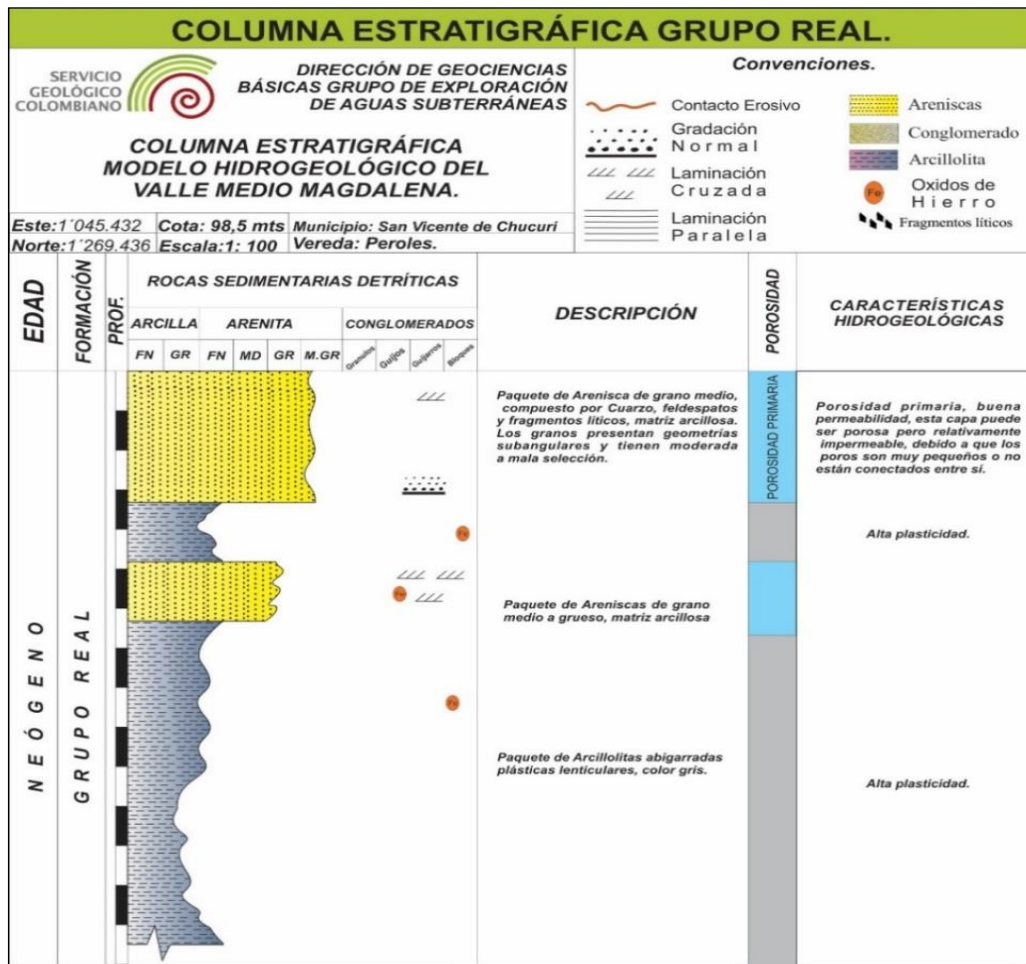


### **Afloramiento rocas del Grupo Real donde se presentan cárcavas de erosión**

➤ **Municipio de San Vicente de Chucuri.**



**Areniscas de grano fino a medio, granos redondeados a subangulares y Arcillas plásticas vari coloreadas.**



**Columnas estratigráficas del Sector Peroles, Municipio de San Vicente de Chucurí**

### ➤ GRUPO MESA ( N2Q1m)

Los primeros en usar el nombre de Formación Mesa, fueron Weiske, 1926 y Butler, 1942 (en Ward et al. 1973). La Formación Mesa se encuentra en contacto discordante infrayaciendo al Grupo Real. El espesor de esta unidad alcanza unos 575 metros (Taborda, 1965). La edad de esta formación aún no se ha establecido con claridad, pero para la parte inferior de dicha unidad, se considera una edad de Plioceno (Wheeler, 1935) y para la parte superior, se considera una edad de Pleistoceno

Los paquetes del Grupo Mesa, afloran en cercanías al Municipio de Sabana de Torres, en muchas ocasiones es muy fácil confundirlo con las capas del Grupo Real, pero estos son más abundantes y de mayor espesor.

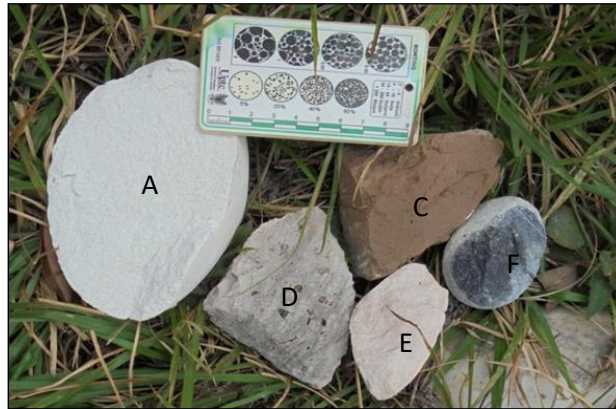
En el Sector La Gómez-El Porvenir el Grupo Mesa litológicamente es similar a los depósitos del Grupo Real. En la estación GEO – 18, ubicada en este sector, con coordenadas Este: 1056273, Norte: 1293304, Altura: 154 m, en el Municipio de Sabana de Torres, Vía Barrancabermeja –Sector El Porvenir, se observó un afloramiento que hacia la base expone una capa gruesa de areniscas de grano fino a grueso intercalada con conglomerados. Suprayaciendo esta capa, se encuentra una capa de arcillolita de aproximadamente 2 metros, seguido a esta continua una muy gruesa de aproximadamente 5 metros de espesor, de conglomerados clasto soportados polimícticos, moderadamente seleccionados.

Los clastos presentan tamaños entre 5 a 30 centímetros, correspondientes a guijos, guijarros y bloques, están bien redondeados, subelongados a esféricos, la composición de los clastos es variable, como se puede observar, donde A es un clasto de cuarzoarenitas (95%), B es un clasto de cuarzo (3%), C es un clasto de lodolitas (0,3%), D es un clasto de fosfatos (0,3%), E es un clasto de arcosas (1%) y F es un clasto de composición andesítica (0,3%).

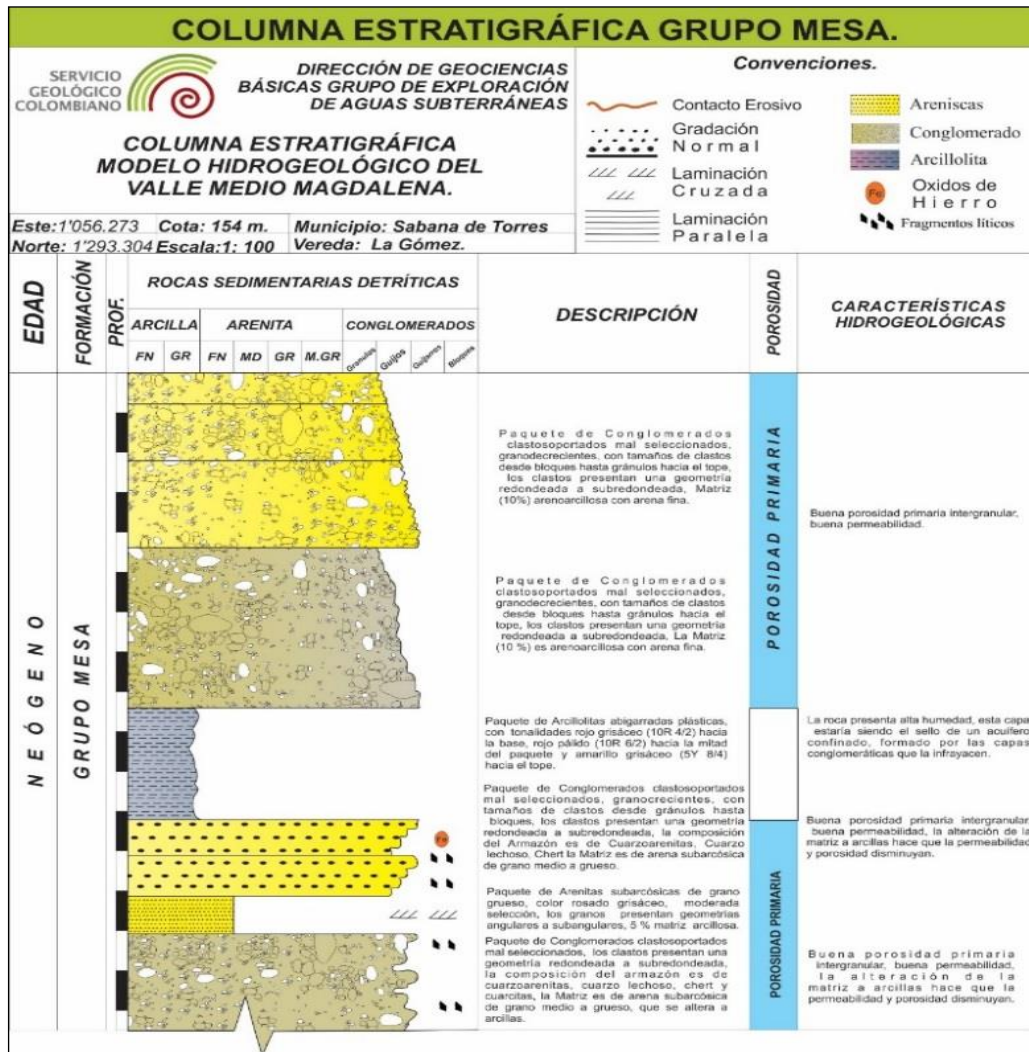
La matriz es de arena feldespática de grano fino a medio, bien seleccionada. De manera general este afloramiento sería una zona de recarga para los acuíferos, teniendo en cuenta su porosidad primaria y permeabilidad. En la Columna Estratigráfica Grupo Mesa (N2Q1m).



**Afloramiento de la Formación La Mesa, Sector La Gómez, vía Barrancabermeja-Sabana de Torres**



Composición de los clastos presentes en el afloramiento de la Formación Mesa



Columna Estratigráfica Grupo Mesa (N2Q1m)

## ➤ **DEPOSITOS CUATERNARIOS**

Las unidades cuaternarias corresponden a los Depósitos de Terraza Alta, los Depósitos Fluvio lacustres (Qfl)

### ✓ **DEPOSITOS ALUVIALES DE TERRAZA ALTA (Qat)**

En los Depósitos de Terraza Alta se agrupan las terrazas antiguas, las cuales representan llanuras de inundación de los ríos Sogamoso y Magdalena. Los depósitos cuaternarios de terrazas aluviales, afloran hacia el sur del Municipio de Puerto Wilches, en los corregimientos de Puente Sogamoso y El Pedral, en esta zona son pocos los afloramientos expuestos sobre la vía, la mayoría se encuentra cubiertos por vegetación, el principal uso del suelo es el cultivo de palma.

El depósito cuaternario de Terraza (Qat) se extiende hasta norte de la Ciénaga de Paredes. Dentro del perímetro de Puerto Wilches, esta unidad representa una de las de mayor importancia, debido a su gran extensión. Estos depósitos se encuentran en contacto discordante sobre depósitos del Grupo Real y los depósitos aluviales recientes.

En estos depósitos se desarrollan geoformas denominadas:

- Terraza aluvial sub reciente, la cual se describe como una superficie plana a suavemente inclinada, disectada, presenta escarpes como el localizado en la vía que conduce de Puerto Wilches a Puerto Cayumba, el cual mide aproximadamente 5 metros. La génesis está relacionada a la ampliación del valle del río el cual gana importancia debido a la erosión en sus márgenes, la superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza. Esta unidad morfológica se encuentra cubierta por suelos de poco espesor con bajo contenido de materia orgánica y con un alto contenido de material arcilloso.
- Terraza aluvial reciente, la cual se localiza en cercanías a los ríos Magdalena y Sogamoso, hacia el sur oriente del casco urbano del municipio de Puerto Wilches y al norte del Río Sogamoso, en los sectores de Santa Helena, los Alares, García Cadena, la Ceiba y las Brisas, también es posible evidenciarla hacia el Nororiente del municipio de Puerto Wilches en los sectores los Alares y Hacienda Santa Helena.

Los Depósitos de Terraza (Qat) se caracteriza por presentar pendientes planas a suavemente onduladas, se encuentra limitadas por escarpes de altura variable, el origen de esta unidad morfológica está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial en antiguas llanuras de inundación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. La cobertura vegetal que se encuentra sobre esta unidad son matorrales, pastos y cultivos de palma. A continuación, se describen los afloramientos de mayor interés en la zona de estudio.

En el Sector el Pedral, en una cantera abandonada (estación GEO-01), ubicada en las coordenadas Este: 1025282, Norte: 1293124, Altura: 89 m, en el Municipio de Puerto Wilches, se observó un afloramiento de aproximadamente 5 metros de alto, donde se pueden identificar tres niveles o capas, las cuales tienden a acuñarse, presentan estratificación plano paralela discontinua.

La capa 1 es una capa muy gruesa, de 2 metros de espesor, de conglomerados monomícticos matriz soportados, bien seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 20 centímetros, correspondientes a guijos y guijarros, bien redondeados, subelongados a esféricos, la composición de estos clastos es de cuarzoarenitas, la matriz es de arena cuarzosa de grano fino a medio, presentan porosidad primaria y buena permeabilidad.

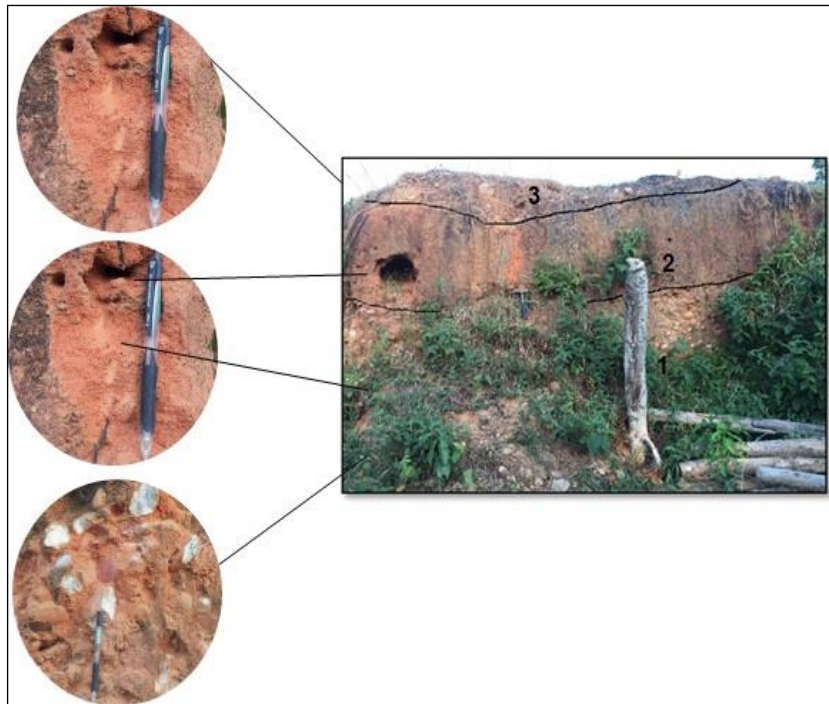
La capa 2 es una capa muy gruesa, de 1,2 metros de espesor, de cuarzoarenitas maduras bien seleccionadas, los clastos son de arenas de grano medio, subredondeados a bien redondeados, esféricos, la matriz es arcillosa y presenta

óxidos de hierro que le dan una coloración roja a estas rocas, presentan una porosidad primaria y permeabilidad, que se ve reducida por la matriz.

La capa 3 es una capa gruesa (0,6 metros de espesor) de conglomerados monomícticos matrizsoportados, moderadamente seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 15 centímetros, correspondientes a guijos y guijarros, bien redondeados, subelongados a esféricos, la composición de estos clastos es de cuarzoarenita, la matriz es de arena cuarzosa de grano medio, presentan porosidad primaria y buena permeabilidad, por lo que este afloramiento podría comportarse como una zona de recarga del acuífero. figura 52.

En el Sector el Pedral, en otra cantera (estación GEO-02), ubicada en las coordenadas Este: 1020853, Norte: 1297255, Altura: 84 m, en el Municipio de Puerto Wilches, se identificaron dos niveles o capas, las cuales presentan estratificación plano paralela continua.

La primera capa es una capa muy gruesa de 3,5 metros de espesor, de conglomerados monomícticos matriz soportados, mal seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 3 a 20 centímetros, corresponden a guijos y guijarros, bien redondeados, elongados a esféricos, la composición de estos clastos es de cuarzoarenitas, la matriz es de arena limosa, mal seleccionada, de grano medio a grueso, con coloraciones naranjas y cafés, presentan porosidad primaria y buena permeabilidad.



**Afloramiento de los Depósitos Cuaternarios de Terraza. (Estación GEO-019)**

La segunda capa es muy gruesa, de 1,2 metros de espesor, de roca altamente meteorizada (RAM), grado IV (Geological Society of London, 1990), donde la fracción de suelo aumenta en proporción de limo y arena, se tienen algunos clastos heredados de la roca original, pero estos son menos resistentes, ya que se dejan romper fácilmente con el martillo. De manera general este afloramiento sería una zona de recarga para los acuíferos teniendo en cuenta su litología.



**Afloramiento de los Depósitos Cuaternarios de Terraza Estación GEO-02**

### ➤ **Sector El Pedral, Municipio de Puerto Wilches**

En otro de los afloramientos de cantera en la Vereda Cayumba, correspondiente a la estación GEO-03, localizado en las coordenadas Este: 1042607, Norte: 1294841, Altura 132 más, en el Municipio de Puerto Wilches, se pueden identificar cinco niveles o capas, las cuales presentan estratificación plano paralela discontinua, las cuales se acuñan lateralmente.

La primera capa es muy gruesa, de 2 metros de espesor, de cuarzoarenitas de grano fino a medio, mal seleccionada, con unos lentes conglomeráticos, los clastos son subredondeados a bien redondeados y esféricos.

La segunda capa es una capa muy gruesa, de 1,1 metros de espesor, de conglomerados monomícticos matriz soportados, bien seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 10 centímetros, corresponden a guijos y guijarros, bien redondeados, elongados a esféricos, la composición de estos clastos es de cuarzoarenitas, la matriz es de arena de grano fino a medio, bien seleccionada. En la figura 54, se puede observar, que esta capa presenta un acuñamiento, haciendo que su espesor varié de unos 50 centímetros, hasta casi 2 metros hacia la parte derecha de la fotografía.

La capa 3 es una capa gruesa de 0,6 metros de espesor, de cuarzoarenitas de grano fino a medio, bien seleccionada, los clastos son subredondeados a bien redondeados, esféricos.

La capa 4 es una capa gruesa de 0,7 metros de espesor, de conglomerados monomícticos matriz soportados, mal seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 25 centímetros, correspondientes a guijos, guijarros y bloques, bien redondeados, elongados a esféricos, la composición de estos clastos es de cuarzoarenitas, la matriz es de arena de grano fino a medio, bien seleccionada.

La capa 5 es una capa gruesa de 0,4 metros de espesor, de suelo residual (SR) grado VI (Geological Society of London, 1990), donde se tiene un suelo sin estructuras heredadas, con mayor proporción de arcillas y materia orgánica. De manera general este afloramiento sería una zona de recarga para los acuíferos, teniendo en cuenta su porosidad primaria y permeabilidad.



Afloramiento localizado en la Vereda Puerto Cayumba. Estación GEO-03

➤ **Municipio de Puerto Wilches**



**Guijos de arenisca de grano medio friable de los Depósitos de Terraza Alta (Qta)**

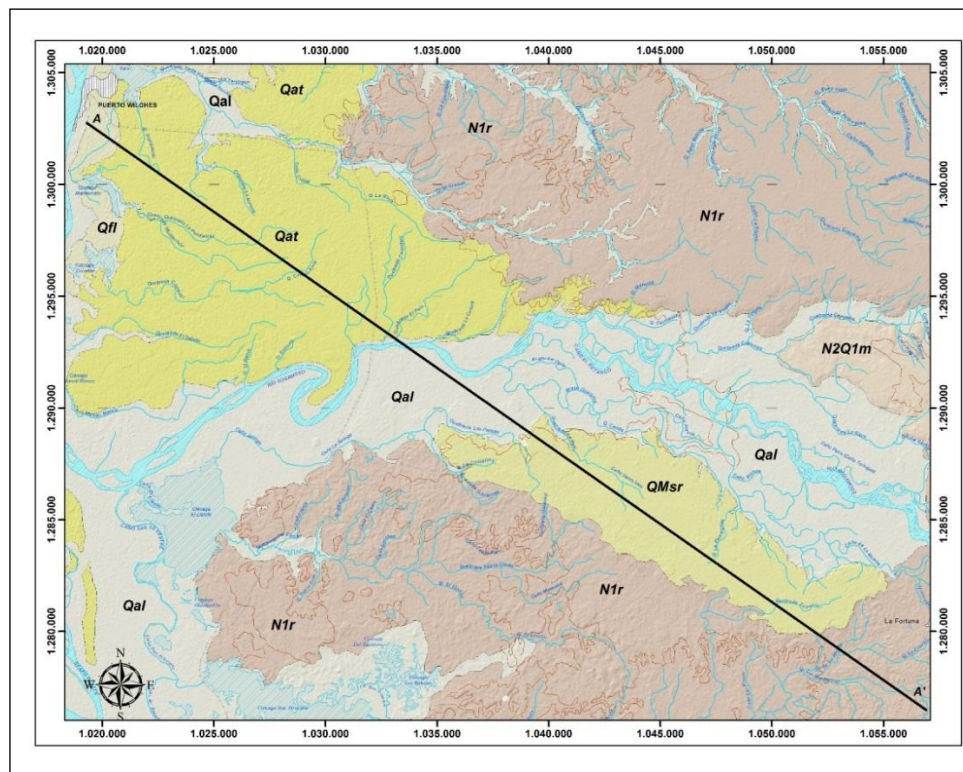
En el corte geológico A – A', con dirección NW – SE, se localizan el Depósito de Terraza (Qat) tiene una profundidad de 40 - 60 metros aproximadamente, al igual que las unidades de Depósito Fluvio lacustre (Qfl) que tienen una

profundidad de 15 – 20 metros aproximadamente, , y la Meseta San Rafael (QMs), de 60 metros aproximadamente, además se puede observar morfológicamente que la Meseta San Rafael se encuentra topográficamente más levantada o a una mayor altura que el depósito de Terraza (Qat)

### ✓ DEPOSITO FLUVIO LACUSTRE (Qfl)

Los Depósitos cuaternarios Fluvio-lacustres, están asociados a zonas de inundación antiguas del Rio Magdalena y de las numerosas ciénagas, estos se desarrollan producto de la dinámica fluvial del Rio Magdalena.

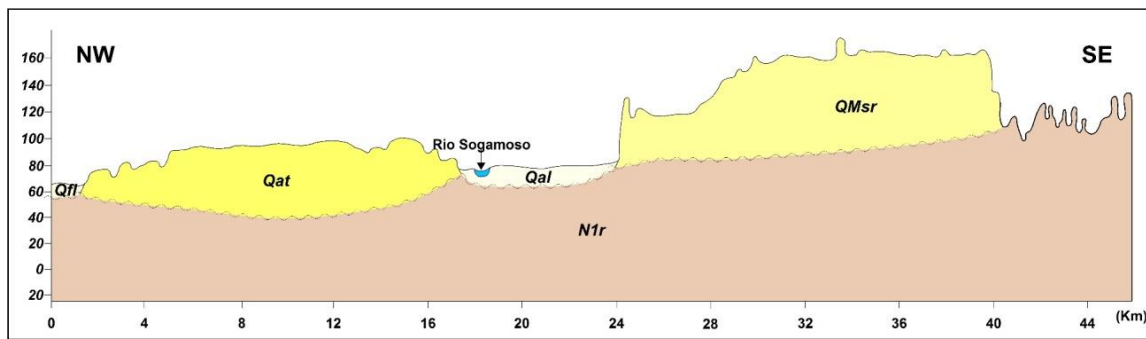
Esta unidad geomorfológica es característico observar los Planos o llanura de inundación, la mejor expresión se encuentra en los bordes de los ríos Magdalena y Sogamoso, y en el curso de los cuerpos hídricos Caño el Estanco y en inmediaciones a la ciénaga de Paredes. Morfológicamente se caracteriza por presentar pendientes planas a suaves, zonas sujetas a desbordes fluviales recientes directos, eventualmente inundables por desbordamiento lateral, es limitado en varias zonas por escarpes de terraza de poca altura.



#### Convenciones

Qal	Deposito Aluvial	QMs	Meseta San Rafael
Qfl	Deposito Fluvio-lacustre	Qat	Terrazas Aluviales
N2Q1m	Grupo Mesa	N1r	Grupo Real

**Mapa Geológico Plancha 108 Puerto Wilches, Corte A-A' donde se presentan los Depósitos de Terraza (Qat) y la Mesa de San Rafael (QMs)**



**Corte A-A' donde se presentan los Depósitos de Terraza (Qat) y la Mesa de San Rafael (QMsr)**

### ➤ **Plancha 108 Puerto Wilches.**

Los depósitos cuaternarios Fluvio-lacustres están localizados al nor- oriente del río Magdalena y en el casco urbano del municipio de Puerto Wilches, en cercanías a las ciénagas Corredor, Yariri y Paredes.

Las unidades geomorfológicas que conforman estos depósitos se evidencian en los bordes de los ríos Magdalena y Sogamoso, en el curso de los cuerpos hídricos Caño el Estanco y en inmediaciones a la ciénaga de Paredes. Morfológicamente se caracteriza por presentar pendientes planas a suaves, zonas sujetas a desbordes fluviales recientes directos, eventualmente inundables por desbordamiento lateral (figura 58), las cuales son limitadas en varias zonas por escarpes de terraza de poca altura.

Desde el punto de vista litológico este depósito presenta materiales sedimentarios, de granulometría fina, correspondientes a arenas de grano fino, bien redondeadas, color gris claro.

Teniendo en cuenta que los materiales de estos depósitos, es un material no consolidado, este tipo de depósitos son los que presentan un tamaño de partículas más fino, debido a que se relaciona con antiguas zonas de inundación de los Ríos Magdalena y sus afluentes.

### ✓ **DEPOSITO MESA DE SAN RAFAEL (QMsr)**

El nombre de este Depósito es de carácter informal que define una unidad local, formando una meseta de gran extensión. Esta unidad se caracteriza por presentar una morfología de relieve ondulado disectado y mucho más pronunciado en relación a los demás depósitos cuaternarios. Morfológicamente se clasifica como una terraza aluvial antigua, Unidad morfológica asociada al ambiente Aluvial, estas unidades son originadas por los procesos de los ríos debido a la sedimentación de estos, la unidad se encuentra asociada principalmente al Río Magdalena, Sogamoso y a sus corrientes secundarias, y fueron originadas en sus etapas de grandes avenidas e inundaciones.

La terraza aluvial antigua, presenta pendientes moderadas a baja, laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a convexa, no presenta inclinación ya que es moderadamente plana. La génesis de esta unidad está relacionada a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas, se encuentra limitada por escarpes de disección en forma de V. En la zona de estudio se encuentran en inmediaciones a las quebradas la Raya, Cayumbita y el sector San Rafael.



**Depósitos Fluvio lacustres afectadas por inundaciones Vereda Italia, Municipio de Puerto Wilches**

Los depósitos cuaternarios de la Meseta de San Rafael, se localizan al Sur del Rio Sogamoso, en el sector San Rafael en el Municipio de Barrancabermeja.

Desde el punto de vista litológico este depósito presenta diferentes niveles de gravas y cantos de arenisca, bien redondeados y de buena selección, con una matriz areno arcillosa, de color gris amarillento



**Depósito de gravas constituido por cantos de arenisca de la Mesa de San Rafael**

Los Depósitos Aluviales Nombre informal que define los depósitos actuales de los drenajes principales y secundarios los cuales corresponden a ciénagas, Río Magdalena y Sogamoso. Los depósitos cuaternarios aluviales se encuentran bordeando los cauces principales en su mayoría y en algunas quebradas de menor tamaño.

Este depósito se caracteriza por presentar un relieve suave, generalmente erosionados por la misma dinámica fluvial de los cauces principales, en los cauces principales es común la formación de islas o barras longitudinales debido a la acumulación de sedimentos a lo largo del cauce del río Magdalena. Litológicamente está conformado por cantos bien redondeados y arenas de tamaño de grano grueso, como se observa en la figura 60. También se presentan la unidad denominada cuerpos de agua, esta unidad se localiza principalmente en los ríos Magdalena y Sogamoso, los cuales atraviesan el área de la plancha 108 Puerto Wilches, esta geoforma se origina a partir de la excavación irregular de las corrientes perennes o estacionales, dentro de sedimentos de llanura aluvial, es así que cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial) los cauces son de tipo meándrico o divagante, lo cual es producto del cambio súbito de la dirección del flujo.

En la zona de estudio se describieron dos afloramientos a orillas de los ríos Magdalena y Sogamoso. A orillas del cauce principal del Río Sogamoso, (Sector Cayumba) se observan dos niveles o capas, el primero o inferior es una capa gruesa de 0,8 metros de espesor, de gravas matriz soportadas polimícticas, moderadamente seleccionados, los clastos presentan tamaños entre 5 a 20 centímetros, correspondientes a guijos y guijarros, bien redondeados, subelongados a esféricos, la composición de los clastos es variable, entre los que se tienen arenitas cementadas, cuarzoarenitas, fragmentos andesíticos, riolíticos y basálticos, cuarzo lechoso y chert. La matriz es de arena arcillosa de grano fino a medio, bien seleccionada. El segundo nivel o superior es una capa muy gruesa de 2,2 metros de espesor, de arcillas arenosas abigarradas.



**Depósitos Cuaternarios Aluviales recientes en el cauce actual del río Sogamoso.**

Se puede observar la dinámica de divagación y sedimentación del Río Sogamoso, compuesta por una sucesión de sedimentos finos a gruesos, lo cual es el resultado de etapas sucesivas de la migración lateral del río, el cual transporta, acumula y re moviliza el material arrastrado.

En el sector Estación Yariri, a orillas del cauce principal del Río Magdalena se observó un afloramiento conformado por material inconsolidado, de clastos de conglomerados, compuestos por cantos de cuarzo arenitas, cuarzo lechoso,

vulcano sedimentarias y cherts, los cantos de cuarzoarenitas son redondeados a subredondeados, presentan una selección moderada, con intercalaciones de arenisca de grano medio a fino- muy fino presenta matriz areno limosa, de color gris, la fracción gruesa está conformada por cuarzoes de grano medio-fino, subredondeado- redondeado moderadamente seleccionado.



**Afloramiento de capas de gravas y arcillas en el borde del cauce del río Sogamoso**



**Afloramiento al borde del Magdalena, donde se exponen los depósitos aluviales recientes**

➤ **Vereda Yarigui, Municipio de Puerto Wilches**

En el costado del río Magdalena que colinda con el municipio de San Pablo (Bolívar) se exponen estos depósitos aluviales, en los que se identifican dos capas, la primera capa de base corresponde a arenas de grano fino, limos, con óxidos de hierro, la segunda capa hacia el techo se observa arcilla oscura, con laminación plano paralela y cruzada, con alto contenido de materia orgánica.



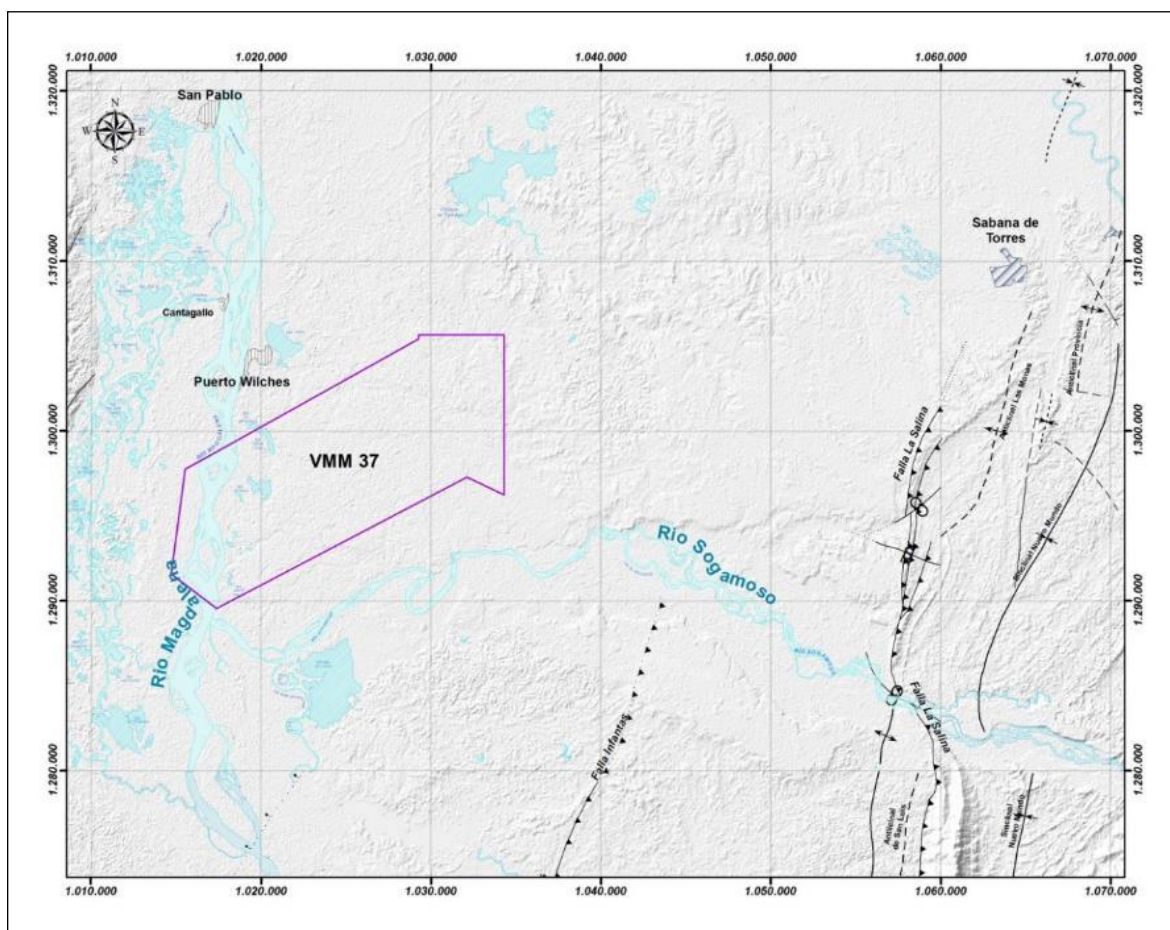
**Afloramiento de los depósitos aluviales reciente del río Magdalena, Municipio de San Pablo**

## **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

La información de geología estructural en este capítulo fue recopilada de las memorias de las Planchas 108 – Puerto Wilches, 109 – Rionegro, 119-Barrancabermeja y 120 Bucaramanga, en donde expresan que las fallas presentes en el área de estudio, tienen una convergencia hacia el oeste y los pliegues en su mayoría se localizan hacia el oriente de la zona de estudio. A continuación, se describen brevemente las principales estructuras en el área de estudio.

