

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Técnico No. 08070, 29 de diciembre del 2023

INFORME DEL ESTADO AMBIENTAL DE LOS ACUÍFEROS CON INFLUENCIA EN EL PERÍMETRO URBANO DEL DISTRITO CAPITAL-AÑO 2023

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.
2. OBJETIVOS.
 - 2.1. Objetivo General.
 - 2.2. Objetivos específicos.
3. MARCO METODOLÓGICO.
4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DISTRITO CAPITAL.
 - 4.1. Contexto Modelo Hidrogeológico Conceptual.
 - 4.2. Características de la Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas.
 - 4.3. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica de 26 pozos de monitoreo.
 - 4.3.1. *Análisis de los resultados de la RMAS implementado polígonos de Voronoi.*
5. HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.
 - 5.1. *Relaciones Químicas.*
 - 5.2. *Análisis Diagramas Piper.*
6. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DISTRITO CAPITAL.
 - 6.1. *Grasas y Aceites.*
 - 6.2. *Coliformes Fecales.*
 - 6.3. *Nitratos.*
7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS BRIGADAS DE NIVELES REALIZADAS EN EL DISTRITO CAPITAL.
 - 7.1. *Interpretación del nivel piezométrico - Zona Norte.*
 - 7.2. *Interpretación del nivel piezométrico - Zona Sur.*
8. Conclusiones y Recomendaciones.

1. INTRODUCCIÓN.

La red de monitoreo de aguas subterráneas-RMAS está conformada por 27 puntos de monitoreo, la cual se ajusta anualmente teniendo en cuenta aspectos como la solicitud de concesión de aguas subterráneas o las condiciones tanto físicas como de transmisión de los dispositivos. En este sentido, al 31 de julio de 2023 esta Autoridad mediante el control trimestral que realiza a los dispositivos determina lo siguiente: Los equipos ubicados en los pozos pz-01-001 (Parmalat) y pz-11-0101 (Unicervantes) presentan avería en las baterías; los equipos ubicados en los pz-01-0070 (Club Millonarios), pz-12-0025 (Artesanías de Colombia), pz-01-0070 (Club Millonarios) y pz-16-0029 (Textrama) presentan fallas en la transmisión de datos. Adicionalmente, los equipos ubicados en los pozos pz-11-0023 (MEALS) y pz-10-0022 (Autobeto) deben ser trasladados debido a que el plan de datos no funciona en esta zona del Distrito Capital (MEALS) y el local donde está ubicado el pozo pz-10-0022 no presenta personal para atender la visita e ingresar a descargar los datos.

De otra parte, el grupo de aguas subterráneas aumentó el número de pozos al que le realiza las brigadas de niveles de forma semestral, pasando de monitorear 58 pozos en el año 2021 a 83 en la vigencia actual permitiendo de esta manera incrementar el conocimiento de las unidades hidrogeológicas monitoreadas.

Finalmente, se realiza un análisis de las condiciones hidrogeoquímicas y de calidad del agua subterránea del año 2016 a 30 de junio del 2023 para los pozos concesionados, en sellado temporal y definitivo, obteniendo como resultado que el acuífero Formación Sabana presenta generalmente condiciones de flujo local y que se deben implementar medidas de manejo a los pozos que presenta coliformes fecales y grasas y aceites.

En síntesis, las actividades que realiza esta Autoridad en el marco de la RMAS, las brigadas de niveles y el análisis hidrogeoquímico y de calidad del agua, permiten como primera premisa un monitoreo continuo de las unidades hidrogeológicas objeto de aprovechamiento en el Distrito Capital, generando de esta manera la toma de decisiones y herramientas enfocadas al estudio, gestión y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar la hidrodinámica, hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea como una herramienta de conocimiento, administración y gestión en la toma de decisiones sobre el recurso hídrico subterráneo en el Distrito Capital.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica de las unidades hidrogeológicas Acuífero Formación Sabana, Acuífero Formación Tilatá, Acuitardo Formación Subachoque, Acuitardo Formación Usme, Acuitardo Formación Bogotá, Acuífero Formación Regadera, Acuífero Formación Labor-Tierna y Acuitardo Formación Plaeners.

Página 2 de 81

- Analizar la hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea del año 2016 a 30 de junio del 2023 en el Distrito Capital.
- Evaluar para el año 2024 como complemento al informe presentado en el año 2023, el comportamiento de las isopiezas con base en la información recopilada en las brigadas de niveles.
- Generar alertas tempranas sobre la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico subterráneo para la toma de decisiones sobre la concesión, prorroga y manejo del agua subterránea en el Distrito Capital.

3. MARCO METODOLÓGICO.

El presente informe se estructura a partir del análisis de la red de monitoreo de aguas subterráneas-RMAS, la cual, tiene como finalidad recopilar y analizar la información relacionada con el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica registrada en los transductores de presión ubicados en pozos que presentan un estado de sellamiento temporal. Posteriormente se analiza la calidad e hidrogeoquímica del agua subterránea del año 2016 a junio del 2023, identificando cuáles son las zonas con presencia de coliformes fecales, grasas y aceites y nitratos, así como, la evolución del agua a partir de relaciones químicas entre aniones y cationes.

Finalmente, se realiza el análisis de los niveles registrados en las brigadas que ejecuta la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, para el año 2023 a 83 pozos, en los cuales se suspende el bombeo de agua subterránea durante 4 días seguidos, para obtener condiciones estables y definir cambios en la dinámica hídrica de las unidades hidrogeológicas explotadas.

4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DISTRITO CAPITAL.

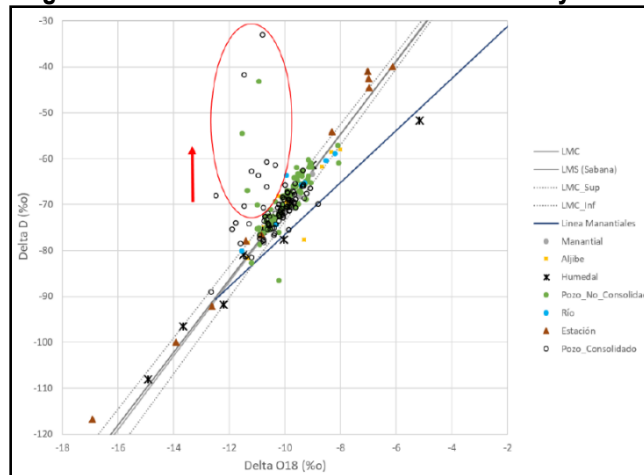
4.1. Contexto del Modelo Hidrogeológico Conceptual.

Antes de analizar la información obtenida en la RMAS, calidad del agua, hidrogeoquímica y brigadas de nivel es importante realizar el siguiente contexto hidrogeológico.

Como primera premisa es importante mencionar que las unidades hidrogeológicas que afloran (Grupo Guadalupe y la Formación Regadera) en los cerros ubicados al oriente, sur y sector conejera forman a partir de la precipitación una carga hidráulica que alimenta los paquetes arenosos de la Formación Sabana y Tilatá. Otro tipo de recarga del acuífero Formación Sabana, es el generado por los flujos de tipo vertical que provienen de la superficie, los cuales, descienden atrabancando una capa de arcillas de aproximadamente 40 m de espesor. En síntesis, la Formación Sabana que presenta la mayor demanda de agua subterránea en el Distrito Capital con un 78 % de las concesiones, se recarga de forma indirecta a partir de flujos laterales y verticales provenientes de otras unidades hidrogeológicas.

Lo anterior, en relación con una recarga asociada a la precipitación es corroborado con el análisis isotópico que realiza esta Autoridad en el informe “*Modelo Hidrogeológico Conceptual del Acuífero Subsuperficial o Somero en el Perímetro Urbano del Distrito Capital (SDA, 2018)*”, donde se evidencia que el contenido isotópico de los pozos muestreados tanto del Oxígeno O18 como del Deuterio H2 se encuentran cerca o sobre la línea meteórica local, como se observa a continuación.

Figura 1. Relación entre las variaciones del 2H y el 18°.



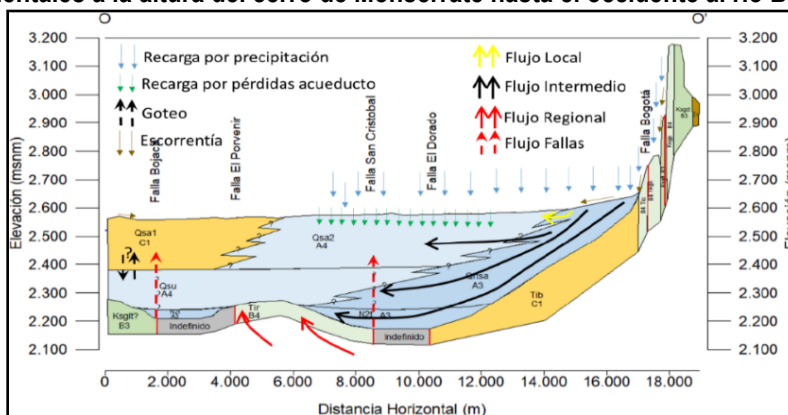
Fuente: Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del Distrito Capital. Convenio de asociación No SDA-CV 20161264. Noviembre de 2018.

Como complemento a lo anterior, se evidencia frente a la hidrogeoquímica en anteriores estudios hidrogeológicos, que los puntos que captan del acuífero formación Sabana (arcillas y arenas finas) se clasifican como Bicarbonatada Sódica; donde la presencia del sodio se debe principalmente a procesos de cambio de bases de las arcillas. Igualmente, es de resaltar que el agua subterránea de la formación Arenisca Labor – Tierna se clasifica como Clorurada-Cálcica-Sódica y Bicarbonatada Sódica, debido a la disolución de silicatos como feldespatos y cuarzo principalmente (SDA, 2013).

Finalmente, frente al comportamiento hidrogeoquímico de las unidades hidrogeológicas, el informe “*Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del Distrito Capital*”, 2018, indica que la evolución del agua subterránea desde los cerros orientales hasta la desembocadura del río Bogotá presenta un enriquecimiento importante en Bicarbonato y Sodio (7 meq/l y 6 meq/l respectivamente), y un incremento menos acentuado en Calcio, Sulfato, Magnesio y Cloruro (del orden de 1 meq/l). Por otro lado, en el Grupo Guadalupe y Formación Tilatá se observa el mismo enriquecimiento de Bicarbonato y Sodio (8 meq/l y 11 meq/l), el cual, es bien diferenciado de los demás cationes y aniones (cloruros y sulfatos rondan incrementos de 2.5 meq/l y Calcio y magnesio de 1 meq/l).

En resumen, la siguiente representación gráfica esquematiza las hipótesis mencionadas con anterioridad frente al sistema de recarga de las unidades hidrogeológicas, valorando como principal flujo de agua la recarga lateral y vertical que ingresa a los acuíferos en contacto con el Grupo Guadalupe.

Figura 2. Perfil que relaciona las condiciones de flujo de las unidades hidrogeológicas que atraviesan desde los cerros orientales a la altura del cerro de Monserrate hasta el occidente al río Bogotá en Bosa.



Fuente: Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del Distrito Capital. Convenio de asociación No SDA-CV 20161264. Noviembre de 2018.

Es importante resaltar que otro medio de recarga indirecta de las unidades hidrogeológicas que infrayacen el Distrito Capital son las infiltraciones que se generan por las pérdidas del acueducto y alcantarillado, las cuales junto con pozos sépticos han generado fugas durante varias décadas contaminado el recurso hídrico subterráneo.

4.2. Características de la Red de Monitoreo De Aguas Subterráneas.

Los pozos captan de las unidades hidrogeológicas Acuífero Formación Sabana, Acuífero Formación Tilatá, Acuitardo Formación Usme, Acuitardo Formación Bogotá, Acuitardo Formación Subachoque, Acuífero Formación Regadera y Acuífero Formación Labor Tierna del Grupo Guadalupe. En la siguiente tabla, se resumen las principales características de los 27 pozos que hacen parte de la red de monitoreo de aguas subterráneas-RMAS, de los cuales 12 captan de los paquetes arenosos ubicados en la Formación Sabana, 4 de la Formación Labor-Tierna, 3 de las formaciones Labor-Tierna y Plaeners, 1 de la Formación Usme y Regadera, 3 solo de la Formación Tilatá, 1 de las formaciones Sabana y Labor-Tierna, 1 de las formaciones Subachoque y Tilatá y 2 de las formaciones Sabana y Tilatá.

Cabe aclarar que la red de monitoreo es dinámica en el tiempo y es objeto de mejoras constantes, ya que, depende de la solicitud de concesión de aguas subterráneas, cuidado de los propietarios donde están instalados los equipos, funcionamiento de los dispositivos (batería, alta humedad y descalibración) y del permiso para el ingreso a la toma de niveles y descarga de datos (temporalidad trimestral).

Tabla 1. Características de los puntos que hacen parte de la RMAS.

No.	Código	Captación	Prof. (m)	Acuífero	Prof. de instalación (m)	Profundidad de nivel piezométrico (m)	OBSERVACIONES
1	pz-01-0011	PARMALAT	80	FM. LABOR TIERNA	8.90	4.05	Nota: Falla de transmisión por corto en batería desde el 22-05-2022.
2	pz-01-0072	LA SALLE - EAAB	266	FM. LABOR TIERNA-FM. PLAENERS	10.60	5.16	-
3	pz-01-0100	LA AGUADORA - EAAB	300	FM. LABOR TIERNA-FM. PLAENERS	12.78	8.00	-
4	pz-05-0003	LADRILLERA HELIOS S.A	113	FM. USME-FM. REGADERA	4.50	0.00	Saltante
5	pz-06-0008	GENERAL MOTORS	255	FM. TILATÁ	17.00	11.50	-
6	pz-01-0070	CLUB MILLONARIOS	110	FM. LABOR TIERNA-	25.5	20.64	Nota: No registra datos de nivel desde octubre de 2022. Las variables temperatura y conductividad eléctrica los registra sin ninguna observación.
7	pz-08-0007	AUTO BOYACA	454	FM. SABANA-FM. TILATA	60.00	53.95	-
8	pz-08-0032	CLINICA NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ No. 1	126	FM. SABANA	28.92	23.92	-
9	pz-09-0008	SERVICENTRO EL TESORO	126	FM. SABANA	21.00	16.00	-
10	pz-09-0031	IMAL	483	FM. SABANA-FM. TILATÁ	24.80	24.50	-
11	pz-09-0040	INDEGA PANAMCO PLANTA NORTE	532	FM. SUBACHOQUE-FM. TILATÁ	40.00	35.50	-
12	pz-09-0060	MANUFACTURAS ELIOT No. 3	391	FM. TILATÁ	42.64	37.55	-
13	Pz- 09-0062	ZONA FRANCA	417	FM. TILATÁ	60.00	54.00	-
14	pz-10-0022	AUTOLAVADO BETO	102	FM. SABANA	21.00	16.00	Nota: El local donde está instalado el dispositivo permanece cerrado, evitando que se puedan descargar datos para verificar su funcionamiento. Se recomienda la reubicación.

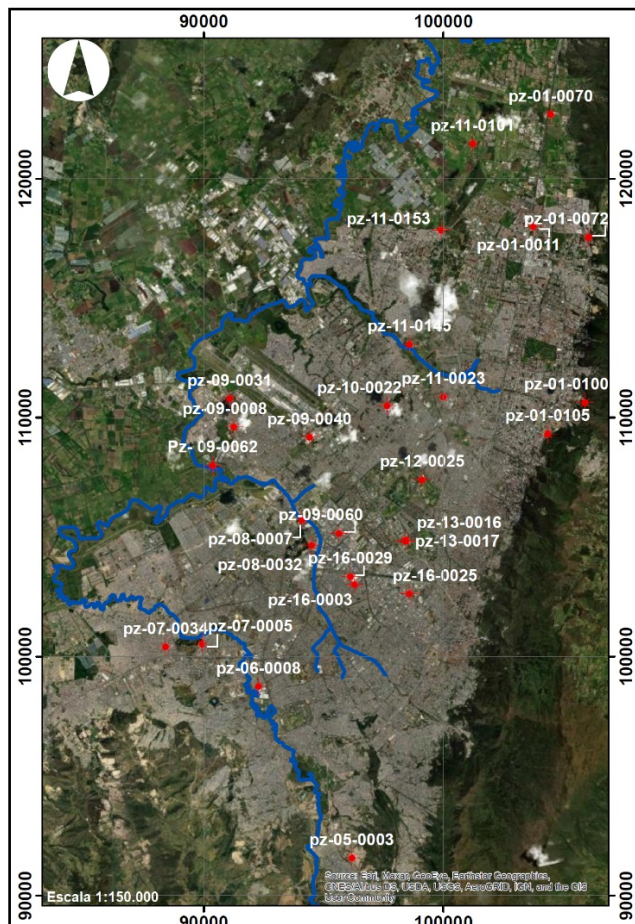
No.	Código	Captación	Prof. (m)	Acuífero	Prof. de instalación (m)	Profundidad de nivel piezométrico (m)	OBSERVACIONES
15	pz-11-0023	MEALS	173	FM. SABANA-FM. LABOR TIERNA	16.50	11.5	Nota: Se debe instalar el dispositivo en otro pozo debido a la mala transmisión de los datos por el tipo de operador de la SIM CARD. Se desistían los equipos y se mantiene en las bodegas la SDA.
16	pz-11-0101	UNICERVANTES	144.6	FM. LABOR TIERNA	22.30	17.3	Nota: Falla de transmisión por corto en batería desde el 21-06-2022.
17	pz-11-0145	CLUB LOS LAGARTOS No. 4	60	FM. LABOR TIERNA	4.50	0.00	Saltante
18	pz-11-0153	SUBA - EAAB	411	FM. LABOR TIERNA-FM. PLAENERS	24.30	19.30	-
19	pz-12-0025	ARTESANÍAS DE COLOMBIA	200	FM. SABANA	24.00	19.00	Nota: Falla de transmisión de nivel, temperatura y conductividad eléctrica desde el 19 de abril de 2023.
20	pz-13-0015	INGEOMINAS No 1	67	FM. SABANA	22.25	18.50	-
21	pz-13-0016	INGEOMINAS No 2	264	FM. SABANA	17.70	14.30	-
22	pz-16-0003	GASEOSAS LUX No. 1	193	FM. SABANA	35.50	30.50	-
23	pz-16-0025	SCHERING COLOMBIANA S.A.	167	FM. SABANA	40.10	35.10	-
24	pz-16-0029	COLORTEX-TEXTRAMA	276	FM. SABANA	34.55	29.55	Nota: Falla de transmisión desde el 29-04-2022.
25	PZ-01-0105	ALDEA PROYECTOS	120	FM. LABOR TIERNA	15	9.8	-
26	pz-07-0005	CARBOQUIMICA	110	FM. SABANA	29.16	24.16	-
27	pz-07-0034	ARROZAL	150	FM. SABANA	21	15.89	-

Fuente: SDA, 2023.