El área de trabajo se encuentra ubicada en la provincia tectónica del VMM, la cual se caracteriza por tener un estilo estructural de plegamiento donde las estructuras anticlinales y sinclinales son amplios y suaves, limitados por Fallas inversas escalonadas, con inclinación preferencial hacia el oriente (Royer y Clavijo, 2001).

En general se identifican tres eventos a los que el área de interés ha sido sometida. Un evento distensivo para el pre-Cretáceo el cual va hasta el Aptiano (Formación Paja). Un segundo evento pre-Santoniano donde hubo reactivación e inversión de fallas normales a inversas. Y un tercer evento que comenzó en el Oligoceno y tuvo su máxima expresión en el Mioceno Medio, en el cual se levantó la actual Cordillera Oriental, y así generó la reactivación de los sistemas de fallas presentes (La Salina, Arrugas, San Luis), las cuales corta el Paleógeno y parte del Neógeno (Otero, 2001).



### Mapa Estructural de la zona de estudio

- **Fallas**

En el área de estudio se identifican las siguientes fallas

- **Sistema de Fallas de La Salina**

El sistema de Fallas de la Salina se trata de un sistema de fallas con rumbo regional SSW-NNE limita la provincia cordillerana de la provincia del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental. Corresponde a un sistema de cabalgamientos regionales con vergencia occidental que pone en contacto rocas del Cretáceo Superior - Paleógeno con rocas del Mioceno – Oligoceno registrando un salto estratigráfico cercano a los 3.000 m.

En el extremo oriental del área, se observa un lineamiento sinuoso relacionado al Sistema de Fallas de La Salina, la cual pone en contacto, rocas de la Formación Umir con el Grupo Real, en el centro con la Formación Colorado y al sur con la Formación Mugrosa. Esta estructura es de naturaleza inversa con vergencia occidental que pone en contacto rocas cretácicas en el bloque cabalgante con rocas Paleógenas en el bloque yacente. Según INGEOMINAS (1988) en (Montes y Sandoval, 2001) algunos sectores la Falla La Salina presenta un movimiento dextral importante.

- **Falla de Infantas**

Se presenta como una falla inversa con rumbo en dirección Norte – Sur y vergencia hacia el occidente, coloca en contacto superficial a formaciones terciarias, incluso en algunos sectores sedimentos de una misma formación. Esta falla se extiende desde el río Opón hasta el río Sogamoso. Se expresa geomorfológicamente como un lineamiento; provocando la discontinuidad de estratos buzantes hacia el oriente (Gómez et al., 2008).



**Escarpe de falla asociado a la Falla La Salina Vereda Campo Seis, Municipio de San Vicente de Chucurí**

La Falla de Infantas limita al oriente al anticlinal que origina la acumulación de hidrocarburos correspondiente al Campo de La Cira-Infantas, se encuentra afectando a los depósitos del Grupo Real.

- **Falla de Casabe**

La Falla de Casabe se presenta como un fallamiento normal, con plano de Falla buzante al occidente y con una dirección de rumbo noreste - suroeste. La interpretación sísmica realizada en Gómez et al., (2008) se puede observar que la Falla es vertical, de basamento que afecta toda la secuencia sedimentaria. En profundidad es claro ver el desplazamiento vertical de formaciones cretácicas, mientras que dentro de las formaciones terciarias no es claro apreciar este desplazamiento. Esta Falla constituye el límite occidental de los campos de hidrocarburos correspondientes a Casabe y Peñas Blancas. En la plancha 119 se encuentra cubierta en su mayor parte por depósitos aluviales del río Magdalena.

- **Pliegues**

En el área se reconocen los siguientes pliegues

- **Anticlinal de San Luis**

Se encuentra al occidente de la Falla de La Salina y está afectando rocas de la Formación Colorado al sur y de la Formación Real al norte, tiene una dirección de rumbo noreste - suroeste y se extiende al este de la plancha. De acuerdo con la interpretación sísmica hecha para la estratigrafía en la Cartografía geológica y muestreo geoquímico escala 1:100.000 de la Plancha 119-Barrancabermeja (Gómez et al., 2008) se puede inferir que este anticlinal puede ser originado por el cabalgamiento denominado Falla de Arrugas.

- **Anticlinal de la Cira-Infantas**

Estructura elongada, con su parte más delgada hacia el sur, desarrollado en rocas aflorantes de la Formación Colorado y limitado al este por el cabalgamiento de Infantas. Esta estructura conformada por estratos del Neógeno buzantes al occidente y cortados por el cabalgamiento de Infantas, es la estructura fundamental en la configuración de la trampa que permitió las grandes acumulaciones de hidrocarburos del campo La Cira – Infantas. La vergencia oeste de esta permitió el desarrollo del anticlinal de rampa de La Cira – Infantas.

- **Sinclinal de Peña de Oro**

Se presenta paralelo al Anticlinal de San Luis (con orientación NE-SE) y con un desarrollo superficial, siendo generado en respuesta al trazo en profundidad de la Falla de Arrugas (Gómez et al., 2008).

- **Anticlinal de las Monas**

Estructura que se encuentra hacia el oriente de la zona de estudio, está afectado por el Sistema de Fallas de la Salina. Tiene cabeceo al noreste, y pone en contacto rocas del Cretácico (Formación Umir), con rocas cenozoicas del Grupo Real y de la Formación Mugrosa.

## **INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

El inventario de puntos de agua se realiza con el fin de recolectar información básica de las captaciones de agua subterránea y fuentes principales de agua superficial que se encuentran en la zona de estudio. El almacenamiento y análisis de dicha información permite evaluar la disponibilidad del recurso hídrico, sus características físico – químicas y las unidades geológicas potencialmente acuíferas, así como conocer la dirección del flujo del agua subterránea, para la posterior elaboración de un modelo hidrogeológico del área de estudio.

El inventario de puntos de agua realizó dentro del marco del proyecto de áreas estratégicas para la generación de un modelo hidrogeológico conceptual en el sector centro – norte del VMM.

Esta actividad se efectuó en siete comisiones de campo realizadas desde marzo hasta octubre de 2018, en épocas secas y de alta pluviosidad y en el primer semestre del 2021 se actualiza con énfasis en el municipio de Puerto Wilches. Dicho inventario se realiza en aquellos predios donde los propietarios o personal a cargo conceden permiso.

### **➤ CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PUNTOS INVENTARIADOS**

Los datos recolectados en campo se diligenciaron en el formato del Servicio Geológico Colombiano “Inventario de Puntos de Agua Subterránea”. Para cada punto se tomaron y diligenciaron en el formato la siguiente información: Fuente de información, en donde se incluye los datos del propietario o del informante de acuerdo a cada caso; localización del punto, especificando el municipio, vereda, nombre del sitio, así como sus coordenadas planas origen Bogotá, Datum Magna Sirgas y geográficas y altura usando geoposicionador satelital (GPS); características de la captación y unidad geológica captada; toma de niveles estáticos y dinámicos, según sea el caso, utilizando sonda eléctrica; toma de caudales con aforos volumétricos y con un multiparametro marca ORION se midieron parámetros fisicoquímicos in-situ de las captaciones inventariadas que incluyen temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos totales, salinidad y resistividad.

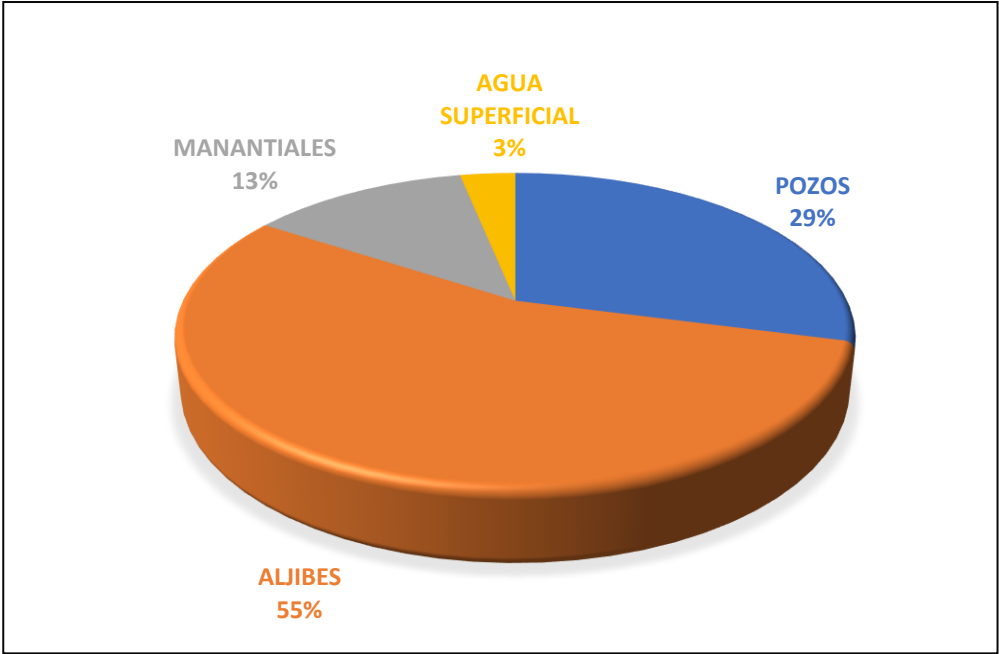
La nomenclatura usada para referenciar cada punto inventariado sigue las directrices que se plantean también en este Formulario, definiendo un serial iniciando con nombre de la plancha topográfica más el consecutivo en serie ascendente asignado a cada punto.

El área de estudio está ubicada en el VMM, parcialmente en los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, Barrancabermeja, San Vicente del Chucuri y Betulia, en el Departamento de Santander. El inventario se llevó a cabo en 19 planchas topográficas a escala 1:25:000 (108-I-B, 108-II-A, 108-II-B, 108-I-D, 108-IIC, 108-II-D, 109-I-C, 108-III-B, 108-IV-A, 108-IV-B, 108-III-D, 108-IV-C, 108-IV-D, 119-I-B, 119-II-A, 119-II-B, 119-I-D, 119-II-C y 119-II-D).

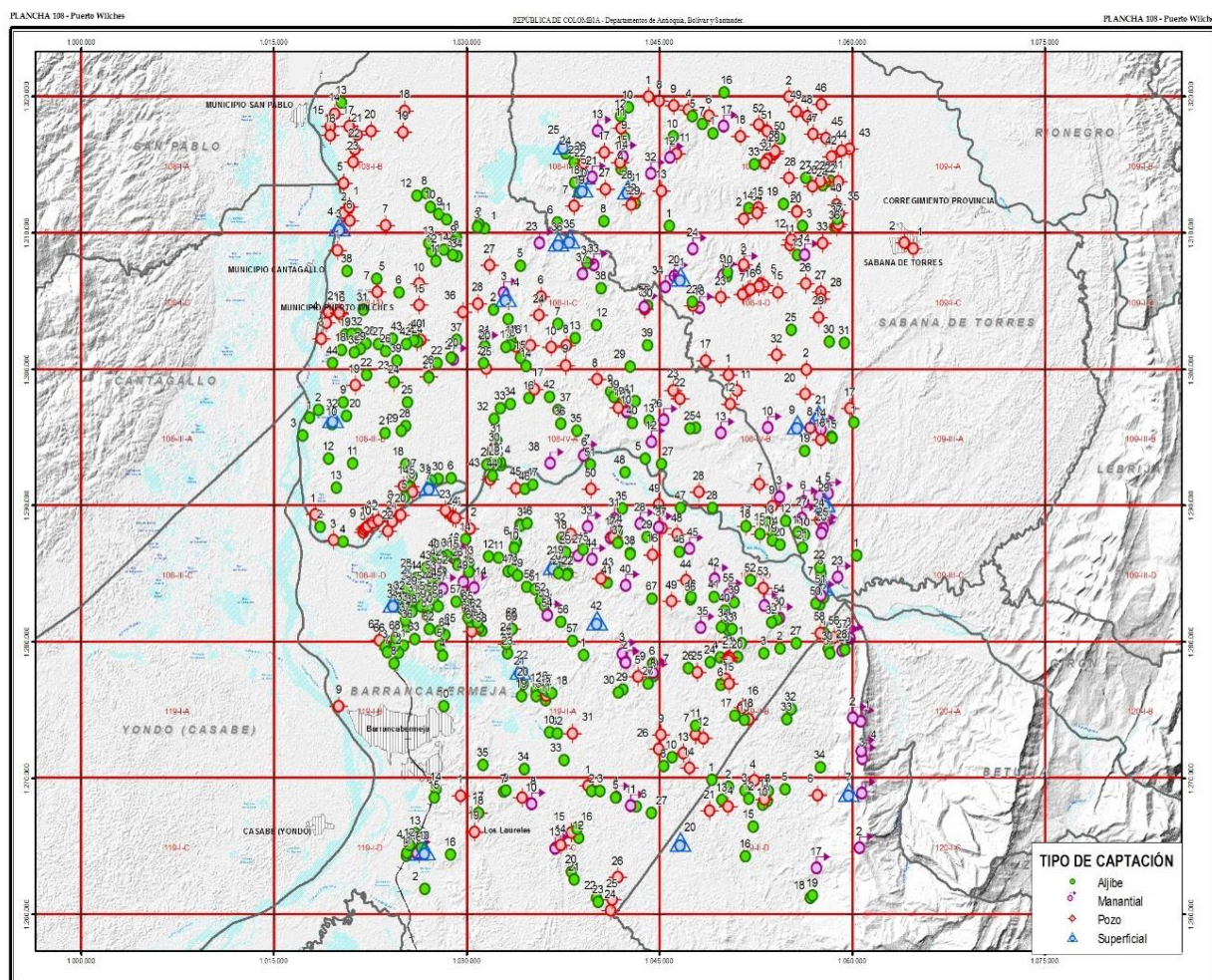
En las planchas 108 y 119 se inventariaron 756 puntos de agua, de los cuales 417 son aljibes, 220 pozos, 95 manantiales y 24 puntos de agua superficial.

**Total de Puntos Inventariados**

Tipo de punto	Cantidad
Pozos	220
Aljibes	417
Manantiales	95
Agua superficial	24
Total	756



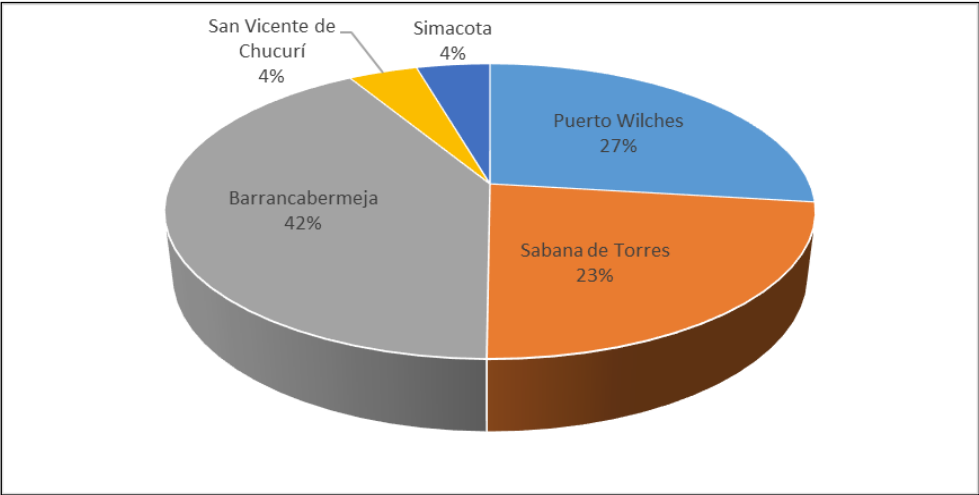
## Tipos de puntos de aguas por porcentaje



**Mapa de inventario de puntos de agua por planchas 1:25.000 y límites municipale**  
**Distribución de puntos de agua por municipio**

Municipio	Pozo	Aljibe	Manantial	Agua superficial	Total
Puerto Wilches	64	120	14	6	204
Sabana de Torres	79	61	26	9	175
Barrancabermeja	65	197	44	7	313
San Vicente de Chucurí	5	20	4	2	31
Simacota	7	19	7	-	33

Total	756
-------	-----



**Distribución porcentual de los puntos inventariados por municipio**

De acuerdo a la gráfica de distribución porcentual por municipio, se observa que la mayoría de los puntos inventariados están ubicados en el municipio de Barrancabermeja, en las veredas El Llanito ubicada al norte del casco urbano de Barrancabermeja, así mismo en las veredas Guarumo y San Luis ubicadas en la meseta de San Rafael y hacia el sur de esta.

El principal uso de agua de los puntos inventariados es el Agricultura y otro (se puede presentar con forestal, urbano, ganadería e industrial) con el 23,7%, seguido por uso en agricultura con 19,3%, ganadería con 16,4%, urbano o doméstico con 12,7%, forestal y otro con 7,8%, ganadería y otro con 6,9%, forestal con 4,1%, reserva hídrica con 3,8%, reserva y otro con 2,2%, sin reportar o sin uso con 1,5%; industrial con 0,8%, industrial y otro con 0,4% y finalmente urbano y otro con 0,1%.

El 79 % de los puntos inventariados son productivos, el 15,1% son destinados a reserva u otros, el 3,3% se encuentran en abandono, el 2,3% no reportan y el 0,3 están secos o en construcción.

#### ✓ **Caudales y niveles**

Se tomaron niveles estáticos en pozos y aljibes con la sonda eléctrica, en aquellos puntos en donde fue posible tomar esta medición dadas las condiciones de uso de cada punto. En las captaciones en donde se estaba bombeando el pozo o el aljibe se tomaron niveles dinámicos. A continuación se presentan algunas fotografías en donde se midieron niveles estáticos.

Se midieron los niveles estáticos de la tabla de agua en 410 puntos de agua (sin contar los puntos donde no se reporta el tipo de nivel), de los cuales 53 son pozos y 357 son aljibes, cuyos resultados mostraron que el nivel varía entre 0 y 15,26 m, con promedio de 2,8 m. Predominan los valores entre 0 y 6 m. Los niveles estáticos que se observaron a nivel del suelo se deben a que la mayoría de las campañas de campo se realizaron en época de lluvia, por lo cual algunos pozos y aljibes estaban rebosados.

Se inventariaron 67 pozos profundos que captan capas acuíferas confinadas del Grupo Real y la Formación Colorado, los niveles estáticos medidos en este tipo de captación están entre 0 m y 30,04 m, predominando los valores entre 1 y 6 m.



**Medición de niveles**

Se estimaron los caudales de explotación para 96 puntos de agua, cuyos valores oscilan entre 0,1 y 15 l/s, con promedio de 1,9 l/s. Los tiempos de explotación que van desde 10 minutos a 24 horas diarias para los pozos que abastecen el casco urbano del municipio de Puerto Wilches. Estas captaciones abastecen por finca entre 2 y 2000 personas y entre 2 a 1400 cabezas de ganado.

Para la medición de caudales se realizó aforo volumétrico en los pozos que dadas las características fue posible obtener esta medida. A continuación se presentan algunas fotografías de los pozos en los cuales se realizó esta medición.





**Aforo Volumétrico en pozos**

- A. Pozo 108- II- D-11 (185), B. Pozo 108- II- D-17 (193), C. Pozo 108- II- D-19 (195), D. Pozo 108- II- D-28 (206)

- Características de los puntos inventariados por unidad geológica**

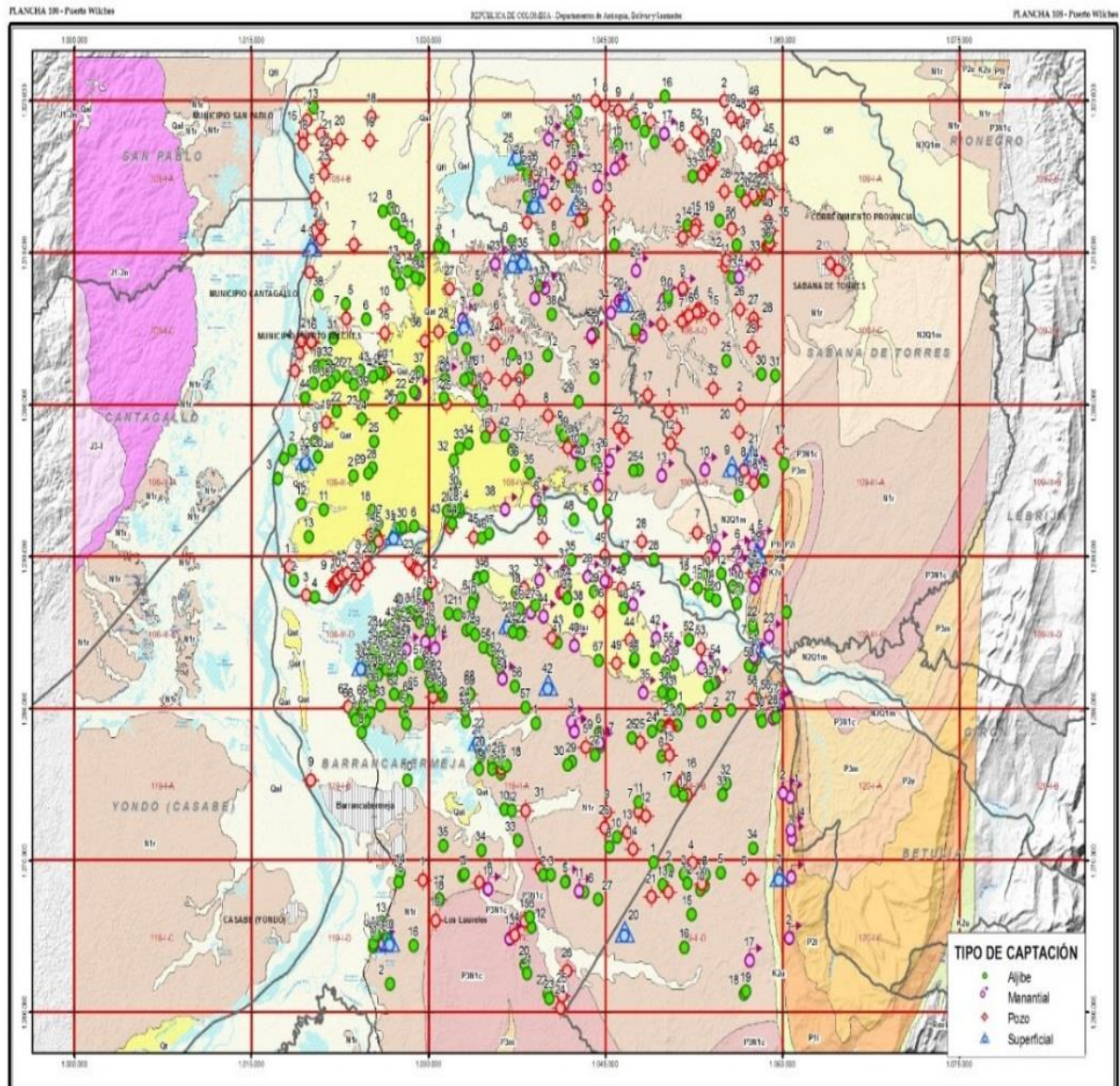
El comportamiento del agua subterránea está ligada al tipo de roca y estructuras asociadas a esta, por lo tanto, es necesario realizar un análisis de los puntos inventariados por unidad geológica. En la zona de estudio afloran 11 unidades geológicas.

En la siguiente tabla se presenta la distribución de los puntos de captación teniendo en cuenta la unidad geológica donde se encuentran ubicados.

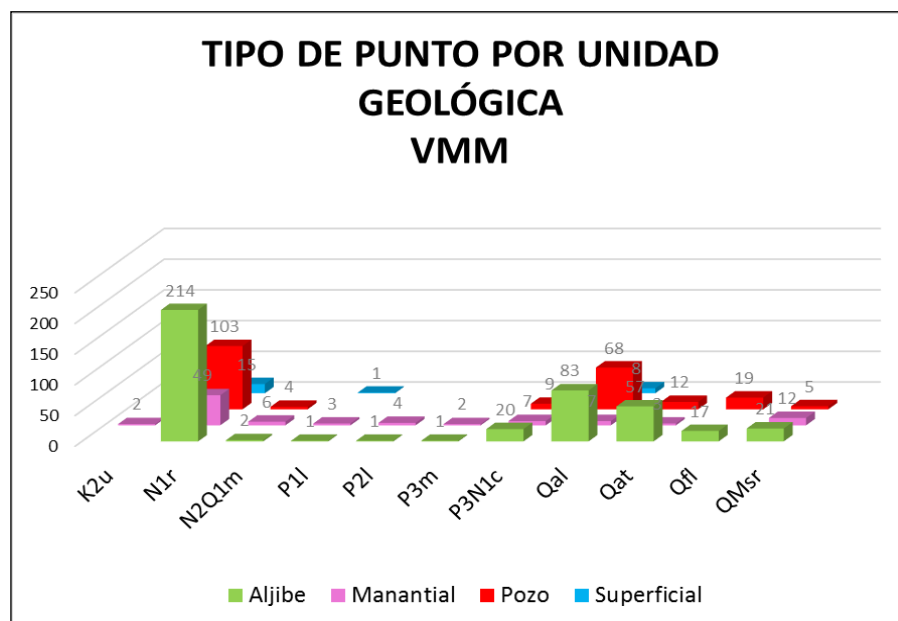
**Distribución de puntos de agua por unidad geológica**

Unidad geológica	Pozo	Aljibe	Manantial	Agua superficial	Total
Depósitos aluviales (Qal)	68	83	7	8	166
Terraza Aluvial (Qat)	12	57	3	-	72
Terraza de San Rafael (QMsr)	5	21	12	-	38
Depósitos Fluvio –lacustres (Qfl)	19	17	-	-	36
Grupo Real (N1r)	103	214	49	15	381
Formación Umir (K2u)	-	-	2	-	2
Grupo Mesa (N2Q1m)	4	2	6	-	12
Formación Lisama (P1l)	-	1	3	1	5
Formación la Paz (P2l)	-	1	4	-	5

Unidad geológica	Pozo	Aljibe	Manantial	Agua superficial	Total
Formación Mugrosa (P3m)	-	1	2	-	3
Grupo Colorado (P3N1c)	9	20	7	-	36
Total					756



Mapa geológico con los puntos de agua inventariados en el VMM



**Distribución porcentual de los puntos inventariados por unidad geológica**

Se puede observar que la unidad en donde se encuentra la mayoría de captaciones inventariadas con un 50% es el Grupo Real, esto debido a sus características litológicas y texturales que permiten el flujo de agua subterránea, adicionalmente es la unidad de mayor superficie areal en la zona de estudio. Las unidades que le siguen al Grupo Real en importancia hidrogeológica teniendo en cuenta el número de captaciones inventariadas son los depósitos cuaternarios aluviales, depósitos de Terraza y Terraza de San Rafael, con el 22%, 10% y 5% respectivamente.

## ➤ DE LOS TIPOS DE CAPTACIÓN

### • Aljibes

Se inventariaron 417 aljibes, que presentan profundidades entre 1 y 20 metros; la mayoría de los aljibes inventariados se encuentran ubicados en el grupo Real (214), seguido por los depósitos cuaternarios aluviales (83); depósitos de terraza (57), Terraza de San Rafael (21) y la Formación Colorado (20)(17); Grupo Mesa (2) y finalmente las formaciones Mugrosa, La Paz y Lisama, cada una con un aljibe. Estos poseen diversos tipos de uso de agua, entre los más comunes están el urbano y ganadero. Como material de revestimiento predominan aquellos hechos en cemento con el 73% de los puntos inventariados; seguido por ladrillo con el 15% y sin material de revestimiento el 12%, estos últimos predominan en el Grupo Real y las terrazas aluviales; el método de extracción más común es por medio de electrobomba con el 67% de los puntos inventariados, 13% extraen por medio de motobomba, 8% de los aljibes extraen de forma manual y el 2% extraen el agua con bomba sumergible; el 10% restante se encuentran abandonados o en reserva.

A continuación, se presentan algunos aljibes representativos que se inventariaron en la zona de estudio



**Aljibe ubicado en el Grupo Real N1r (Vereda La Roncona) y Aljibe ubicado en el Depósito de Terraza Qat (Finca Salvarosa – Pto Wilches)**



**Tipos de revestimiento de los aljibes con sus equipos de bombeo.**



**Aljibes protegidos con tapas de concreto en la que sobresalen tuberías de descarga de las bombas.**

- **Pozos**

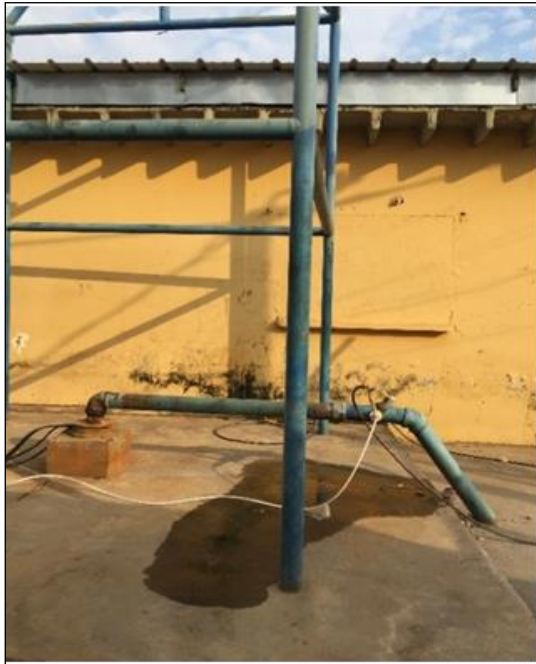
En las planchas 108 y 119 se inventariaron un total de 220 pozos, los cuales presentan profundidades entre 4,8 y 200 metros, predominando los pozos de 10 a 60 m de profundidad, la mayoría se encuentran ubicados en el Grupo Real (103); seguidos por los depósitos aluviales recientes Qal (68); Depósitos fluvio lacustres (19); Terraza aluvial (12); Grupo Colorado (9); Terraza San Rafael (5) y Grupo Mesa (4).

El material de revestimiento predominante en los pozos es el PVC, 186 pozos presentan este tipo de material y 20 pozos presentan revestimiento en acero y/o galvanizado. El método de extracción más utilizado es la electrobomba con el 50% de los pozos inventariados; seguido de la motobomba con el 35% y la bomba sumergible con el 15%.

Se realizaron aforos volumétricos en aquellos pozos en donde fue posible realizar esta medición para hallar el caudal, la mayoría de los pozos presentan caudales entre 0,2 l/s y 2 l/s.

Poseen diversos tipos de uso de agua, entre los más comunes están el urbano o doméstico, ganadero y riego. Adicionalmente principalmente en el municipio de Puerto Wilches algunos pozos son utilizados con fines agroindustriales y para el abastecimiento de los trabajadores en las plantas procesadoras de palma. 29 Pozos son utilizados para abastecimiento público, entre estos se encuentran los pozos que abastecen a las cabeceras municipales en Puerto Wilches y Sabana de Torres, además de algunas de sus veredas como García Cadena, Puente Sogamoso, Santa Teresa, El Pedral, Km 20, San Claver, entre otros en Puerto Wilches y en Sabana de Torres en las veredas Km 36, Sabaneta, La Moneda, La Raya, la 15 entre otros. Estos pozos de abastecimiento presentan profundidades entre 20 m y 120 m. Estos pozos presentan caudales entre 1,25 l/s y 15 l/s.

El municipio de Puerto Wilches en su casco urbano se abastece de 5 pozos de agua subterránea, con profundidades entre 90 y 120 metros, galvanizados, el método de extracción es la bomba sumergible, diámetro exterior es de 4" a 12" caudales que oscilan entre 6 y 15 L/s, tienen un régimen de bombeo de 24 horas. En la planta de tratamiento del municipio de Puerto Wilches, las aguas de los dos pozos ubicados en este predio las tratan con bandejas de aeración para sacar el exceso de hierro en el agua, estos dos pozos están ubicados sobre depósitos fluvio lacustres, los otros tres pozos están ubicados sobre la unidad geológica de los depósitos aluviales, El pozo ubicado en el barrio el arenal lo tratan con cloro. En la figura 122 se observan los pozos que abastecen el casco urbano del municipio de Puerto Wilches.



Pozos acueducto de la cabecera municipal de Puerto Wilches



**Pozos acueducto de la cabecera municipal de Puerto Wilches**

A continuación se observan algunos pozos utilizados para abastecimiento público, los cuales fueron inventariados durante las campañas de campo para el presente proyecto



**Pozos inventariados en las campañas de inventario de puntos de agua**

**A.** Acueducto Santa Teresa, **B.** Vereda el Taladro II, **C.** Acueducto García Cadena, **D.** Acueducto San Claver, **E.** Acueducto el Pedral, **F.** Finca la Puyana, Sabana de Torres

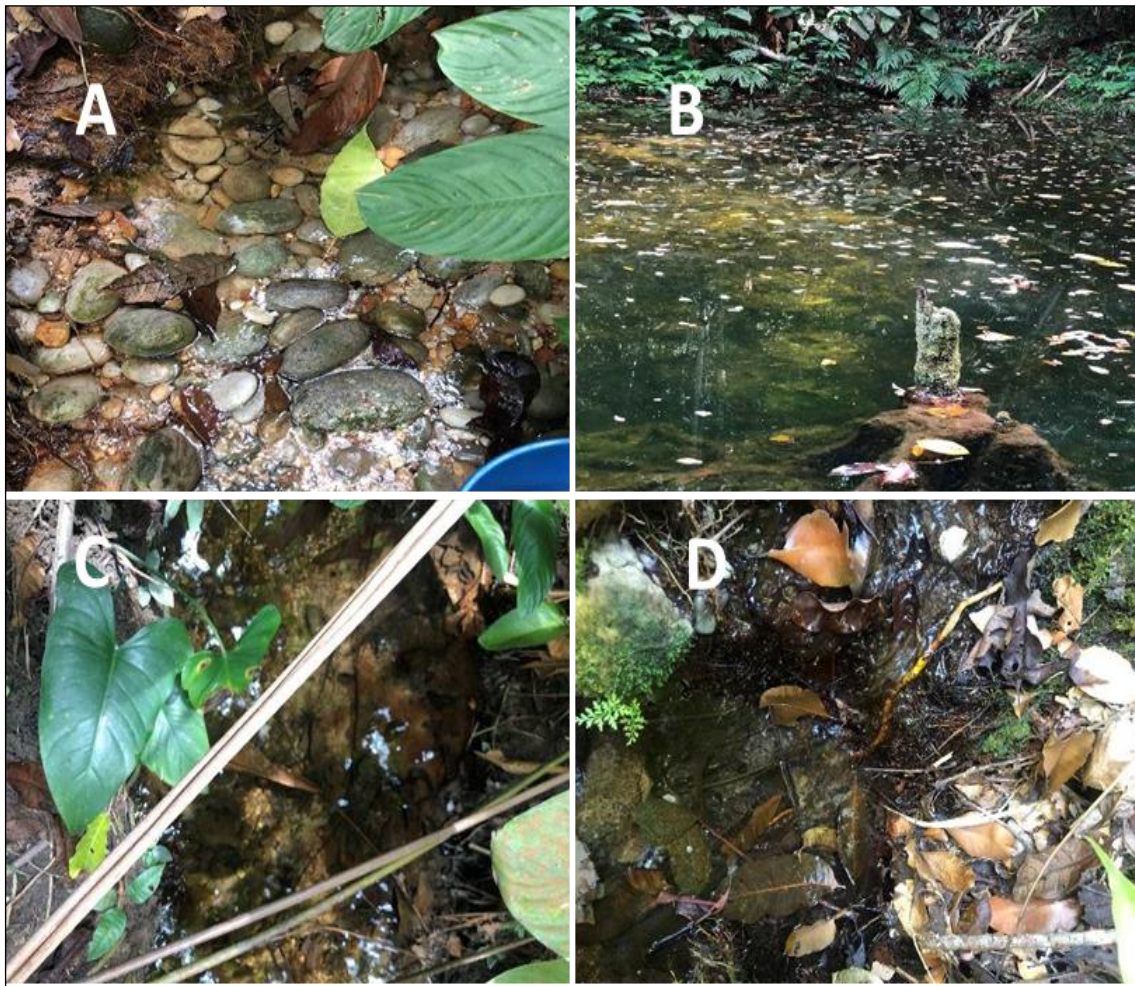
- **Manantiales**

En el área de estudio se inventariaron 95 manantiales, de los cuales 49 de ellos captan del Grupo Real y 12 de la Terraza San Rafael; estas dos unidades son las que tienen mayor cantidad de manantiales.