Durante el segundo semestre de 2022 y el primer semestre de 2023 no se realizan traslados ni mantenimiento a los equipos.

La ubicación de los 27 puntos de monitoreo que hace parte de la RMAS se observa a continuación.

Figura 3. Localización Pozos Red de Monitoreo Agua Subterráneas – RMAS.

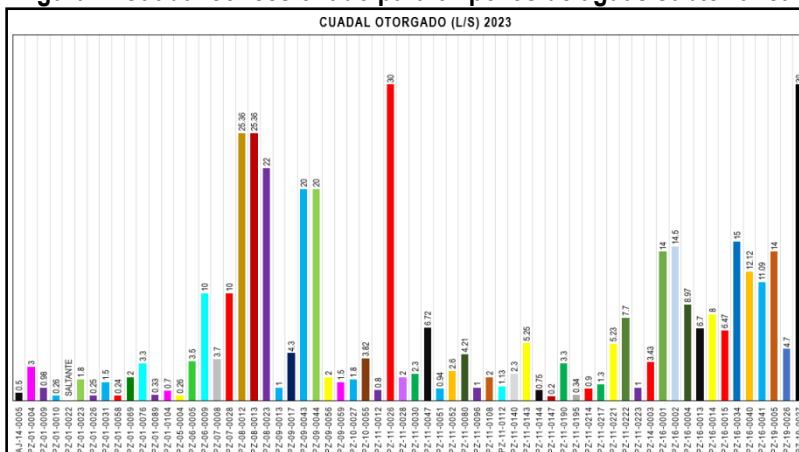


Fuente: SDA, 2023.

El registro de datos con mayor trayectoria inicia desde septiembre de 2020 con información de presión, temperatura y conductividad eléctrica cada hora. Así mismo, el límite de registro para el análisis de información es hasta el 31 de julio de 2023.

Por otra parte, es importante resaltar que los 8 pozos con mayor caudal concesionado al 31 de julio de 2023 en el Distrito Capital son: pz-11-0026 (Club los lagartos), pz-08-0012 y pz-08-00013 (Gaseosas Colombianas), PZ-08-0023 (Textiles Lafayette No.1), pz-09-0043 y pz-09-0044 (Manufacturas Eliot), pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe) y pz-19-0027 (Frigorífico Guadalupe No. 3). En la siguiente figura se observa la distribución de los caudales concesionados para 64 pozos a corte del 31 de julio de 2023.

Figura 4. Caudal concesionado para 64 pozos de aguas subterránea.



Fuente: SDA, 2023.

Como complemento al caudal que cada pozo explota según el régimen otorgado en la concesión, es importante mencionar que los siguientes pozos al corte del 31 de julio de 2023 presentan consumos superiores a los 10.000 m³/mes.

1. pz-08-0012 (Gaseosas Colombianas No. 2).
2. pz-08-0013 (Gaseosas Colombianas No. 3).
3. pz-09-0043 (ELIOT 1).
4. pz-09-0044 (ELIOT 2).
5. pz-11-0143 (Club Lagartos No. 3).
6. pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2).
7. pz-16-0002 (Gaseosas Colombiana No. 2).
8. pz-16-0013 (Grasco No. 1).
9. pz-16-0014 (Grasco No. 2).
10. pz-16-0034 (Asitex).
11. pz-19-0027 (Frigorífico Guadalupe No. 3).
12. pz-19-0005 (Frigorífico Guadalupe No. 1).

La anterior información relacionada con el caudal y consumo de los pozos concesionados es fundamental para entender el comportamiento de las variables registradas en los puntos de monitoreo de la RMAS.

Se reitera, tal como se indicó en el numeral 4.1, que la recarga del acuífero Formación Sabana (78 % de los pozos concesionados captan esta unidad hidrogeológica) se realiza principalmente a partir del Grupo Guadalupe, por este motivo se emplea la precipitación de las estaciones ubicadas en los cerros orientales, sur y conejera para correlacionar

los datos registrados en los dispositivos. Los valores de precipitación diaria son obtenidos a partir de las estaciones monitoreadas por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático-IDIGER ubicadas cerca o en las zonas donde aflora el Grupo Guadalupe.

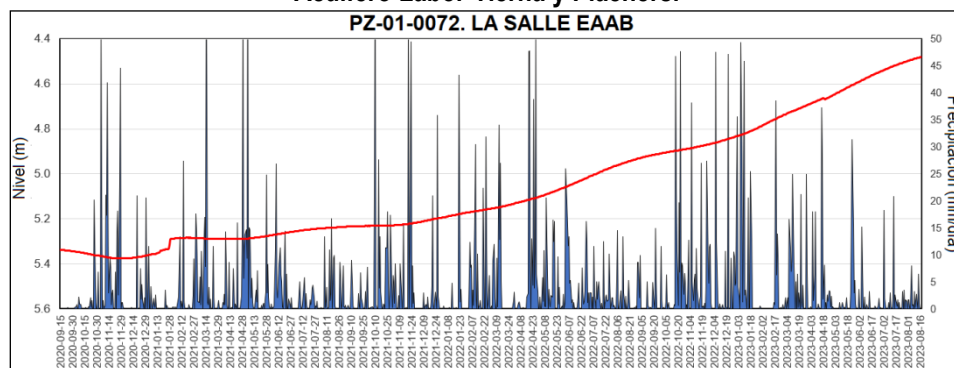
4.3 Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica de 26 pozos de monitoreo.

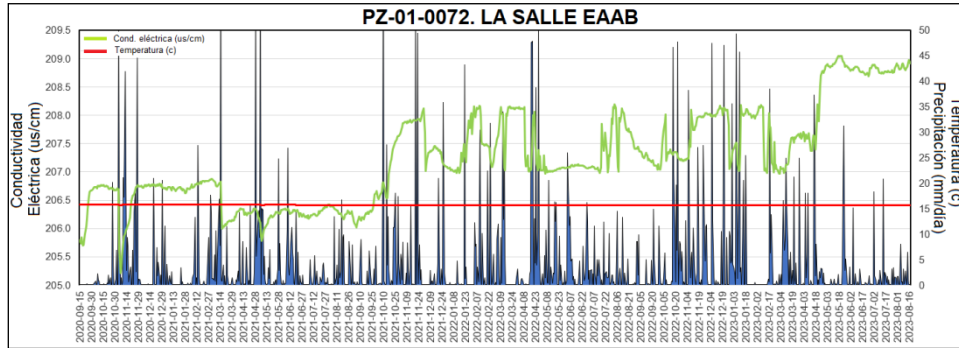
Pozo pz-01-0011. PARMALAT. Este punto de monitoreo con una profundidad de 80 m capta en los últimos 5 m el acuífero Formación Labor-Tierna. La batería de este equipo no ha sido remplazada, motivo por el cual los datos de nivel, temperatura y conductividad eléctrica son los registrados hasta el 22 de mayo de 2022 como se describe en el “Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022”.

Pozo pz-01-0072. La Salle EAAB. Este punto de monitoreo con una profundidad de 266 m capta la Formación Labor-Tierna y Plaenners (zona de recarga), donde el dispositivo desde su instalación registra un ascenso total del nivel freático de 0.86 m, una temperatura constante promedio de 15.74 °C y una conductividad eléctrica promedio de 207.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que varía en menos de 5 órdenes de magnitud según los cambios de precipitación. Adicionalmente, no se observan cambios en el nivel que puedan atribuirse a pozos que exploten de la misma unidad hidrogeológica en un radio de por lo menos 350 m.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables registradas en el pozo pz-01-0072.

Figura 5. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0072- Acuífero Labor-Tierna y Plaeners.





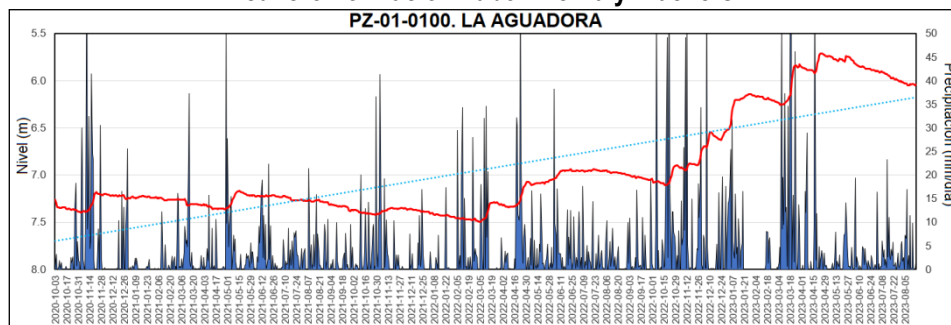
Fuente: SDA, 2023.

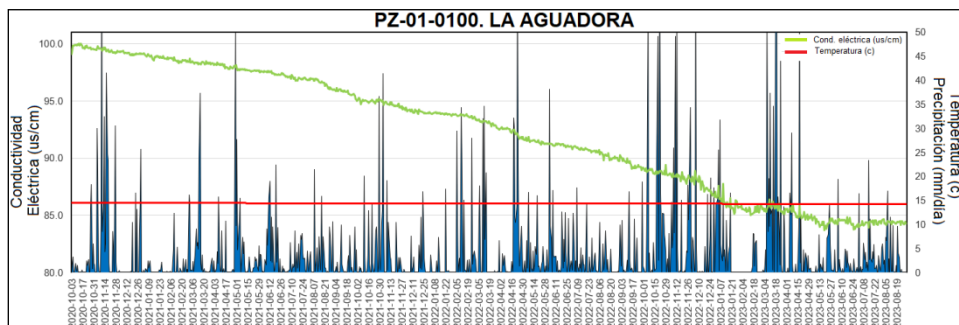
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica de este punto de monitoreo es “Colegio Friedrich Naumann”, la cual está ubicada 593 m al sur.

Pozo pz-01-0100. La Aguadora EAAB. Este punto de monitoreo con una profundidad de 300 m capta la Formación Labor-Tierna y Plaenners, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total casi constante del nivel freático de 1.21 m, una temperatura constante promedio de 14.38 °C y una conductividad eléctrica promedio de 92.29 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que decae a 15 $\mu\text{s}/\text{cm}$ al finalizar el registro de datos. Es de resaltar que en esta zona del Distrito Capital no existen pozos a menos de 1 km que puedan alterar la dinámica del nivel freático monitoreado en el pozo.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables registradas en el pozo pz-01-0100.

Figura 6. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0100- Acuífero Formación Labor-Tierna y Plaenners.





Fuente: SDA, 2023.

La conductividad eléctrica en este punto de monitoreo es una de las más bajas registradas por la RMAS, siendo este un indicador de aguas con poco recorrido asociadas a la zona de recarga en los cerros orientales. Cabe aclarar, que la intervención antrópica en esta zona del Distrito Capital es menor que en los pozos asociados al acueducto como la Salle (pz-01-0072) y Suba (pz-11-0101), donde la conductividad eléctrica varía en menor magnitud y sin una tendencia marcada como sucede en este punto de monitoreo.

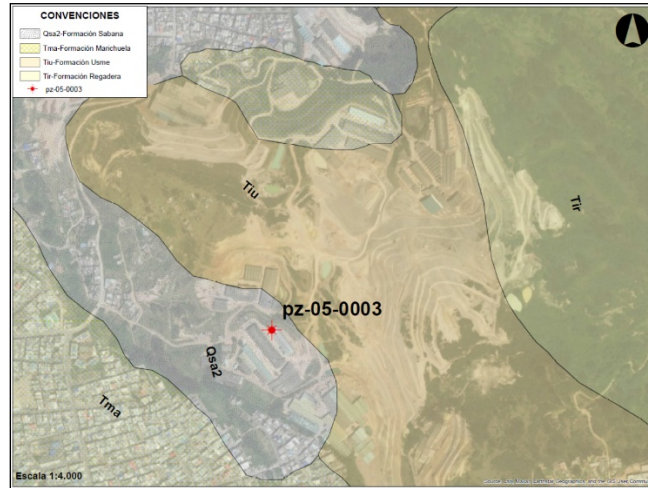
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es la “Escuela Pedagógica Experimental”, la cual está ubicada al sur-oriental del punto de monitoreo (Localidad de Usaquén-Barrio Paramo).

Estos puntos de monitoreo ubicados en el grupo Guadalupe son fundamentales para obtener información sobre el comportamiento de la zona de recarga y así tomar decisiones por parte de esta Autoridad frente a su investigación y protección.

Pozo pz-05-0003. Ladrillera Helios. Este punto de monitoreo con una profundidad de 113 m es de tipo saltante o artesiano, ya que, el tramo de filtros capta el acuífero Formación Regadera que se encuentra confinado por la Formación Usme. El nivel piezométrico de este punto de monitoreo continúa siendo de tipo saltante, con una carga sobre el terreno que no supera máximo los 0.45 m desde el inicio de su registro. La tendencia del nivel durante el registro de la información es casi constante, con algunas variaciones que tienen respuesta casi inmediata con la precipitación como sucedió en febrero y marzo de 2023.

En la zona de estudio no existen pozos concesionados que puedan generar cambios en la dinámica hídrica monitoreada, sin embargo, existen actividades mineras que pueden cambiar la tendencia natural registrada por el dispositivo. En la siguiente figura se observa la ubicación del punto de monitoreo pz-05-0003 ubicado aguas debajo de la explotación minera.

Figura 7. Ubicación en plata del punto de monitoreo pz-05-0003 y su relación con la explotación minera.



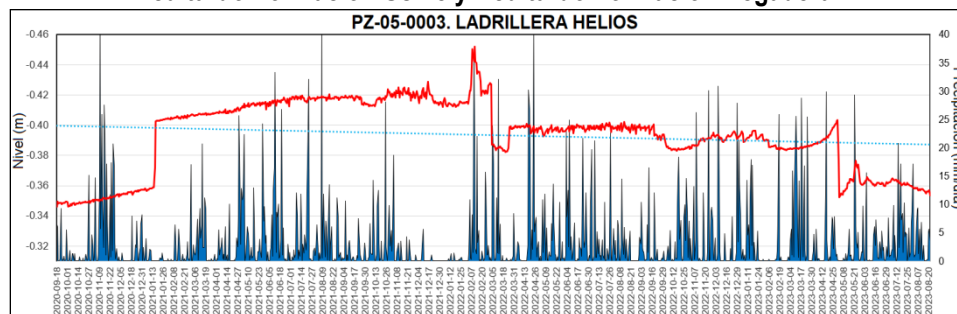
Fuente: SDA, 2023.

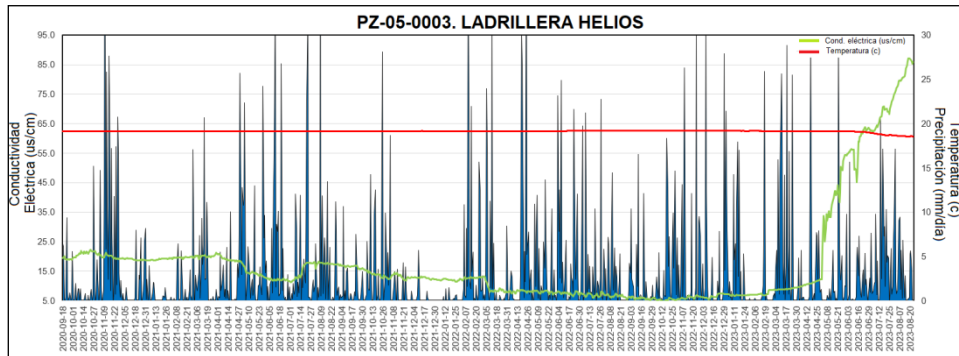
Otro aspecto que puede cambiar las variables registradas por el dispositivo es la falta de mantenimiento, ya que, este punto presenta una alta colmatación debido a la presencia de hierro.

En relación con la temperatura, se evidencia que esta es principalmente constante, con un valor promedio de 19.14 °C. La conductividad eléctrica es en promedio de 17.58 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la cual, varía de 4.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 87.31 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo este un indicador de aguas con poco recorrido asociadas a una zona de recarga. En la serie de datos de conductividad eléctrica se observa un cambio drástico a partir del 1 de mayo de 2023, condición que debe ser verificada en el tiempo para identificar sus causas en relación a si se mantiene o cambia su tendencia.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-05-0003.

Figura 8. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-05-0003- Acuitardo Formación Usme y Acuitardo Formación Regadera.





Fuente: SDA, 2023.

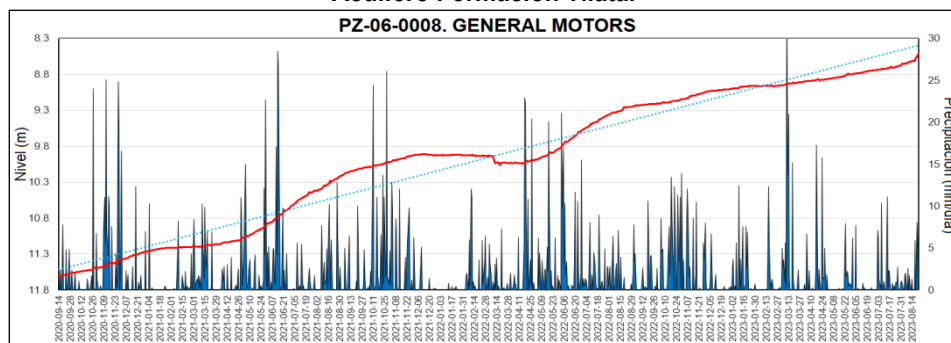
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio la Belleza”, la cual está ubicada al nor-orienté del punto de monitoreo (Localidad San Cristóbal-Barrio La Belleza).

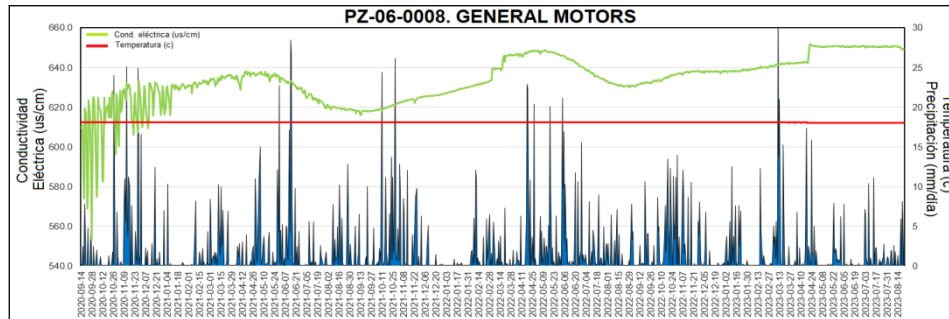
Finalmente, el monitoreo de este punto es fundamental para tomar decisiones sobre la conservación de zonas de recarga en esta zona del Distrito Capital.

Pozo pz-06-0008. General Motors. Este punto de monitoreo con una profundidad de 255 m capta del acuífero Formación Tilatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 3.11 m, una temperatura constante promedio de 18.09 °C y una conductividad eléctrica promedio de 633.67 µs/cm (conductividad eléctrica mínima de 553 µs/cm y máxima de 652.33 µs/cm) que inicia a estabilizarse a partir del año 2021 con cambios comparables con el aumento o disminución de la precipitación.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-06-0008.

Figura 9. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-06-0008-Acuífero Formación Tilatá.





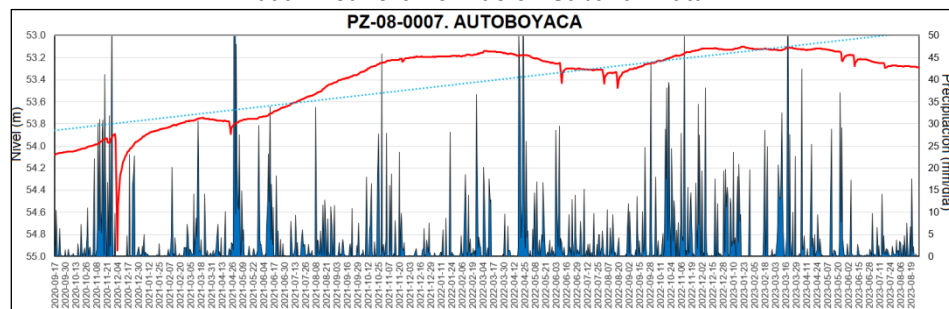
Fuente: SDA, 2023.

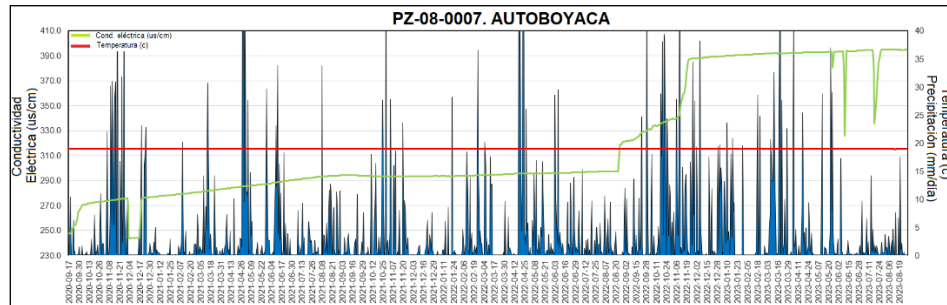
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Sierra Morena”, la cual está ubicada al sur-occidente del punto de monitoreo (Localidad de Ciudad Bolívar-Barrio la Pradera).

Pozo pz-08-0007. Auto Boyacá. Este punto de monitoreo con una profundidad de 454 m capta de las formaciones Sabana y Tilatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 3.22 m, una temperatura constante promedio de 19.98 °C y una conductividad eléctrica promedio de 318.38 µs/cm que asciende al igual que el nivel piezométrico. Así mismo, se registra un cambio drástico de conductividad eléctrica el 20 de agosto de 2022 pasando de 297.61 µs/cm a 387 µs/cm el 20 de noviembre de 2022.

Según la distribución de los pozos concesionados se puede determinar que los abatimientos del nivel piezométrico de menos de 0.5 m tienen relación con los consumos de agua subterránea de tipo intermitente que se presentan en el pozo pz-08-0023 (LAFAYETTE No. 1), el cual, está ubicado a una distancia de 260 m y capta a una profundidad de 513 m la misma unidad hidrogeológica. De otra parte, es importante mencionar que entre el 31 de julio de 2022 al 31 de julio de 2023 no se reportan pruebas de bombeo a por lo menos 2 Km de distancia que puedan alterar la dinámica registrada como sucedió a inicios de diciembre de 2020.

Figura 10. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-08-0007-Acuífero Formación Sabana-Tilatá.





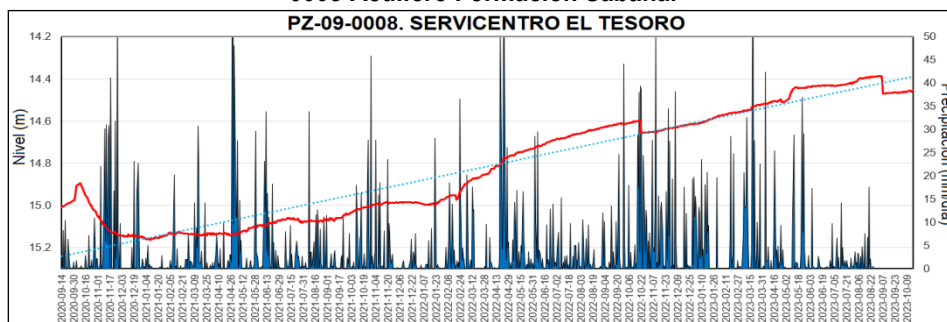
Fuente: SDA, 2023.

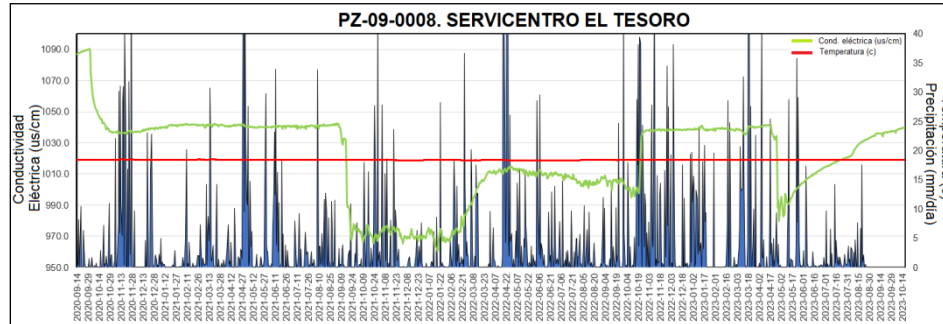
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0008. Servicentro el Tesoro-Santa Ana. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 126 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Sabana, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.56 m, una temperatura constante promedio de 18.42 °C y una conductividad eléctrica promedio de 1020 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última variable presenta cambios hasta de 80 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en toda la serie de tiempo registrada, con cambios que son directamente proporcionales a la precipitación.

Es importante mencionar que a 2.4 Km de distancia en dirección sur-este del punto de monitoreo se ejecutó una prueba de bombeo a caudal constante entre el 1 al 3 de marzo de 2023 en el pozo concesionado pz-09-0056 (Santa Teresa de Jornet). Este pozo concesionado fue construido a una profundidad de 200 m con filtros después de los 110 m y capta de la misma unidad hidrogeológica que el pozo pz-09-0008, sin embargo, no se registran cambios en los niveles, conductividad y temperatura indicando que no existe una alta conexión como se diferencia en otras zonas del Distrito Capital. En la siguiente figura se observa el comportamiento del punto de monitoreo.

Figura 11. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0008-Acuífero Formación Sabana.





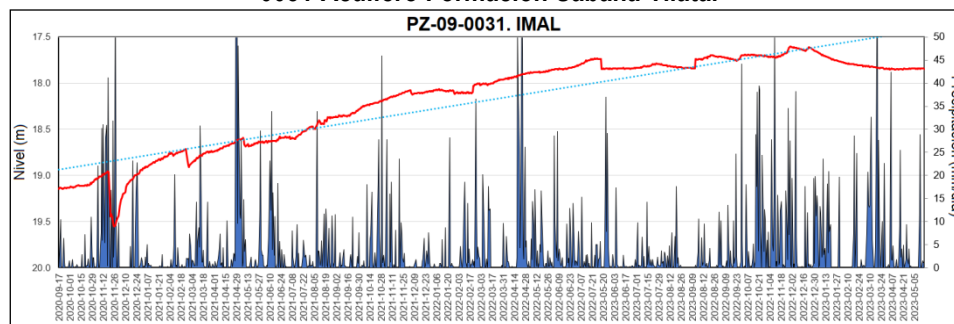
Fuente: SDA, 2023.

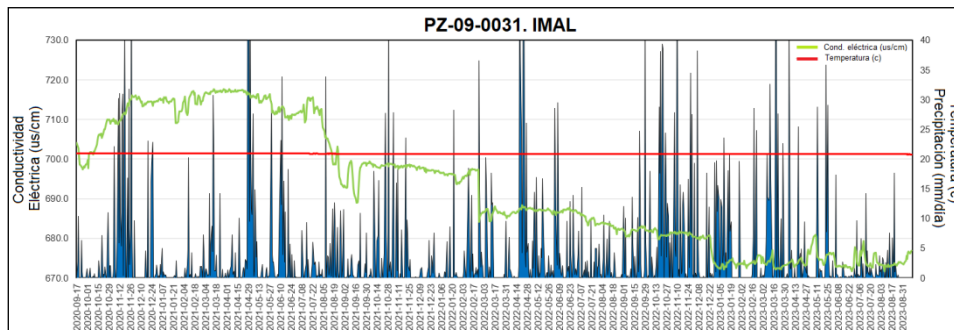
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0031. IMAL. Este punto de monitoreo con una profundidad de 483 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Sabana y Formación Tiltá (filtro distribuidos entre los 52.37 m y los 483.37 m), donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.31 m, una temperatura constante promedio de 20.91 °C y una conductividad eléctrica promedio de 692.64 µs/cm. Esta última variable presenta cambios que tienen relación con el aumento o disminución de la precipitación, sin embargo, desciende con el tiempo llegando a un valor mínimo de 670 µs/cm.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-09-0031.

Figura 12. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0031-Acuífero Formación Sabana-Tiltá.





Fuente: SDA, 2023.

Cabe aclarar que del 31 de julio de 2022 al 31 de julio de 2023 no se ejecutan pruebas de bombeo en la unidad hidrogeológica captada por el pozo de observación a por lo menos 3 Km de distancia, condición que se ve reflejada en los datos de nivel y conductividad, ya que, no presentan cambios abruptos como sucedió en noviembre de 2020 debido a la explotación ilegal que se generó en esta zona del Distrito Capital (Localidad de Fontibón).

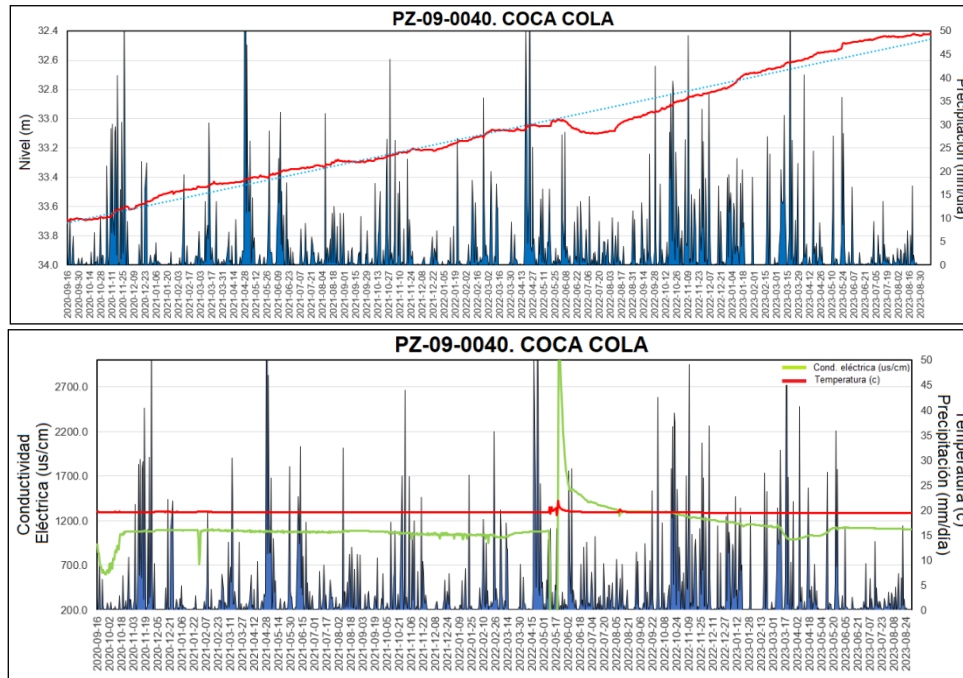
Es importante mencionar la necesidad de realizar una limpieza periódica al sensor del dispositivo y al pozo debido a la colmatación de sedimentos con un alto contenido de hierro.

Finalmente, es importante mencionar que la estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0040. INDEGEA S.A. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 532 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Sabana, Formación Subachoque y Formación Tilatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.27 m, una temperatura constante promedio de 19.57 °C y una conductividad eléctrica promedio de 1120 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-09-0040.

Figura 13. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0040-Acuitarfo Formación Subachoque y Acuífero Formación Tilatá.



Fuente: SDA, 2023.

Los datos de nivel piezométrico son ajustados con el objetivo de que los datos observados en campo con sonda de nivel correspondan con los niveles calculados por el dispositivo. Este ajuste se hace debido a que en mayo de 2022 por requerimiento de esta entidad la Sociedad realiza una limpieza al pozo y al dispositivo.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0060. ELIOT. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 391 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Tilatá, donde el dispositivo instalado registra un descenso total del nivel piezométrico de -0.11 m (asciende 0.35 m en comparación con el periodo 2021-2022), una temperatura constante promedio de 18.36 °C y una conductividad eléctrica promedio de 559.67 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última variable desciende con el tiempo a mínimo 543.34 $\mu\text{s}/\text{cm}$ como sucede en el dispositivo ubicado en el pozo IMAL.

El comportamiento del nivel piezométrico del punto de monitoreo depende de la explotación generada en 2 pozos concesionados ubicados a una distancia inferior de 133 m, los cuales, captan principalmente del acuífero Formación Sabana, sin embargo, existen filtros de los 196 m a los 208 m (12 m) para el pozo pz-09-0043 (ELIOT 1) y de 195 m a los 210 m (15 m) para el pozo pz-09-0044 (ELIOT 2) que captan del acuífero Formación Tilatá.

Página 19 de 81

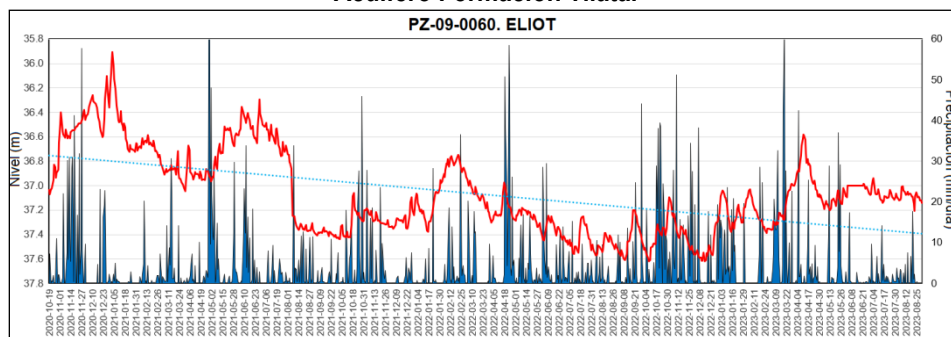
En las siguientes figuras se observa la ubicación de los puntos concesionados y el punto de monitoreo, así como, el comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica.

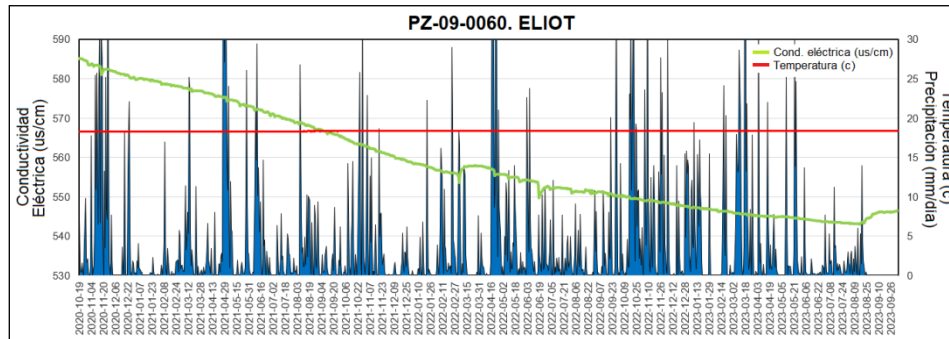
Figura 14. Vista en planta de los pozos concesionados ubicados a menos de 1 Km del pozo de monitoreo pz-09-0060 (color rojo).



Fuente: SDA, 2023.

Figura 15. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0060- Acuífero Formación Tilitá.





Fuente: SDA, 2023.

En síntesis, los pozos concesionados pz-09-0043 y pz-09-0044 también captan del acuífero Formación Tiltatá en un tramo de filtros que no supera los 15 m, condición que sumada a los consumos de agua subterránea generan oscilaciones del nivel que son registradas en el punto de monitoreo evitando diferenciar de forma clara si existe relación o no con la precipitación.

Para el periodo analizado del 31 de julio de 2022 al 31 de julio de 2023 la tendencia del nivel cambia a positiva, mejorando las condiciones del acuífero monitoreado.