El 56% de los manantiales descargan a corrientes de agua superficial y el 13% a estanques o lagos, el 31 % restante descargan a reservorios y humedales. Los principales usos de agua de este tipo de captación son domésticos y ganaderos.

En el municipio de Puerto Wilches, vereda Puerto Cayumba se presenta un manantial que abastece esta vereda, es un manantial de contacto entre el Grupo Real y la terraza aluvial, este abastece una población de 500 personas aproximadamente.

En el municipio de Barrancabermeja en el sitio del nacimiento de la quebrada caño Muerto se presenta un manantial que brota pequeñas cantidades de crudo, este presenta características físico químicas dentro de los parámetros normales para las aguas subterráneas, in situ midió 46,03 uS/cm, pH 5,29 y temperatura 29,5°C.





**Manantiales localizados en la zona de estudio**

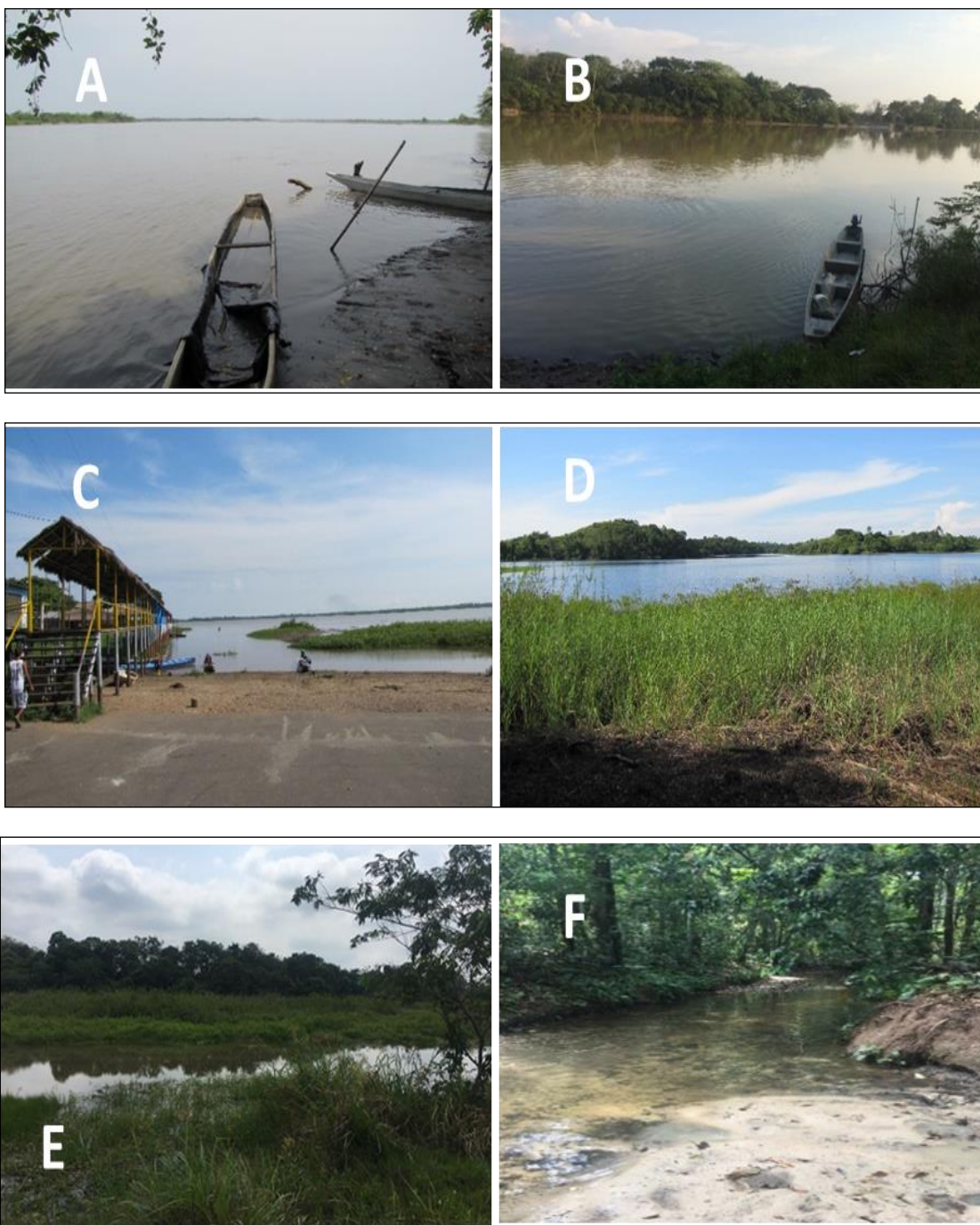
**A** Finca Casablanca, municipio de Puerto Wilches, **B.** Puerto Cayumba, municipio de Puerto Wilches, **C.** Vereda Sabaneta, municipio de Sabana de Torres, **D.** Vereda La Flecha, municipio de Sabana de Torres, **E.** Vereda La Raya, municipio de Sabana de Torres, **F.** Finca El Tesoro, municipio Sabana de Torres

- **Agua superficial**

Se inventariaron 24 cuerpos de agua superficiales, algunas son utilizadas para abastecimiento de población veredal y municipal y en otros casos, se tomaron con el objeto de comparar los resultados del análisis fisicoquímico teniendo en cuenta que alrededor de las mismas se encuentran ubicados otros tipos de captación. Las aguas superficiales inventariadas se encuentran ubicadas en el Grupo Real (15); en depósitos aluviales recientes (8) y en la Formación Lisama (1).



**Ciénaga Paredes, municipio de Puerto Wilches**



### Corrientes Superficiales

**A.** Río Magdalena, municipio de Puerto Wilches, **B.** Río Sogamoso, municipio de Puerto Wilches, **C.** Ciénaga Llanito, municipio de Barrancabermeja, **D.** Ciénaga Zapatero, municipio de Barrancabermeja, **E y F.** Vereda El Pedral- Puerto Wilches

### ✓ **Parámetros fisicoquímicos por unidad geológica**

Los parámetros medidos en campo fueron pH, conductividad, temperatura, sólidos disueltos, salinidad y resistividad. A continuación, se presenta el comportamiento de cada uno de estos por unidad geológica, en el inventario realizado en el VMM.

Los valores de los parámetros In Situ del inventario realizado en campo, se comparan con los presentados en la Resolución No 2115 de 2007 por medio de la cual los Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), señalan las características físico-químicas para la calidad del agua potable, así mismo con la clasificación que realiza INGEOMINAS para la clasificación de agua lluvia de acuerdo a su conductividad.

El artículo 3 de dicha resolución establece que el valor máximo aceptable para la conductividad del agua potable puede ser hasta de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El artículo 4 establece que los valores aceptables de pH para consumo humano están entre 6,5 y 9.

De acuerdo al libro “Las aguas subterráneas un enfoque práctico” de INGEOMINAS 2011 clasifican el tipo de agua, de acuerdo a la conductividad eléctrica, señalando que el agua lluvia presenta un rango entre 5 y 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Se realizaron mapas de distribución espacial de las unidades geológicas con mayor cantidad y mejor distribución areal de los parámetros físico – químicos de los puntos inventariados y que capten la primera capa acuífera de cada unidad a excepción del Grupo Real en donde se discriminó un acuífero somero y un acuífero profundo teniendo en cuenta el tipo de captación y la profundidad de esta. También se realizaron diagramas de cajas por unidad geológica y tipo de captación, con el fin de generar un análisis estadístico de los parámetros físicos – químicos del inventario de puntos de agua.

### ➤ **DEPÓSITOS DE TERRAZA (QAL)**

En esta unidad geológica se inventariaron un total de 72 puntos de agua subterránea, de los cuales 57 son aljibes, 12 pozos y 3 manantiales. En la totalidad de los puntos se midieron parámetros físico – químicos.

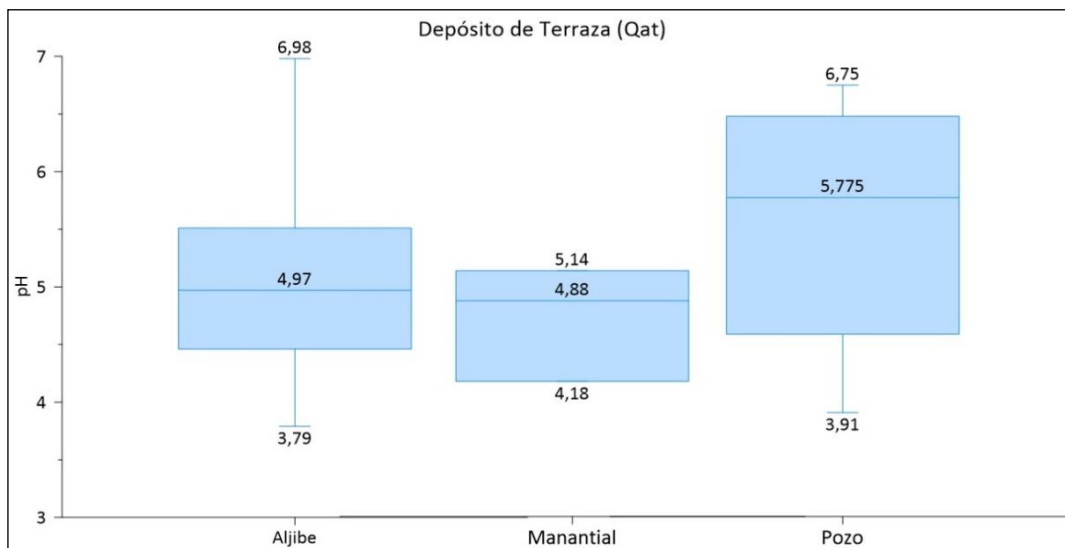
Los diagramas de cajas y barras de esta unidad se realizaron con la totalidad del inventario de puntos de agua ubicados sobre la unidad, a diferencia de los diagramas de distribución espacial que fueron realizados con aljibes, manantiales y pozos someros (<21 m de profundidad), los cuales captan la primera capa acuífera.

#### • **pH**

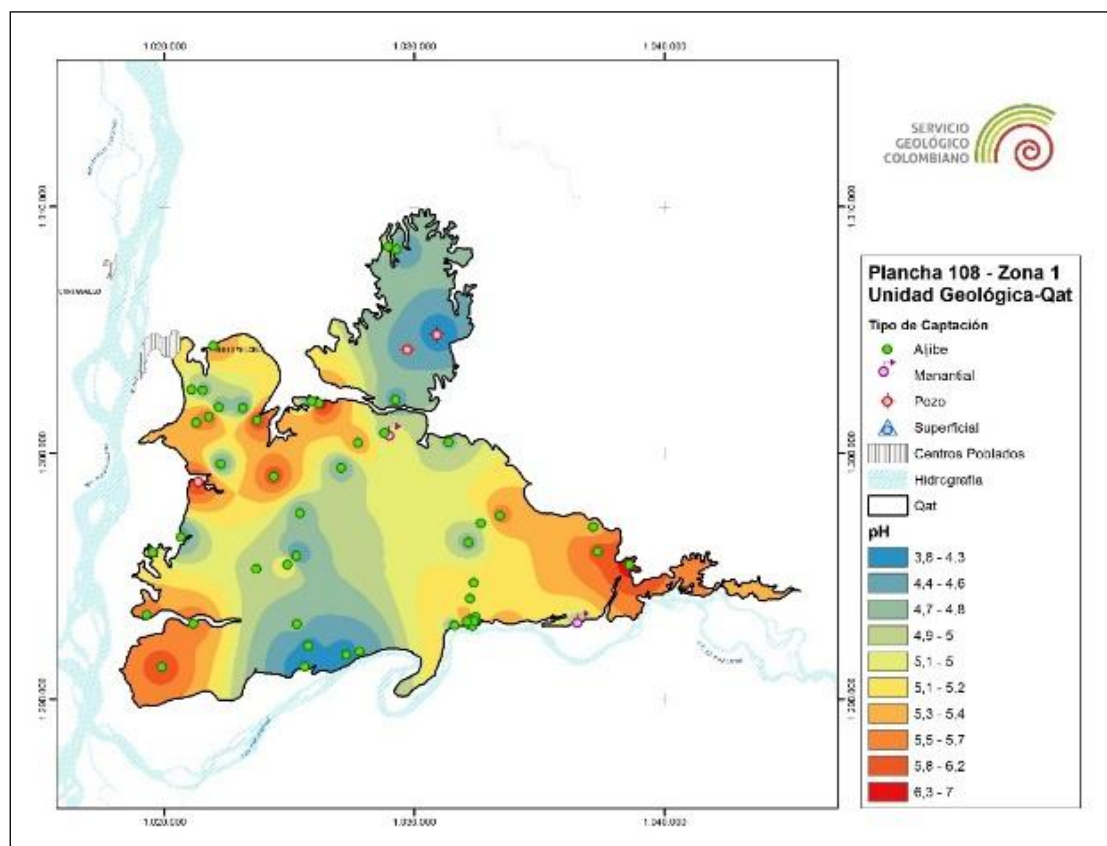
En el diagrama de cajas que se presenta a continuación se realiza el análisis estadístico para todos los puntos inventariados ubicados sobre los depósitos de terraza aluvial.

En la figura 128 se observa en los aljibes un valor mínimo de 3,79 y un valor máximo de 6,98; predomina el conjunto de datos entre 4,5 y 5,5, los valores bajos de pH indican aguas de tipo ácido. Los manantiales presentan un comportamiento similar al de los aljibes, sin embargo, no presentan datos extremos debido a que se inventariaron 3 manantiales que registraron valores entre 4,18 y 5,14, ligeramente más ácidos que los aljibes. Los pozos presentan un valor mínimo de 3,91 y un valor máximo de 6,75; predominan los datos entre 4,6 y 6,5, ligeramente más alto que los aljibes y los manantiales, sin embargo, siguen siendo ácidos.

Los pozos presentan profundidades entre 20 y 170 m, por lo cual se presenta mezcla de aguas ya que captan de los depósitos de Terraza y del Grupo Real.



**Valores de pH en los depósitos de terraza (Qat)**

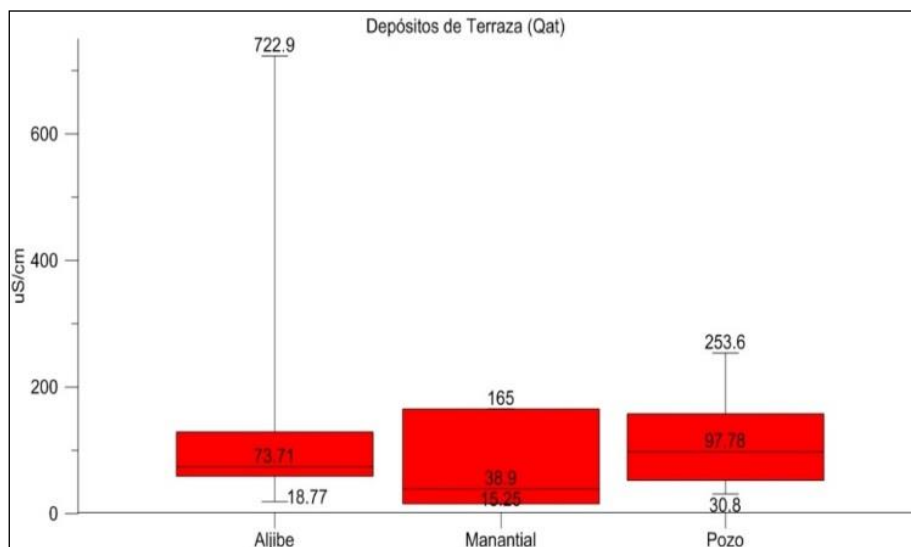


**Distribución espacial de pH en los depósitos de terraza (Qat)**

En la gráfica anterior se observa que los valores de pH ácidos (3,8 - 4,4), se encuentran en la parte central; el parámetro aumenta hacia el área occidental y sur oriental. Los valores bajos pueden estar influenciados por las precipitaciones que contienen altos niveles de CO<sub>2</sub>, acidificando el agua por lo que disminuye el pH, sin embargo la tendencia es que aumente hacia los ríos Magdalena y Sogamoso en correlación con la distribución espacial de conductividad eléctrica ya que se observan valores en el rango de 4,7 y 6 hacia estos sectores, lo que puede indicar que el agua ha tenido un recorrido, en el cual ha incrementado el contenido de iones HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, por la interacción con los minerales presentes en los depósitos de terraza.

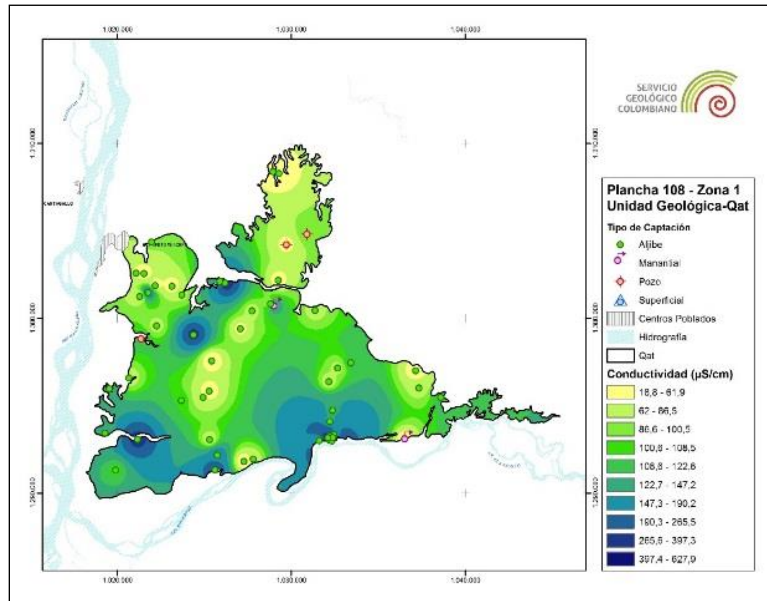
### • Conductividad eléctrica – CE

A continuación, para los aljibes se observa un valor de conductividad mínimo de 18,8 µS/cm, muy posiblemente influenciado por agua lluvia y un máximo de 722,9 µS/cm, aljibe ubicado en la vereda Puente Sogamoso, se presentan 8 aljibes con conductividades eléctricas por encima de 200 uS/cm, de los cuales 5 se encuentran en cascos urbanos de veredas como Puente Sogamoso y el Pedral que tienen acueducto y ya no utilizan los aljibes, estos valores altos pueden corresponder a contaminación de tipo antrópica. En los aljibes predominan los valores de conductividad eléctrica entre 59 y 129 µS/cm. La conductividad eléctrica para los pozos, presentan valores mínimos y máximos de 30,8 y 253,6 µS/cm respectivamente, predominando los valores entre 56 y 157 uS/cm, los pozos que presentan conductividades más altas son los más profundos ya que presentan mezcla de aguas con el Grupo Real.



**Valores de conductividad eléctrica en los depósitos de terraza (Qat)**

Finalmente, los manantiales presentaron conductividades entre 15,25 y 165 µS/cm, este último valor muy posiblemente influenciado por los pesticidas de los cultivos de palma, ya que está ubicado en una de estas plantaciones. En la siguiente gráfica, se puede observar que la conductividad eléctrica aumenta hacia la parte sur y occidente del depósito de terraza, indicando un enriquecimiento iónico en estas direcciones producto de un mayor tiempo de permanencia del flujo subterráneo hacia estos sectores. En la parte central los valores de conductividad eléctrica son bajos, lo cual puede indicar, que las aguas encontradas en estos puntos inventariados son recientes con un recorrido corto y baja mineralización.



**Distribución espacial de conductividad eléctrica en los depósitos de terraza (Qat)**

- Temperatura**

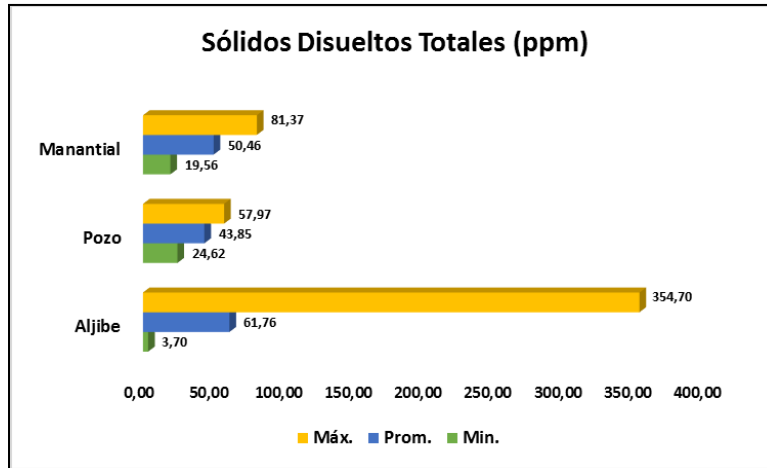
A continuación se observa que la temperatura más baja se encontró en los manantiales con rangos entre 27,5 y 29,1, los pozos y aljibes tienen un comportamiento similar, en los cuales la mediana está en 29,5 °C, sin embargo, el valor extremo más alto se registra en un pozo con 32,6 °C.



**Valores de temperatura en los depósitos de terraza (Qat)**

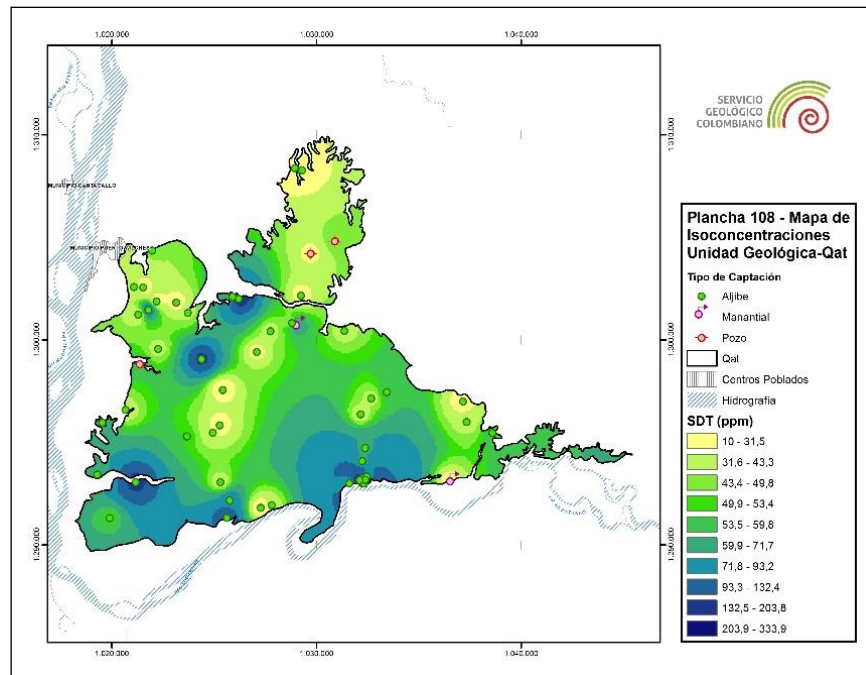
- Sólidos totales disueltos – SDT**

Las concentraciones de sólidos disueltos totales más altas en esta formación, se presentaron en los aljibes, con una concentración máxima de 354,70 ppm. En contraste, las concentraciones más bajas se presentaron en los pozos con un valor promedio de 43,85 ppm.



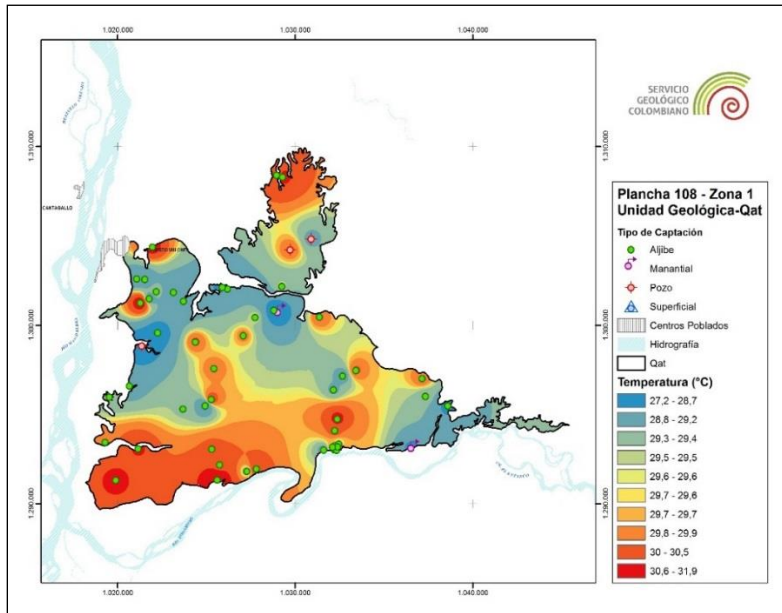
#### Valores de SDT en los depósitos de terraza (Qat)

De acuerdo con la siguiente gráfica, el parámetro de SDT, tiene un comportamiento similar al de la conductividad eléctrica, en donde los SDT aumentan hacia el sur y sur occidente de esta unidad geológica, en donde se encuentran las captaciones cercanas al río Sogamoso y hacia la desembocadura con el río Magdalena; los valores más altos de sólidos disueltos se evidencian en tres aljibes de la vereda Puente Sogamoso influenciados muy posiblemente por contaminación antrópica.



#### Distribución espacial de SDT en los depósitos de terraza (Qat)

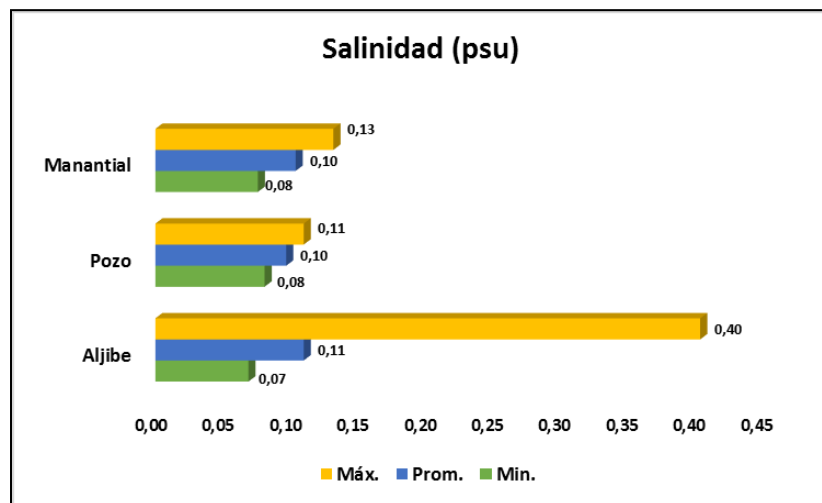
A continuación, se evidencia que los mayores valores de temperatura se ubican en la parte sur del depósito y disminuyen hacia la parte norte, sin embargo, se observa unos datos de un pozo y dos aljibes hacia el norte que registraron temperaturas altas ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ).



**Distribución espacial de temperatura en los depósitos de terraza (Qat)**

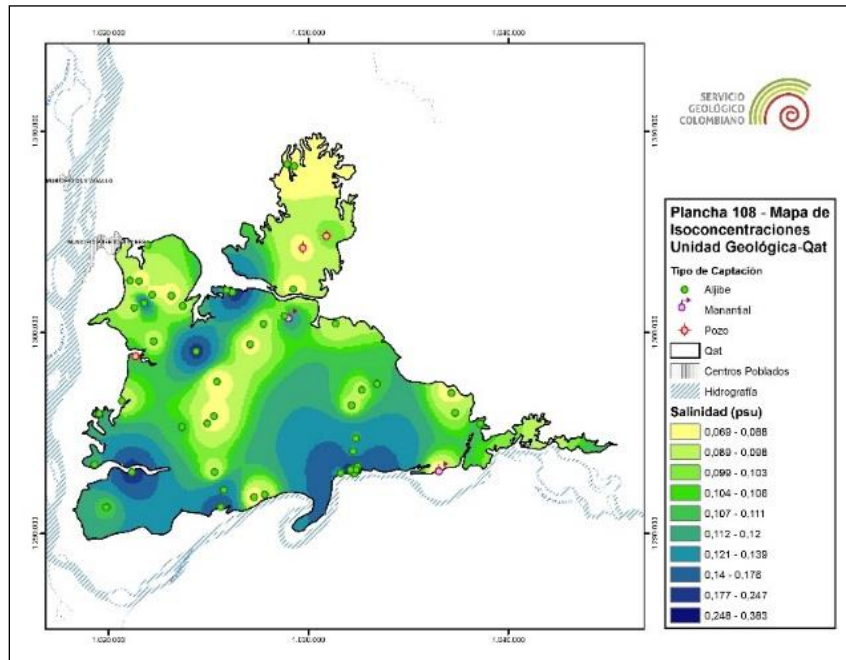
- **Salinidad**

Los valores más altos de salinidad se presentaron nuevamente en los aljibes, con un valor promedio de 0,11 psu y un valor máximo de 0,40 psu, con un comportamiento similar al de la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales.



**Valores de salinidad en los depósitos de terraza (Qat)**

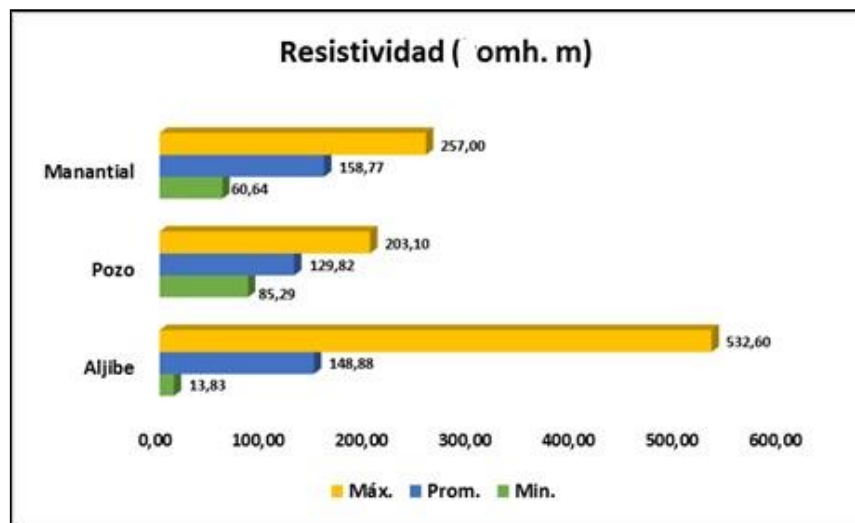
De acuerdo con la siguiente gráfica de distribución espacial de la salinidad se puede observar la misma tendencia de la conductividad eléctrica y los SDT, en donde la salinidad aumenta hacia el río Sogamoso y en la desembocadura de este, con el río Magdalena.



**Distribución espacial de salinidad en los depósitos de terraza (Qat)**

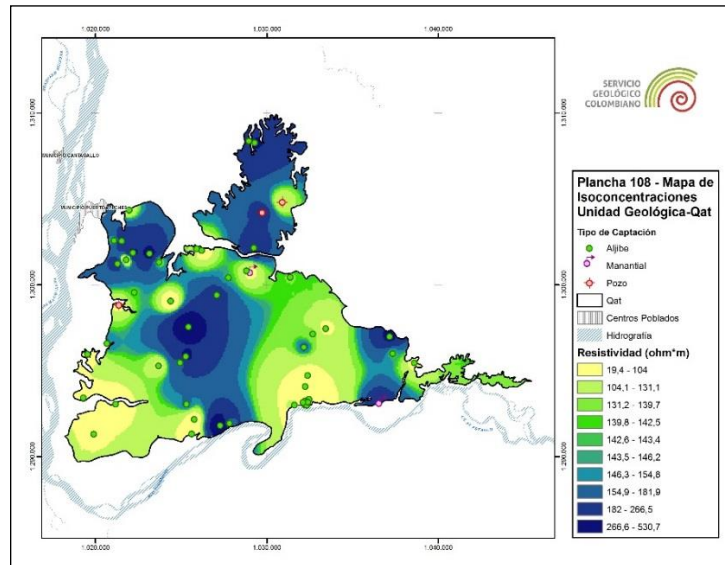
- Resistividad**

Los valores más altos de resistividad se presentaron en los aljibes, con un valor máximo de 532,60 Komh.cm. Los valores más bajos de este parámetro se evidencian en los pozos, con un rango entre 85,29 omh.m a 203,10 omh.m.



**Valores de resistividad en los depósitos de terraza (Qat)**

A continuación, se observan bajas resistividades hacia la desembocadura del río Sogamoso con el Magdalena, aumentan hacia la zona central y disminuyen nuevamente hacia el sur oriente limitando con el río Sogamoso. La relación es inversamente proporcional con la conductividad eléctrica.



**Distribución espacial de resistividad en los depósitos de terraza (Qat)**

## ➤ **GRUPO REAL (N1R)**

Para realizar el análisis de las captaciones de agua inventariadas en el Grupo Real se discriminaron por acuífero somero (manantiales, aljibes y pozos de profundidad menor a 20 m) y acuífero profundo (pozos con profundidades mayores a 20 m), debido a que los pozos profundos están captando capas acuíferas confinadas del Grupo Real con mayor tiempo de permanencia del flujo subterráneo, por lo cual los parámetros físico – químicos varían con las captaciones del acuífero libre del Grupo Real que tienen menor tiempo de residencia.

### ✓ **Acuífero Somero Grupo Real (N1r)**

Para el acuífero somero del Grupo Real se obtuvo información de parámetros físico – químicos de campo, de la primera capa acuífera en 248 puntos de agua, de los cuales 194 son aljibes, 42 manantiales y 12 pozos. A continuación, se realizan los análisis de cada uno de los parámetros físico – químicos del acuífero somero del Grupo Real.