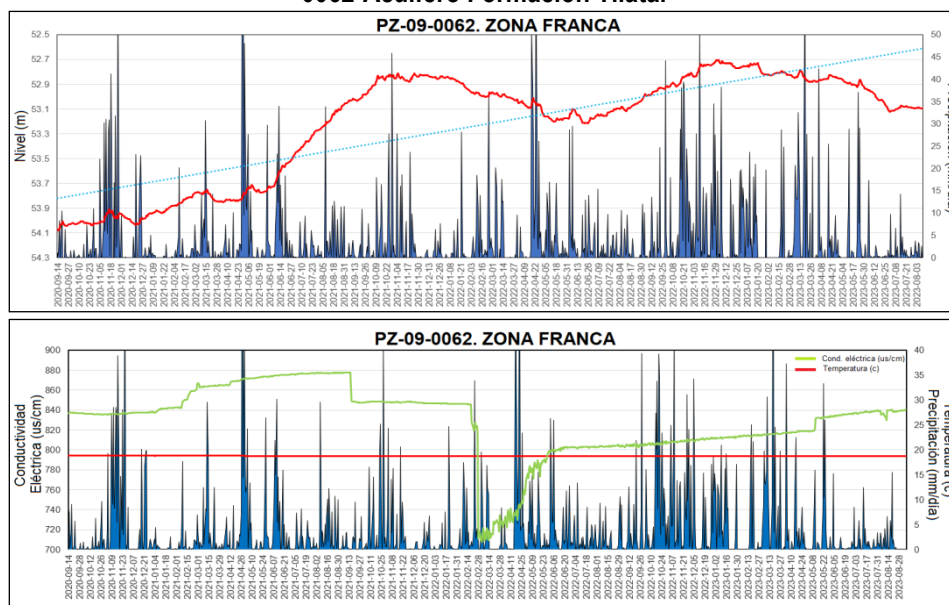
Es importante mencionar que entre el 25 al 29 de julio de 2022 a una distancia de 780 m del punto de observación se realiza una prueba de bombeo con un caudal constante de 15 l/s en el pozo pz-16-0034 (ASITEX S.A), extracción que no cambia el nivel piezométrico registrado en el pozo pz-09-0060 de la RMAS. Cabe aclarar, que el pozo concesionado donde se realiza la prueba de bombeo tiene una profundidad de 238 m y capta del acuífero Formación Sabana y Tiltatá (filtros entre los 102 m y los 231 m); este último después de los 200 m de profundidad aproximadamente. En síntesis, la extracción realizada para ejecutar la prueba de bombeo en el pozo pz-16-0034 no genera cambios drásticos en el pozo de observación más cercano, determinando de esta manera que el radio de influencia en esta zona del Distrito Capital no supera los 780 m.

En conclusión, la tendencia negativa del nivel piezométrico en el pozo que hace parte de la RMAS lo genera la explotación de agua subterránea en los pozos concesionados pz-09-0043 y pz-09-0044, ya que, el nivel piezométrico se comporta según el aumento o disminución de los consumos de agua subterránea. Por este motivo, si esta condición se mantiene, la SDA en el marco del control y seguimiento deberá tomar medidas para evitar descensos en esta zona del Distrito Capital.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0062. Parque Metropolitano Zona Franca. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 417 m capta del acuífero Formación Tilatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.98 m, una temperatura constante promedio de 18.78 °C y una conductividad eléctrica promedio de 824.44 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables registradas.

Figura 16. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0062-Acuífero Formación Tilatá.



Fuente: SDA, 2023.

La recarga y conservación de esta unidad hidrogeológica (Formación Tilatá) debe ser objeto de investigación, ya que, el acuífero aflora en los municipios del Rosal, Madrid y Tenjo. No obstante, existe una primera hipótesis donde se puede determinar que el acuífero se recarga a partir del contacto con otras unidades hidrogeológicas como el acuífero Formación Sabana y el Grupo Guadalupe.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-10-0022. Autolavado Beto. Debido a que el local fue clausurado y el propietario no se encuentra en la ciudad de Bogotá fue imposible descargar los datos para el periodo 2022-2023. Se recomienda su reubicación.

Pozo pz-11-0145. Club los Lagartos. Este punto de monitoreo con una profundidad de 60 m es de tipo saltante o artesiano, ya que, se encuentra confinado por depósitos coluviales provenientes de la parte alta donde aflora el acuitardo Formación Guaduas. El nivel piezométrico de este punto de monitoreo continúa siendo de tipo saltante, con un ascenso del nivel que se acerca a su registro inicial. La temperatura de esta unidad hidrogeológica en el punto de monitoreo es en promedio de 21.09 °C, aumentando aproximadamente 1 grado en comparación con el primer registro tomado en septiembre de 2020. En relación con la conductividad eléctrica se calcula un promedio de 188.91 $\mu\text{s/cm}$, donde para el periodo 2022-2023 desciende de los 194 $\mu\text{s/cm}$ a los 187 $\mu\text{s/cm}$.

Vale la pena mencionar que el comportamiento de este punto de monitoreo debe ser investigado con mayor detalle en la vigencia 2024 (estudios isotópicos, hidrogeoquímicos e hidráulicos), ya que, en la zona interviene la falla Juan Amarillo de donde capta el pozo concesionado pz-11-0143 que es de tipo saltante y termal (Ver Figura 17).

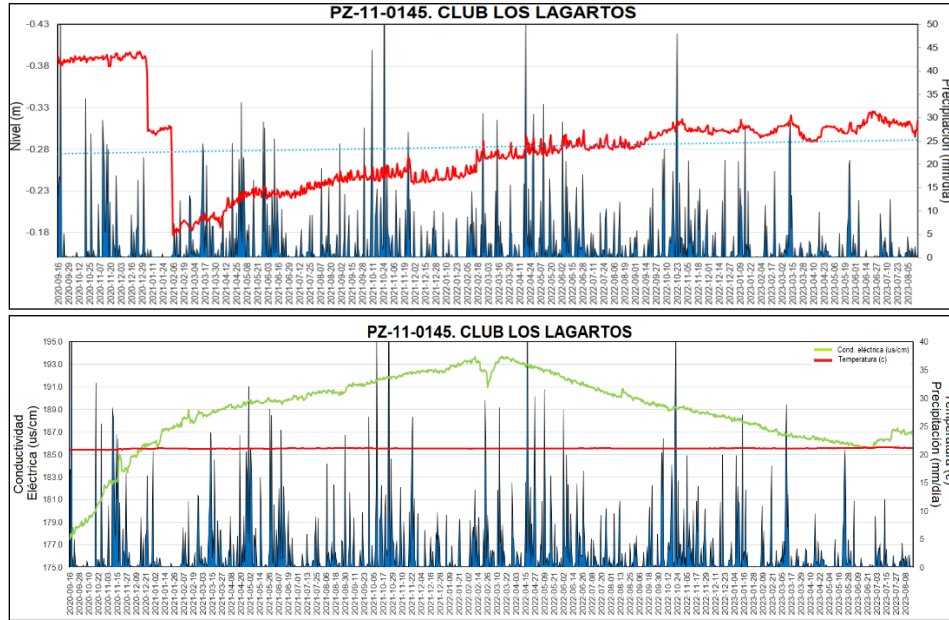
Figura 17. Distribución del punto de monitoreo que hace parte de la RMAS (pz-11-0145) y los pozos concesionados.



Fuente: SDA, 2022.

En la siguiente figura se observa que la tendencia del nivel piezométrico en este punto de monitoreo es ascendente, con pequeñas variaciones que son generadas principalmente por los cambios de precipitación con una respuesta casi directa.

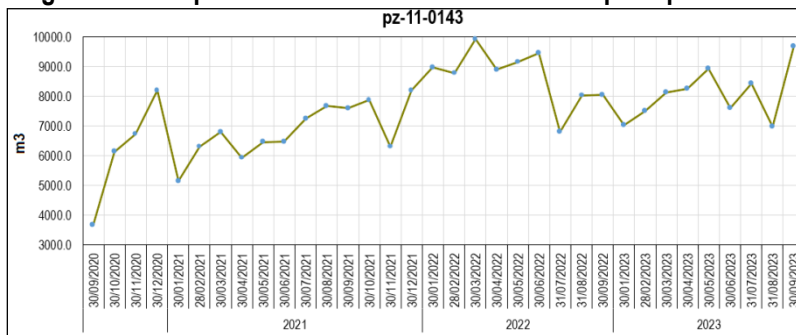
Figura 21. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0145 (Club los Lagartos)-Acuífero Formación Labor-Tierna.



Fuente: SDA, 2023.

Es de resaltar como se observa en la siguiente figura, que el comportamiento de la conductividad eléctrica tiene relación con los consumos del pozo pz-11-0143 ubicado a una distancia de 744 m. Esto se puede evidenciar, ya que, durante marzo de 2022 se presenta un pico en los consumos que es correlacionable con el valor máximo registrado en la conductividad eléctrica. En la siguiente figura se puede observar el comportamiento de los consumos en el pozo que presenta mayor demanda de agua subterránea por parte del club.

Figura 22. Comportamiento de los consumos en el pozo pz-11-0143.



Fuente: SDA, 2023

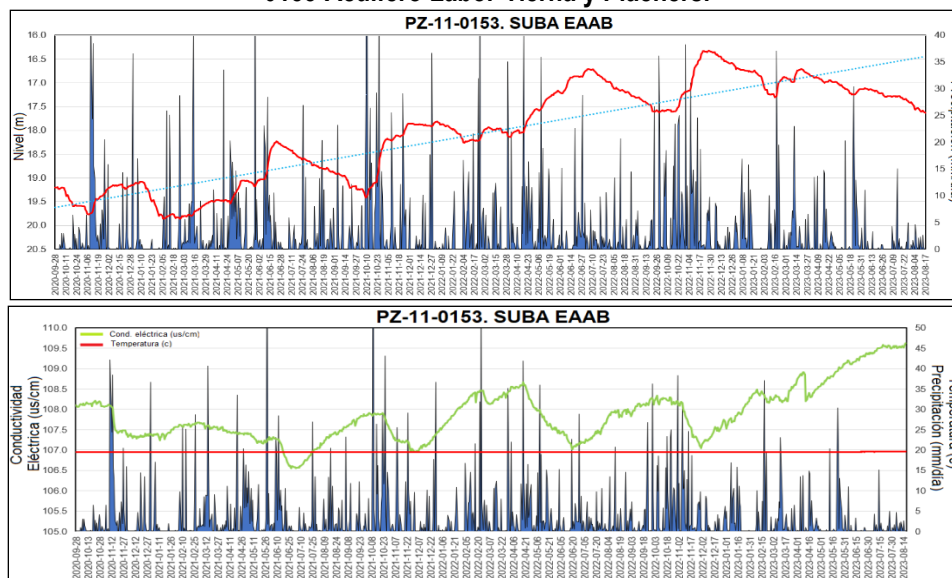
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es “Colegio Rodolfo Linas”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad de Engativá-Bolivia Oriental).

Pozo pz-11-0101. UNICERVANTES. Este punto de monitoreo con una profundidad de 144 m capta de la Formación Labor-Tierna a una profundidad entre 109 m a 112 m (acuífero semi-confinado). La batería de este equipo no ha sido remplazada, motivo por el cual los datos de nivel, temperatura y conductividad eléctrica son los registrados hasta el 21 de junio de 2022 como se describe en el “Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022”.

Pozo pz-11-0153. Suba EAAB. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 411 m capta del acuífero Formación Labor-Tierna y Plaeners, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.55 m, una temperatura promedio constante de 19.52 °C y una conductividad eléctrica promedio de 107.87 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que varía en magnitud muy poco.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-11-0153.

Figura 23. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0153-Acuífero Labor-Tierna y Plaeners.



Fuente: SDA, 2023.

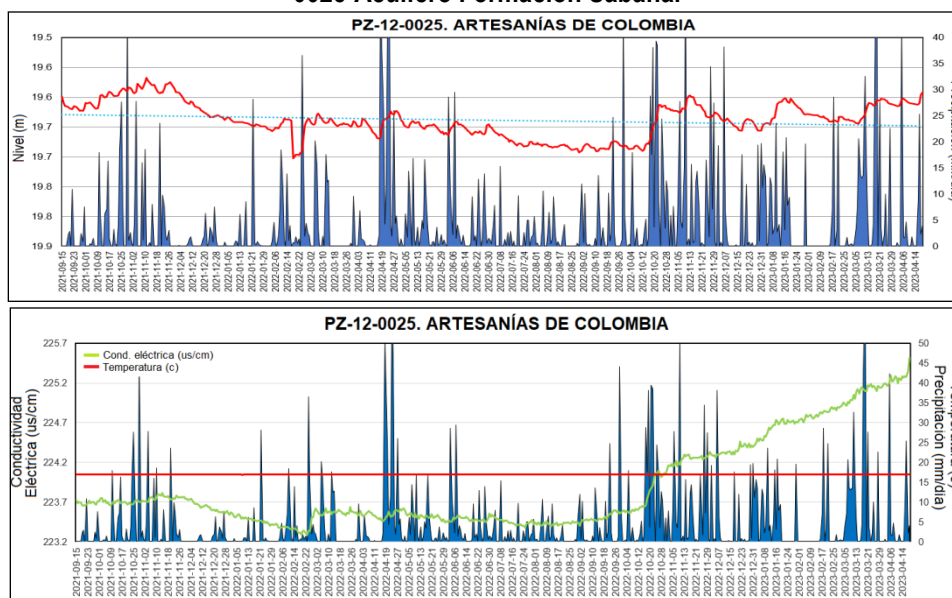
Cabe aclarar, que la frecuencia e intensidad de la precipitación en esta zona del Distrito Capital para el año 2023 en comparación con los años 2021 y 2022 es menor, generado que la tendencia del nivel piezométrico descienda. Otro

aspecto importante por mencionar es el comportamiento de la conductividad eléctrica, la cual, para el año 2023 asciende, demostrando así que cuando disminuye la recarga en el acuífero se presenta menor disolución de la roca. Esto permite determinar que en esta zona del Distrito Capital se pueden tomar muestras de agua cuando el periodo climático es de baja precipitación.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es “Colegio 21 Ángeles”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad de Suba-Tuna Alta).

Pozo pz-12-0025. Artesanías de Colombia. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 200 m capta del acuífero Formación Sabana, donde el dispositivo instalado registra un descenso total del nivel piezométrico de 0.01 m, cambiando la tendencia negativa del periodo 2021-2022. La temperatura promedio constante es de 16.93 °C y la conductividad eléctrica promedio de 223.89 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta última variable asciende a un valor máximo de 225.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ cómo se observa en la siguiente figura.

Figura 24. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-12-0025-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

De la gráfica de niveles es importante resaltar que existe correlación con la precipitación, aumentando el nivel piezométrico cuando existen lluvias intensas como se evidencia en abril y a finales del año 2022.

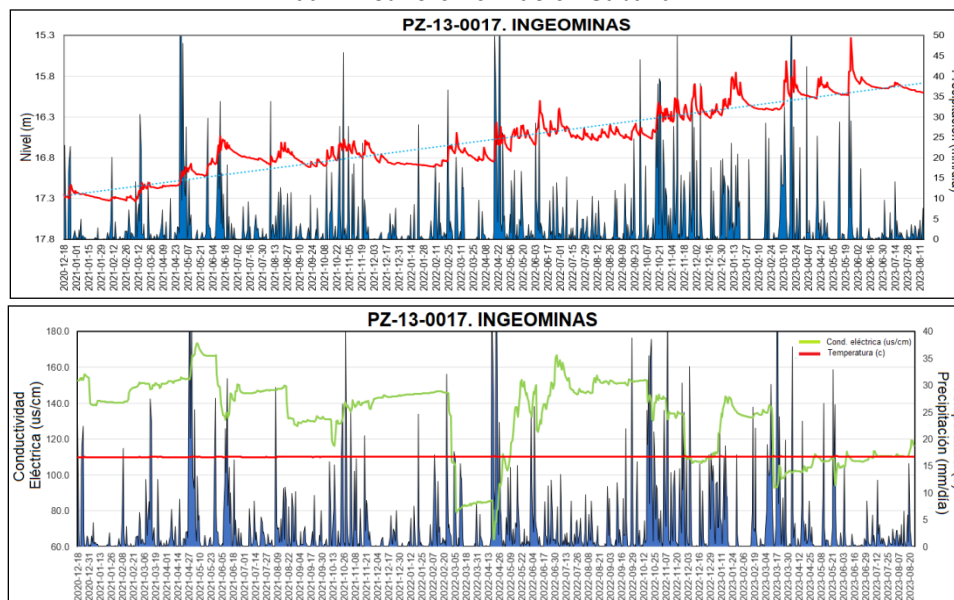
Finalmente, cabe aclarar que el equipo ubicado en el pozo de análisis dejo de transmitir datos a partir del 19 de abril de 2023, situación que debe ser verificada durante la vigencia 2024.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-13-0017. INGEOMINAS 2. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 102.5 m capta del acuífero Formación Sabana (filtros entre los 74 m a los 105.6 m de profundidad), donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.25 m, una temperatura promedio constante de 16.72°C y una conductividad eléctrica promedio de 132.76 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta última variable cambia según la intensidad y frecuencia de la precipitación con valores en toda la serie de datos de mínimo 54.29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximo 173.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-13-0017.

Figura 25. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-13-0017-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

Como se determina en el informe del año 2022, los cambios del nivel piezométrico en el punto de monitoreo están asociados a los consumos de agua subterránea en los pozos concesionados pz-16-0034 (Asitex No. 2 - Filtros entre los 102.71 m y los 226 m) y pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2 – Filtros entre los 73 m a los 186 m) ubicados a menos

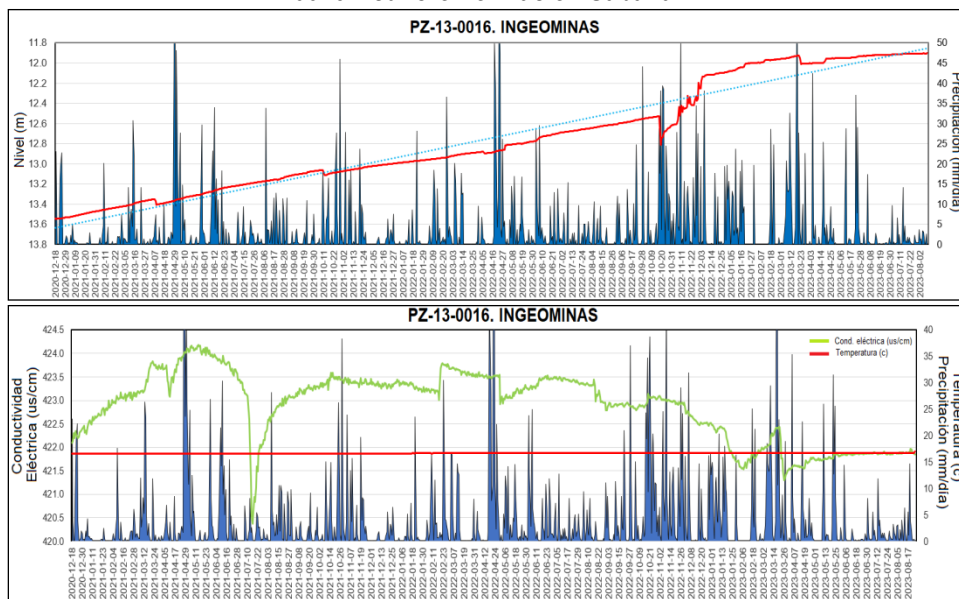
de 2.8 km. Esta tendencia se mantiene para el periodo 2022-2023 donde el nivel piezométrico es influenciado por la explotación de agua subterránea, sin embargo, la tendencia positiva se mantiene. Cabe aclarar, que la prueba de bombeo a caudal constante realizada en el pozo pz-16-0034 (Asitex No. 2) del 25 al 29 de julio de 2022 no cambia de forma abrupta la dinámica ascendente del nivel piezométrico registrada en el pozo de observación.

Finalmente, es relevante mencionar que si el comportamiento en el pozo de monitoreo se vuelve descendente se deberán restringir los consumos y las nuevas concesiones de agua subterránea en esta zona del Distrito Capital (Puente Aranda).

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el "Colegio Simón Rodríguez", la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-13-0016. INGEOMINAS 1. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 100 m capta del acuífero Formación Sabana, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.65 m, una temperatura promedio constante de 16.65 °C y una conductividad eléctrica promedio de 422.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Frente a esta última variable es importante mencionar que del 2022 al 2023 desciende con el aumento en la frecuencia de la precipitación, llegando a un valor mínimo constante de 419.71 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 26. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-13-0016-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

Finalmente, frente a este punto de monitoreo es importante resaltar que el diseño mecánico debe ser corroborado, ya que, el comportamiento es totalmente diferente al del pozo pz-13-0017 que se encuentra ubicado a una longitud de 37 m.

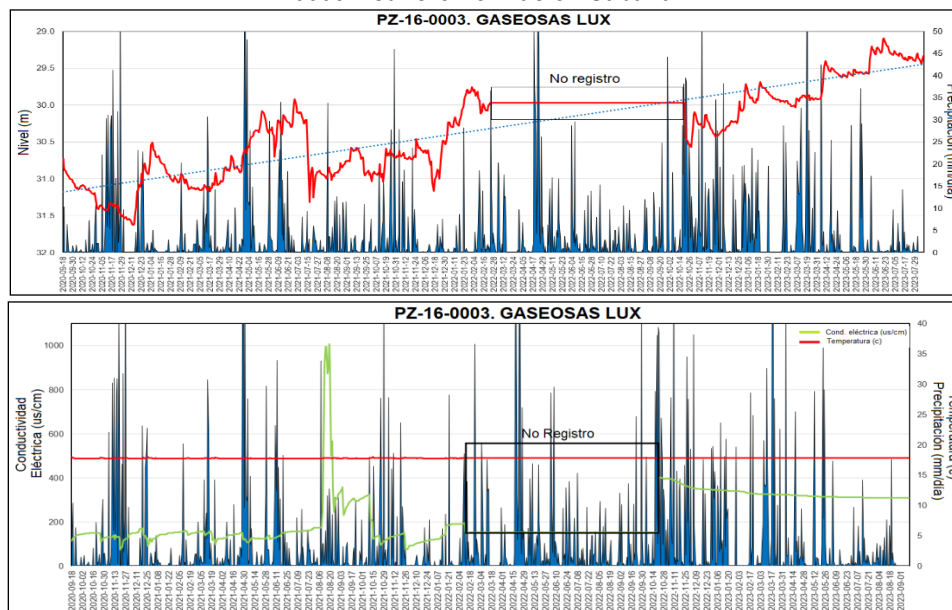
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-16-0003. GASEOSAS LUX. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 193 m capta del acuífero Formación Sabana entre los 73 m a los 186 m, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.38 m, una temperatura constante promedio de 17.79 °C y una conductividad eléctrica promedio de 214.79 $\mu\text{S/cm}$.

Cabe aclarar que, del 28 de febrero al 20 de octubre de 2022 no se registra información debido a que la transmisión de datos se detiene con el objetivo de cambiar el operador del plan de datos para una mejor transmisión.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-16-0003.

Figura 27. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-16-0003-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

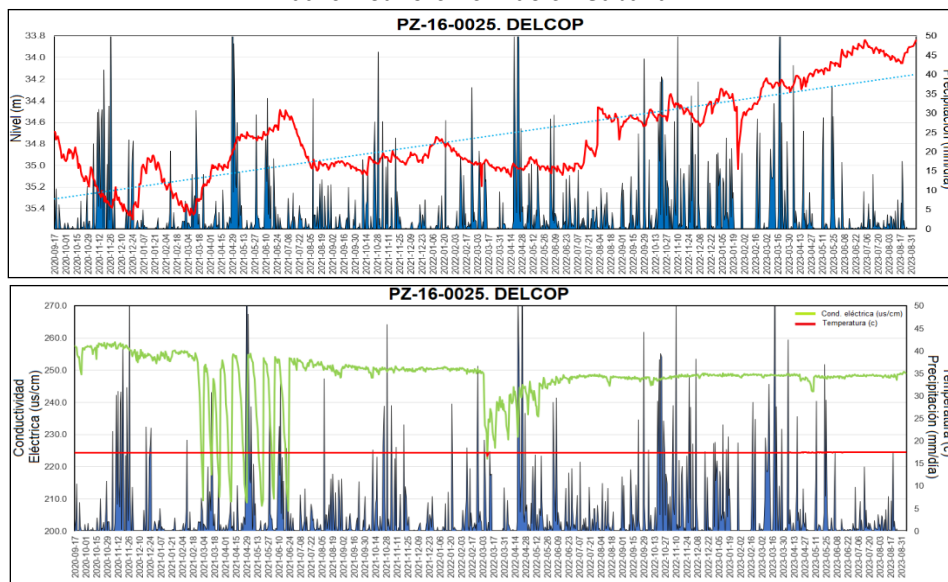
El comportamiento del nivel piezométrico y la conductividad eléctrica de este punto de monitoreo tiene relación con los consumos del pozo pz-16-0004 (Gaseosas Luz No. 2) que está ubicado a 193 m de longitud del pozo de observación que presenta filtros entre los 99 m y los 148 m de profundidad. De igual forma, no se descarta que la variación del nivel piezométrico también sea alterada por la influencia de los pozos pz-16-0001 y pz-16-0002 (Gaseosas Colombianas 1 y 2) ubicados a 1.8 Km; estos pozos concesionados también captan agua subterránea del mismo acuífero a partir de los 77 m de profundidad.

En síntesis, la tendencia del nivel piezométrico se mantiene ascendente así se presenten cambios en la dinámica hídrica subterránea debido a la explotación del acuífero en esta zona del Distrito Capital.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-16-0025. DELCOP. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 167 m capta del acuífero Formación Sabana entre los 66 m y los 161 m, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.85 m, una temperatura promedio constante de 17.42 °C y una conductividad eléctrica promedio de 247.86 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-16-0025.

Figura 28. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-16-0025-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

Al igual que el pozo de monitoreo ubicado en Gaseosas Lux, este punto también presenta cambios del nivel piezométrico debido a los consumos de agua subterránea en los pozos pz-16-0002 y pz-16-0003 (Gaseosas Colombianas – planta centro) ubicados a una distancia de 437 m.

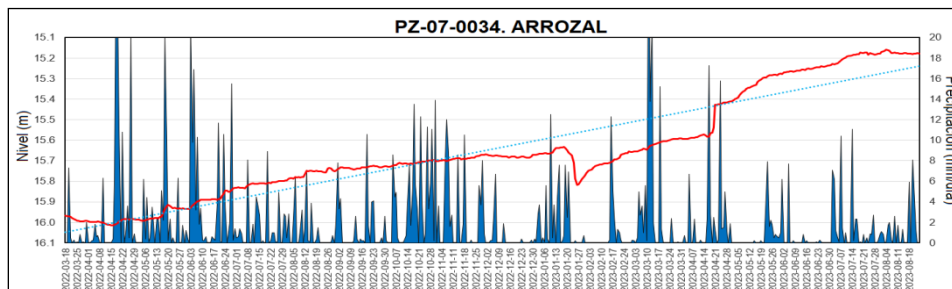
Al igual que en los pozos de monitoreo pz-16-0003, pz-13-0016 y pz-13-0017 la tendencia del nivel piezométrico se mantiene ascendente sin que se presenten cambios abruptos en la dinámica hídrica subterránea debido a la explotación del acuífero en esta zona del Distrito Capital (Puente Aranda y Teusaquillo).

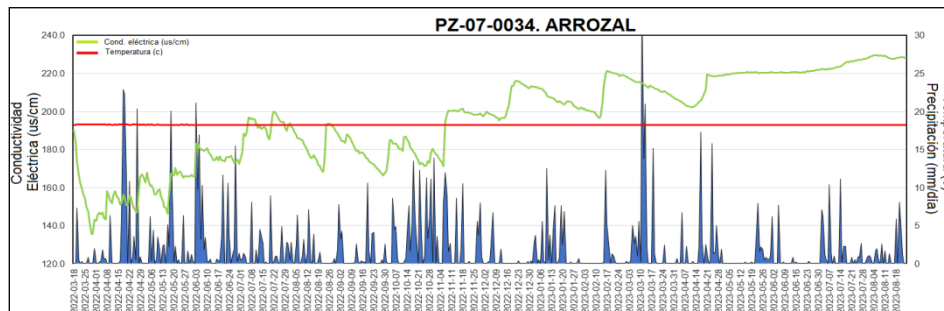
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “*Colegio Simón Rodríguez*”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-16-0029. TEXTRAMA. Este equipo presenta una falla de transmisión desde el 29 de abril de 2022, motivo por el cual para el presente informe no se analizan las variables nivel piezométrico, conductividad eléctrica y temperatura.

Pozo pz-07-0034. El Arrozal. Este punto de monitoreo ubicado al sur-occidente del Distrito Capital tiene una profundidad total de 150 m y capta del acuífero Formación Sabana (filtros entre 24 m y 66 m), donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.79 m, una temperatura constante promedio de 18.26 °C y una conductividad eléctrica promedio de 195.92 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que asciende durante toda la serie de datos y varía según el comportamiento de la precipitación como se observa en la siguiente figura.

Figura 29. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-07-0034-Acuífero Formación Sabana.





Fuente: SDA, 2023.

Frente al nivel piezométrico, se evidencia un descenso de aproximadamente -0.16 m que inicia en enero de 2023, cambiando su tendencia, ya que, en abril del mismo año se recupera. Este cambio también se ve reflejado en el punto de monitoreo ubicado en el pozo pz-07-0005 (Carboquímica), donde la recuperación del nivel se realiza 2 meses antes (febrero). A partir de esta información, se verifica que del 21 al 22 de enero de 2023 se ejecuta una prueba de bombeo con un caudal constante de 7.37 l/s en el pozo por concesionar pz-07-0036 (filtros entre 57.7 m y 87 m), el cual, está ubicado a una longitud de 864 m al oriente como se observa en la siguiente figura.

Figura 30. Ubicación de los puntos de monitoreo pz-07-0005 y pz-07-0034, pozo concesionado pz-07-0008 y pozo por concesionar pz-07-0036.



Fuente: SDA, 2023.

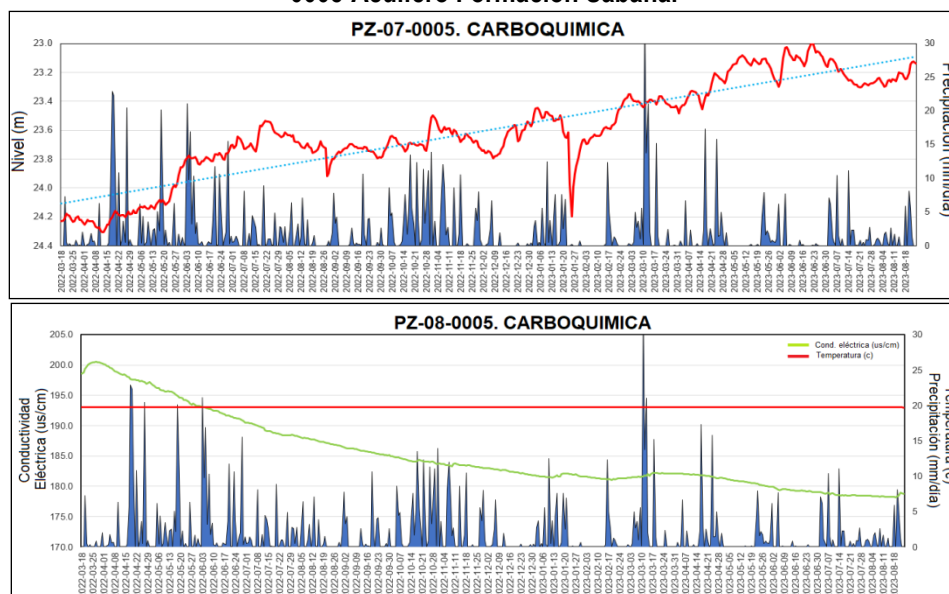
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Sierra Morena”, la cual está ubicada al sur del punto de monitoreo (Localidad de Ciudad Bolívar-Barrio la Pradera).

Pozo pz-07-0005. Carboquímica. Este punto de monitoreo ubicado al sur-occidente del Distrito Capital tiene una profundidad total de 110 m y capta del acuífero Formación Sabana (filtros entre los 78 m a 110 m), donde el dispositivo

instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 1.09 m, una temperatura promedio constante de 19.73 °C y una conductividad eléctrica promedio de 185.29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que tiende a descender a mínimo 178.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-07-0005.

Figura 31. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-07-0005-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

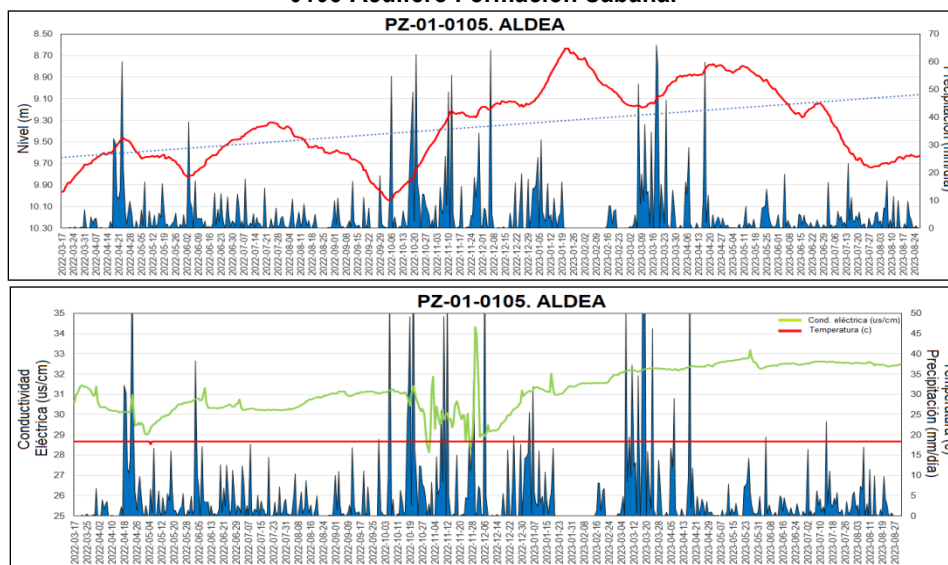
Al igual que en el pozo pz-07-0034 (Arrozal), en este punto de monitoreo se evidencia un descenso del nivel piezométrico de aproximadamente -0.7 m, el cual, es generado por la ejecución de una prueba de bombeo en el pozo por concesionar pz-07-0036 (filtros entre 57.7 m y 87 m) ubicado a una longitud de 640 m al occidente (Ver Figura 30). La estabilización del nivel piezométrico se realiza 1.5 meses después de la ejecución de la prueba de bombeo, demostrando una rápida recuperación y manteniendo la tendencia ascendente. Esto último da a conocer que los paquetes arenosos captados por el pozo de monitoreo pz-07-0005 (Carboquímica) presentan una mejor condición hidráulica y capacidad de almacenamiento que los paquetes captados por el pozo de monitoreo pz-07-0034 (Arrozal).

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Sierra Morena”, la cual está ubicada al sur del punto de monitoreo (Localidad de Ciudad Bolívar-Barrio la Pradera).

Pozo pz-01-0105. Aldea. Este punto de monitoreo ubicado al oriente del Distrito Capital tiene una profundidad total de 120 m y capta del acuífero Formación Labor-Tierna entre los 30 m y 78 m de profundidad, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.31 m, una temperatura promedio constante de 18.34 °C y una conductividad eléctrica promedio de 31.21 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la cual, varía según la frecuencia e intensidad de la precipitación.

Las variaciones del nivel piezométrico también presentan relación con la precipitación, la cual, disminuye en el año 2023 para esta zona del Distrito Capital con lo hace el nivel registrado en el pozo pz-01-0105 (Aldea). En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-01-0105.

Figura 32. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0105-Acuífero Formación Sabana.



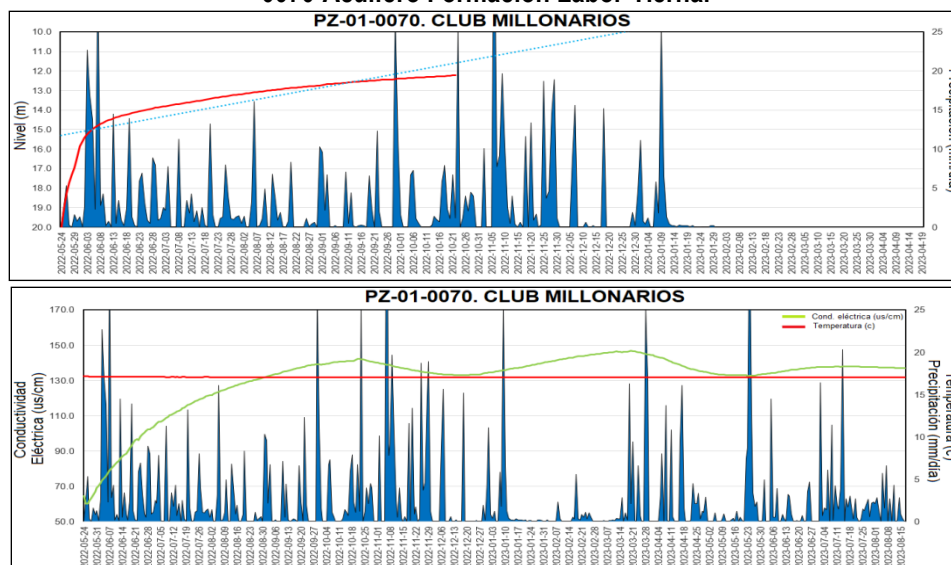
Fuente: SDA, 2023.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es la “Escuela Pedagógica Experimental”, la cual está ubicada al sur-oriental del punto de monitoreo (Localidad de Usaquén-Barrio Paramo).

Pozo pz-01-0070. Millonarios. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 100.5 m capta del acuífero Formación Labor-Tierna entre los 55 m y los 100 m de profundidad, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 7.45 m, una temperatura promedio constante de 17.05 °C y una conductividad eléctrica promedio de 131 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que asciende con la misma tendencia del nivel piezométrico a un máximo de 147.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Es importante mencionar que la sonda deja de registrar solo nivel piezométrico el 22 de octubre de 2022, sin embargo, las variables temperatura y conductividad eléctrica si las registra. Este inconveniente se puede generar debido a la falta de mantenimiento de la sonda. En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-16-0025.