Para las gráficas de distribución espacial de cada uno de los parámetros medidos en campo, se dividió el Grupo Real en zona norte ubicada al norte del río Sogamoso y zona sur ubicada al sur del mismo, esto con el fin de dar una mayor precisión en los gráficos.

Los diagramas de cajas se realizaron con la totalidad de los puntos de agua que captan el acuífero somero del Grupo Real.

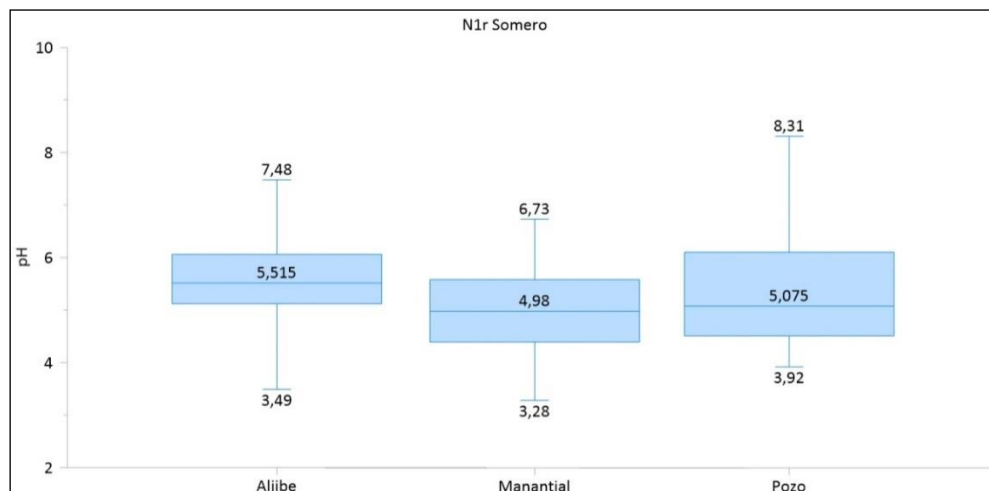
### • **pH**

Para las muestras de agua tomadas de los aljibes, se evidenciaron valores de pH entre 3,49 y 7,48; indicando aguas de tipo ácido, neutras y ligeramente básicas, sin embargo, predominan valores de tipo ácido entre 5,12 y 6.

Para las muestras tomadas en los pozos, el pH presenta un valor mínimo de 3,92 y máximo de 8,31, este último valor es de un pozo saltante que se encuentra descuidado y en mal estado, ubicado en el municipio de Barrancabermeja, en la Vereda Cucharo presenta muy posiblemente contaminación antrópica. Predominan los valores entre 4,5 y 6,1, indicando agua de tipo ácido.

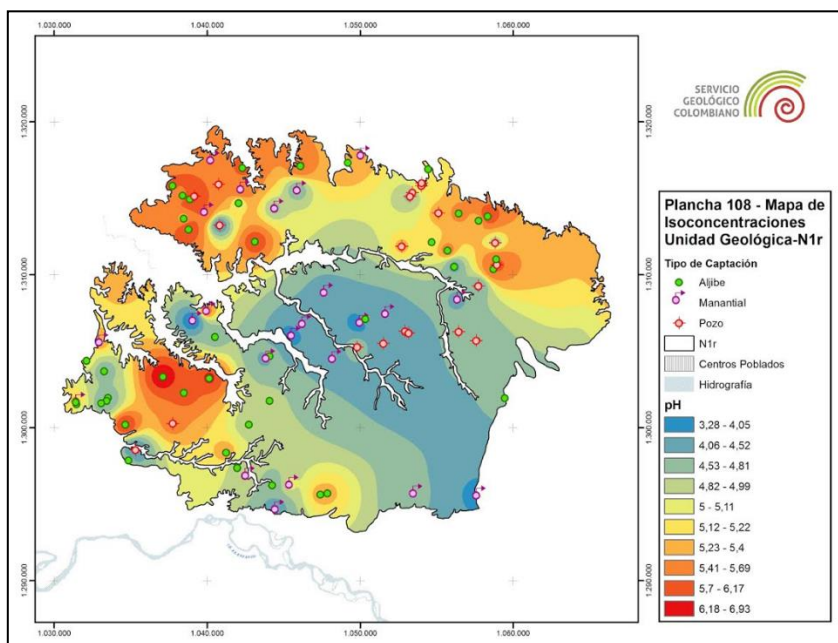
Para las muestras tomadas en los manantiales los valores de pH se encontraron entre 3,28 y 6,73; los valores bajos pueden obedecer a la mezcla de agua subterránea con agua lluvia, teniendo en cuenta la temporada de precipitación presentada en algunas campañas de inventario. Predominan aguas de tipo ácido con valores entre 4,4 y 5,6.

A continuación se pueden evidenciar los valores máximos, mínimos y la mediana del parámetro de pH, para los aljibes, pozos y manantiales inventariados.



**Valores de pH en el acuífero somero del Grupo Real (N1r)**

A continuación se observa que el pH aumenta hacia la parte noroccidental y suroccidental del grupo Real con valores entre 5,4 y 6,9, los valores más bajos de pH se presentan en la parte central y sur oriental, en donde se registran valores de 4 a 4,5.

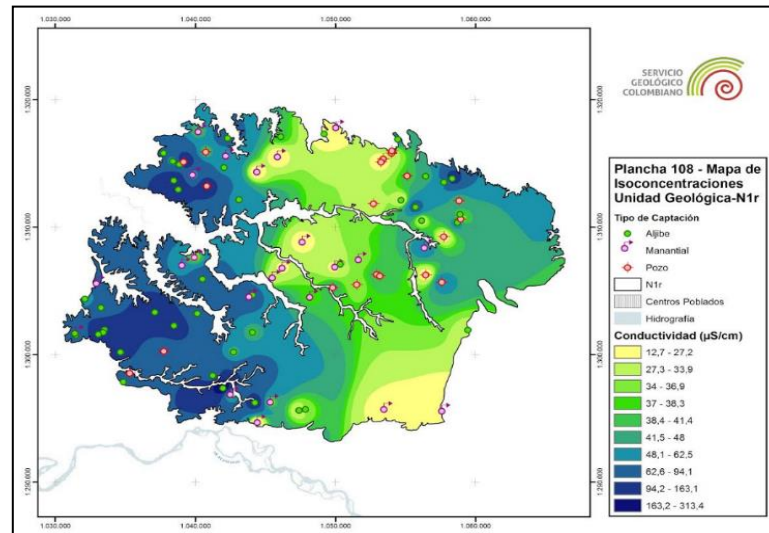


**Distribución espacial de pH en el acuífero somero del Grupo Real N1r (zona norte)**

A continuación se observan los valores más altos de pH entre 5,5 y 6,4 hacia la zona central y disminuye el pH hacia el noroccidente de la unidad, nororiente y suroriente. La zona del extremo noroccidental que presenta valores bajos entre 5,1 y 5,4, podría estar influenciada por mezcla de aguas con las ciénagas San Silvestre y Llanito que limitan con el Grupo Real. La zona nororiental con valores bajos entre 5,1 y 5,4, podría estar influenciada por el río Sogamoso que puede estar recargando el acuífero somero en esta zona.

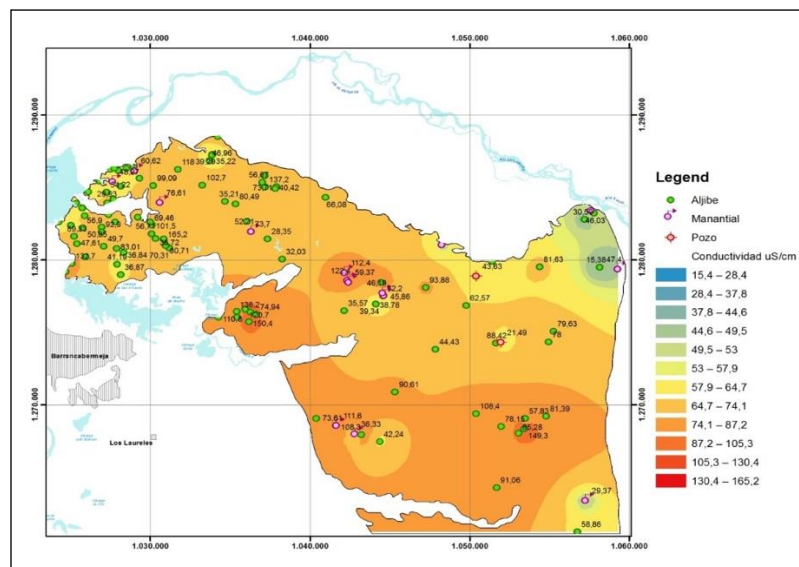


en donde se registran conductividades entre 12,7 uS/cm y 41,4 uS/cm, lo cual se debe a que las aguas encontradas en estos puntos inventariados son recientes con un recorrido corto y baja mineralización, lo contrario de las captaciones ubicadas al occidente, las cuales tienen mayor contenido iónico, por lo tanto, mayor tiempo de residencia para la mineralización de las aguas.



#### Distribución espacial de conductividad eléctrica en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona norte)

Mientras que en la siguiente gráfica se presenta un aumento de la conductividad eléctrica hacia el sur occidente del Grupo Real. En el extremo nororiental se presentan bajas conductividades con valores entre 28,4 uS/cm y 53 uS/cm, lo cual indica posible recarga del río Sogamoso hacia el acuífero y hacia la parte sur occidental se presentan valores entre 57,9 uS/cm y 130,4 uS/cm, lo cual indica una mineralización de las aguas subterráneas en dirección sur occidente.



#### Distribución espacial de conductividad eléctrica en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona sur)

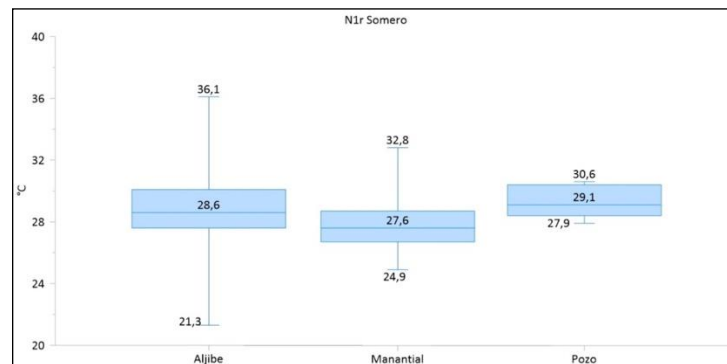
#### • Temperatura

A continuación se presentan los valores de temperatura para los aljibes, en los cuales se presenta un valor mínimo anómalo de 21,3 °C, posiblemente debido a un error instrumental y un valor máximo de 36,1 °C registrado en el corregimiento

Llanito de la vereda El Rodeo, del municipio de Barrancabermeja. En este corregimiento se presentan las temperaturas más altas registradas con valores entre 32 °C y 36,1 °C, estos valores altos se deben a un cambio en el instrumento de medida, ya que para esta campaña de campo se cambió el equipo con el que habitualmente se venía trabajando, por otro multiparámetro ORION, sin embargo, se registraron temperaturas muy por encima del promedio en la zona debido a un error instrumental; los valores que predominan para los aljibes están entre 27,6 °C y 30,1 °C.

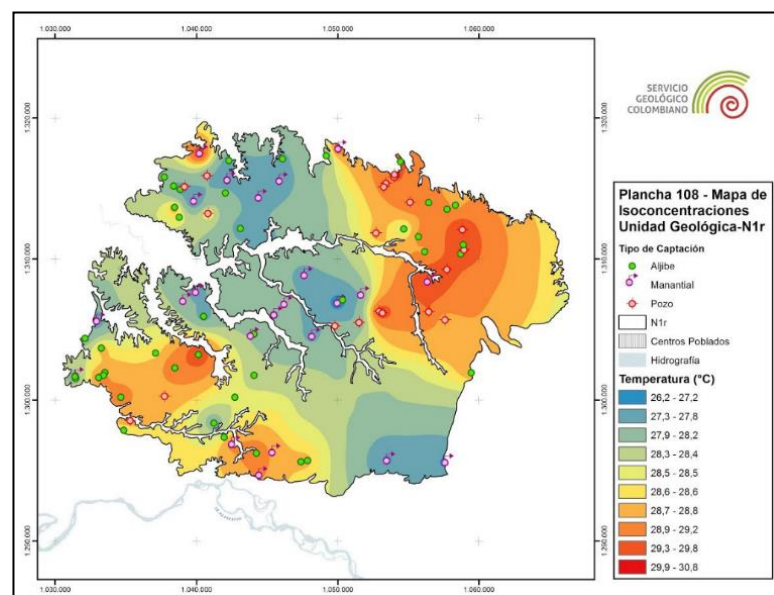
En los manantiales se presenta un valor mínimo de 24,9 °C y un valor máximo de 32,8 °C registrado en el corregimiento el Llanito de la vereda El Rodeo en el municipio de Barrancabermeja, como se describió anteriormente debido a un error instrumental, tres de los manantiales con temperaturas más altas se registran en este corregimiento con valores entre 32 °C y 32,8°C, lo cual refuerza la hipótesis del error instrumental que se dio en este sector. Los valores de temperatura que predominan en los manantiales están entre 26,7 °C y 28,7 °C.

Para los pozos se registró un valor mínimo de 27,9 °C y un máximo de 30,6 °C; los valores que predominan se encuentran entre 27,9 °C y 30,6 °C.



**Valores de temperatura en el acuífero somero del Grupo Real (N1r)**

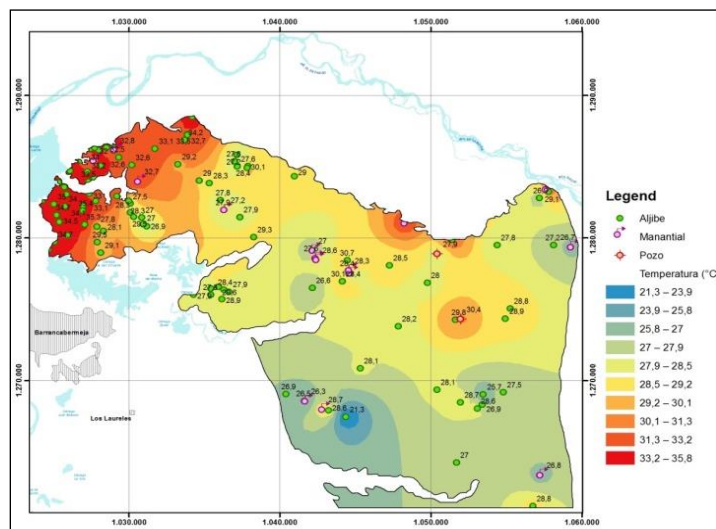
A continuación se evidencia que los mayores valores de temperatura se ubican en la parte nororiental y suroccidental del grupo Real, con temperaturas del orden de 28,6 °C a 30,8 °C y disminuyen hacia la parte central y noroccidental, en donde se ubican la mayoría de manantiales, los cuales registran valores entre 26,2 °C y 28,4 °C.



**Distribución espacial de la temperatura en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona norte)**

A continuación se muestra las mayores temperaturas hacia el noroccidente del Grupo Real, debido al error instrumental que se mencionó anteriormente en el corregimiento de Llanito de la vereda Rodeo, en el municipio de Barrancabermeja,

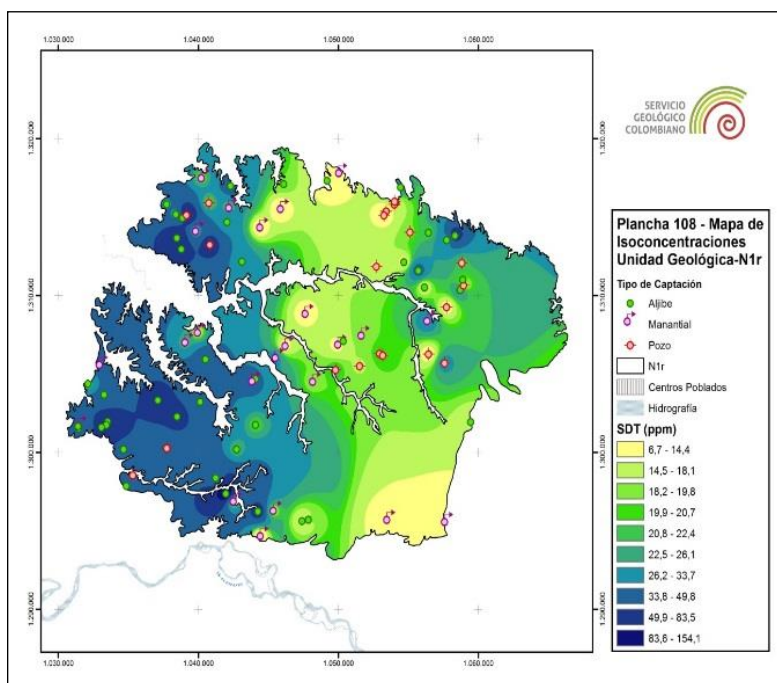
en donde se observan temperaturas entre 31,3 °C y 35,8 °C. Se observan valores bajos de temperatura entre 21,3 °C y 27 °C al sur y nororiente de la unidad; y hacia el centro norte se presentan valores entre 27,9 °C y 30,1 °C.



**Distribución espacial de la temperatura en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona sur)**

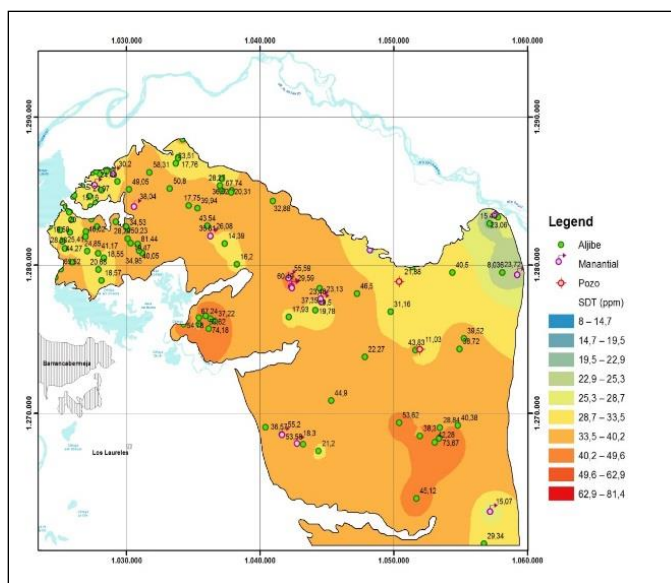
- **Sólidos totales disueltos – SDT**

A continuación se observa un comportamiento similar a la distribución espacial de la conductividad eléctrica en donde se observa un aumento de los SDT hacia el occidente y norte de la unidad, en la zona occidental registra valores de 26,2 ppm a 154,1 ppm, mientras que en el suroriente registran valores de 6,7 ppm a 26,1 ppm. Se observa un enriquecimiento en SDT hacia el occidente de la unidad.



**Distribución espacial de SDT en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona norte)**

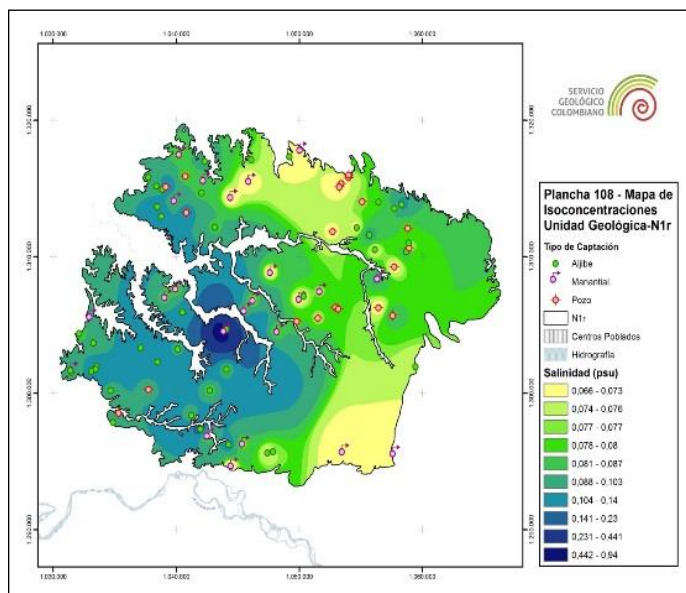
A continuación se observa que las concentraciones de sólidos disueltos totales más altas en esta zona se presentan hacia el sur occidente con valores entre 33,5 y 62,9 ppm y los valores más bajos se ubican al nororiente de la zona con valores entre 14,7 ppm y 28,7 ppm registrados en aljibes y manantiales. Comparando la figura 130 con la de conductividad eléctrica se observa una relación directa.



**Distribución espacial de SDT en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona sur)**

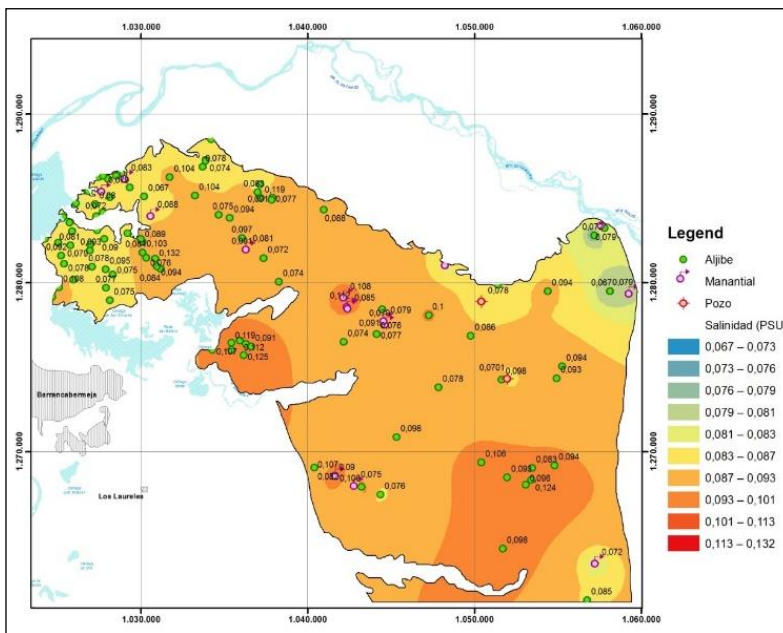
Al igual que en el Qat, la conductividad eléctrica tiene un comportamiento similar al de los sólidos disueltos en el acuífero somero del N1r. Los valores más altos se evidencian en los aljibes.

## • Salinidad



**Distribución espacial de salinidad en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona norte)**

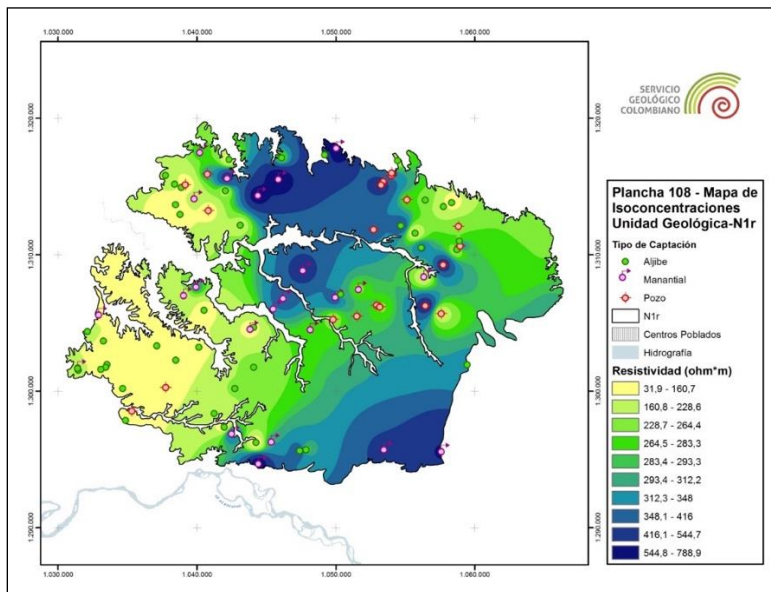
A continuación se observa la misma correlación con los mapas de distribución espacial de SDT y conductividad eléctrica en donde se observa un aumento de la salinidad hacia el sur occidente de la zona con valores de 0,087 PSU a 0,113 PSU; por el contrario, al nor-orient de la zona se observan valores bajos entre 0,073 PSU y 0,083 PSU.



Distribución espacial de salinidad en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona sur)

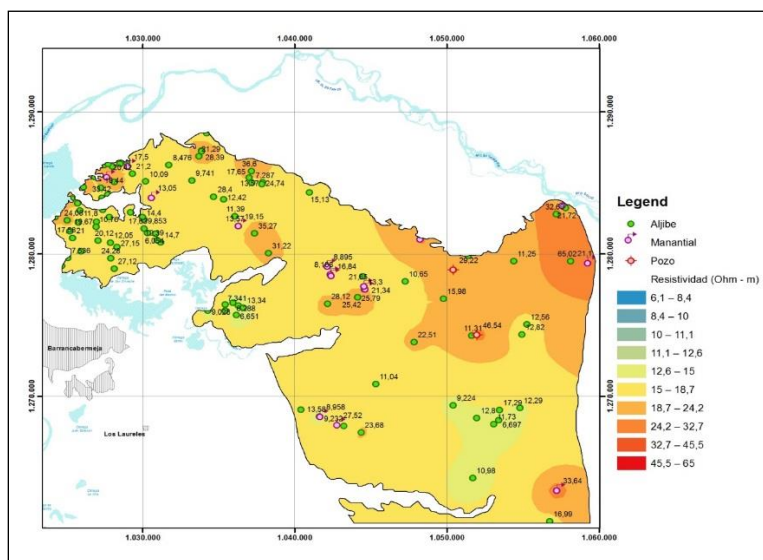
## • Resistividad

A continuación, se observan los valores más altos de resistividad hacia el sur orient de la zona con valores entre 293,4 Ohm.m y 788,9 Ohm.m, y disminuyen hacia el norte y occidente de la zona norte con valores entre 31,9 Ohm.m y 293,3 Ohm.m.



Distribución espacial de resistividad en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona norte)

La relación es inversamente proporcional con la conductividad eléctrica como se puede observar al comparar estas dos gráficas. Mientras que en la siguiente gráfica se ve una disminución en la resistividad hacia el sur occidente de la zona sur, con valores entre 12,6 Ohm.m y 18,7 Ohm.m; Hacia el nor oriente de la zona registra los valores más altos de resistividad entre 18,7 y 32,7 Ohm.m.



#### Distribución espacial de resistividad en el acuífero somero del Grupo Real (N1r) (zona sur)

El comportamiento de la resistividad es inversamente proporcional a la conductividad, lo cual se puede apreciar al realizar la comparación entre los resultados de la conductividad eléctrica y la resistividad.

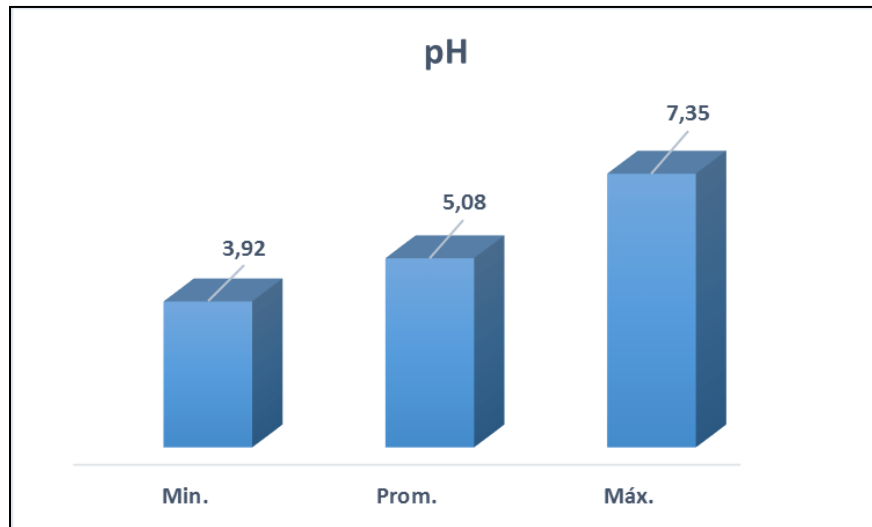
#### ➤ ACUÍFERO PROFUNDO DEL GRUPO REAL (N1R)

Se tuvieron en cuenta 42 puntos de agua (pozos) para la zona norte, dado su representatividad para la realización de la interpolación. En la zona sur los puntos inventariados para el acuífero profundo no presentan un cubrimiento areal óptimo para realizar interpolaciones de los parámetros físico – químicos, por lo anterior no se realizaron mapas de distribución espacial en la zona sur del acuífero profundo del Grupo Real.

#### • Ph

Para las muestras tomadas en los pozos, el pH presentó un promedio de 5,08; un valor mínimo de 3,92 y máximo de 7,35. Los valores bajos de pH (por debajo de 4), pueden indicar posible contaminación antrópica o mezcla con agua lluvia.

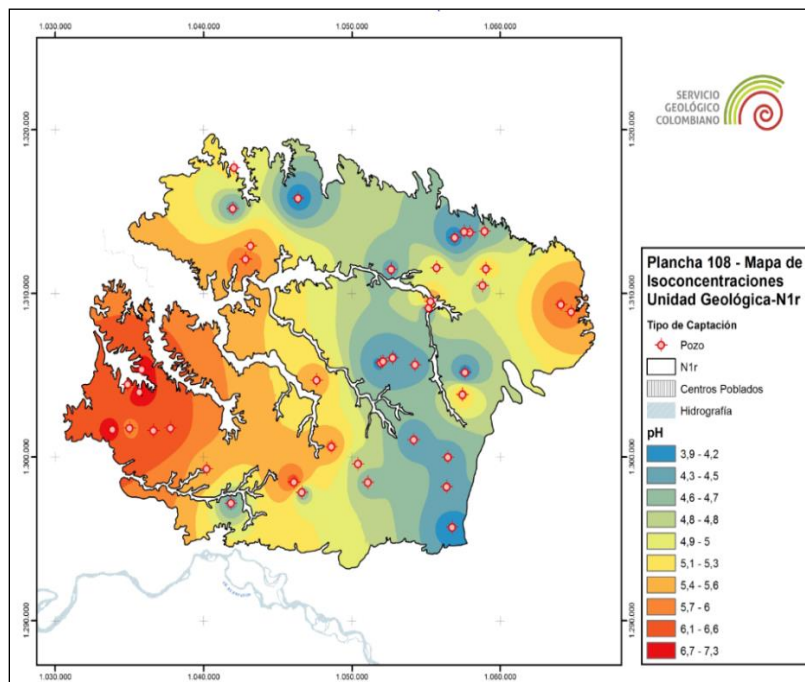
A continuación se evidencian los valores máximos, mínimos y el promedio del parámetro de pH, medidos en el acuífero profundo.



### Valores de pH en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)

En la siguiente gráfica se observa que el pH de las captaciones profundas, al igual que en las someras aumenta hacia la parte occidental del Grupo Real. Los valores de pH más bajos se presentan al oriente de la unidad con valores entre 3,9 y 4,8 que se van incrementando gradualmente hacia el occidente con valores de 4,9 a 7,3, por lo que en la zona oriental el pH tiende a ser ácido mientras que en la occidental tiende a ser neutro.

Hay unos valores anómalos de los pozos del municipio de Sabana de Torres que presentan valores de pH de 5,6 y 6,1, estos no siguen la tendencia regional de la unidad.



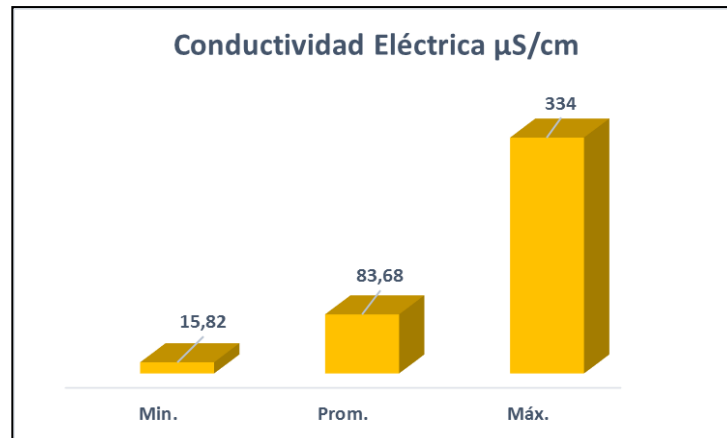
### Distribución espacial del pH para las captaciones profundas en el Grupo Real (N1r)

- **Conductividad eléctrica – CE**

Para las muestras tomadas en los pozos, la conductividad eléctrica presentó un promedio de 83,68  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; un valor mínimo de 15,82  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y máximo de 334,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores de conductividad por debajo de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  están influenciados por mezcla con aguas lluvias, ya que algunas campañas de inventario se realizaron en época de lluvia.

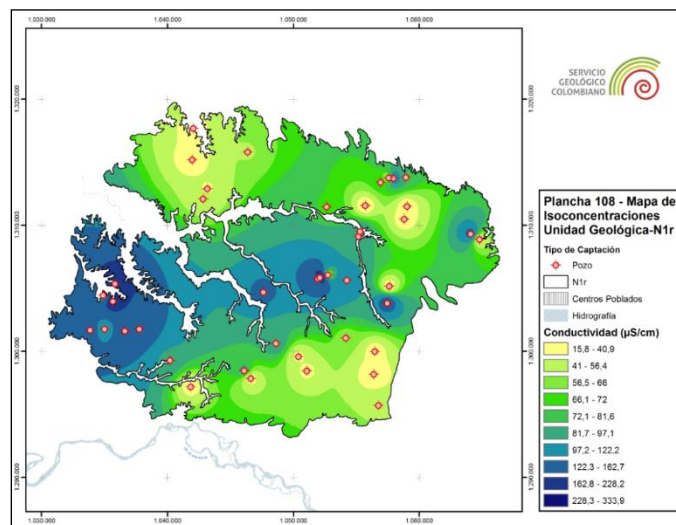
Los valores registrados para los pozos profundos (21m a 150m), indican aguas subterráneas de tipo dulce.

A continuación se pueden evidenciar los valores máximos, mínimos y el promedio del parámetro de conductividad eléctrica, medidos en el acuífero profundo.



**Valores de conductividad eléctrica en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

A continuación, se presenta el mapa, donde se evidencia la distribución espacial del parámetro de conductividad eléctrica, para los acuíferos profundos en la unidad.