Figura 33. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0070-Acuífero Formación Labor-Tierna.



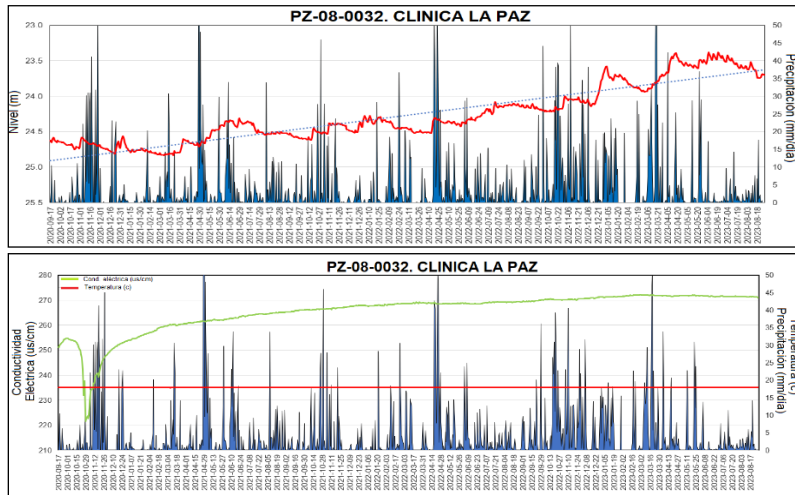
Fuente: SDA, 2023.

Este punto de monitoreo es el que registra el ascenso del nivel piezométrico más significativo de toda la RMAS, condición que debe ser investigada con mayor detalle en la vigencia 2024.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es la “Estación COLMAC”, la cual está ubicada al nor-orienté del punto de monitoreo (Localidad de Usaquén-Barrio Torca).

Pozo pz-08-0032. Clínica la Paz. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 126 m capta del acuífero Formación Sabana, donde el dispositivo instalado registra un ascenso total del nivel piezométrico de 0.92 m, una temperatura promedio constante de 17.96 °C y una conductividad eléctrica promedio de 265.48 µs/cm; esta última, asciende con el tiempo hasta llegar a un valor máximo de 272.30 µs/cm como se observa en la siguiente figura.

Figura 34. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-08-0032-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2023.

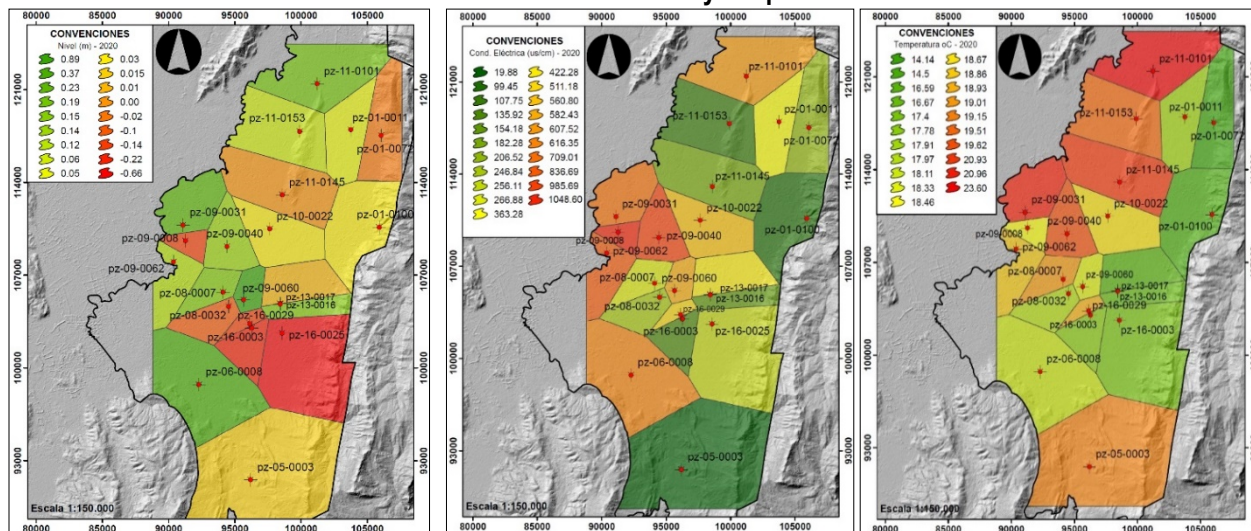
Como complemento a lo anterior, se puede determinar frente al comportamiento del nivel piezométrico, que este presenta variaciones asociadas a los consumos de agua subterránea de los pozos concesionados más cercanos (pozos ubicados en Manufacturas Eliot y en Textilía) y las altas precipitaciones, no obstante, la tendencia del nivel se mantiene ascendente. La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

4.3.1. Análisis de los resultados de la RMAS implementando polígonos de Voronoi.

Para resumir el comportamiento de las anteriores variables recopiladas mediante la RMAS se realiza un análisis geoespacial implementado los polígonos de VORONOI, los cuales son desarrollados a partir de una herramienta estadística para definir como es el comportamiento local de la variable analizada en el espacio (colindancia). En este contexto, se observa a continuación los polígonos de VORONOI para las siguientes variables: Cambio en el nivel piezométrico, promedio de la temperatura y promedio de la conductividad eléctrica para los años 2020, 2021 y 2022.

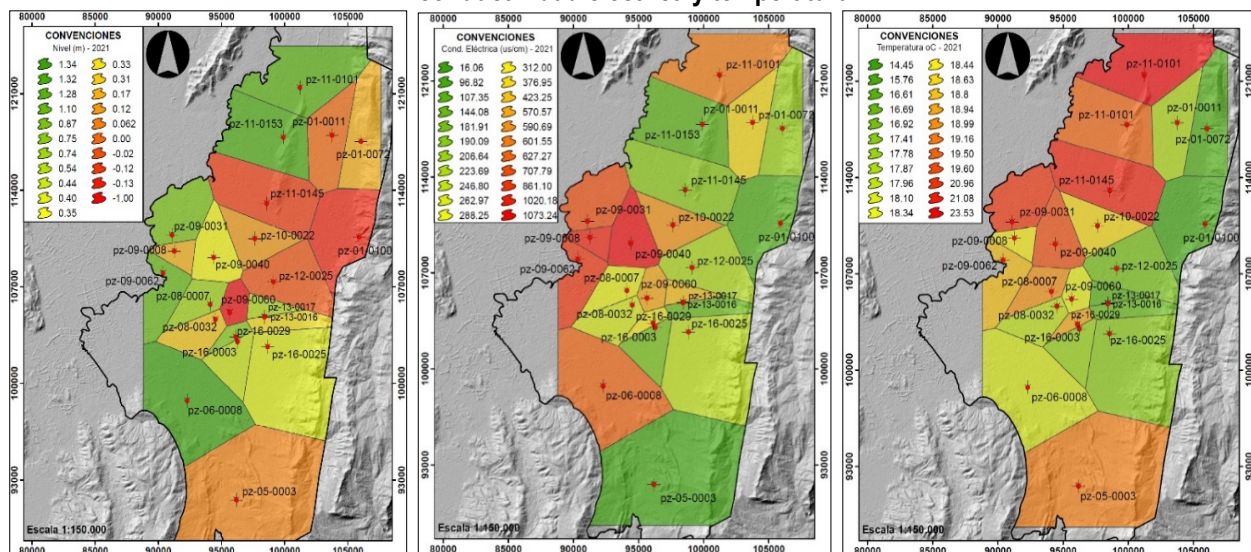
Es importante resaltar que los registros obtenidos en el año 2020 no presentan toda la serie de datos, ya que, los dispositivos fueron instalados principalmente en el mes de septiembre, no obstante, se procesan los datos de este año para obtener una línea base. También cabe aclarar, que al incluir todos los pozos de la RMAS se analiza la información de las unidades hidrogeológicas Acuífero Formación Sabana, Acuífero Formación Tiltatá, Acuitardo Formación Subachoque, Acuitardo Formación Usme, Acuitardo Formación Bogotá, Acuífero Formación Regadera, Acuífero Formación Labor-Tierna y Acuitardo Formación Plaeners. A continuación, se observa la distribución de las variables en el espacio para los años 2020, 2021 y 2022.

Figura 35. Polígonos de VORONOI para el año 2020 de las variables ascenso-descenso del nivel estático, conductividad eléctrica y temperatura.



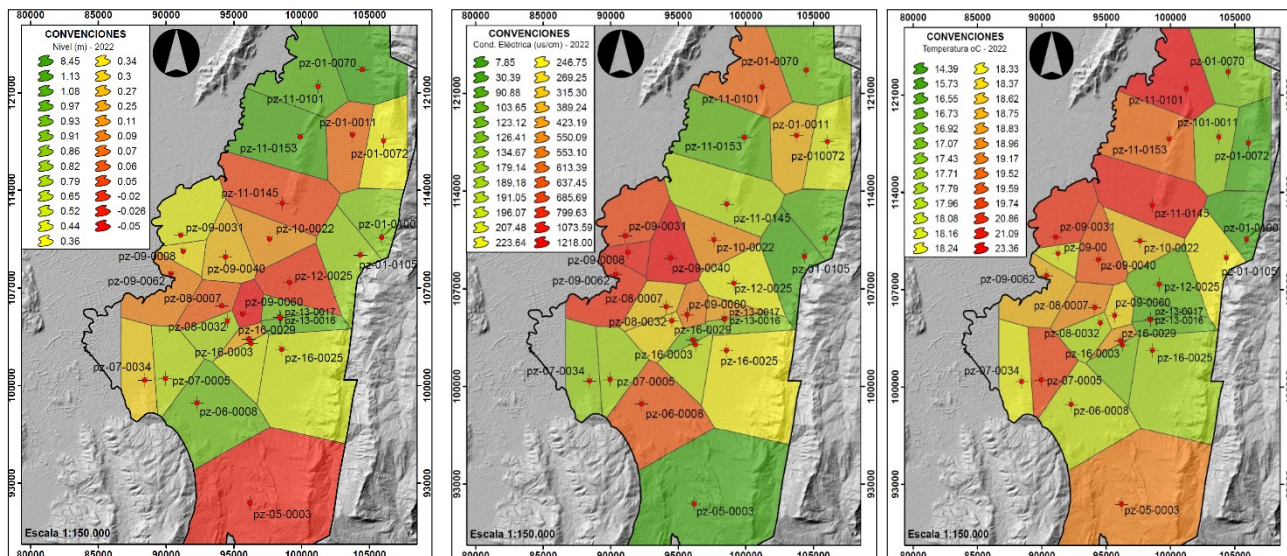
Fuente: SDA, 2023.

Figura 36. Polígonos de VORONOI para el año 2021 de las variables ascenso-descenso del nivel estático, conductividad eléctrica y temperatura.



Fuente: SDA, 2023.

Figura 37. Polígonos de VORONOI para el año 2022 de las variables ascenso-descenso del nivel estático, conductividad eléctrica y temperatura.



Fuente: SDA, 2023.

Según las anteriores figuras se puede determinar frente a la variable nivel piezométrico que se recupera en el tiempo, ya que, pasa de presentar una tendencia negativa de -0.66 m y -1.0 m para los años 2020 y 2021, a -0.05 m para el año 2022. Esto permite evidenciar la recuperación de los acuíferos monitoreados en casi 1 m de columna de agua.

Frente a la variable conductividad eléctrica se puede evidenciar que aumenta en relación con la trayectoria de flujo subterráneo, manteniéndose los altos rangos principalmente en la zona de Fontibón con valores que aumentan de 1048.60 µs/cm para el año 2020 a 1218 µs/cm para el 2022. Igualmente, es importante resaltar que a medida que pasa el tiempo, los valores de conductividad eléctrica al sur y oriente del Distrito Capital disminuyen, pasando de 19.88 µs/cm para el año 2020 a mínimo 7.85 µs/cm para el año 2022; este comportamiento permite corroborar que existe mayor recarga en estas zonas del Distrito Capital.

Finalmente, se puede observar que la variable temperatura presenta el menor cambio en el tiempo, evidenciando que esta aumenta a medida que se aleja de zona de recarga pasando de mínimo 14.14 °C para el año 2020 a máximo 23.36 °C para el año 2022 (localidades de Suba y Engativá).

En síntesis, los aspectos más relevantes derivados de la información obtenida a partir de la RMAS son:

- Los ascensos del nivel piezométrico de todos los puntos que hacen parte de la RMAS son en general son de aproximadamente 1 m desde el inicio de las mediciones en el año 2020.

- b) El pozo de monitoreo pz-01-0070 (Millonarios) presenta un ascenso total del nivel piezométrico de 7.45 m en menos de un año de mediciones.
- c) No se presentan cambios drásticos del nivel piezométrico que cambien la tendencia histórica de la variable.
- d) Para el año 2023 las condiciones de recarga mejoran tanto al sur y como al norte del Distrito Capital, ya que, la intensidad y frecuencia de la precipitación es mayor que la del centro.

Para corroborar las anteriores hipótesis se deben ejecutar estudios complementarios como pruebas hidráulicas, perforaciones exploratorias, hidrogeoquímica e isotopía para seguir refinando el modelo hidrogeológico conceptual del Distrito Capital.

5. HIDROGEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

La hidrogeoquímica permite integrar los conocimientos obtenidos de la química, hidrogeología y la geología, dado que relaciona los componentes físico – químicos del agua producto de la disolución de minerales presentes en las rocas que constituyen un acuífero, de igual forma analiza el comportamiento del flujo con respecto al tránsito que realiza el agua subterránea por las rocas hasta emerger a superficie. Por tanto, mediante la implementación de esta herramienta es posible establecer las condiciones de origen de las aguas subterráneas su relación con la geología y su sistema de recarga-descarga.

Así las cosas, el análisis hidrogeoquímico inicia con la verificación de la calidad de los aniones y cationes registrados para la SDA desde el año 2017 por el Programa de Afluentes y Efluentes (SDA-CAR). Esta verificación se realiza mediante un balance iónico de los aniones: HCO_3^- , SO_4^- y Cl^- , y de los cationes: Ca^+ , Mg^+ , Na^+ y K^+ . La ecuación utilizada para calcular el balance iónico se observa a continuación:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\left| \sum \text{aniones} \left(\frac{\text{meq}}{L} \right) - \sum \text{cationes} \left(\frac{\text{meq}}{L} \right) \right|}{\sum \text{aniones} \left(\frac{\text{meq}}{L} \right) + \sum \text{cationes} \left(\frac{\text{meq}}{L} \right)} * 100$$

Para este informe se analiza e interpretan los datos con errores analíticos menores al 15%, aumentando el rango de puntos para analizar, ya que, el error según mínimo aceptable según la Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental De Acuíferos es del 10 %.

En la siguiente tabla se observan los puntos de agua que cumplen con un balance iónico inferior al 15%.

Tabla 2. Puntos que cumplen con el balance iónico para las muestras tomadas del año 2027 al 2022.

Año	Resultado Balance	Observación
-----	-------------------	-------------

Año	Resultado Balance	Observación
2017	No cumple ninguna de las 2 muestras.	Se analizan las 2 muestras para tener una línea base.
2018	Cumple 1 de las 4 muestras.	Se analiza las 4 muestras para tener una línea base.
2019	Cumplen 23 (Pz-01-0031, Aj-18-0001, Pz-01-0104, Pz-07-0008, Pz-09-0013, Pz-09-0040, Pz-09-0056, Pz-10-0027, Pz-06-0008, Pz-11-0011, Pz-11-0026, Pz-11-0028, Pz-11-0080, Pz-11-0108, Pz-11-0096, Pz-16-0002, Pz-16-0034, Pz-11-0112, Pz-19-0024, Pz-14-0003, Pz-11-0144, Pz-10-0024 y Pz-08-0023) de las 75 muestras.	N/A
2020	Cumplen 13 (Pz-11-0047, Pz-06-0005, Pz-11-0026, Pz-11-0011, Pz-09-0017, Pz-09-0059, Pz-13-0010, Pz-16-0034, Pz-09-0043, Pz-07-0008, Aj-14-0005, Pz-19-0005 y Pz-01-0089) de las 21 muestras.	N/A
2021	Cumplen 52 (pz-05-0004, AJ-14-0005, PZ-01-0004, PZ-01-0055, PZ-01-0069, PZ-01-0076, PZ-11-0012, PZ-11-0011, PZ-11-0026, PZ-11-0144, PZ-11-0214, PZ-16-0040, PZ-19-0005, PZ-01-0010, PZ-01-0031, PZ-06-0009, PZ-07-0008, PZ-08-0013, PZ-08-0023, PZ-09-0013, PZ-09-0043, PZ-09-0044, PZ-09-0056, PZ-09-0059, PZ-10-0027, PZ-10-0055, PZ-11-0028, PZ-11-0030, PZ-11-0045, PZ-11-0047, PZ-11-0051, PZ-11-0052, PZ-11-0080, PZ-11-0096, PZ-11-0108, PZ-11-0136, PZ-11-0140, PZ-11-0147, PZ-11-0190, PZ-11-0195, PZ-11-0217, PZ-11-0222, PZ-11-0223, PZ-13-0010, PZ-16-0001, PZ-16-0002, PZ-16-0004, PZ-16-0013, PZ-16-0014, PZ-16-0034, PZ-16-0041 y PZ-19-21) de las 71 muestras.	N/A
2022	Cumplen 35 (pz-16-0040, pz-09-0043, pz-09-0059, pz-16-0001, pz-08-0023, pz-19-0005, pa-13-0009, pz-14-0003, pz-11-0096, pz-11-0195, pz-13-0010, pz-11-0222, pz-01-0026, PZ-11-0136, PZ-07-0028, PZ-19-0021, PZ-07-0033, PZ-09-0013, PZ-10-0027, PZ-11-0012, PZ-11-0221, PZ-10-0055, PZ-01-0004, PZ-09-0044, PZ-09-0056, PZ-09-0040, AJ-14-0005, PZ-16-0002, PZ-11-0214, PZ-16-0034, PZ-11-0144, PZ-07-0008, PZ-11-0026, PZ-11-0080 y PZ-11-0190) de las 75 muestras.	N/A

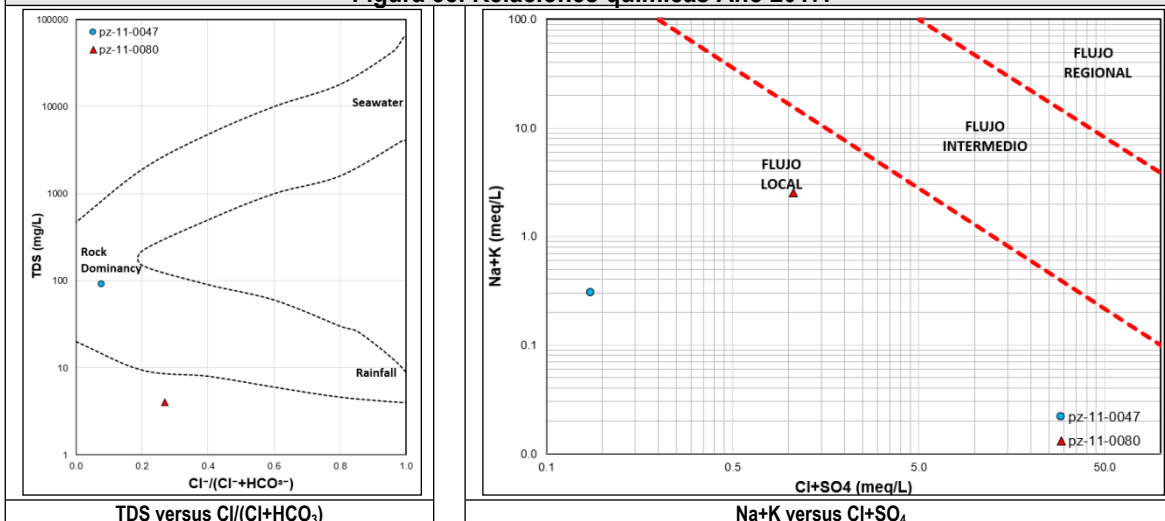
Fuente: SDA 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior, se analizan los puntos de agua que cumplen con el balance iónico para obtener relaciones químicas y así identificar como es el tránsito y la evolución del agua subterránea. También se realizan diagramas tipo Piper para definir familias de aguas con características químicas semejantes y correlacionar la información con el resultado de las relaciones químicas.

5.1. Relaciones químicas.

Las relaciones químicas elaboradas para el presente informes son, Solidos Totales Disueltos-TDS versus $Cl/(Cl+HCO_3)$ y $Na+K$ versus $Cl+SO_4$. Cabe aclarar, que a partir del año 2019 se sectoriza la información al norte y sur del Distrito Capital con el objetivo de tener mayor facilidad y representatividad en el análisis de la información. Los gráficos y su respectivo análisis por año se observan a continuación.

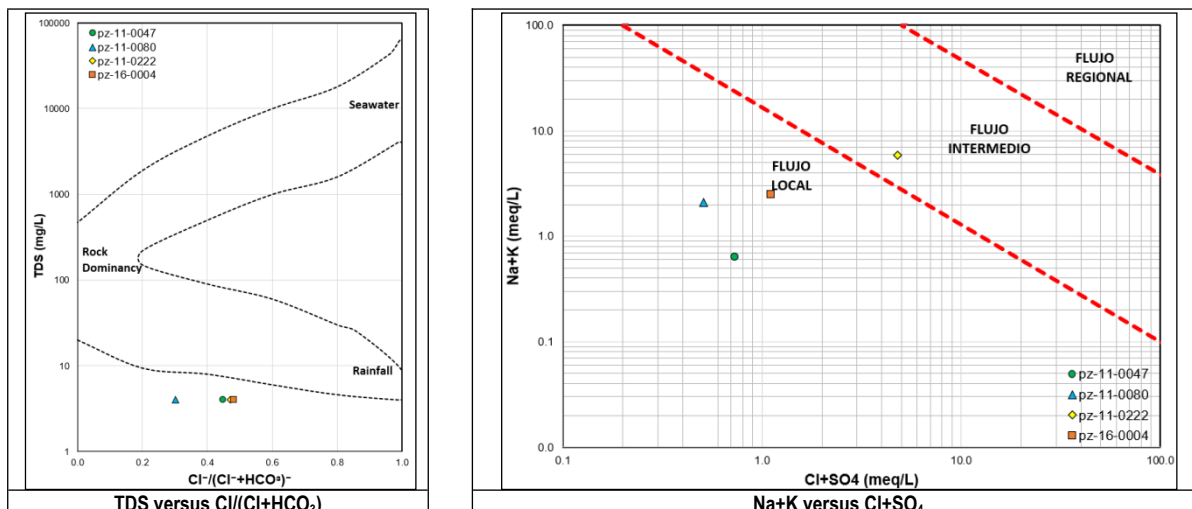
Figura 38. Relaciones químicas Año 2017.



Fuente: SDA 2023.

Los puntos de agua subterránea graficados para el año 2017 captan de la Formación Sabana, el cual, es un acuífero confinado con intercalaciones de arenas (entre los 30 m a 200 m de profundidad aproximadamente), las cuales, son recargadas indirectamente por goteos verticales desde superficie y flujos provenientes de los acuíferos que se encuentran en contacto lateral como el grupo Guadalupe (Fm. Labor Tierna, Plaeners y Arenisca Dura). En este sentido, los resultados indican que los pozos pz-11-0047 (CAFAM 1) y pz-11-0080 (CAFAM 2) captan aguas subterráneas de tipo local con tiempos de tránsito tanto en la roca y como en los sedimentos hasta de 2 meses (*Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022*), facilitando la disolución de algunos minerales como silicatos (cuarzo y en menor proporción feldespatos) propios del grupo Guadalupe.

Figura 39. Relaciones químicas Año 2018.



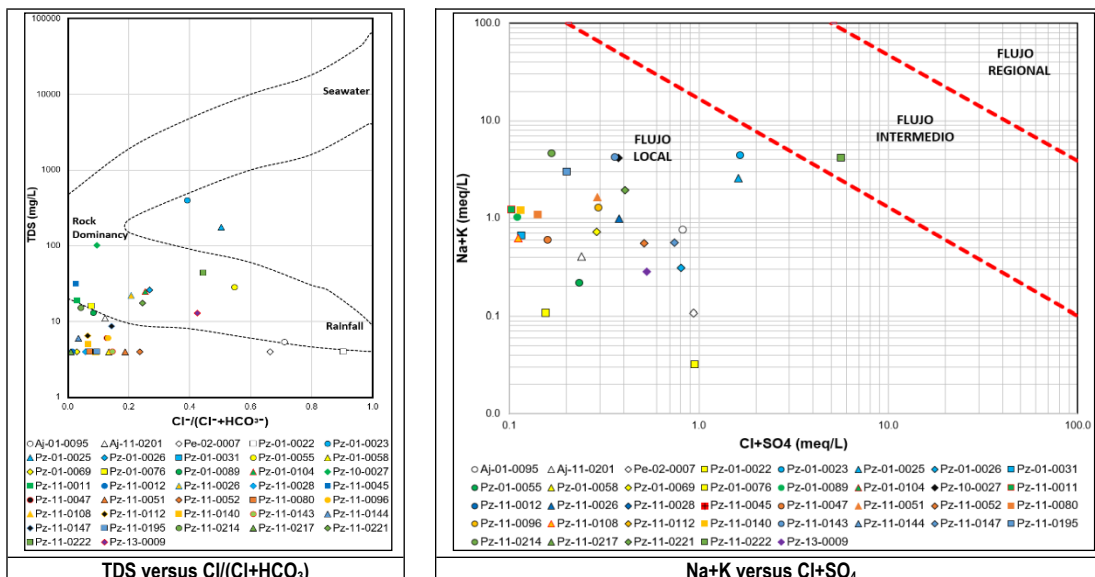
Fuente: SDA 2023.

En el año 2018, los pozos pz-11-0047 (CAFAM 1), pz-11-0080 (CAFAM 1), pz-16-0004 (Gaseosas Lux) captan del acuífero Formación Sabana y se caracterizan por presentar aguas subterráneas de tipo local con tiempos de tránsito tanto en la roca como en los sedimentos de los acuíferos hasta de 2 meses (SDA, 2022), facilitando la disolución de algunos minerales.

Ahora bien, el pozo pz-11-0222 (Club Guaymaral No. 2) tiene una profundidad de 205 m y capta de las unidades hidrogeológicas Formación Sabana y Formación Guaduas en los últimos 5 m; por este motivo, en el diagrama de relaciones Na+K contra $Cl+SO_4$ el agua subterránea presenta un flujo de tipo intermedio, los cuales son generados por captar un acuitardo que se recarga en condiciones de profundidad y litología (arcillolitas y areniscas) totalmente diferentes al acuífero Formación Sabana.

Es importante mencionar que el pozo pz-16-0004 (Gaseosas Lux) ubicado en la localidad de Puente Aranda presenta características bastante similares en relación con el flujo y la evolución a las aguas subterráneas caracterizadas al norte de Bogotá, permitiendo corroborar las similitudes en el comportamiento de la dinámica subterránea del acuífero Formación Sabana en todo el Distrito Capital.

Figura 40. Relaciones químicas Año 2019 Norte.



Fuente: SDA 2023.

Para el año 2019 en el sector norte se puede evidenciar que los pozos captan principalmente aguas subterráneas con flujos locales y tiempos cortos de tránsito en la roca (SDA, 2022). De igual forma, se evidencia que los puntos de agua Aj-01-0095, pe-02-0007 (Marriot Calle 73), pz-01-0076 (Sede Social Nimajay) y pz-01-0022 (Hermana Misioneras Consolata) presentan una alta correlación con la precipitación (rainfall). Estos 2 últimos pozos son de tipo saltante y captan las areniscas de acuífero Formación Labor Tierna a una profundidad de 85 m.

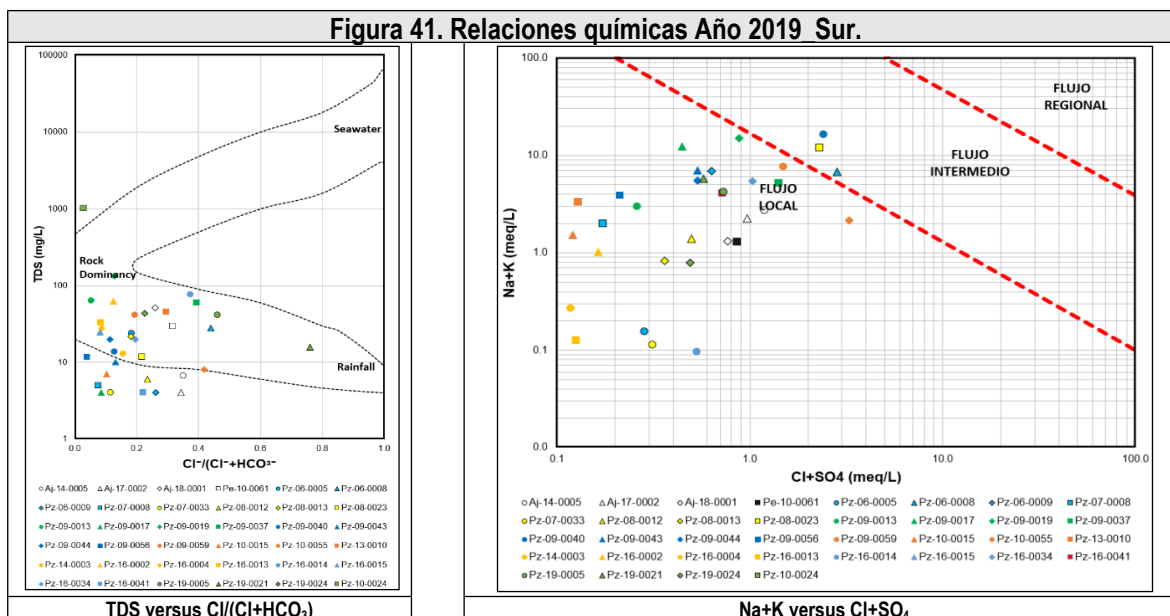
Otros puntos con características saltantes al norte del Distrito Capital son el pz-01-0023 (Universidad San Buenaventura) y el pz-01-0025 (Comunidad de las Hijas de Maria Auxiliadora), los cuales, presentan flujos con mayor dominancia en la roca, ya que, captan agua del Grupo Guadalupe a una mayor profundidad.

Lo anterior, indica la alta variabilidad en la dinámica hídrica subterránea en los pozos que captan cerca de la calle 170 entre carrera 9 y 7, pasando de flujos locales a intermedios en un área que no supera 1 Km².

También es importante mencionar la similitud en la dinámica hídrica subterránea de los pozos pz-10-0027 (CotransNiza) y pz-11-0142 (Club los Lagartos No. 3), ya que, presentan flujos con mayor dominancia en la roca; no obstante, captan de unidades hidrogeológicas totalmente diferentes. Por ejemplo, el pozo pz-10-0027 capta del acuífero Formación Sabana a 100 m de profundidad y el pozo pz-11-0142 capta del acuífero Formación Labor Tierna a 40 m de profundidad. En el gráfico de relaciones Na+K contra Cl+SO₄ se puede identificar que existen similitudes, lo cual, indica que tienen un sistema de recarga similar, corroborando la hipótesis que se plantea con anterioridad sobre los cerros de suba como una zona de recarga. Es de resaltar que el pozo pz-10-0027 puede también captar del Grupo Guadalupe teniendo en cuenta lo anterior en relación a su comportamiento hidrogeoquímico.

Finalmente, cabe aclarar, que el agua subterránea del pozo pz-11-0222 (Club Guaymaral No. 2) mantiene un comportamiento como flujo de agua de tipo intermedio.

Figura 41. Relaciones químicas Año 2019 Sur.



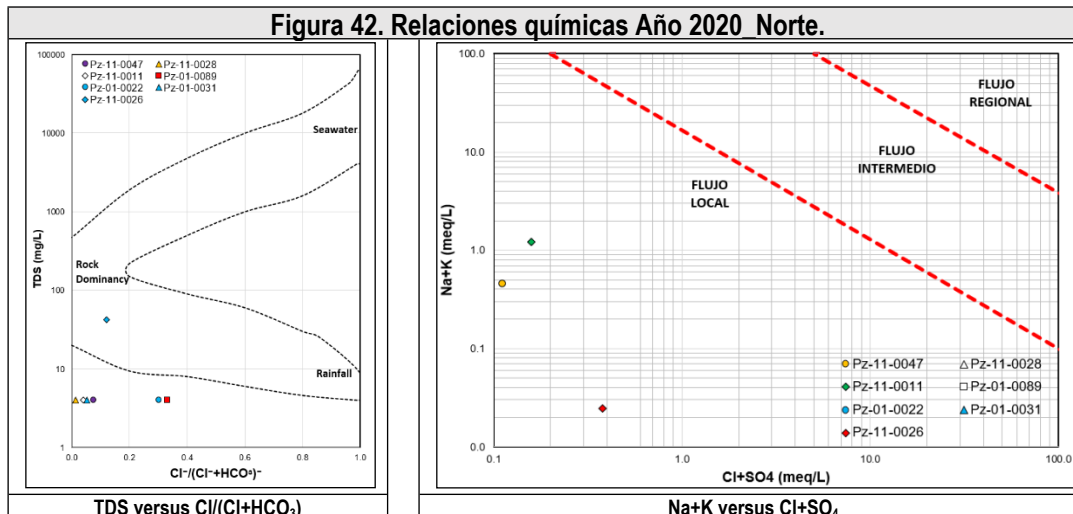
Fuente: SDA 2023.

En la zona sur del Distrito Capital se evidencia un comportamiento similar al de la zona norte, donde los pozos captan aguas subterráneas principalmente con flujos locales y tiempos cortos de tránsito en la roca. Así mismo, se evidencia que el pozo pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe No. 2) que capta el acuífero aluvial Formación Chía 2 (limos fluviales sobre gravas de la formación Tunjuelo) a una profundidad de 120 m presenta una alta correlación con la precipitación (rainfall). Otros puntos con una dinámica local influenciada por la época de baja y alta precipitación son los pozos pz-16-0013 (Grasco 1), pz-16-0014 (Grasco 2) y pz-16-0005 (Distraco), los cuales, captan del acuífero Formación Sabana que en esta zona del Distrito Capital (Puente Aranda) presenta una alta relación con la precipitación que se registra en los cerros orientales.

Ahora bien, los pozos que captan agua subterránea de flujos intermedios y mayor dominancia en la roca son el pz-09-0019 (Flota la Macarena), pz-10-0024 (Autolavado el Pastuso), pz-08-0022 (Autolavado Extrarapido), pz-09-0040 (Coca Cola) y pz-06-0008 (General Motors). Estos 2 últimos pozos captan de los acuíferos Formación Sabana y Tilatá, donde este último que subprayera el substrato rocoso se encuentra a una profundidad superior de 200 m (pz-09-0040) y 100 m (pz-06-0008). Es de resaltar que los 3 primeros pozos captan del acuífero Formación Sabana, demostrando así la alta variabilidad en la dinámica subterránea de esta unidad hidrogeológica, ya que, se evidencian aguas subterráneas de flujos locales a intermedios; otro aspecto que se puede evaluar en estos pozos es que capten de otra

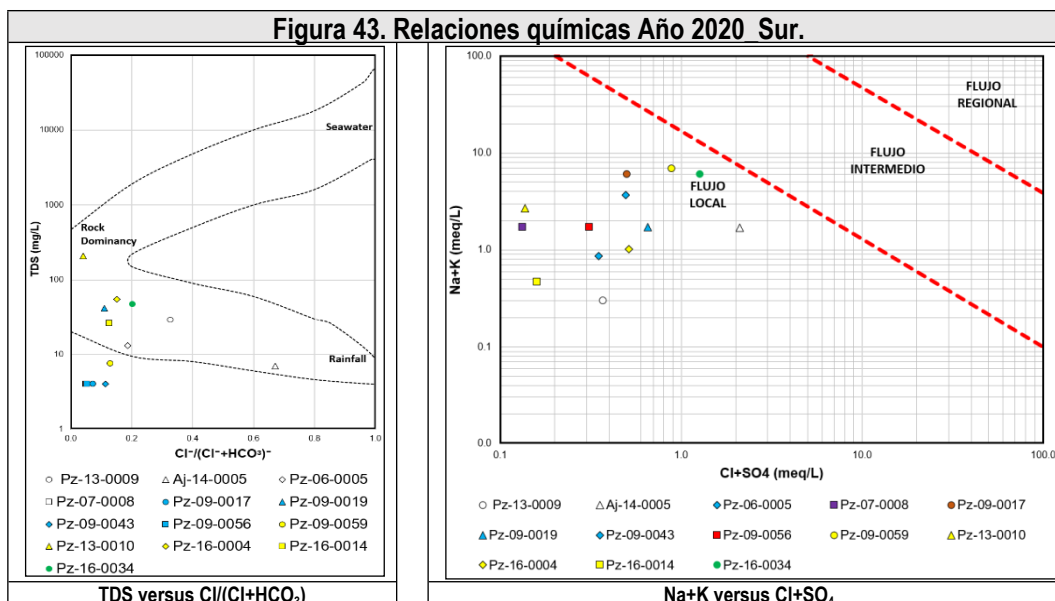
unidad hidrogeológica diferente al acuífero Formación Sabana, ya que, los datos graficados en los diagramas no son característicos de este acuífero.