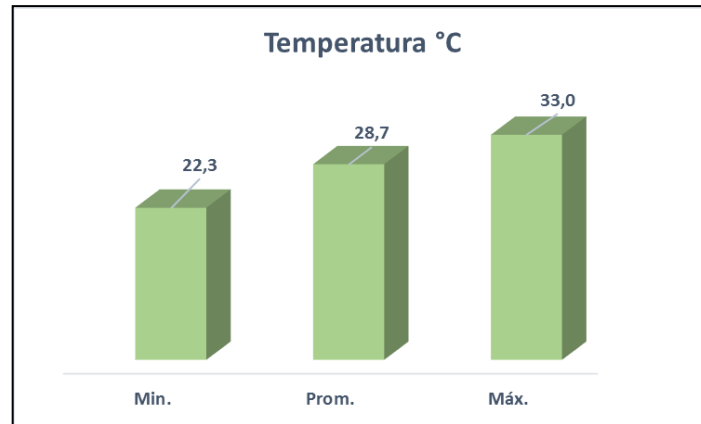
**Distribución espacial de conductividad eléctrica en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

En la gráfica anterior se observa que la conductividad eléctrica de las captaciones profundas, al igual que en las someras aumenta hacia la parte occidental del Grupo Real, con valores por encima de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Valores por debajo de 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se presentan en la parte norte y sur oriente de la unidad.

- **Temperatura**

Para las muestras tomadas en los pozos, la temperatura presentó un promedio de 28,7°C; un valor mínimo de 22,3°C y máximo 33,0°C.

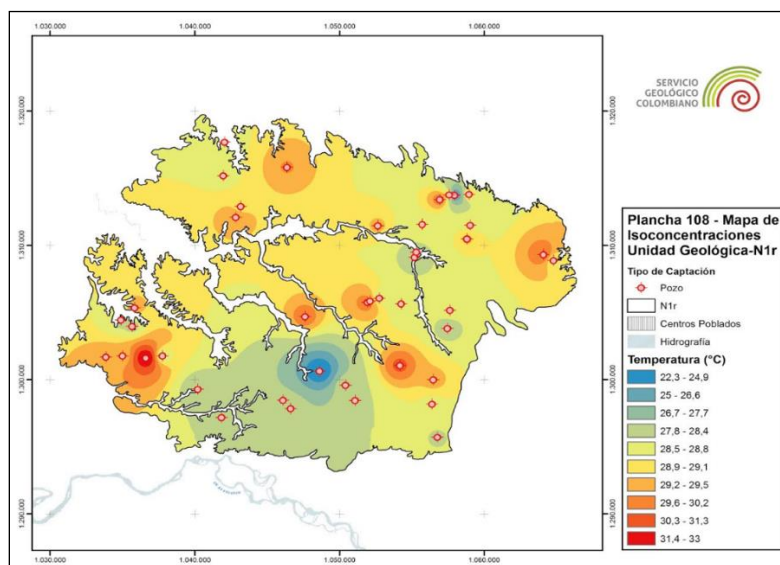
En la siguiente gráfica se pueden evidenciar los valores máximos, mínimos y el promedio del parámetro de temperatura, medidos en el acuífero profundo.



**Valores de temperatura en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

A continuación, se presenta el mapa, donde se evidencia la distribución espacial del parámetro de temperatura, para los acuíferos profundos en la unidad N1r.

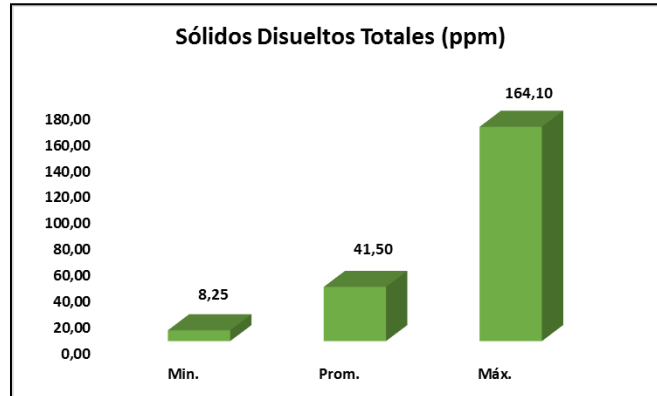
Se evidencia que los menores valores de temperatura en las captaciones profundas, se ubican en la parte centro sur de la formación. Para el resto de la formación los valores de temperatura van desde los 28°C a 33°C. El valor más bajo de temperatura se registró en el pozo 108-II-D-17, en donde se midió una temperatura de 22,3 °C, sin embargo, esto podría deberse a un error instrumental ya que este valor está muy por debajo del promedio de la temperatura del agua en las captaciones del acuífero profundo y por esto se da esta anomalía de temperaturas bajas en la parte sur central de la unidad.



**Distribución espacial de la temperatura en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

- **Sólidos disueltos totales – SDT**

La concentración de sólidos disueltos totales más alta para los pozos ubicados en el acuífero profundo del N1r fue de 164,1 ppm. En contraste, la concentración más baja fue de 8,25 ppm. Se puede evidenciar que los valores de este parámetro ubicados en el acuífero profundo del N1r, son en general, más altos que los presentados en el acuífero somero del N1r.

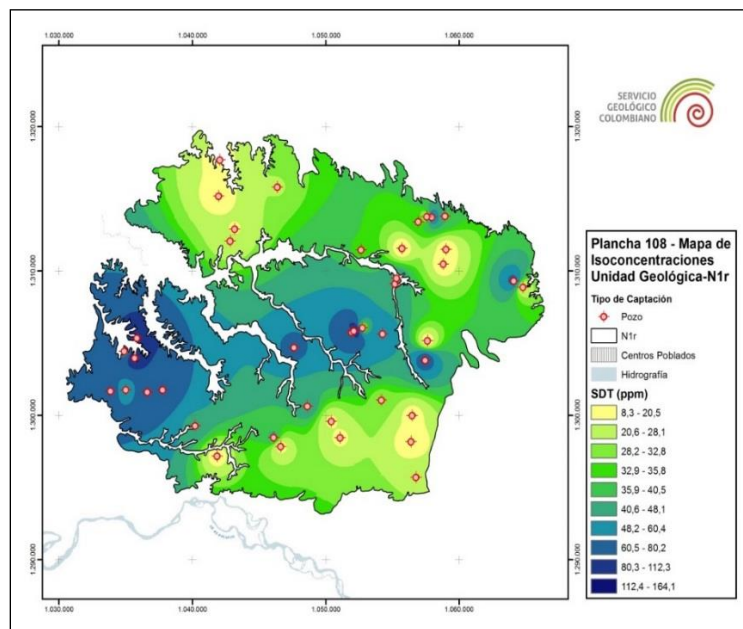


**Valores de SDT en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

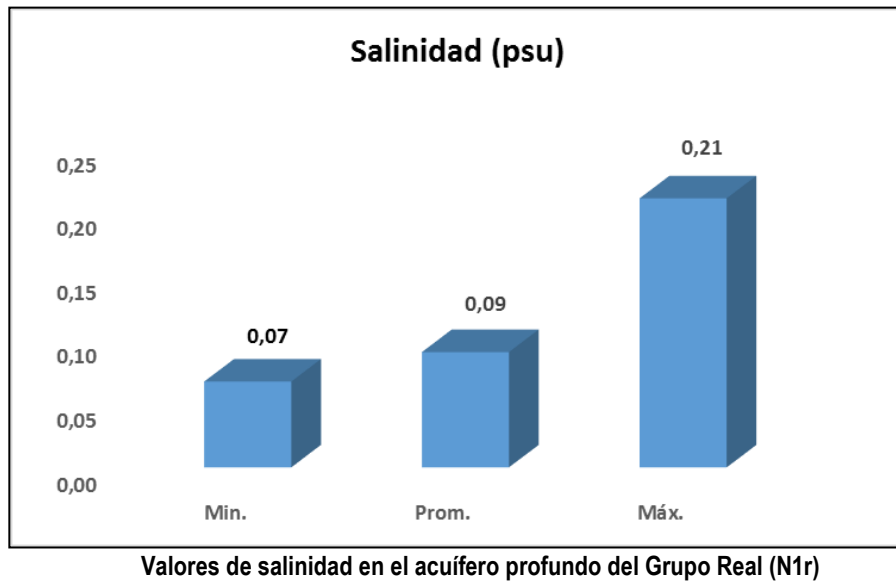
Como se observa en la gráfica anterior, al igual que en el acuífero somero, la conductividad eléctrica tiene un comportamiento similar al de los sólidos disueltos en el acuífero profundo del N1r, en donde hacia el sur oriente y norte de la unidad presenta valores por debajo de 40 ppm y en la zona central y hacia el occidente se incrementan los valores gradualmente con rangos entre 45 ppm y 164,1 ppm.

- **Salinidad**

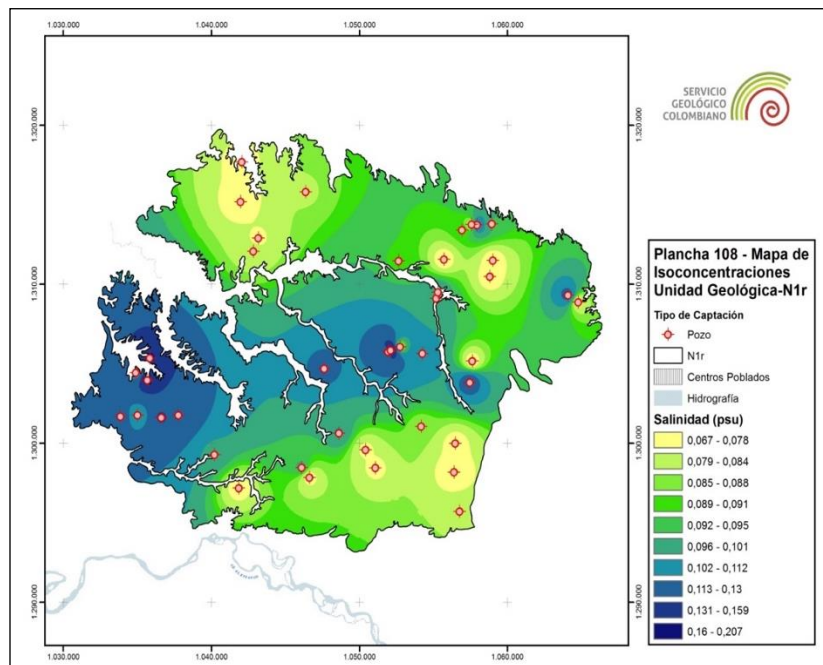
El valor más alto de salinidad fue de 0,21 psu; el valor mínimo fue de 0,07 psu, con un promedio de 0,09 psu. Los valores de salinidad del acuífero profundo son similares a los valores presentados en los pozos ubicados en el acuífero somero del N1r. Los resultados se presentan a continuación. En general los pozos del acuífero profundo registran valores bajos de salinidad, por lo que se clasifican como aguas de tipo dulce.



**Distribución espacial de SD T en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**



A continuación se observa una tendencia muy similar a las de los SDT y la conductividad eléctrica, en donde la salinidad aumenta gradualmente hacia el occidente con valores entre 0,102 psu y 0,207 psu, por el contrario, los valores más bajos con rangos entre 0,067 psu y 0,095 se presentan hacia el sur oriente y norte de la unidad.

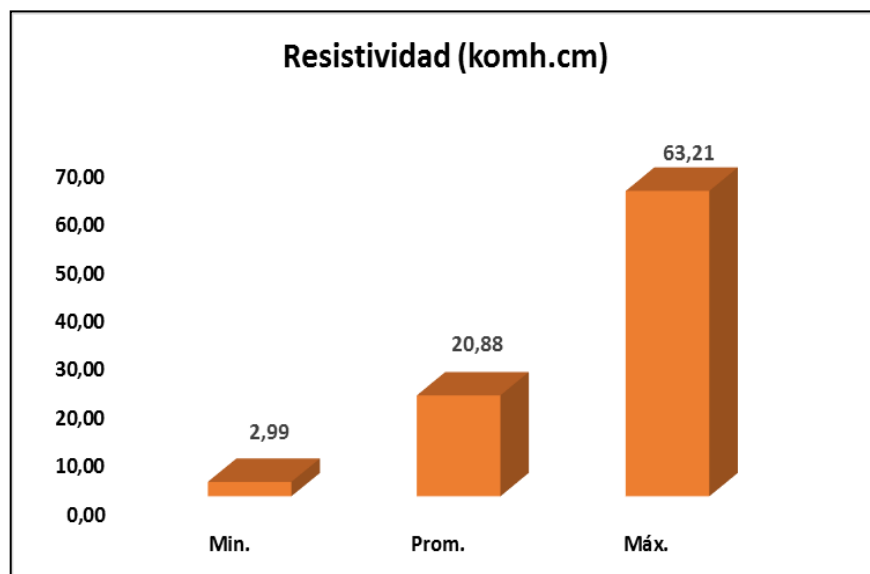


**Distribución espacial de salinidad en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)**

- Resistividad**

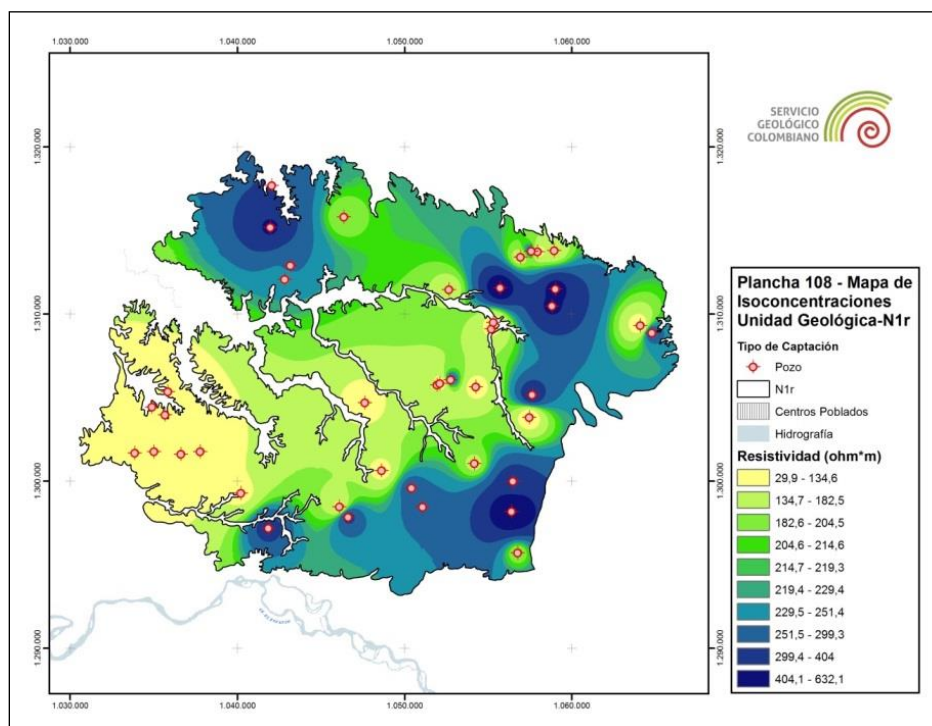
De acuerdo con la siguiente gráfica el valor más alto de resistividad para los pozos ubicados en el acuífero somero fue de 63,21 Komh.cm. El valor más bajo fue de 2,99 Komh.cm. Los valores de resistividad en el acuífero profundo del N1r, fueron un poco más bajos al ser comparados con los valores de resistividad obtenidos en los pozos ubicados en el acuífero somero del N1r.

El comportamiento de la resistividad es inversamente proporcional a la conductividad, lo cual se puede apreciar al realizar la comparación entre los resultados de la conductividad eléctrica y la resistividad para el acuífero profundo del Grupo real.



#### Resistividad de los puntos de captación ubicados en el Acuífero profundo del N1r

A continuación se observa como el comportamiento de la resistividad es inversamente proporcional a la conductividad eléctrica, en donde los valores más altos de resistividad se registran hacia el sur oriente y norte de la unidad con rangos entre 204,6 Ohm.m y 632,1 Ohm.m y los rangos más bajos se presentan al occidente de la unidad con valores entre 29,9 Ohm.m y 204,5 Ohm.m.



#### Distribución espacial de salinidad en el acuífero profundo del Grupo Real (N1r)

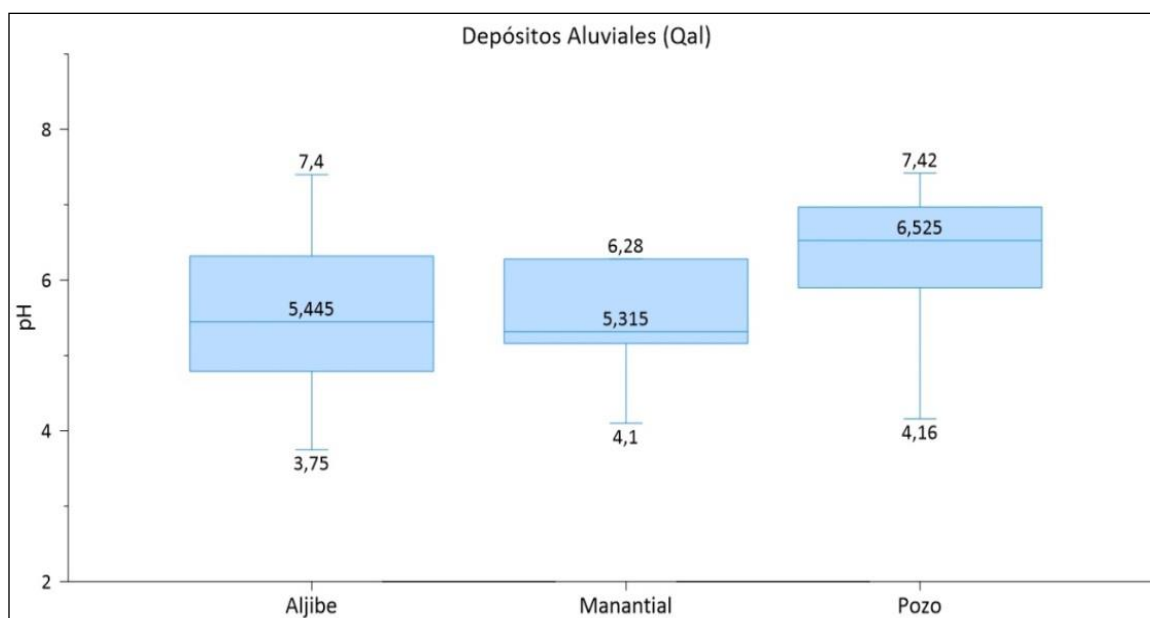
## ➤ DEPÓSITOS ALUVIALES

En esta unidad geológica se midieron parámetros físico – químicos de campo en un total de 147 puntos de agua subterránea, de los cuales 81 son aljibes, 62 pozos y 4 manantiales.

Los diagramas de cajas se realizaron con la totalidad de las captaciones en donde se midieron los parámetros físico – químicos de campo, a diferencia de los diagramas de distribución espacial que fueron realizados con aljibes, manantiales y pozos someros (<21 m de profundidad), los cuales captan la primera capa acuífera en los depósitos aluviales del río Sogamoso ya que se cuenta con buena distribución areal para la interpolación de cada uno de los parámetros.

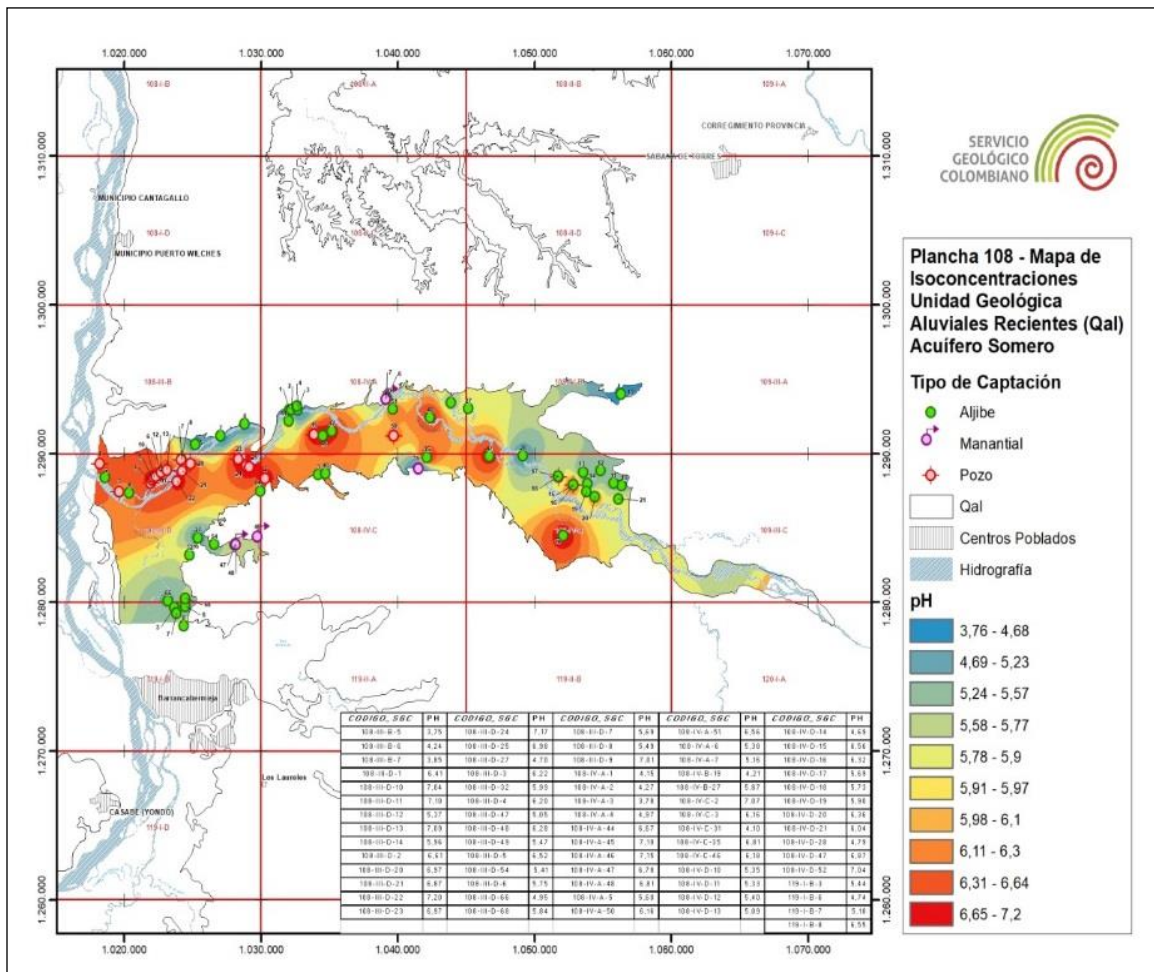
### • pH

En la siguiente gráfica se observa en los aljibes un valor mínimo de 3,75 y un valor máximo de 7,4; predomina el conjunto de datos entre 4,79 y 6,325, se observan valores ácidos a neutro, sin embargo, predominan los valores de pH menor a 7, indicando aguas de tipo ácido. Los manantiales presentan un comportamiento similar al de los aljibes, sin embargo, no presenta dato extremo máximo debido a que se inventariaron 4 manantiales que registraron valores entre 5,18 y 6,28, con un valor extremo mínimo de 4,1 que se debe posiblemente a la influencia del agua lluvia. Los pozos presentan un valor mínimo de 4,16 y un valor máximo de 7,42; predominan los datos entre 5,9 y 7, ligeramente más alto que los aljibes y los manantiales, inclusive presenta valores cercanos a 7 que indican pH de tipo neutro. Los pozos presentan profundidades entre 4 m y 90 m, por lo cual se presenta mezcla de aguas ya que algunos de estos captan de los depósitos aluviales y del Grupo Real.



Valores de pH en los depósitos aluviales (Qal)

A continuación, se observa que los valores de pH más ácidos (3,76 - 5,57), se encuentran en las captaciones ubicadas en el contacto con la terraza aluvial (Qat), zona nor occidental de la unidad y al oriente de la unidad, en los aljibes ubicados al norte del río Sogamoso, al norte del municipio de Barrancabermeja también se observan estos rangos de valores de pH bajos, en esta misma zona se observa cómo se incrementan los valores de pH gradualmente desde 5,91 hasta 7,2 hacia la desembocadura del río Sogamoso con el Magdalena; en la zona central de la unidad se observan valores entre 5,91 y 7,2, sin embargo un manantial que se encuentra en contacto con la terraza de San Rafael presenta un valor de 4,1, que indica recarga del acuífero de San Rafael hacia el acuífero aluvial. Los valores bajos pueden estar influenciados por las precipitaciones que contienen altos niveles de CO<sub>2</sub>, acidificando el agua por lo que disminuye el pH.

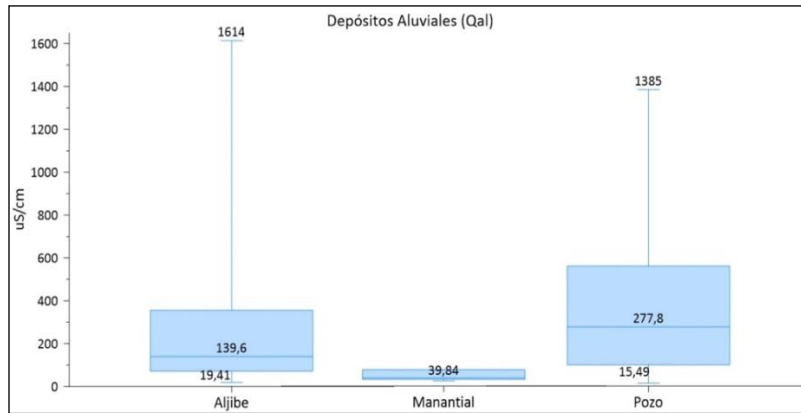


**Distribución espacial de pH en los depósitos aluviales (Qal)**

La tendencia es un aumento de los valores de pH hacia el río Sogamoso y hacia la desembocadura de este con el Magdalena ya que se observan valores en el rango de 6,65 a 7,2 hacia estos sectores, lo que puede indicar que el agua ha tenido un recorrido, en el cual ha incrementado el contenido de iones  $\text{HCO}_3^-$ , por la interacción con los minerales presentes en los depósitos aluviales.

### • Conductividad eléctrica – CE

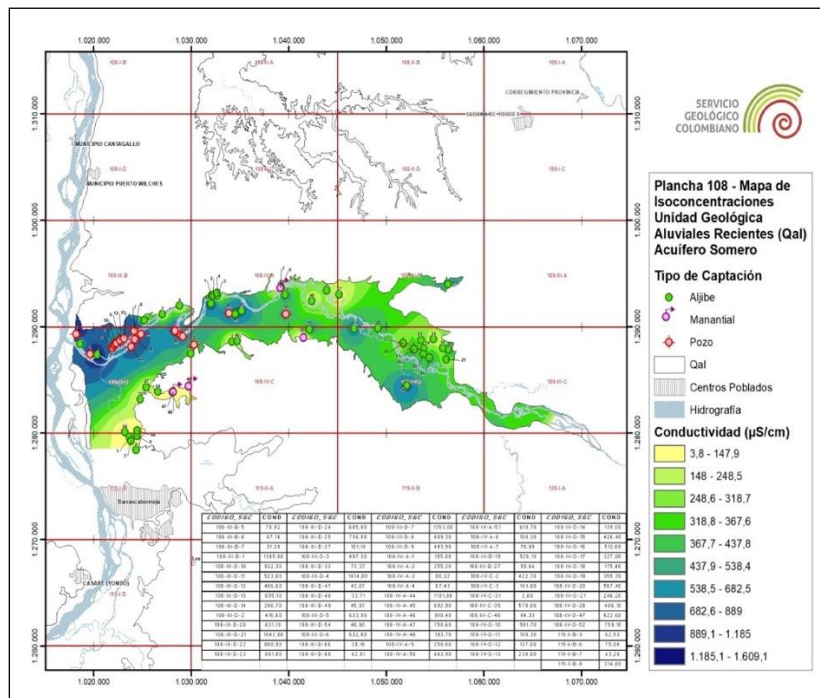
En la siguiente gráfica, para los aljibes se observa un valor de conductividad mínimo de 19,41  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , muy posiblemente influenciado por agua lluvia y un máximo de 1614  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aljibe 108-III-D-4, ubicado en la vereda Bocas del Sogamoso del Municipio de Puerto Wilches, a 1 Km aproximadamente de la desembocadura del río Sogamoso con el Magdalena; en la vereda La Lucha de este mismo municipio el aljibe 108-III-D-7 presenta una conductividad de 1353  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en la vereda Puente Sogamoso en el aljibe 108-IV-A-44 se presenta una conductividad de 1191  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estos valores altos de conductividad están asociados a una mezcla de aguas con el río Sogamoso, se presentan 20 aljibes con conductividades eléctricas por encima de 360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , los cuales están asociados a los ríos Magdalena y Sogamoso que tienen una influencia directa sobre las conductividades altas que se presentan en este tipo de captación. En los aljibes predominan los valores de conductividad eléctrica entre 71,9 y 355,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , muy por encima de los valores registrados en las terrazas aluviales y el Grupo Real.



### Valores de conductividad eléctrica en los depósitos aluviales (Qal)

La conductividad eléctrica para los pozos, presentan un valor mínimo de 15,49, influenciado por el agua lluvia y un máximo de 1385  $\mu\text{S/cm}$ , este valor fue registrado en el pozo 108-III-D-1, ubicado en la vereda Bocas de Sogamoso del municipio de Puerto Wilches. Se presentan 15 pozos con profundidades entre 8 m y 15 m con valores por encima de 600 uS/cm, influenciados por mezcla de aguas con el río Sogamoso, ubicados en las veredas La Lucha, Bocas de Sogamoso, Puente Sogamoso del municipio de Puerto Wilches y las veredas Ortencia y El Porvenir del Municipio de Barrancabermeja. En los pozos predominan los valores entre 101,2 uS/cm y 561,8 uS/cm, valores muy por encima de los registrados en las terrazas aluviales y el Grupo Real. Finalmente, los manantiales presentaron conductividades entre 33,71  $\mu\text{S/cm}$  y 78,08  $\mu\text{S/cm}$ .

A continuación se observa hacia el occidente de la unidad un aumento gradual de la conductividad eléctrica con valores desde 19 uS/cm hasta 437,8 en el contacto con la terraza de San Rafael, los valores hacia el río Sogamoso aumentan desde 437,9 hasta 1609 uS/cm en la desembocadura del río Sogamoso con el río Magdalena. En la zona oriental de la unidad los valores de conductividad oscilan entre 148 uS/cm y 538,4 uS/cm, con unos pocos valores por encima de 600 uS/cm. Hacia el río Sogamoso la conductividad eléctrica aumenta, indicando un enriquecimiento iónico en estas direcciones producto de un mayor tiempo de permanencia del flujo subterráneo hacia estos sectores.

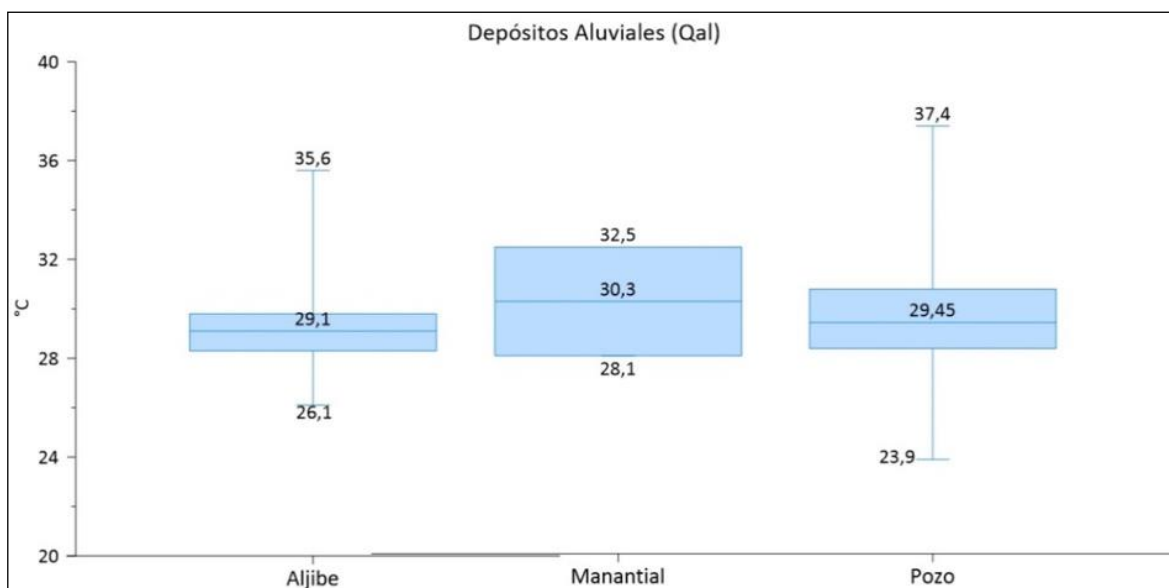


### Distribución espacial de conductividad eléctrica en los depósitos aluviales (Qal)

En la parte sur occidente los valores de conductividad eléctrica son bajos (19 uS/cm – 148 uS/cm), lo cual puede indicar, que las aguas encontradas en estos puntos inventariados son recientes con un recorrido corto y baja mineralización.

- ## Temperatura

En la siguiente gráfica se presentan los valores de temperatura para los aljibes, en los cuales se presenta un valor mínimo de 26,1 °C y un valor máximo de 35,6 °C, este último registrado en el corregimiento Llanito de la vereda El Rodeo, del municipio de Barrancabermeja. Se presentan 9 aljibes con valores de temperatura por encima de los 34°C, estos están ubicados en las veredas El Rodeo, El Porvenir y Puente Sogamoso estos valores altos se deben a un cambio en el instrumento de medida, ya que para esta campaña de campo se cambió el equipo con el que habitualmente se venía trabajando, por otro multiparámetro ORION, sin embargo se registraron temperaturas muy por encima del promedio en la zona debido a un error instrumental; los valores de temperatura que predominan para los aljibes están entre 28,3 °C y 29,8 °C.

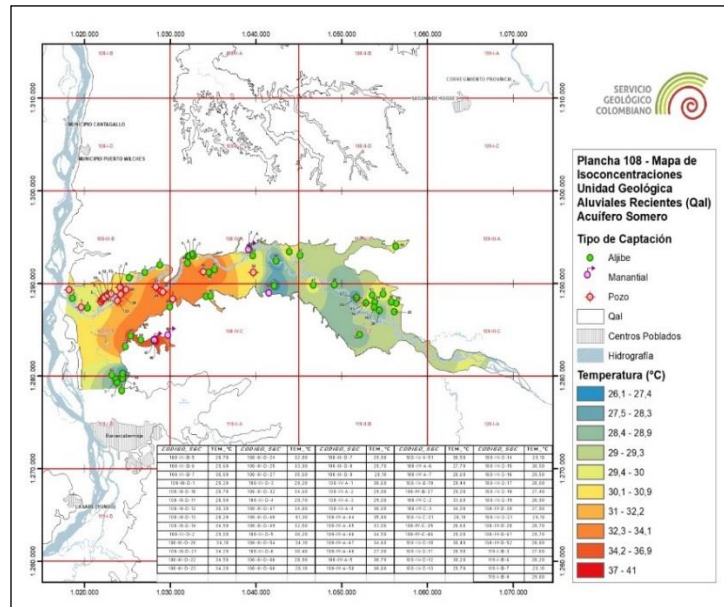


**Valores de temperatura en los depósitos aluviales (Qal)**

En los manantiales se presenta un valor mínimo de 28,1 °C y un valor máximo de 32,5 °C registrado en el corregimiento el Llanito de la vereda El Rodeo en el municipio de Barrancabermeja, como se describió anteriormente debido a un error instrumental.

Para los pozos se registró un valor mínimo de 23,9 °C y un máximo de 37,4 °C; registrado en el pozo 108-IIB-42 ubicado en el municipio de Sabana de Torres, en la vereda Llano Grande; los valores que predominan se encuentran entre 28,4 °C y 30,8 °C.

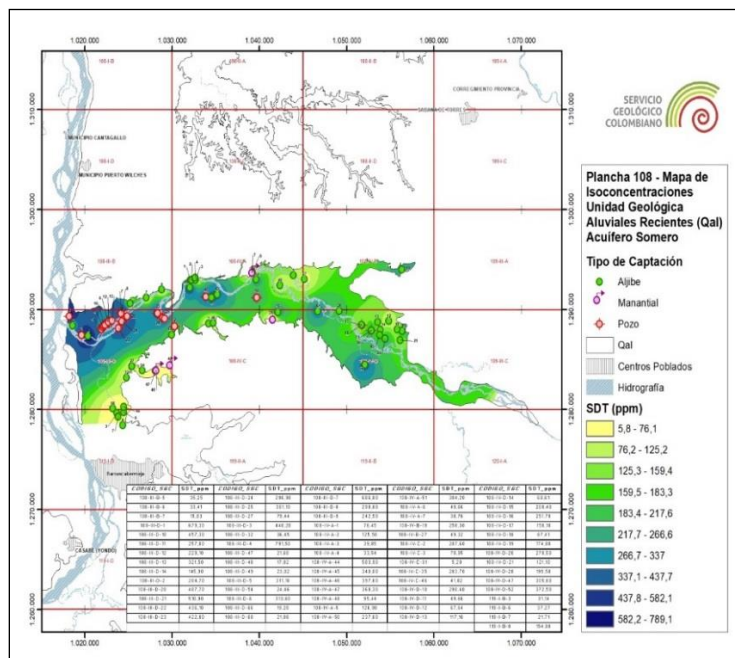
En la siguiente figura se evidencia que los mayores valores de temperatura se ubican en la parte occidental de la unidad en donde se ubican las veredas El Rodeo, El Porvenir y el corregimiento El Llanito en donde las temperaturas son altas muy posiblemente debido a un error instrumental como también se observó en el acuífero somero del Grupo Real.



**Distribución espacial de temperatura en los depósitos aluviales (Qal)**

- Sólidos disueltos totales – SDT**

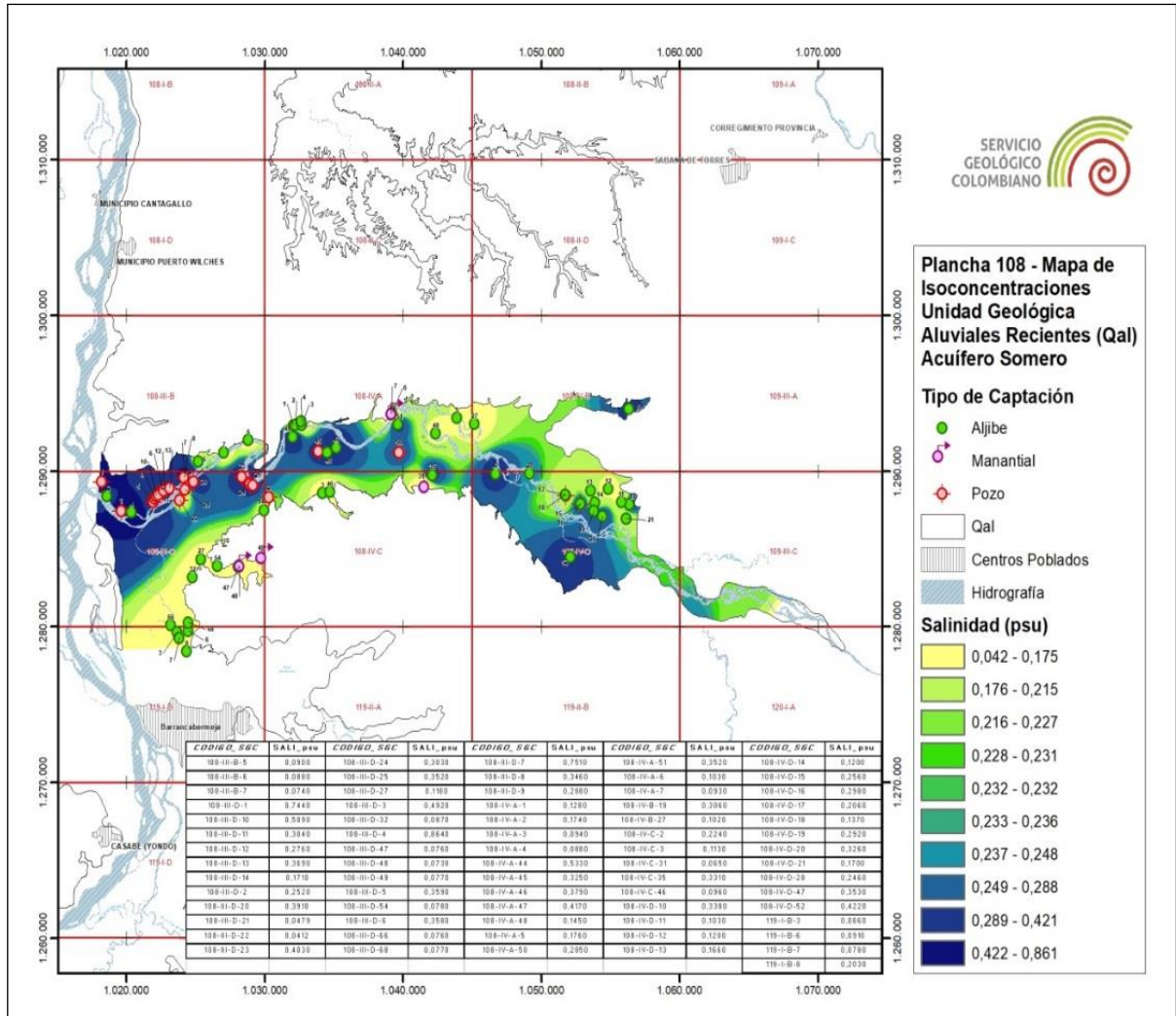
A continuación el parámetro de SDT, tiene un comportamiento similar al de la conductividad eléctrica, en donde los SDT aumentan en donde se encuentran las captaciones cercanas al río Sogamoso y hacia la desembocadura con el río Magdalena; los valores más altos de sólidos disueltos se evidencian en las veredas Bocas de Sogamoso, La Lucha y Puente Sogamoso en el municipio de Puerto Wilches y la vereda El Porvenir en el municipio de Barrancabermeja en donde se registran valores entre 300 ppm y 800 ppm de SDT. Hacia el oriente del polígono se observan valores desde 76 ppm hasta 217,6 ppm. Los valores más bajos de SDT, entre 5,8 ppm y 76 ppm, se observan al norte del municipio de Barrancabermeja en la vereda campo Gala, donde predominan los aljibes con posible influencia de agua lluvia.



**Distribución espacial de SDT en los depósitos aluviales (Qal)**

- **Salinidad**

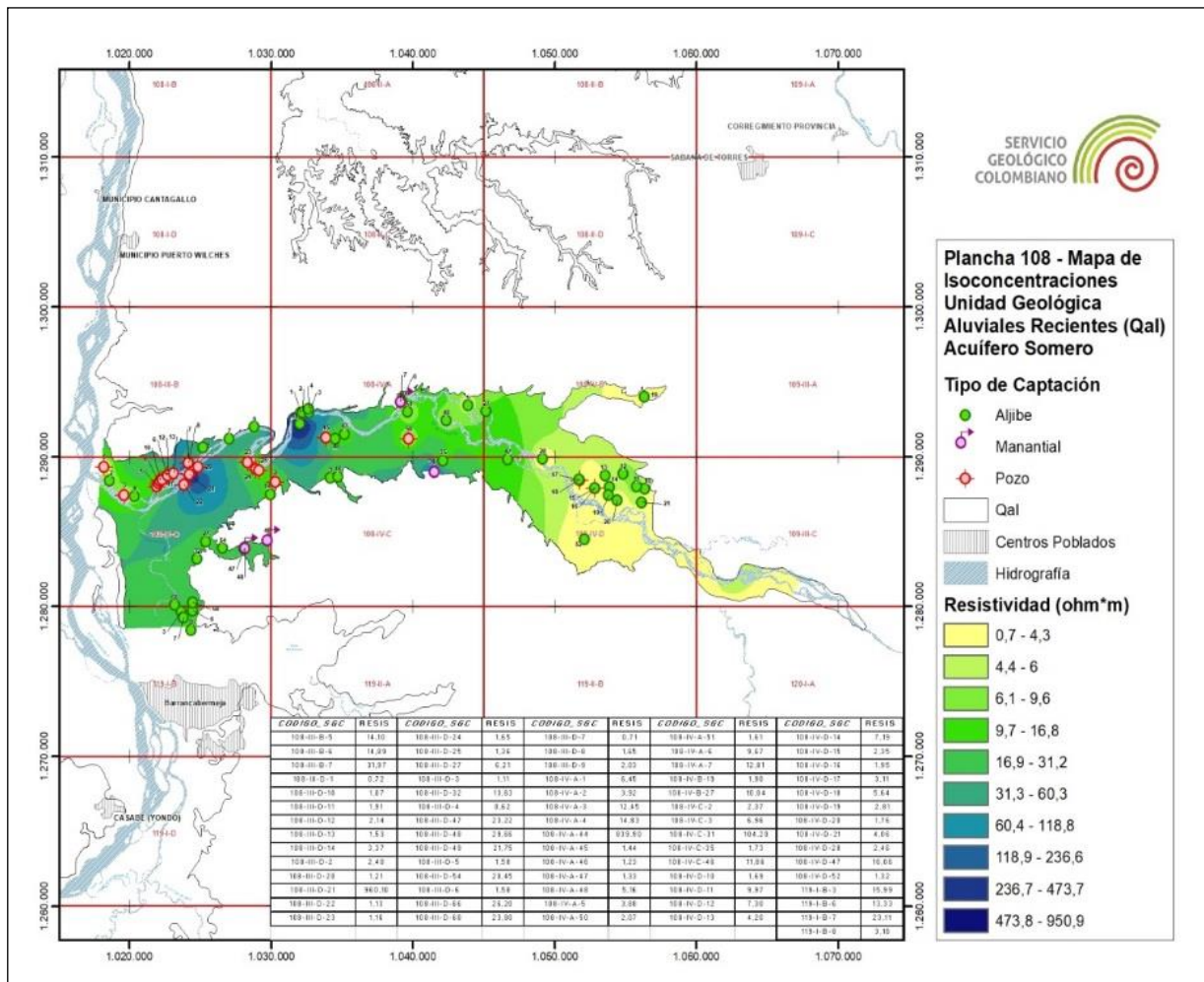
De acuerdo con la siguiente gráfica de distribución espacial de la salinidad se observa la misma tendencia de la conductividad eléctrica y los SDT, en donde la salinidad aumenta hacia el río Sogamoso y en la desembocadura de este, con el río Magdalena con valores de 0,237 psu a 0,861 psu. Se presentan 5 captaciones (3 aljibes y dos pozos), en las veredas la Lucha, Bocas de Sogamoso y Puente Sogamoso en el municipio de Puerto Wilches que registran valores superiores a 0,5 psu, las cuales pueden ser consideradas aguas salobres, adicionalmente para el resto de la unidad predominan valores entre 0,176 psu y 0,421 psu que se clasifican como aguas dulces.



**Distribución espacial de salinidad en los depósitos aluviales (Qal)**

- **Resistividad**

A continuación se observan bajas resistividades hacia la desembocadura del río Sogamoso con el río Magdalena con valores entre 6,1 Ohm.m y 31,2 Ohm.m. Hacia el oriente de la unidad se presentan los valores más bajos de resistividad con valores entre 0,7 Ohm.m y 4,3 Ohm.m, aumentan hacia la zona central en la vereda Puente Sogamoso del municipio de Puerto Wilches y en la vereda Ortensia del municipio de Barrancabermeja que registran valores de 60,4 Ohm.m a 950,9 Ohm.m.



**Distribución espacial de resistividad en los depósitos aluviales (Qal)**

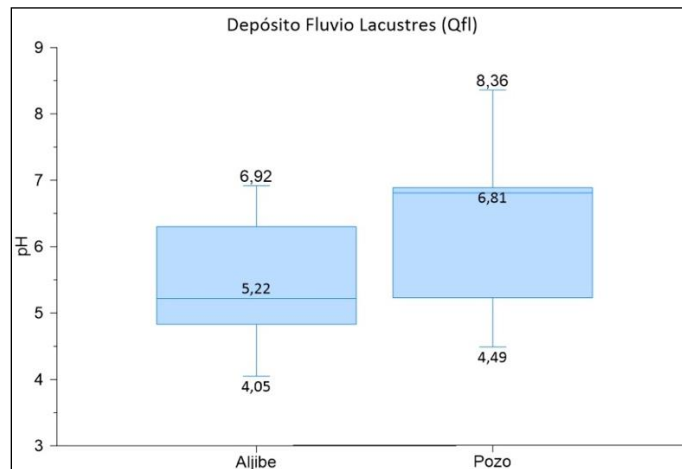
### ➤ DEPÓSITOS FLUVIO LACUSTRES (QFL)

En esta unidad geológica se midieron parámetros físico – químicos de campo en un total de 37 puntos de agua subterránea, de los cuales 21 son aljibes, 4 pozos y 12 manantiales.

Los diagramas de cajas se realizaron con la totalidad de las captaciones en donde se midieron los parámetros físico – químicos de campo, a diferencia de los diagramas de distribución espacial que fueron realizados con aljibes y manantiales, los cuales captan la primera capa acuífera en esta unidad.

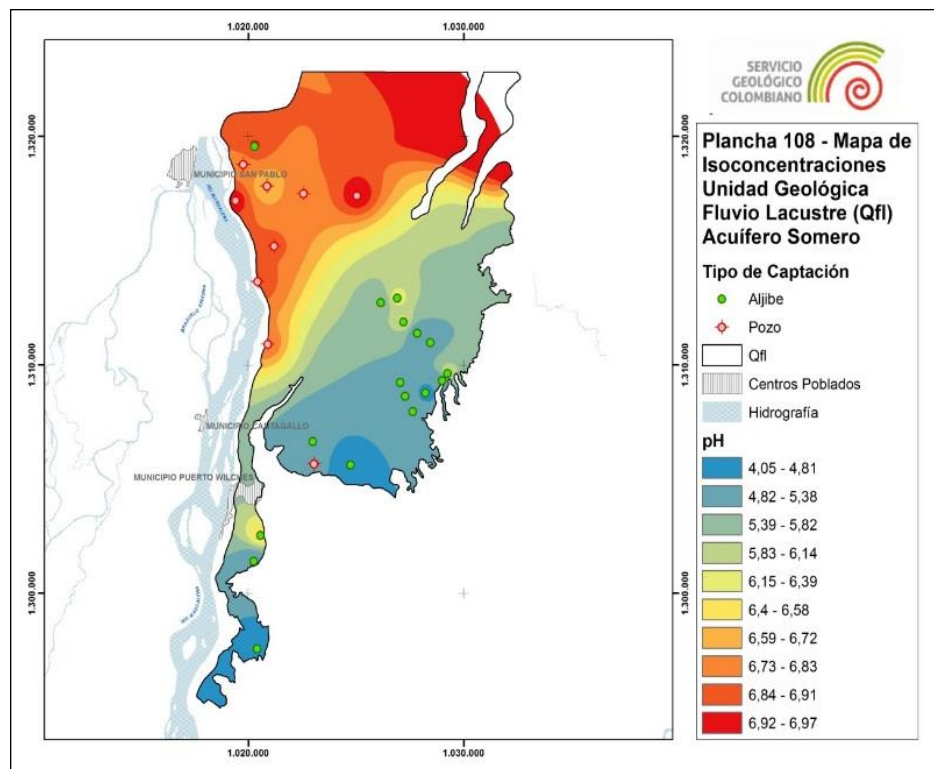
#### • pH

A continuación se observa en los aljibes un valor mínimo de 4,05 y un valor máximo de 6,92; predomina el conjunto de datos entre 4,83 y 6,3, que indican agua de tipo ácido. Los pozos presentan un valor mínimo de 4,49 y un máximo de 8,36, este último valor corresponde a un pozo de 65 m de profundidad ubicado en la vereda Italia del municipio de Puerto Wilches con posible mezcla de aguas con capas acuíferas del Grupo Real; predominan los datos entre 5,23 y 6,89, ligeramente más alto que los aljibes, los pozos presentan profundidades entre 6,3 m y 120 m, por lo cual se presenta mezcla de aguas en algunos pozos profundos que captan de los depósitos fluvio lacustres y del Grupo Real.



**Valores de pH en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)**

A continuación se observa que los valores de pH se incrementan hacia el noroccidente en cercanías al río Magdalena con valores entre 6,73 y 6,97, en contraste hacia el sur oriente de la unidad se observan valores de 4,05 a 6,14 principalmente en captaciones de aljibes ubicados en este sector.

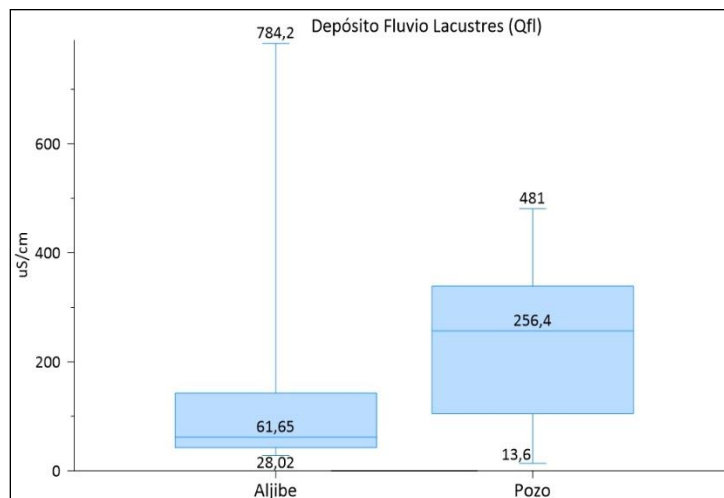


**Distribución espacial en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)**

- Conductividad eléctrica – CE**

En la siguiente gráfica, para los aljibes se observa un valor de conductividad mínimo de 28,02  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , muy posiblemente influenciado por agua lluvia y un máximo de 784,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , este último valor corresponde a un aljibe ubicado en la vereda

La Reserva del municipio de Puerto Wilches, se encuentra a 500 m aproximadamente del río Magdalena con posible mezcla de aguas que aumenten la conductividad. En los aljibes predominan los valores de conductividad eléctrica entre 42 y 5,85  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 142,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

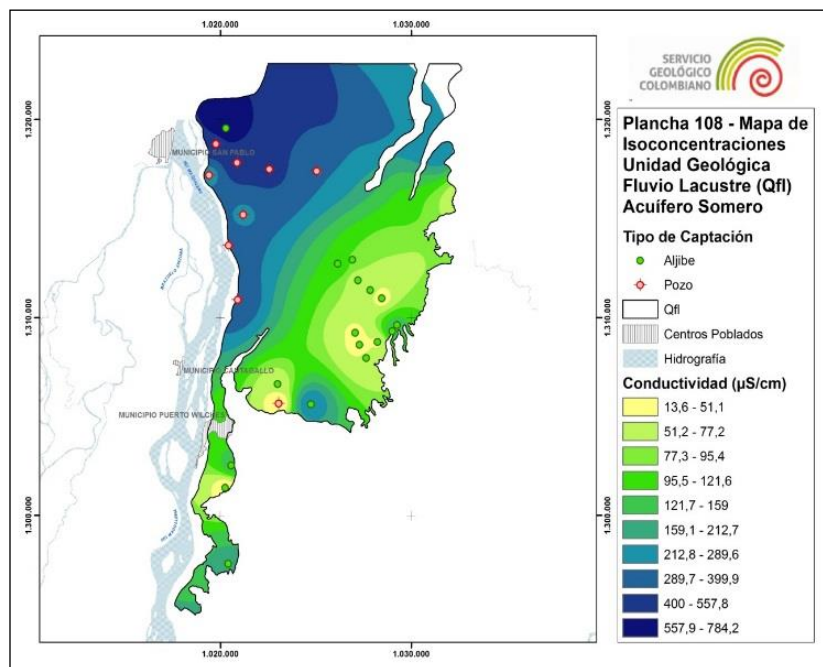


#### Valores de conductividad eléctrica en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)

La conductividad eléctrica para los pozos, presentan un valor mínimo de 13,62  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un máximo de 481  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Para los pozos predominan los valores entre 104,9 y 338,9, valores ligeramente más altos que los aljibes.

A continuación se observa una correlación directa con la distribución espacial de pH, para los valores de conductividad eléctrica que aumentan desde 13,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 121,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la parte sur oriental de la unidad y los valores más altos se presentan hacia el noroccidente en cercanías al río Sogamoso con valores de 159,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 784,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

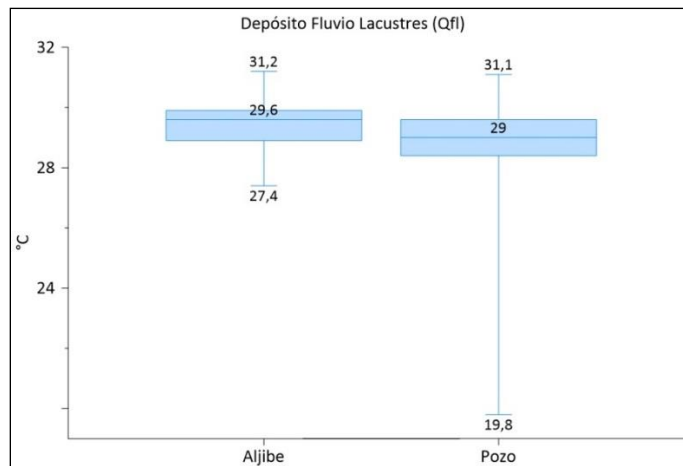
Esto indica que el acuífero fluvio lacustre está recargando el río Magdalena en esta zona.



#### Distribución espacial conductividad eléctrica en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)

- ## Temperatura

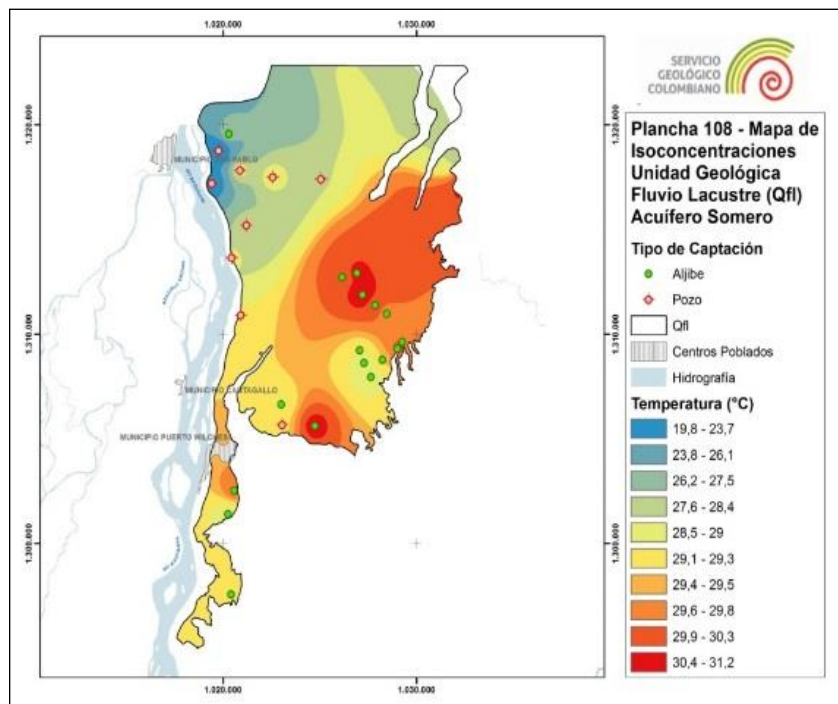
A continuación se presentan los valores de temperatura para los aljibes, en los cuales se presenta un valor mínimo de 27,4 °C y un valor máximo de 31,2 °C; los valores de temperatura que predominan para los aljibes están entre 28,9 °C y 29,9 °C.



**Valores de temperatura en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)**

En los pozos se presenta un valor mínimo de 19,8 °C y un máximo de 31,1 °C y predominan los valores entre 28,4 °C y 29,6 °C, ligeramente más bajos que los aljibes.

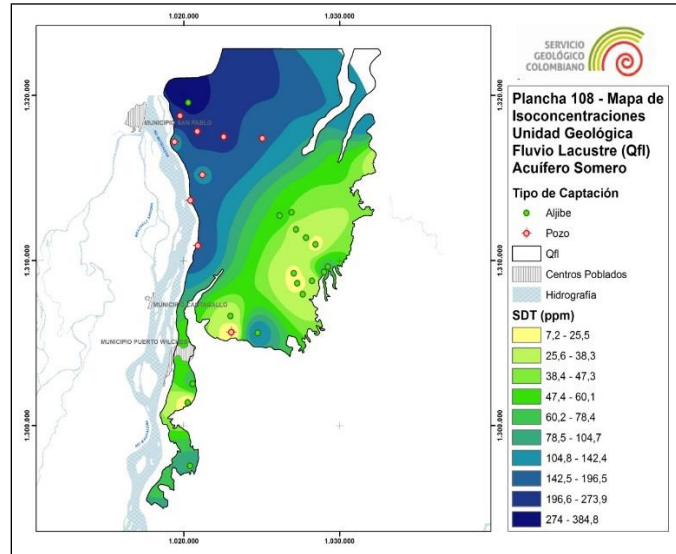
En la siguiente gráfica se evidencia que los valores de temperatura más bajos se ubican en los pozos cercanos al río Magdalena con valores entre 19,8 °C y 28,4°C, por el contrario, los aljibes al sur occidente de la unidad presentan los valores más altos entre 29,1 °C y 31,2 °C. Se observa una tendencia clara de disminución de temperatura hacia el nor occidente de la unidad.



**Distribución espacial de temperatura en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)**

- Sólidos disueltos totales – SDT**

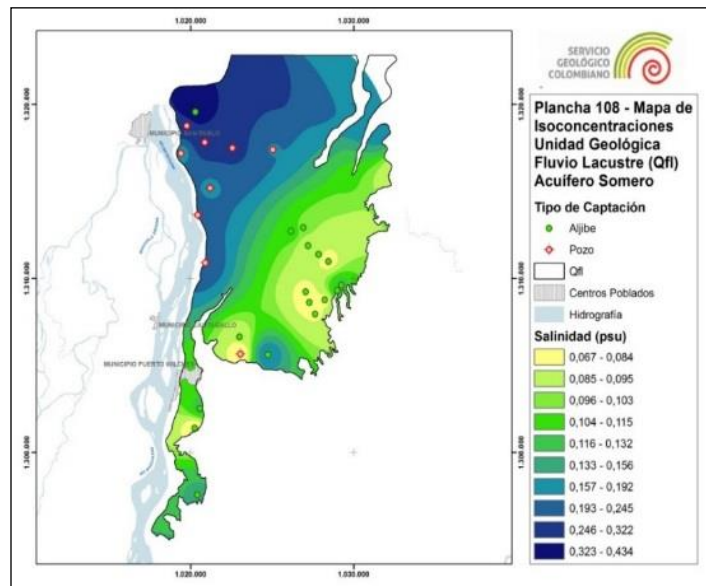
De acuerdo con la siguiente gráfica, el parámetro de SDT, tiene un comportamiento similar al de la conductividad eléctrica, en donde los SDT aumentan hacia el noroccidente con valores de 104 ppm a 384,8 ppm y en la zona sur oriental disminuye la concentración de SDT con valores de 7,2 ppm a 60,1 ppm.



Distribución espacial de SDT en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)

- Salinidad**

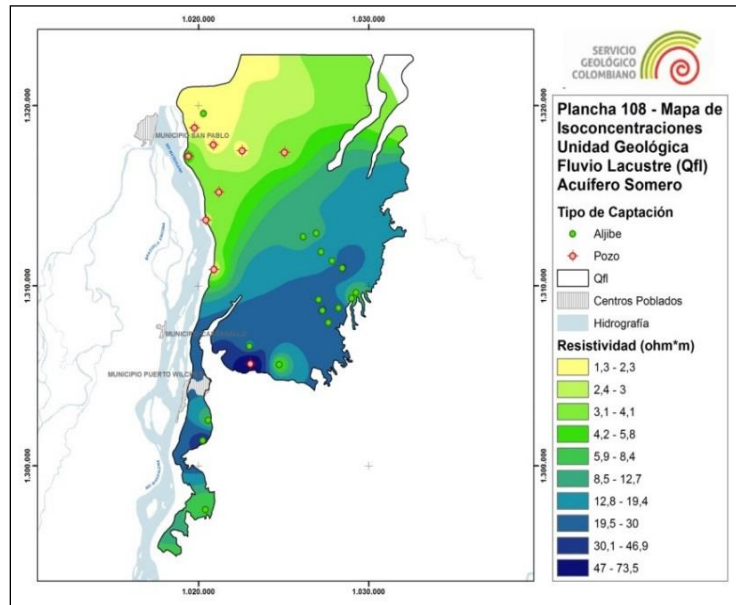
A continuación, la distribución espacial de la salinidad se observa la misma tendencia de la conductividad eléctrica y los SDT, en donde la salinidad aumenta hacia el noroccidente de la unidad con valores de 0,157 psu y 0,434 psu y en la zona sur orienta se presentan valores bajos entre 0,067 psu y 0,115, en general los valores de las captaciones corresponde a agua de tipo dulce.



Distribución espacial de salinidad en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)

- **Resistividad**

A continuación, se observa la relación inversamente proporcional con la conductividad eléctrica y SDT, en donde se registran bajas resistividades hacia el noroccidente con valores de 1,3 Ohm.m a 3 Ohm.m y hacia la zona sur oriental se presentan los valores altos con valores de 12,8 Ohm.m a 73,5 Ohm.m.



**Distribución espacial de resistividad en los depósitos fluvio lacustres (Qfl)**

- **Cuerpos de agua superficiales**

Las principales fuentes de agua superficial que se presentan en la zona de estudio son los ríos Sogamoso y Magdalena, adicionalmente se encuentran varias ciénagas asociadas a la zona de inundación del río Magdalena. De acuerdo a los parámetros físico – químicos medidos en campo (tabla 11) se observa que los principales cuerpos de agua superficial tienen un pH entre 5,4 y 7,6; la conductividad de los ríos Magdalena y Sogamoso es considerada media a alta, con valores de 211,8 y 202 uS/cm, estos valores indican una concentración iónica ligeramente alta, posiblemente debido a contaminación. Por el contrario, las ciénagas en las cuales se midieron los parámetros reflejan bajas conductividades entre 29 y 58,38 uS/cm; la temperatura varía de acuerdo a la época y hora en la que se midió la muestra.

En la siguiente tabla, las principales fuentes de agua superficial en la zona de estudio con los parámetros físico – químicos medidos en campo.

**Principales fuentes de agua superficial**

Nombre	ID	Este	Norte	Altura (m)	pH	Cond (uS/cm)	Temp (°C)	SDT (ppm)	Res (Ohm.m)	Sal (psu)
Río Magdalena	108-I-B-4	1020099	1310219	70,2	7,6	211,8	29,5	104,3	4,722	0,154

Río Sogamoso	108-III-B-8	1027102	1291187	78	6,17	202	28,6	99,49	4,95	0,149
Ciénaga de paredes	108-II-A-25	1037532	1316209	59	6,83	33,63	32	16,9	297,4	0,075
Ciénaga Corredor	108-III-B-32	1019576	1296137	63,6	5,64	39,87	31,8	20,03	25,08	0,077
Ciénaga El Llanito	108-III-D-28	1025369	1284433	72,37	6,08	58,38	34,5	29,11	17,13	0,018
Ciénaga Zapatero	119-II-A-22	1034196	1277673	70,57	5,45	29,66	34,6	15,03	33,72	0,064

## GEOFÍSICA

La recopilación, captura, análisis e interpretación de datos e información geofísica como insumo básico para formular el modelo hidrogeológico del municipio del área del Valle Medio del Magdalena , por parte del Servicio Geológico Colombiano SGC y de consultores nacionales y locales ha permitido proponer un modelo de capas geofísicas para efectos de validar el modelo y prospectar la perforación de dos pozos exploratorios que se identificaran para el área del bloque PPII KALÉ como SGC Puerto Wilches 1 y SGC Puerto Wilches 2.

Los modelos geofísicos de capas y los registros litológicos físicos de pozos de agua y de petróleo perforados y construidos y a partir de los cuales se proponen esquemas de correlación de capas litológicas informales permite proponer cuatro sitios donde se pueden ejecutar las perforaciones anteriores, para efectos de que se pueda validar el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Municipio de Puerto Wilches en el área de influencia de los Proyectos Pilotos de Investigación Integral PPII , al igual que cumplir los requisitos de orden técnico exigidos por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS en lo referente a la solicitud de los permisos de exploración de aguas subterráneas.

Para efectos de seleccionar y proponer sitios potenciales para perforar los dos pozos exploratorios se tuvo en cuenta los modelos de capas geofísicas provenientes de la interpretación y evaluación de los sondeos de sondeos electricos verticales con arreglo Schlumberger, los Sondeos Electromagnéticos y los registros de columnas litológicas de pozos de agua y de petróleo.

El diseño preliminar de los dos pozos propuestos para el área del bloque PPII KALÉ de acuerdo con el conocimiento del modelo hidrogeológico del subsuelo se identificaran como SGC Puerto Wilches 1 y SGC Puerto Wilches 2, y alcanzaran profundidades durante la perforación exploratoria entre 700 y 250 metros, instalándoles 75 m y 150 m metros de filtro en 6 pulgadas respectivamente, de ranura continua en acero, captando el mayor espesor de capas acuíferas potenciales desde la puntera o desarenador hasta la superficie.

- **Modelo Geofísico del Subsuelo**

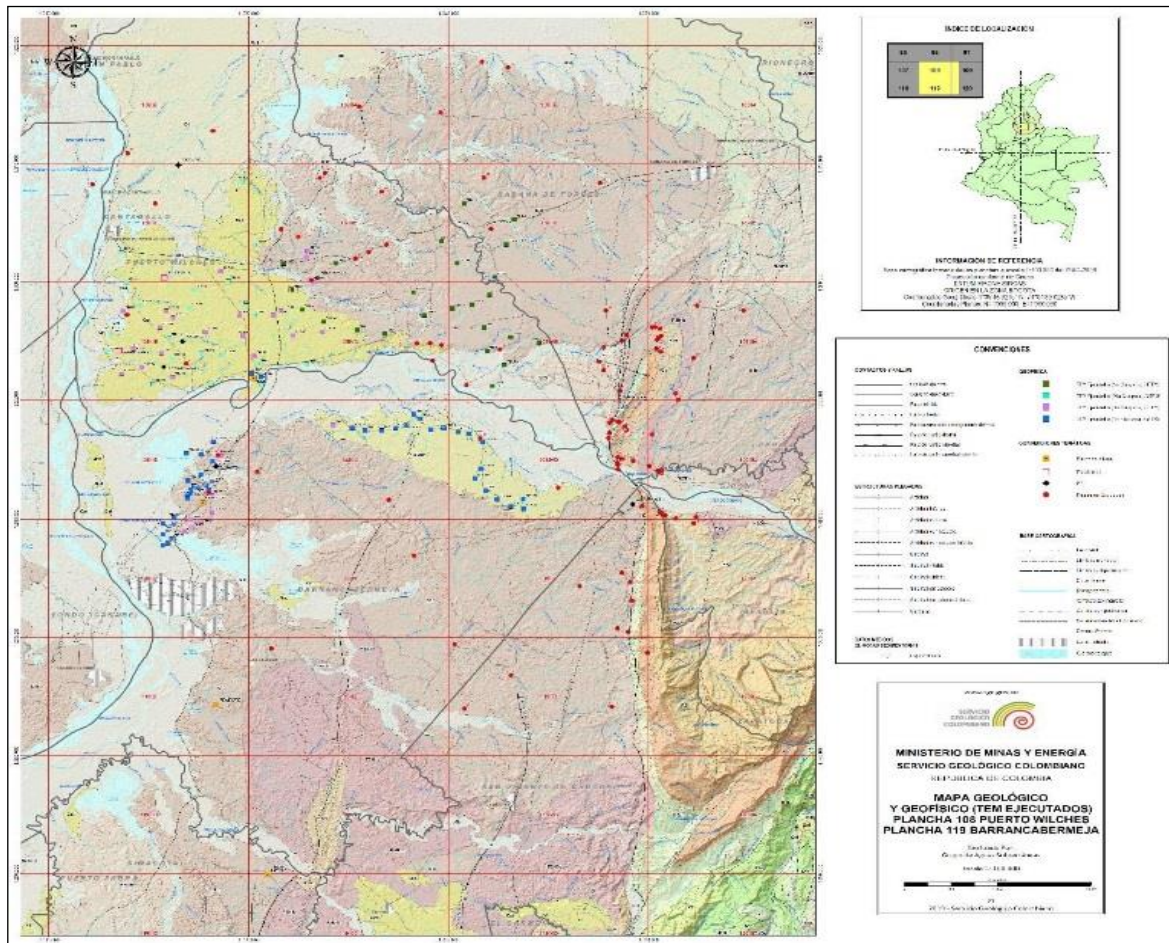
Al analizar la información consultada y suministrada por el Banco de Información Petrolera el Servicio Geológico Colombiano a través del Grupo de Exploración de Aguas Subterránea implemento una campaña de sondeos eléctrico y electromagnéticos que permitiera complementar el conocimiento del modelo geofísico de capas en el área de las planchas 108 y 119 donde se evidencia un potencial de aguas subterráneas que se hace necesario validar con la perforación de dos pozos exploratorios.

Los sondeos eléctricos verticales realizados en los estudios anteriores se ubicaban a distancias alejadas del sitio de interés para el SGC, por lo que se ejecutaron 6 sondeos eléctricos verticales obteniéndose en el campo datos de resistividad mediante 6 SEVs con arreglo de electrodos tipo Schlumberger con apertura de electrodos de corriente (AB/2) hasta 720m, utilizando el equipo de resistividad eléctrica ABEM Terrameter LS 2.

Utilizando el equipo Walk Tem se ejecutaron 8 sondeos electromagnéticos TEM (método transitorio electromagnético en el dominio del tiempo). más cercanos al sitio de interés para integrar los modelos de capas obtenidos con los modelos de capas de los SEVs y proponer perforar los pozos exploratorios SGC Puerto Wilches 1 SGC Puerto Wilches 2. Los modelos de capas geofísicas a través de los métodos anteriores permitió definir los límites (base - techo) de las capas geoelectricas en profundidad y en lateral a través de los cortes o perfiles propuestos.

Mediante este método se ejecutaron 8 TEM (2020) localizados principalmente en los Depósitos Aluviales Actuales, los cuales permiten proponer un modelo geofísico de capas geoelectricas en profundidad y su correlación con los registros de columnas y registros físicos de pozos de agua que alcanzan profundidades del orden de 400 metros.

La correlación de capas estratigráficas informales de naturaleza permeables (acuíferas y de naturaleza impermeables (acuicludos) permitió generar escenarios preliminares de diseños de los pozos exploratorios SGC Puerto Wilches 1 SGC Puerto Wilches 2, para efectos de planear los costos de perforación y construcción de los mismos y la generación de nuevo conocimiento hidrogeológico, hidráulico y ambiental para el uso, manejo y aprovechamiento de los sistemas acuíferos captados.

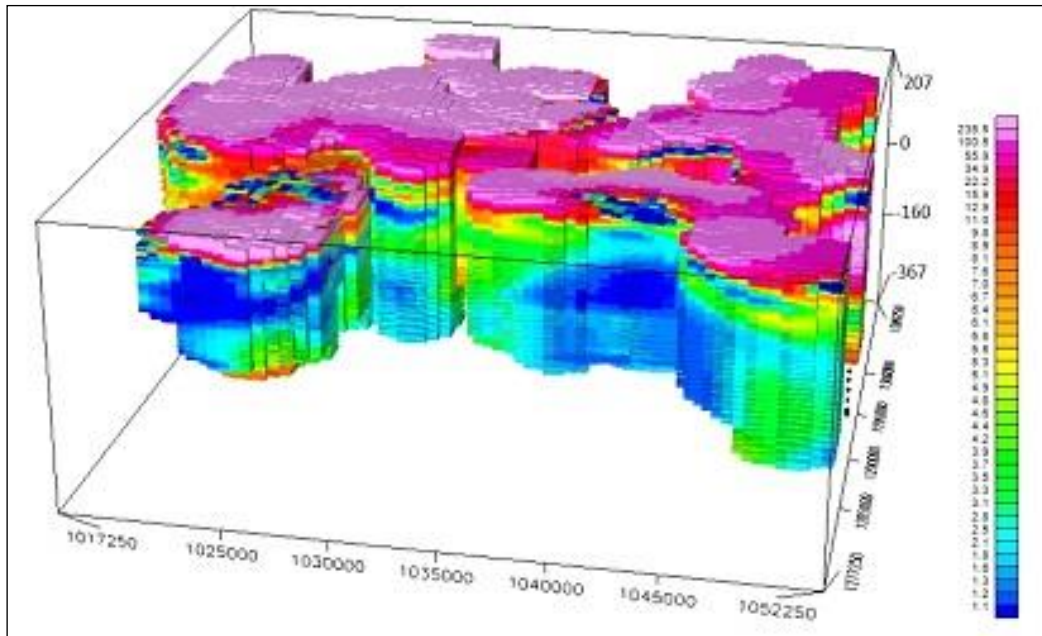


Mapa geológico con localización de los TEM, ubicados sobre los depósitos cuaternarios y los grupos Mesa y Real

La información obtenida para todos los TEM's es compilada en un único archivo y es incluida en el programa computacional Oasis Montaj de Geosoft, para realizar el mapeo tridimensional de la resistividad en el área de estudio.

A partir de los sondeos transitorios electromagnéticos se elaboran modelos de capas de isoresistividades, con el fin de correlacionar esta información con datos de pozos, mapas geológicos y columnas estratigráficas adquiridas en campo.

La metodología de adquisición de información geoelectrica a partir de TEM's, restringe unidimensionalmente las variaciones espaciales, es decir permite observar las variaciones de la resistividad en profundidad (una dimensión), a fin de observar variaciones espaciales tridimensionales, se compiló la información de todos los TEM en una base de datos geográfica y se realizó la interpolación correspondiente, obteniendo el modelo de resistividades.



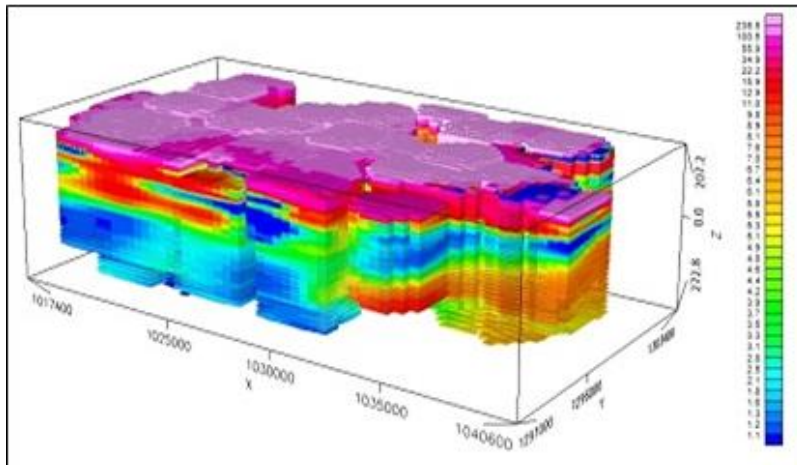
**Modelo de resistividades del sector central de VMM con la información adquirida en las campañas de campo del SGC, 2018-2019**

El modelo de isoresistividades alcanza profundidades máximas de 570m, medidas desde superficie; en términos generales en la región se muestra una capa superficial con valores de resistividad relativamente altos, la cual varia en grosor, alcanzando profundidades de hasta 100m, esta capa es subyacida por capas de diversos valores de resistividades.

Con el propósito de describir de manera más restringida la distribución de resistividades, se definieron cuatro zonas de análisis, dos de estas zonas se encuentran al norte del río Sogamoso, en el municipio de Puerto Wilches y las dos zonas restantes en los corregimientos del Llanito y Meseta de San Rafael.

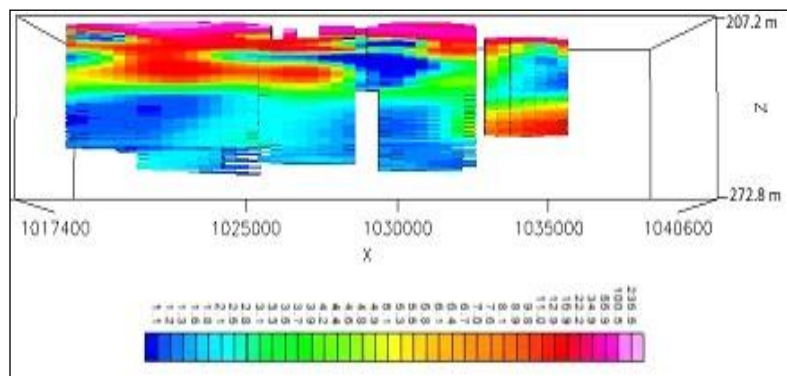
#### ➤ **ZONA 1: MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES OCCIDENTE**

En esta zona con la información obtenida de los TEM se construyó el modelo de resistividades del subsuelo, con valores máximos de 2140 Ohm\*m, el modelo alcanza profundidades de hasta 476 m, con referencia a superficie.



**Modelo de isoresistividades de la zona occidental del Municipio de Puerto Wilches**

En el sector suroccidental se observa en superficie valores altos de resistividades, subyacidos por una capa de resistividades altas con algunos lentes de resistividades relativamente bajas; subyacidos por una capa de resistividades relativamente medias, de grosor casi constante, continúa espacialmente.

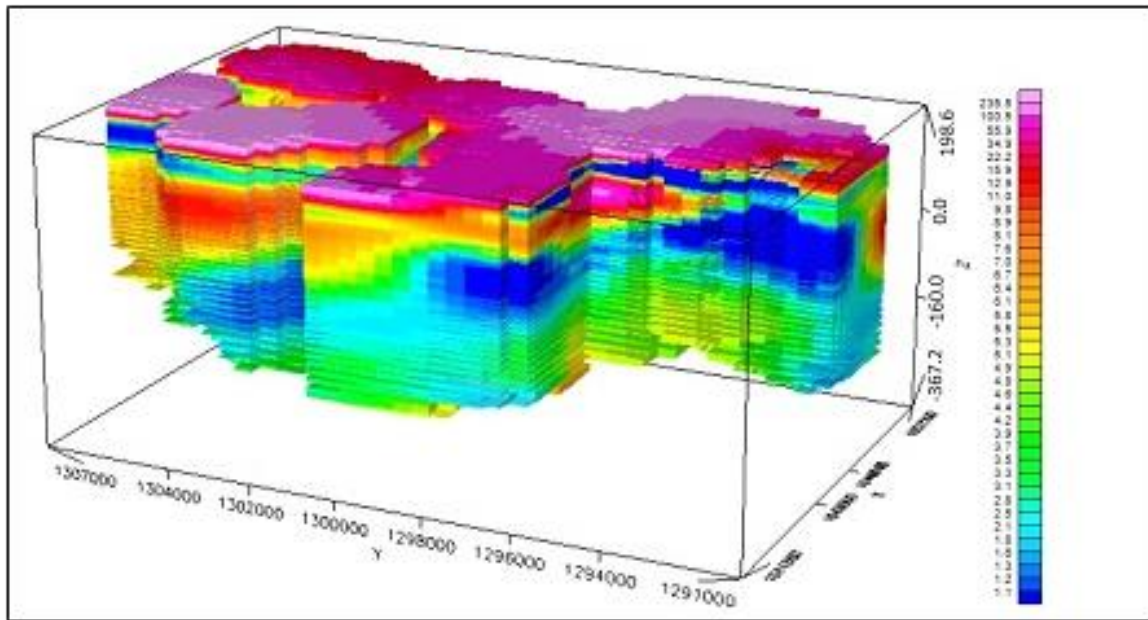


**Perfil 1 Sección de resistividades**

Hacia la parte central del perfil se observan zonas de forma lenticular de bajas resistividades, suprayacidas por una zona de resistividades altas y que a su vez se encuentran sobre una región delgada de resistividades con valores intermedios, finalizando en profundidad con una región de resistividades bajas.

## ➤ ZONA 2: MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES ORIENTE

En esta zona se realizaron 51 sondeos TEM, a partir de los cuales se construyó el modelo de resistividades del subsuelo, variando entre 3 Ohm\*m y 103 Ohm\*m, el modelo alcanza profundidades de hasta 552 m, medidos desde superficie.



**Modelo de isoresistividades de la zona oriental del Municipio de Puerto Wilches**

Comparado con el sector occidental de Puerto Wilches se observa una reducción en los valores de resistividad, lo cual es coincidente con el cambio en las formaciones en las cuales se hizo la adquisición, mientras que en la zona de Puerto Wilches occidental aflora el grupo Mesa, al oriente se encuentra aflorando el grupo Real.

En dirección norte se observa una capa de resistividades bajas la cual se profundiza con una inclinación de aproximadamente un grado ( $1^\circ$ ), la cual presenta una exageración vertical de 250.

En el área del Río Opón el Grupo Real esta unidad fue descrita por WHEELER (1935, pp. 36-37) con el nombre de Real Series dividiéndola en cinco formaciones que desde la base a la parte superior son: Lluvia, Chontorales shale, Hiel, Enrejado shale y Bagre. En este mismo orden la sucesión estratigráfica está formada por 30 m de conglomerados con cantos de liditas, cuarzo, fragmentos de carbón y mineral arcilloso de hierro. Siguen 500 m de areniscas conglomeráticas, con estratificación cruzada con intercalaciones de shales de color moteado de gris y azul (Formación Lluvia). Por encima de estas areniscas se encuentran unos 1300 m de shales moteadas de gris y rojo con areniscas en capas delgadas, con estratificación cruzada y ripple-marks (Chontorales shale). Un nuevo tramo de areniscas de 1100 m de espesor sigue a continuación, pero contiene menor cantidad de fragmentos de carbón que la arenisca inferior (Formación Hiel). En este nivel son frecuentes los troncos carbonizados y silicificados. Continuando hacia la parte alta aparecen 500 m de shales moteadas de color rojo gris, púrpura y pardo que alternan con areniscas en capas delgadas (Enrejado shale). Por último la sucesión termina con una arenisca frecuentemente conglomerática con estratificación cruzada y en la que son abundantes maderas carbonizadas y restos de hojas (Formación Bagre)

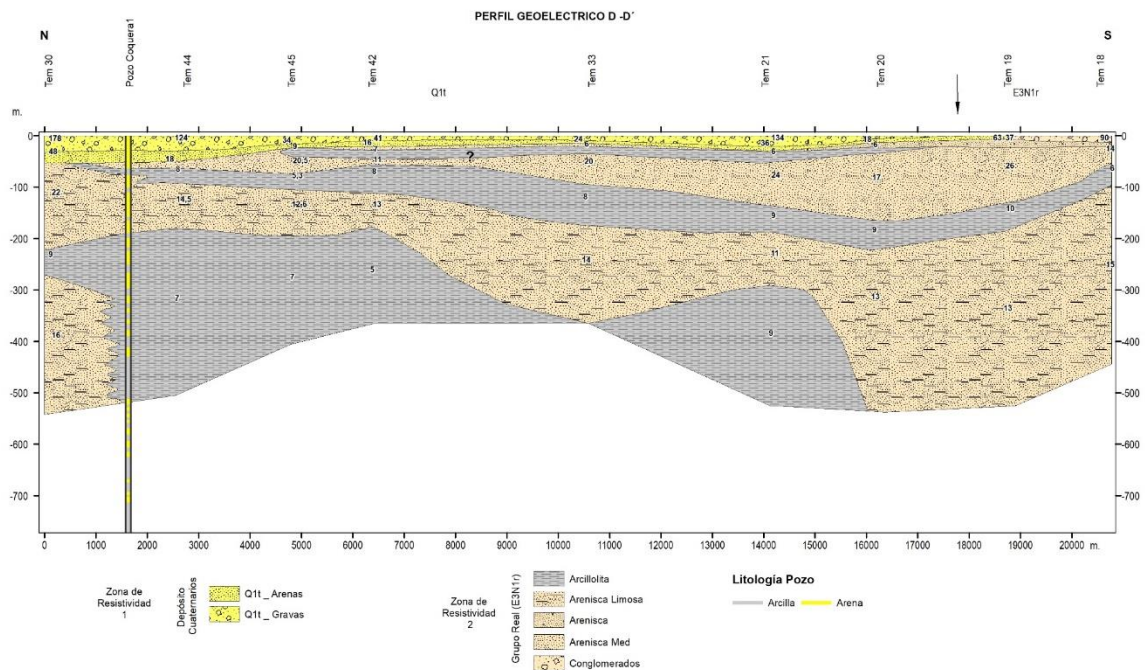
A continuación se presenta la correlación de sondeos electromagnéticos correlacionados localmente con columnas de pozos petroleros que nos indican secuencias de capas geoeléctricas correlacionables con capas de los sedimentos aluviales de los Depósitos de Terraza y sedimentos terciarios de los conjuntos superiores diferenciados del Grupo Bagre.

Los Tem's procesados se localizan principalmente sobre el Depósito de Terraza Aluvial (Qta) , y algunos otros sobre depósitos aluviales y fluvio lacustres, y dos sobre el Grupo Real.

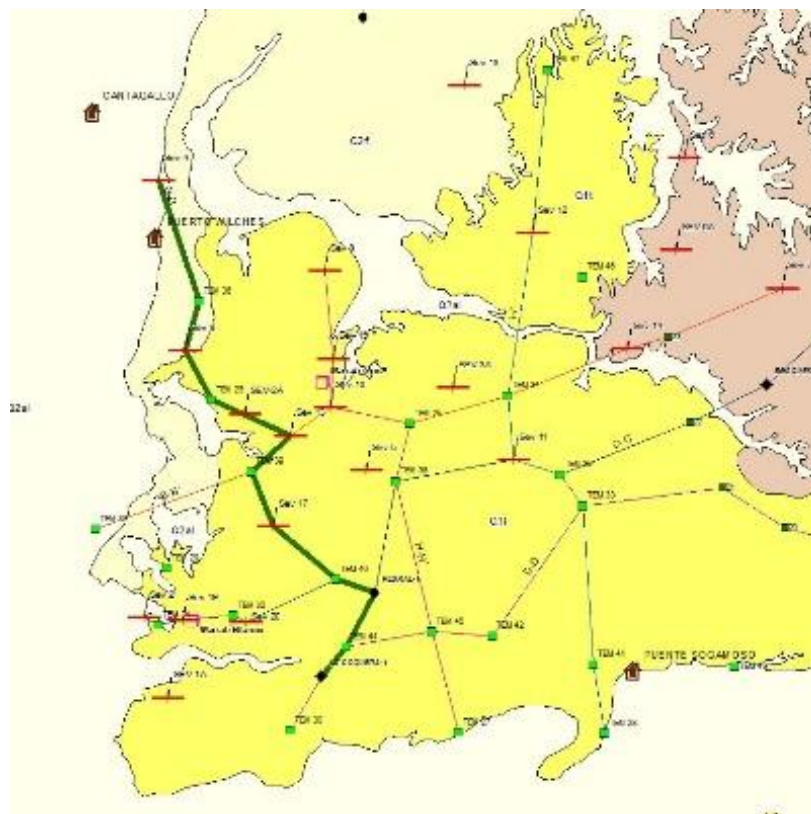




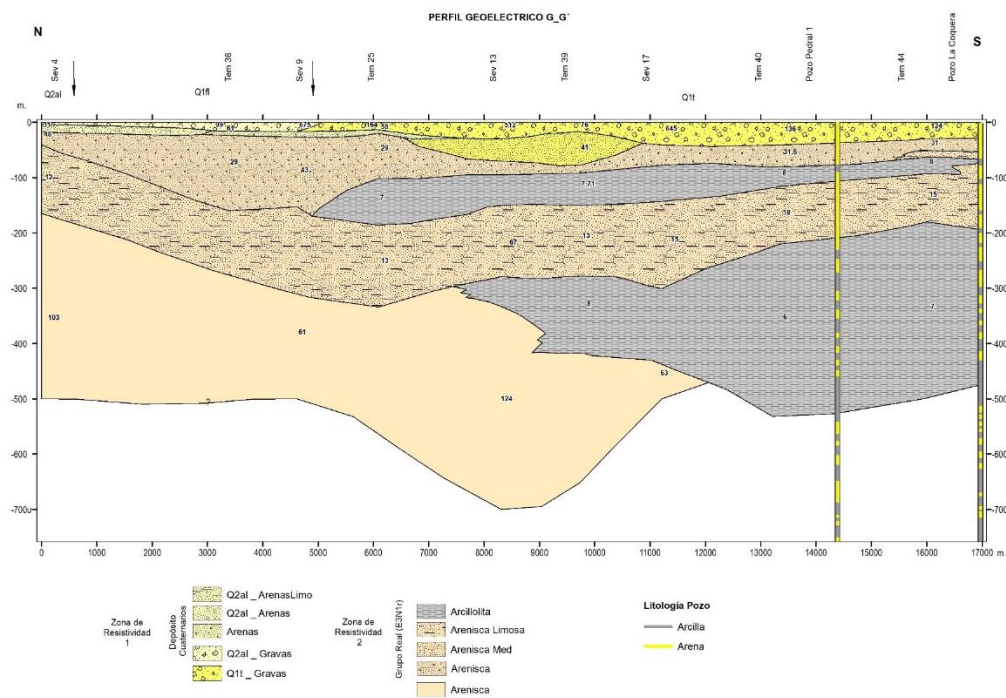




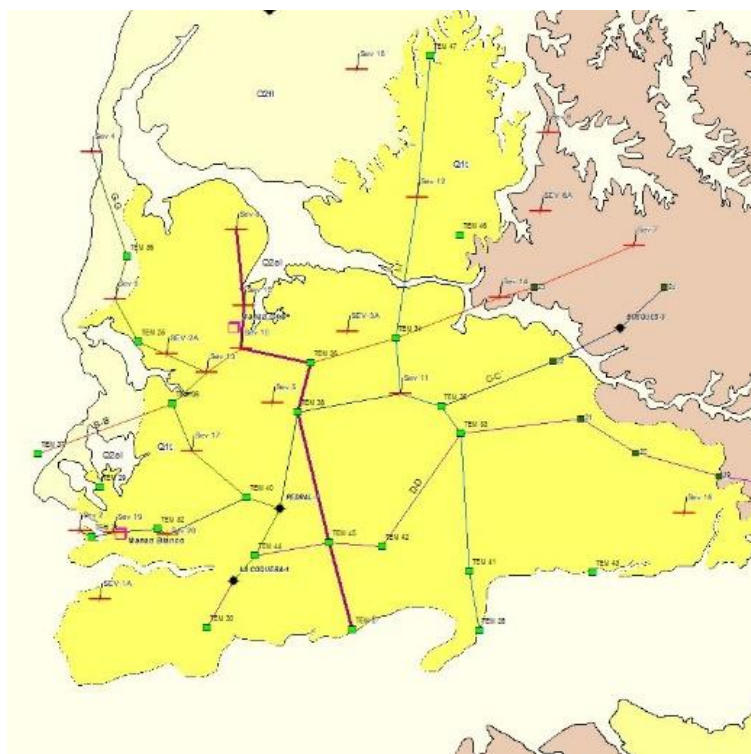
**Modelo de capas geoelectricas perfil DD'**



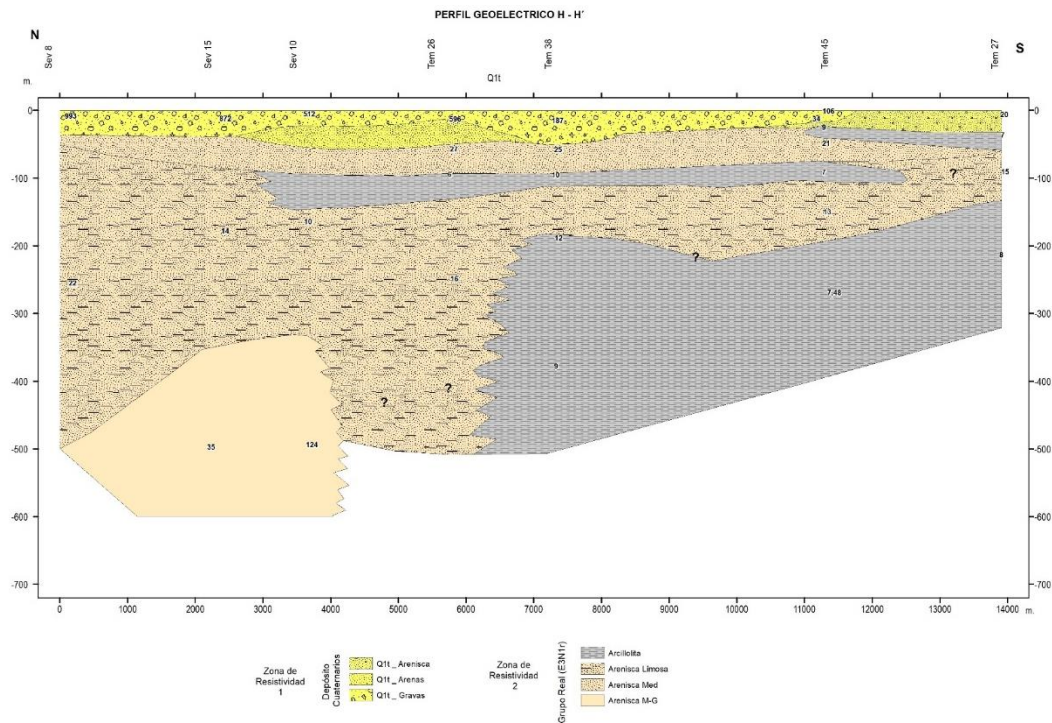
**Perfil Geofísico GG'**



**Modelo de capas geoelectricas perfil GG'**



**Perfil Geofísico HH'**



### Modelo de capas geoelectricas perfil II'

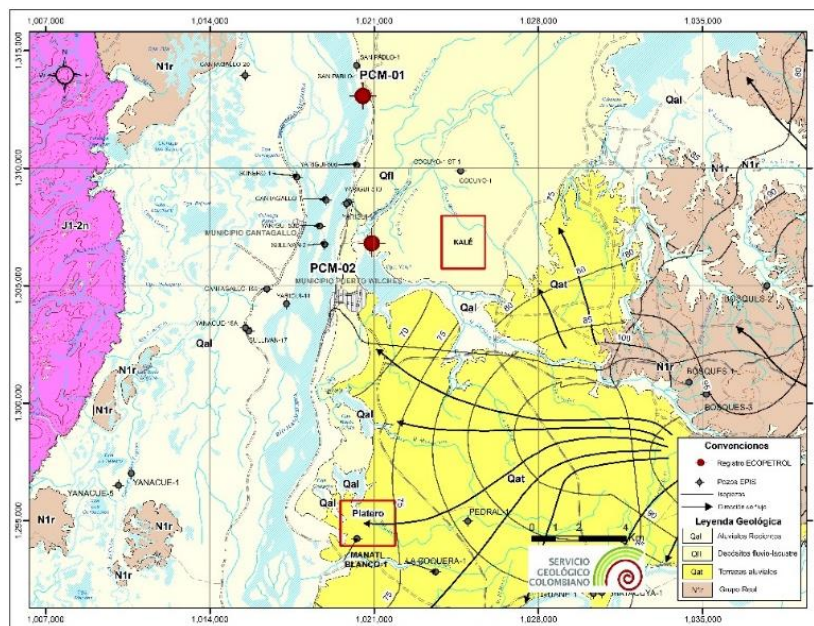
El modelo de capas geoelectricas para el depósito de terraza sugiere un espesor entre 20m y 80m con mayor espesor hacia su parte central; los valores de resistividad se encuentran entre 40 – y 90 Ohm-m que se correlacionan con arenas, fragmentos de areniscas de grano fino a medio saturadas, entre 90 – 300 metros la las capas geoelectricas se asocian a conglomerados, de guijos y cantos rodados areniscas de grano grueso saturadas. Entre 300 y 1000 m de profundidad los valores de resistividad se asocian a conglomerados con guijos, guijjarros y cantos rodados de areniscas.

Los valores que se encuentran debajo de estos rangos en las interpretaciones muestran que entre 80 y 400 metros más o menos de profundidad los rangos de resistividad están entre 4 – 10 ohm m asociado a secuencias de naturaleza arcillosas que incluyen arcillolitas no saturadas y secuencias con valores de resistividad entre 10 a 40 ohm m. asociado a limolitas, lodolitas saturadas, areniscas de grano fino.

El modelo geológico de la zona muestra a la los Depósitos de Terraza suprayaciendo discordante al Grupo Real. De acuerdo a la memoria de la plancha 108 y léxico estratigráfico describen la división del grupo en varias unidades de las cuales algunas están compuesta de hasta 1300 m shales, razón por la cual se sugiere que una de estas unidades seria la que infrayace el depósito de terraza, viendo las rango de valores y el ambiente de depósito (Royero José 2001). El ambiente de estos depósitos es interpretado como fluvial, por lo que se presentan capas cuneiformes.

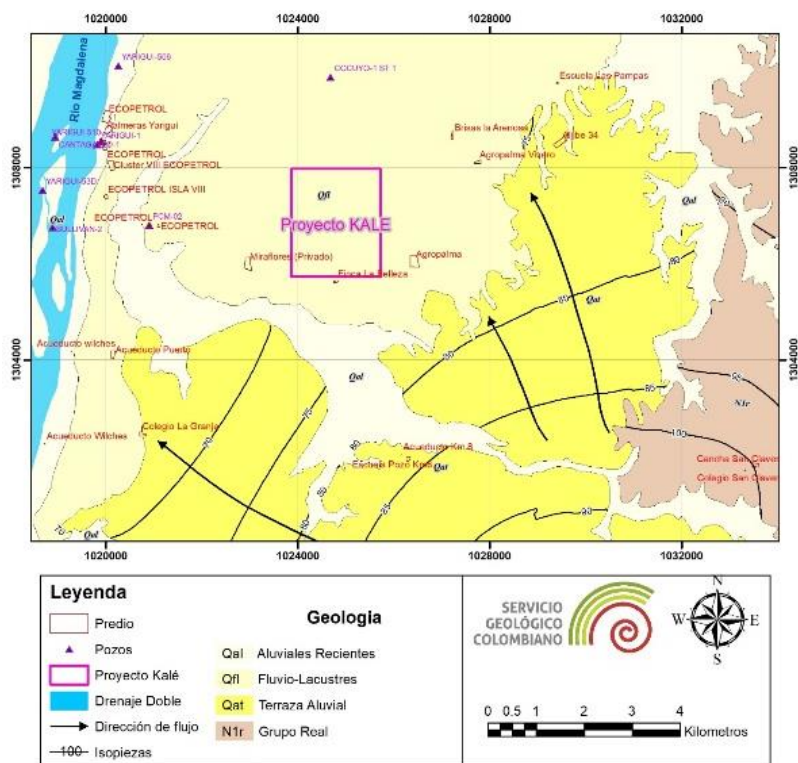
- **Correlación Geología - Geofísica**

El modelo geológico-geofísico del sitio donde se perforaron para el área del bloque PPII KALÉ los pozos SGC Puerto Wilches 1 y SGC Puerto Wilches 2, integran los modelos geofísicos de capas con la cartografía geológica de superficie e información disponible de descripciones litológicas y registros físicos de los pozos de agua y de petróleo en el área del proyecto piloto de investigación integral PPII Kalé.

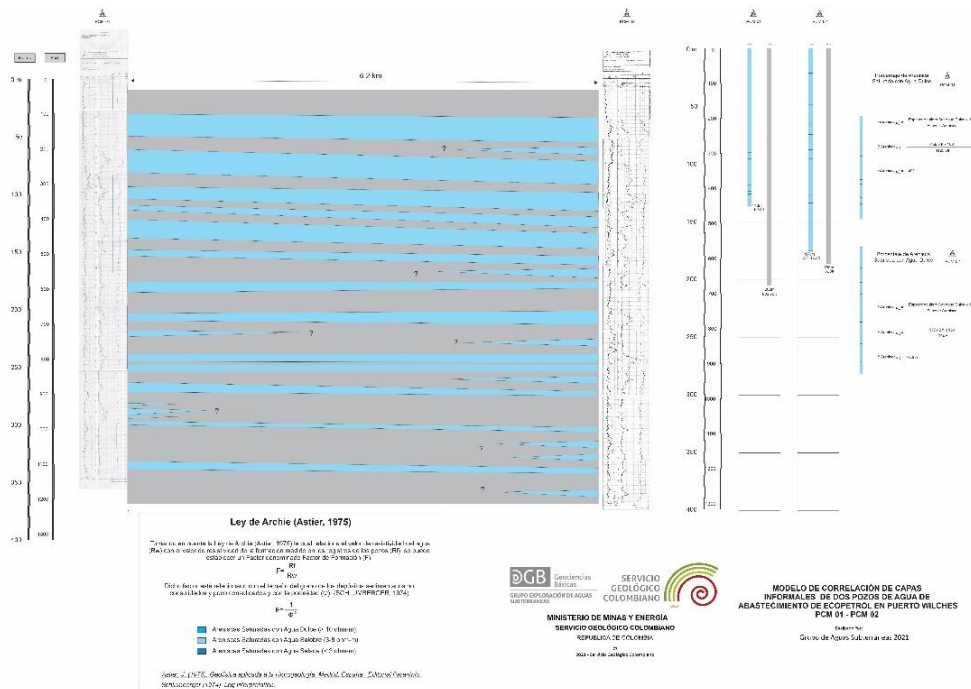


**Mapa geológico y modelo de flujo de aguas subterráneas en el área de los Proyectos Piloto de Investigación Integral PII Kalé y Platero**

En el área el proyecto piloto de investigación integral Kale se identificaron los pozos petroleros para efectos de conocer en detalle la secuencia litológica en profundidad desde los depósitos cuaternarios y la secuencia en profundidad de los sedimentos terciarios del grupo kale. Se gestiona la perforación y construcción de un pozo exploratorio en unas de las locaciones de los pozos de Ecopetrol (locación del pozo Yeregui 510) ubicados en la margen del río al noroeste del proyecto piloto de investigación integral Kale el cual alcanzará una profundidad de 700 metros.



**Predio Proyecto Kalé.**



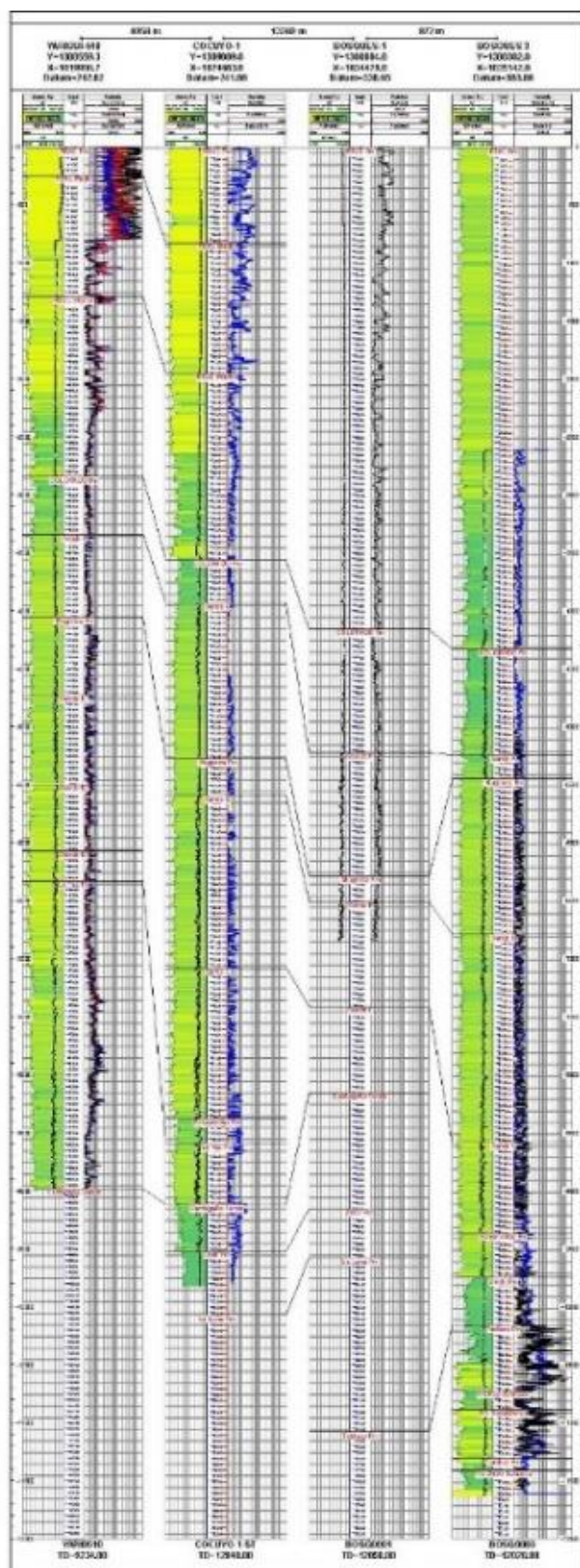
**Correlación de capas con base en los registros de columnas litológicas y registros de pozos de agua en el área de influencia el proyecto PII Kalé de Ecopetrol.**



**Pozo de Abastecimiento uso industrial Ecopetrol PCM 01**



**Pozo de Abastecimiento uso industrial Ecopetrol PCM 02**



Correlación de capas profundas de las unidades geológica con base en los registros de columnas litológicas y registros de pozos petroleros en el área de influencia el proyecto PPII Kalé de Ecopetrol.

Flujo arriba del proyecto Kalé se gestiona la perforación y construcción de un pozo en el área de influencia del Corregimiento el Ocho, el cual alcanzará una profundidad de 250 metros.



**Predios Escuela Km 8**

### ➤ **PERFORACIONES EXPLORATORIAS**

Los modelos hidrogeológicos conceptuales que se formulan en el marco de las actividades de exploración del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas – PEXAS del Servicio Geológico Colombiano requieren ser validados a través de la perforación de pozos exploratorios y técnicas isotópicas.

De acuerdo con lo anterior, el *Servicio Geológico Colombiano* a través de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas asignó al Grupo de Exploración de Aguas Subterráneas CUATRO MIL MILLONES DE PESOS MCTE (\$ **4.000.000.000**), rubros presupuestales del Presupuesto General de la Nación PGN, los cuales fueron destinados para la generación y ampliación del conocimiento del potencial de las aguas subterráneas validando el Modelo Hidrogeológico Conceptual que se ha formulado en su primera versión para el Valle Medio del Magdalena, en los municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente del Chucurí, en el Departamento de Santander, a escala 1:100000, a través de la perforación y construcción de dos pozos exploratorios que en el área del PPII Kalé se identificarán como Puerto Wilches 1, SGC- Puerto Wilches 2,. El estado del conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual del municipio de Puerto Wilches indica que los pozos proyectados a perforar y construir captarán capas acuíferas pertenecientes a sistemas acuíferos estratégicos de los Depósitos Cuaternarios Recientes y Terciarios de la Formación Grupo Real.

Como proceso de apertura, para estimar los costos de perforación y construcción de cada pozo, se enviaron solicitudes de cotización a diferentes empresas perforadoras, adjuntando cuatro escenarios de diseños preliminares proyectados para los pozos mencionados anteriormente.

En ese orden de ideas, para llevar a cabo el proyecto de perforación y construcción de pozos exploratorios se solicitaron cotizaciones para evaluar los costos inherentes de acuerdo a las especificaciones técnicas que se relacionan a continuación:

### ➤ **ESCENARIOS DE DISEÑO Y ACTIVIDADES DE PERFORACION Y CONSTRUCCION**

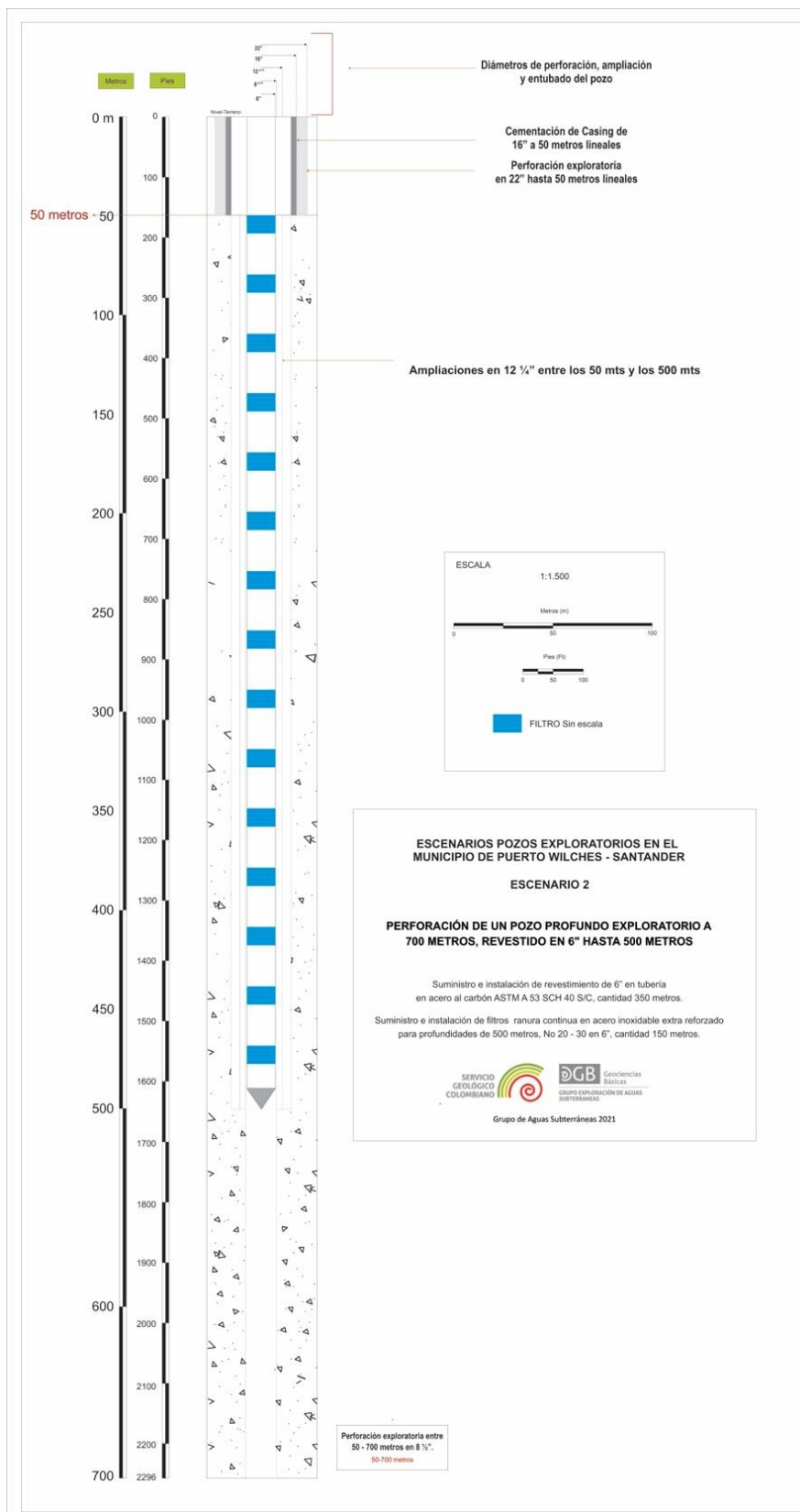
**POZOS EXPLORATORIOS**  
**MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER**  
**ESCENARIO POZOS EXPLORATORIOS Y DE MONITOREO**  
**BLOQUE DEL PROYECTO PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL PPII KALÉ**

✓ **POZO SGC PUERTO WILCHES 1, a 700 metros de profundidad.**

**Perforación de dos pozos profundos exploratorios a 700 metros, revestido en 6" hasta 500 metros.**

❖ **Actividades**

- Movilización y Traslado de Equipos.
- Adecuación del sitio de perforación.
- Perforación exploratoria en 22" hasta 50 metros lineales.
- Suministro e Instalación de Casing de 16" a 50 metros lineales.
- Cementación de Casing de 16" a 50 metros lineales.
- Perforación exploratoria entre 50 y 700 metros en 8 ½".
- *Ampliación en 12 ¼" entre los 50 mts y los 500 mts, para instalación de revestimiento (tubería ciega en acero al carbón SCH 40) y filtros en acero inoxidable extra reforzado ranura continua hasta 500 metros.*
- Suministro e instalación de revestimiento de 6" en tubería en acero al carbón ASTM A 53 SCH 40 S/C, cantidad 350 metros.



**Esquema Escenario de Diseños Pozos SGC PUERTO WILCHES 1 a 700 metros.**

- Suministro e instalación de filtros en 6" pulgadas, ranura continua en acero inoxidable extra reforzado para profundidades de 500 metros, No 20 - 30 en 6", cantidad 150 metros.
- Toma de rata de perforación metro a metro.
- Análisis de parámetros de lodos de perforación ( peso, viscosidad, contenido de arena).
- Toma de muestras de la perforación metro a metro con análisis litológico y granulométrico de las zonas acuíferas de interés para selección del tipo de gravilla y la ranura de filtro.
- Toma de Registros Físicos (Resistividad, Densidad, Potencial Espontaneo, Gamma Ray, Temperatura, Caliper) hasta 700 metros a escala 1:200, 1:500 Y 1:1000 en formatos digitales y análogos solicitados.
- Entubado y engravillado del pozo de acuerdo al diseño.
- Limpieza y Desarrollo del pozo (Lavado, uso de dispersantes de lodo, bombeo neumático, pistón, flauta, combinado e inclusive bombeo con bomba sumergible de prueba).
- Prueba de Bombeo a caudal constante, de extensa duración hasta de 48 a 60 horas, hasta llegar a nivel estacionario, con su respectiva recuperación hasta llegar al nivel estático original, y pruebas de bombeo escalonadas de 3 o 4 pasos o etapas de 3 a 4 horas de duración con su respectiva recuperación.
- Completamiento final ( instalación de Sello y construcción de base en concreto).
- Análisis físico químico de las aguas en laboratorio acreditado por el IDEAM, incluye iones mayoritarios, y parámetros físicos básicos.
- Barrera Visual para la zona de la perforación exploratoria de 1.200 metros cuadrados en dos alternativas: 1. material en polisombra y 2. En eterboard.
- Barrera auditiva para los motores fuentes de ruido utilizada en el desarrollo de la perforación exploratoria.
- Suministro e Instalación de registradores electrónicos de nivel de agua, temperatura y conductividad (data logger), con sus respectivos cables de lectura directa para tomar los datos en superficie y dispositivo para programación y descarga de datos
- Equipo detector de gases CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> durante toda la perforación y construcción del pozo.
- Instalación Valla Informativa del proyecto.

**POZOS EXPLORATORIOS**  
**MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER**  
**ESCENARIO POZOS EXPLORATORIOS Y DE MONITOREO**  
**BLOQUE DEL PROYECTO PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL PPII KALÉ**

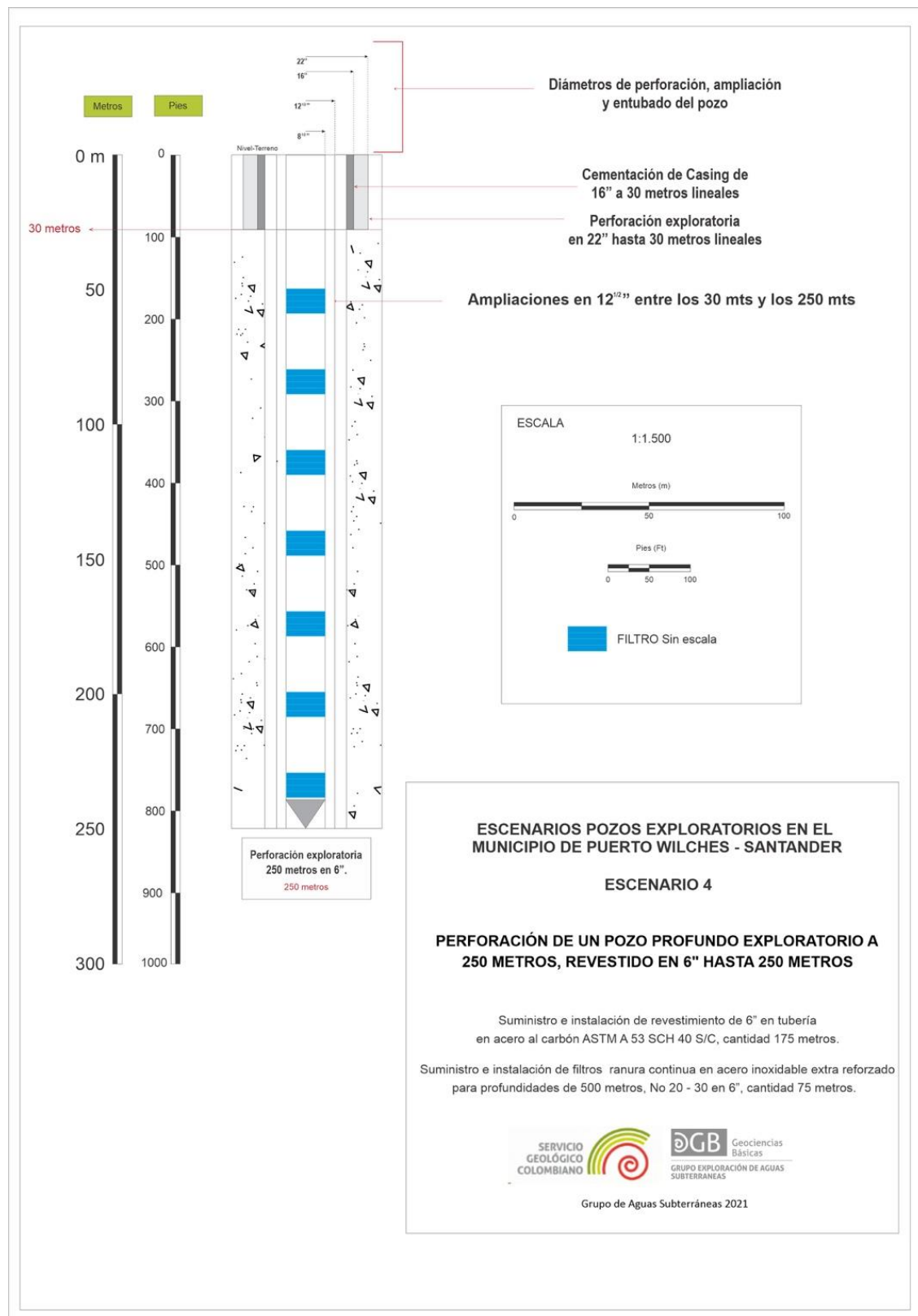
✓ **POZO SGC PUERTO WILCHES 2 a 250 metros.**

Perforación de un pozo profundo exploratorio a 250 metros, revestido en 6 " hasta 250 metros.

❖ **Actividades**

- Movilización y Traslado de Equipos.
- Adecuación del sitio de perforación.
- Perforación exploratoria en 22" hasta 30 metros lineales.
- Suministro e Instalación de Casing de 16" a 30 metros lineales
- Cementación de Casing de 16" a 30 metros lineales
- Perforación exploratoria a 250 metros en 8 ½".
- Ampliación en 12 ¼" para instalación de revestimiento (tubería ciega en acero al carbón SCH 40) y filtros en acero inoxidable extra reforzado ranura continua hasta 250 metros.
- Suministro e instalación de revestimiento de 6" en tubería en acero al carbón ASTM A 53 SCH 40 S/C, cantidad 175 metros.
- Suministro e instalación de filtros ranura continua en acero inoxidable extra reforzado para profundidades de 250 metros, No 20 - 30 en 6", cantidad 75 metros.
- Toma de rata de perforación metro a metro.
- Análisis de parámetros de lodos de perforación ( peso, viscosidad, contenido de arena)
- Toma de muestras de la perforación metro a metro con análisis litológico y granulométrico de las zonas de interés.
- Toma de Registros Físicos (Resistividad, Densidad, Potencial Espontaneo, Gamma Ray, Temperatura, caliper) hasta 250 metros a escala 1:200, 1:500 Y 1:1000 en formatos digitales y análogos solicitados.
- Entubado y engravillado del pozo de acuerdo al diseño.
- Limpieza y Desarrollo del pozo (Lavado, uso de dispersantes de lodo, bombeo neumático, pistón, flauta, combinado e inclusive bombeo con bomba sumergible de prueba).
- Prueba de Bombeo a caudal constante, de extensa duración hasta de 48 a 60 horas, hasta llegar a nivel estacionario, con su respectiva recuperación hasta llegar al nivel estático original, y pruebas de bombeo escalonadas de 3 o 4 pasos o etapas de 3 a 4 horas de duración con su respectiva recuperación.

- Completamiento final ( instalación de Sello y construcción de base en concreto)
- Análisis físico químico de las aguas en laboratorio acreditado por el IDEAM, incluye iones mayoritarios, y parámetros físicos básicos.
- Barrera Visual para la zona de la perforación exploratoria de 900 metros cuadrados en dos alternativas: 1. material en polisombra y 2. En eterboard.



**Esquema Escenario del Diseño del Pozo SGC PUERTO WILCHES 2 a 250 metros**

- Barrera auditiva para los motores fuentes de ruido utilizada en el desarrollo de la perforación exploratoria.
- Suministro e Instalación de registradores electrónicos de nivel de agua, temperatura y conductividad (data logger), con sus respectivos cables de lectura directa para tomar los datos en superficie y dispositivo para programación y descarga de datos
- Equipo detector de gases CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> durante toda la perforación y construcción del pozo.
- Instalación Valla Informativa del proyecto.

## **1. OBJETO**

Prestación de servicios para realizar perforaciones de pozos exploratorios para la generación de nuevo conocimiento Geocientífico que permita validar los modelos hidrogeológicos conceptuales formulados para los sistemas acuíferos ubicados en áreas del territorio nacional identificados por el Servicio Geológico Colombiano

ALCANCE: Realizar la perforación de dos pozos exploratorios en el área del Proyecto Piloto de Investigación Integral PPII KALÉ, que se identificarán como SGC Puerto Wilches 1, SGC Puerto Wilches 2, para validar el estado del conocimiento del modelo hidrogeológico de los sistemas acuíferos que ocurren y se extienden en el subsuelo al noreste de la cabecera del municipio de puerto Wilches, departamento de Santander.

## **OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

### **Las actividades y obligaciones específicas del contratista serán las siguientes:**

#### **Departamento de Santander, Municipio de Puerto Wilches**

El contratista deberá hacer entrega del cronograma de trabajo previsto al supervisor una vez se suscriba el contrato, y el mismo deberá ser aprobado por el SGC previo a la suscripción del acta de inicio correspondiente.

Los dos pozos exploratorios proyectados en el área rural del municipio de Puerto Wilches Departamento de Santander captarán capas en el subsuelo del Sistema Acuífero Grupo Real (Nir)

#### **Pozos Prototipo SGC Puerto Wilches**

- La ejecución de las dos perforaciones exploratorias localizada en el área del Proyecto Piloto de Investigación Integral PPII KALÉ que se identificarán como SGC Puerto Wilches 1, SGC Puerto Wilches 2, alcanzaran una profundidad de 250 y 700 metros. Los pozos que alcancen la profundidad de 250 metros se revestirá en 6 pulgadas hasta una profundidad de 250 metros. Los pozos que alcancen la profundidad de 700 metros se revestirán en 6 pulgadas hasta una profundidad de 500 metros. La longitud a entubar incluirá tubería ciega y filtros en 6 pulgadas, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas encontradas y el diseño realizado en forma conjunta entre el supervisor del Grupo de Exploración de Aguas Subterráneas del Servicio Geológico Colombiano y el Contratista. Se proyecta la instalación de filtros en acero inoxidable hasta el 30% de la longitud total entubada en el pozo.
- Para las actividades de toma de registros eléctricos, entubado y ejecución de pruebas de bombeo y toma de muestras es obligatoria la presencia del supervisor por parte del Servicio Geológico Colombiano, o el

delegado por parte del supervisor, para lo cual el Contratista deberá coordinar con la debida anticipación. La observación de éste literal se considerará como incumplimiento del contrato y se aplicará las pólizas respectivas.

- Las perforaciones exploratorias se deberán realizar por rotación con un diámetro mínimo de 8 1/2", mediante circulación directa, utilizando fluidos bentónicos base agua con un taladro de perforación, Si en algún momento se requiere otra modalidad, ésta deberá ser acordada entre el contratista y la supervisión del Servicio Geológico. El contratista deberá garantizar la penetración en todo tipo de material, para lo cual deberá contar con los elementos y herramientas de perforación necesarios.
- Llevar un registro de los parámetros del lodo de perforación (peso, contenido de arena y viscosidad), así como de tasa o rata de perforación y columna o registro litológico detallado mediante la recuperación de ripios metro a metro continuo y con la calidad necesaria para clasificar y describir los niveles estratigráficos en el sitio de la perforación. Estas muestras deberán permanecer debidamente etiquetadas y ordenadas en el lugar de la perforación para la revisión por parte del supervisor y del personal del Servicio Geológico Colombiano que realice las visitas de seguimiento a las labores. La columna litológica levantada en campo deberá estar culminada previo a la toma de los registros eléctricos.
- Una vez finalice la perforación exploratoria, se tomarán registros eléctricos hasta el 100% de la profundidad alcanzada, que incluirán como mínimo: Potencial Espontáneo, Rayos Gamma Natural, Resistividad con sonda larga y corta, Temperatura, y Caliper los cuales deberán suministrados a escalas adecuadas 1:200, 1:500 y 1:1000. Y entregados en formatos con extensión \* LAS y \* PDF.

#### **La perforación exploratoria incluyen las siguientes actividades**

- Suministro e Instalación, para el pozo a 700 metros, de Casing de 16 "cementado a 50 metros lineales de profundidad. y perforación exploratoria a 50 metros en 8 1/2".y ampliación en 22 pulgadas. Perforación exploratoria entre 50 y 700 metros en 8 1/2".
- Suministro e Instalación para el pozo a 250 metros de Casing de 16 " cementado a 30 metros lineales de profundidad, que involucra perforación exploratoria a 30 metros en 8 1/2" y ampliación en 22 pulgadas. Perforación exploratoria a 250 metros en 8 1/2".
- La ampliación de cada uno de los pozos, se llevará de 8 1/2", 12 1/4 " 14 3/4 ", 17 1/2 hasta 22 ", los diámetros de los casings a instalar será establecido por los especialistas del Servicio Geológico Colombiano, el supervisor y el Contratista. El material de revestimiento de la perforación será en tubería de acero al carbón Trinorma (API 5L / ASTM A53 / A106) SCHEDULE STANDARD o acero al carbón Sch 40) de 6 " de diámetro ( cantidad 525 metros), extrareforzado para tramos entre 0 a 250 metros para los pozos a entubar a 250 metros y para tramos entre 0 y 500 metros para los pozos a entubar a 500 metros , Los filtros serán de ranura continua en acero inoxidable extrareforzado, No 20 o No 30 de acuerdo al análisis granulométrico, de 6" (cantidad 175 metros) para los pozos a entubar entre 0 a 250 metros al igual que de los pozos a entubar entre 0 y 500 metros..
- Se deberá realizar análisis granulométrico de las capas potencialmente acuíferas captadas por la perforación, con el fin de establecer el tipo de gravilla a utilizar y apertura de filtros óptimos para el diseño del pozo.
- Cada pozo se entregará engravillado en la zona de producción, con sello en arcilla y sello sanitario en concreto (placa de 1x1x0.5 metros) alrededor de la boca del pozo.
- Ejecutar en cada uno de los pozos, la Limpieza y Desarrollo del pozo mediante pistoneo, "jetting" y/o cualquier otro procedimiento establecido que garantice la ausencia de material fino en el agua extraída y bombeo continuo durante mínimo 2 días (48 horas). El contratista deberá garantizar la fase de limpieza y desarrollo, para lo cual deberá contar con los elementos y herramientas de limpieza y desarrollo pertinentes para el pozo a construir.

- Para cada uno de los pozos, realizar pruebas de bombeo a caudal constante entre 24 y 48 horas con su respectiva recuperación hasta al menos el 100% del nivel estático inicial y prueba escalonada en tres pasos o etapas con su respectiva recuperación, realizadas con bomba sumergible. El contratista deberá suministrar un equipo de bombeo con capacidad suficiente (caudal, cabeza hidráulica y potencia) para garantizar la extracción del máximo caudal y rendimiento del pozo. De igual forma deberá disponer de sondas para medición de niveles aforadas cada milímetro, con señal luminosa y/o acústica y de marca reconocida en el mercado.
- Realizar para cada uno de los pozos análisis físico-químico del agua que permitan caracterizar la misma desde el punto de vista hidrogeoquímico y el uso del pozo, en un laboratorio acreditado por el IDEAM. Se deben seguir los protocolos para la toma, almacenamiento y transporte de las muestras de agua hasta el laboratorio seleccionado por el contratista.
- Correr y grabar un video de verificación para cada uno de los pozos hasta la profundidad total (entubado) una vez construido y terminado que permita confirmar el estado y ubicación en profundidad de las tuberías ciegas, los filtros y el desarenador.
- Antes de iniciar las actividades de perforación se debe instalar una barrera visual y auditiva en un área entre 72 y 200 metros cuadrados en dos alternativas 1) material de zinc y 2. En eterboard, con el fin de contrarrestar los motores fuente de ruido durante las etapas de perforación y construcción del pozo.
- Antes de iniciar y durante las actividades de perforación y construcción del pozo el contratista deberá contar con un equipo de detector de gases para efectos de realizar mediciones periódicas de los gases (Ácido Sulfhídrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Dióxido de Carbono ( CO<sub>2</sub>) y gas Metano (CH<sub>4</sub>) situación que será verificada por la supervisión del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.
- Suministrar e instalar en cada uno de los pozos la totalidad de la tubería, materiales y accesorios necesarios para la adecuación de producción, según acuerdo previo con el supervisor del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.
- Los equipos, adecuación del sitio elegido y toda la infraestructura necesaria para la ejecución de la perforación (fuente de energía, agua, adecuación de vías y/o nivelación del terreno) serán por cuenta del contratista, quien las transportará y ubicará en el sitio señalado por el personal del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO y el supervisor. Cualquier intervención sobre la estructura física del área será restaurada con las mismas especificaciones por parte del contratista.
- Mantener con carácter confidencial, toda la información de propiedad del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO a la que tenga acceso en desarrollo del objeto del contrato, y no podrá utilizarla o divulgarla a terceras personas. En caso de incumplimiento de lo señalado y de las normas que regulan la propiedad intelectual y los derechos de autoría por parte del contratista, el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ejercerá las acciones legales pertinentes.
- Instalar uno (1) valla de información para cada uno de los pozos, en el sitio de ejecución indicado por el SUPERVISOR, de acuerdo con la información y condiciones exigidas por EL SGC. Estas vallas deberán actualizarse y permanecer legibles y en buen estado durante todo el tiempo de ejecución del contrato.
- El sitio de perforación deberá ser adecuado y entregado en las mismas condiciones como fue entregado por parte del Servicio Geológico Colombiano.
- Finalizadas las perforaciones se deberá proceder con la colocación de una placa de identificación, la cual contará con los datos básicos de localización y de la perforación y construcción (el SGC dará en su momento las especificaciones a detalle de tal placa) las cuales se deben cumplir en su totalidad.
- Disponer como mínimo de los equipos y máquinas para perforación y construcción de los pozos objeto del presente proceso, establecidos en los requisitos técnicos.

- Entregar al Supervisor, las hojas de vida del equipo de trabajo presentado por el CONTRATISTA antes de la ejecución la perforación.
- Los pozos deberán ser perforados simultáneamente contando para tal fin con dos taladros en el municipio de Puerto Wilches, Departamento de Santander.
- Antes de iniciar la perforación y construcción de los pozos, el CONTRATISTA deberá presentar un informe con el personal mínimo de acuerdo con lo establecido en la oferta propuesta (director y residentes de campo) y anexar las hojas de vida y copias de actas, títulos y certificaciones de experiencia correspondientes, expedidas por el contratante. Para hacer aprobadas formalmente por el supervisor del Servicio Geológico Colombiano.

Nota: Si durante la ejecución del proyecto alguno de los integrantes del grupo de trabajo propuesto no puede participar en el proyecto por razones de fuerza mayor demostrada, este debe sustituirse por otro igual o que supere las exigencias del presente documento, previa solicitud por escrito por parte del contratista y la correspondiente aprobación del supervisor del Servicio Geológico Colombiano.

### 3. PRODUCTOS ESPERADOS

#### 3.1 Departamento de Santander, Municipio de Puerto Wilches.

Además de la información de campo y análisis definidos anteriormente, los productos finales a entregar al Servicio Geológico Colombiano son:

- a) Dos pozos exploratorios perforados y entubados, según las especificaciones técnicas estipuladas, con base en el análisis de la información obtenida, entre el contratista, el supervisor y los especialistas del Servicio Geológico Colombiano. Los pozos estarán revestidos en tubería de acero al carbón Trinorma (API 5L /ASTM A53/A106) SCHEDULE STANDARD o acero al carbón Sch 40) de 6 " de diámetro ( cantidad 525 metros), extrareforzado para tramos entre 0 a 500 metros, Los filtros serán de ranura continua en acero inoxidable extrareforzado, No 20 o No 30 de acuerdo al análisis granulométrico, de 6" de diámetro (cantidad 225 metros) , para tramos entre 0 a 250 y 0 a 500 metros de profundidad para los pozos construidos a 250 metros y 500 metros respectivamente.
- b) Informe final por cada pozo (Cuatro Informes- 2 copias por cada pozo) de acuerdo con los estándares del Servicio Geológico Colombiano el cual deberá incluir:
  - Registros físicos hasta el 100% de la profundidad alcanzada, que incluirán como mínimo: Potencial Espontáneo, Rayos Gamma Natural, Resistividad con sonda larga y corta, Temperatura, y Caliper los cuales deberán suministrados a escalas adecuadas 1:200, 1:500 y 1:1000. Y entregados en formatos con extensión \* LAS y \* PDF y su correspondiente soporte fotográfico. Para cada uno de los pozos.
  - Datos originales (magnético y físico), metodología de procesamiento y gráficos resultantes, a escalas adecuadas, de las pruebas y ensayos específicos realizados (pruebas de bombeo y registros de pozo) así como el análisis e interpretación de dichas pruebas y su correspondiente soporte fotográfico, para cada uno de los pozos.
  - Registro de los parámetros durante la perforación (lodos, tasa de perforación o rata de perforación) y su correspondiente soporte fotográfico, para cada uno de los pozos.
  - Columna litológica metro a metro (a escala 1:200) en la que se describen cada uno de los materiales perforados, tasa de perforación y cambios estratigráficos observados, y su correspondiente soporte fotográfico de los rípios de perforación, para cada uno de los pozos.

- Información de la interpretación de los registros físicos (eléctricos) de cada pozo: Resistividad (sonda normal corta y larga), Potencial Espontáneo y Gamma Natural, información del diseño de pozo, información de las actividades de limpieza y desarrollo, información de las pruebas de bombeo, información de la metodología para la ejecución de los trabajos e interpretación de resultados con sus correspondientes registros fotográficos. Esta información se entregará diligenciada en los formatos suministrados por el Servicio Geológico Colombiano.
- Resultados originales de los análisis fisicoquímicos del agua del pozo, de un laboratorio acreditados por el IDEAM y reportados también en el formato proporcionado por el Servicio Geológico Colombiano, para cada uno de los pozos.
- Video de verificación editado del estado mecánico para cada uno de los pozos en formato digital.
- Muestras de ripios de perforación, recolectadas y etiquetadas metro a metro, en bolsas separadas de 150 gramos cada una y almacenadas en cajas de acuerdo a los protocolos del SGC, para cada uno de los pozos.

Este informe se deberá entregar impreso a color y en medio magnético, compatible con el formato de Microsoft Word y PDF, (Dos copias originales por cada pozo).

Los documentos que el contratista produzca en desarrollo del contrato deberán proporcionar información clara, completa, actualizada, aplicable y verificable en forma sencilla sin redundancias ni procesamiento adicional. El informe para cada uno de los pozos incluirá todas las actividades con registros fotográficos durante las fases de la perforación exploración, construcción, limpieza y desarrollo, pruebas de bombeo y completamiento final y adecuación del terreno a sus condiciones originales.