Figura 42. Relaciones químicas Año 2020 Norte.



Fuente: SDA 2023.

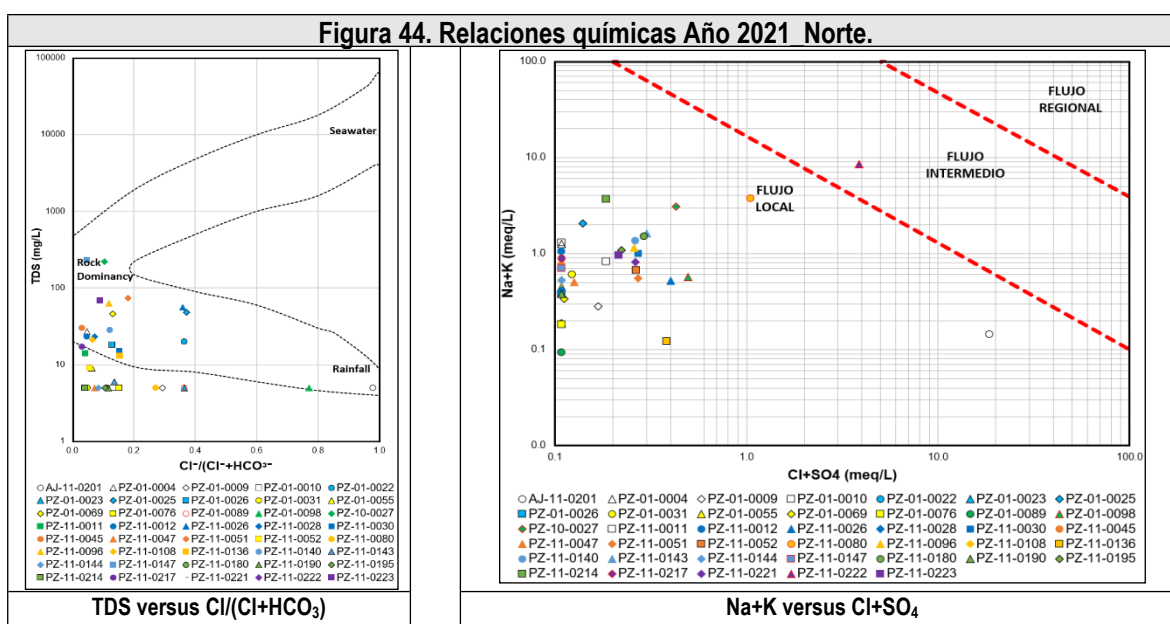
Figura 43. Relaciones químicas Año 2020 Sur.



Fuente: SDA 2023.

Los puntos analizados en el año 2020 representan principalmente aguas subterráneas de tipo local con tiempos de tránsito tanto en la roca como en los sedimentos de los acuíferos hasta de 2 meses (SDA, 2022). En general, los puntos captan del acuífero Formación Sabana (excepto el pz-11-0026 y el pz-01-0089), los cuales generalmente en el Distrito Capital presentan una dinámica hídrica subterránea de flujo local.

Como complemento a lo anterior, en la zona sur se evidencian puntos de agua con una relación alta a la precipitación (rainfall) como por ejemplo el Aj-14-0005 (Servicentro Avenida Tercera), pz-16-0004 (Grasco 2) y el pz-13-0009 (Lavadero Auto Rápido). En cambio, el pozo pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar) tiende a presentar mayor dominancia de la roca, indicando que posiblemente pueda captar del acuífero Formación Tilatá.

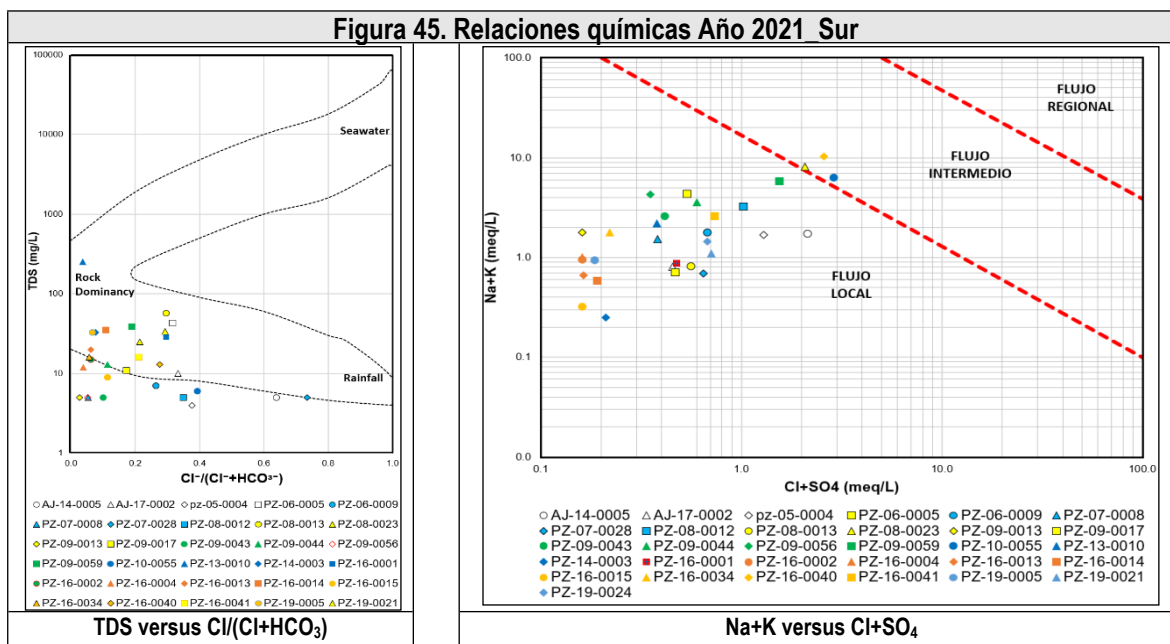


Fuente: SDA 2023.

Se puede observar en las anteriores figuras para el año 2021 en la zona norte, que principalmente las aguas subterráneas captadas son de tipo local con tiempos de tránsito que facilitan la disolución de algunos minerales. Ahora bien, los puntos de agua que presentan mayor correlación con la precipitación (rainfall) son el Aj-11-0101, pz-01-0089 (Gimnasio Jose Joaquín Casas), pz-01-0098 (Motel Rocamar) y el pz-11-0136 (PROMA) que captan del Grupo Guadalupe muy cerca de los cerros orientales (calle 170 con carrera 7) y cerros de Suba como es el caso de PROMA.

De otra parte, los puntos con mayor predominancia en la roca son el pz-11-0147 (Congregación Señora del Santísimo), pz-10-0027 (COTRANSNIZA) y el pz-11-0222 (Club Guaymaral No. 2). Estos 2 últimos presentan el mismo comportamiento analizado en el año 2019. En el caso del pozo pz-11-0147 construido a 70 m de profundidad puede

captar el acuífero Formación Labor Tierna en vez del acuífero Formación Sabana debido al comportamiento que representa.

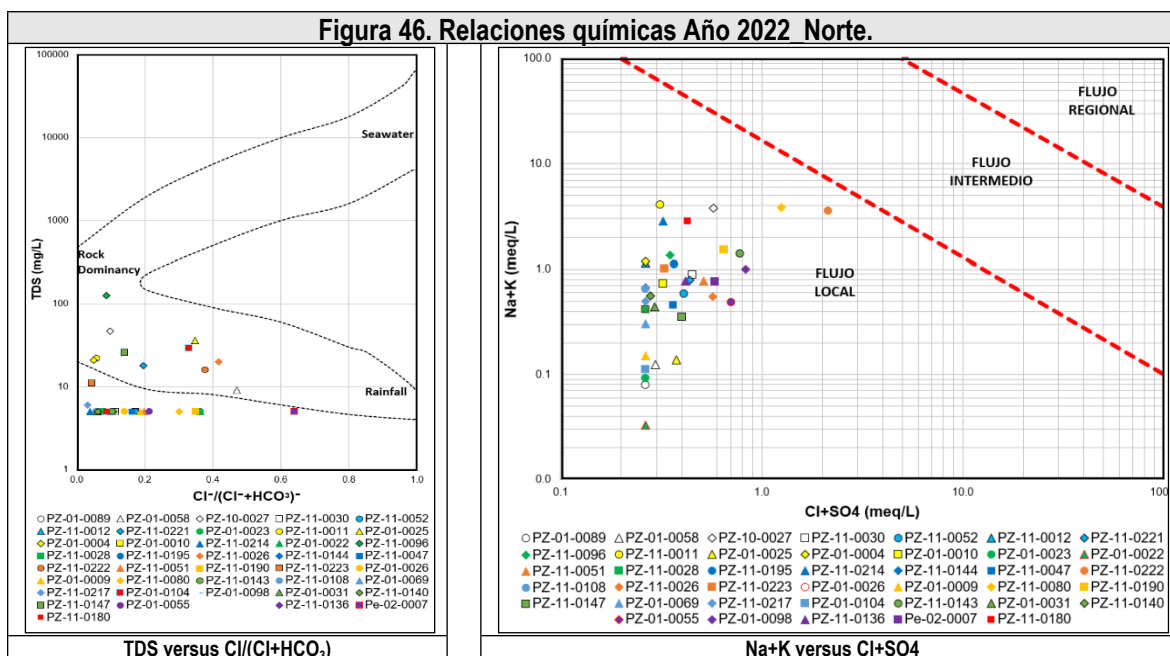


Al sur del Distrito Capital para el año 2021, se observa un comportamiento similar en comparación con los otros años, donde el agua subterránea es de tipo local con tiempos de tránsito tanto en la roca como en los sedimentos que facilitan la disolución de algunos minerales.

Ahora bien, los puntos con mayor influencia de la precipitación (rainfall) son el pz-14-0003 (Centro CAR), Aj-14-0005 (Servicentro Avenida Tercera) y el pz-07-0028 (Héctor Jose León Piñeros). Este último, capta del acuífero Formación Labor Tierna al sur del Distrito Capital en el Localidad de Ciudad Bolívar. En cambio, los puntos pz-14-0003 y Aj-14-0005 captan del acuífero Formación Tunjuelo (Qrtsa) entre la localidad de los Mártires y Santa Fe.

Finalmente, para el año 2021 sector sur se evidencia que los pozos con mayor predominancia en la roca o de flujo intermedio son el pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar), pz-08-0023 (Lafayette No. 1), pz-10-0055 (Compensar No. 2) y pz-16-0040 (Textilia No. 2). Estos últimos 3 pozos con concesión vigente, captan de los acuíferos Formación Sabana y Tilatá que infrayace generalmente el acuífero Formación Sabana a una profundidad mayor a 200 m, formando condiciones de flujo totalmente diferentes al acuífero Formación Sabana debido a su composición litológica, confinamiento y recarga.

El pozo pz-13-0010 según el registro litológico capta del acuífero Formación Sabana, sin embargo, presenta un flujo intermedio que puede indicar la presencia del acuífero Formación Tiltatá, ya que, los filtros llegan hasta una profundidad de 216 m.



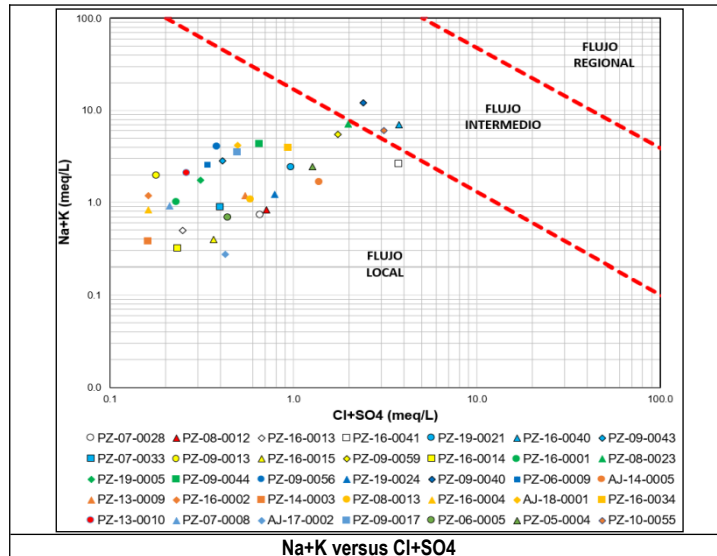
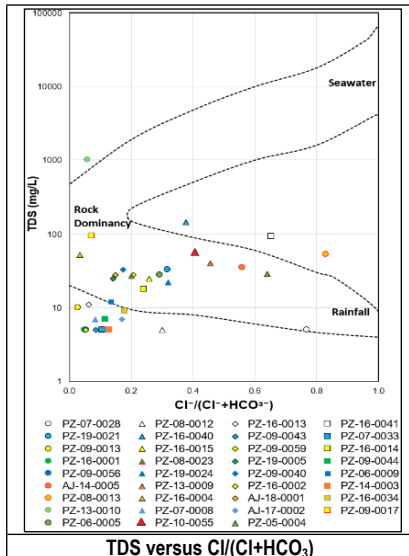
Fuente: SDA 2023.

Como se evidencia en los anteriores años, el agua subterránea caracterizada para el 2022 al norte del Distrito Capital presenta condiciones de flujo local con tiempos de tránsito en la roca y en los sedimentos del acuífero que facilitan la disolución de algunos minerales.

Los puntos que presentan mayor relación con la precipitación (rainfall) son el pe-02-0007 (Marriot Calle 73) y pz-01-0022 (Hermana Misioneras Consolata), los cuales, captan del acuífero formación Labor Tierna cerca de los cerros orientales. Cabe aclarar que, el punto pe-02-0007 es un pozo eyector que toma agua el nivel freático en la zona de sótanos.

En cuanto a los pozos que captan agua subterránea de flujos intermedios y dominancia en la roca se evidencia para el año 2022 en la zona norte que solo el punto pz-11-0096 (La Enseñanza No. 1) presenta estas características. Este pozo capta del acuífero formación Sabana a una profundidad de 110 m, sin embargo, el agua tiende a presentar otro tipo de características que indican una mayor influencia del acuífero Formación Labor Tierna.

Figura 47. Relaciones químicas Año 2022 Sur.



Fuente: SDA 2023.

Finalmente, en la zona sur se observan puntos que presentan relación directa con la precipitación (rainfall) como el pz-08-0013 (Gaseosas Colombianas No. 3), pz-07-0028 (Héctor Jose León Piñeros) y pz-05-0004 (Ladrillera Zigurat). Estos 2 últimos puntos captan al sur y oriente del Distrito Capital en zonas donde la roca se encuentra muy cerca de la superficie y es fácilmente influenciada por la precipitación. Ahora bien, el pozo pz-08-0013 presenta características muy similares a las evidenciadas en el pozo pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe No. 2), debido a que capta de la misma unidad hidrogeológica (acuífero aluvial Formación Chía 2). Esta información es de gran importancia, ya que, no se tiene certeza si los pozos ubicados en Gaseosas Colombianas planta sur captaban totalmente del acuífero Formación Chía 2.

De otra parte, los pozos que presentan agua subterránea con flujos de tipo intermedio y dominancia en los sedimentos y la roca son el pz-16-0040 (Textilia No. 2), pz-08-0023 (Lafayette No. 1), pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar), pz-10-0055 (Compensar No. 2), pz-09-0040 (Coca Cola) y pz-09-0017 (Duquesa). Estos pozos captan de los acuíferos Formación Sabana y Tilatá donde esta última unidad hidrogeológica presenta condiciones de confinamiento y profundidad que generan escenarios totalmente diferentes.

Es de resaltar, que el pozo pz-09-0017 (Duquesa) según su registro litológico capta del acuífero Formación Sabana, sin embargo, su comportamiento en el gráfico de relaciones químicas se asemeja a los pozos que también captan del acuífero Formación Tilatá.

En síntesis, de las anteriores consideraciones se puede determinar lo siguiente:

- El acuífero Formación Sabana presenta generalmente condiciones de flujo local en todo el Distrito Capital, no obstante, y de forma puntual, existen flujos intermedios que manifiestan mayor dominancia tanto en la roca como en los sedimentos. Los pozos con este tipo de características son: pz-09-0019 (Flota la Macarena), pz-10-0024 (Autolavado el Pastuso), pz-08-0022 (Autolavado Extrarapido), pz-16-0004 (Grasco 2) y el pz-13-0009 (Lavadero Auto Rápido), pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar) y pz-11-0096 (La Enseñanza No. 1) y pz-09-0017 (Duquesa).
- El acuífero Formación Chía donde captan los pozos ubicados en Frigorífico Guadalupe y Gaseosas Colombianas planta sur, se caracterizan por presentar aguas subterráneas con flujos locales.
- Los pozos pz-09-0040 (Coca Cola) y pozo pz-09-0017 (Duquesa) ubicados en la localidad de Fontibón presentan flujos con mayor arrastre de minerales que coinciden con los altos valores de conductividad eléctrica medidos para esta zona del Distrito Capital. En el análisis de los polígonos e Voronoi se evidencia que la conductividad eléctrica varía de 1000 $\mu\text{s/cm}$ y 1300 $\mu\text{s/cm}$.
- No se registraron flujos de agua subterránea de tipo regional en el Distrito Capital.
- Se identifican procesos de intercambio catiónico en las unidades hidrogeológicas analizadas, evidenciando de esta manera que existe un cambio constante de la dinámica hídrica subterránea en el Distrito Capital.
- Es necesario continuar verificando las unidades hidrogeológicas que captan los pozos, ya que, existen las relaciones químicas indican comportamientos opuestos según el acuífero captado. Esta actividad es de gran importancia para actualizar la configuración geológica del modelo hidrogeología conceptual.
- Los pozos con mayor influencia de la precipitación deben presentar medidas de manejo para evitar contaminación del recurso hídrico subterráneo, ya que, existe mayor facilidad para que un contaminante pueda ingresar a los acuíferos captados.
- Realizar investigaciones más detalladas (isotopía, pruebas hidráulicas y perforaciones exploratorias) con el objetivo de identificar medidas de manejo y seguimiento a los pozos y acuíferos que presentan mayor predominancia en la roca o tiempos de recorrido; esto debido a que son de mayor importancia hidrogeológica.

5.2. Análisis Diagramas Piper.

Los diagramas Piper permiten graficar los iones identificados en las muestras de agua y a partir de esto definir familias de agua con características químicas semejantes como se describe a continuación, donde se identifican las principales familias.

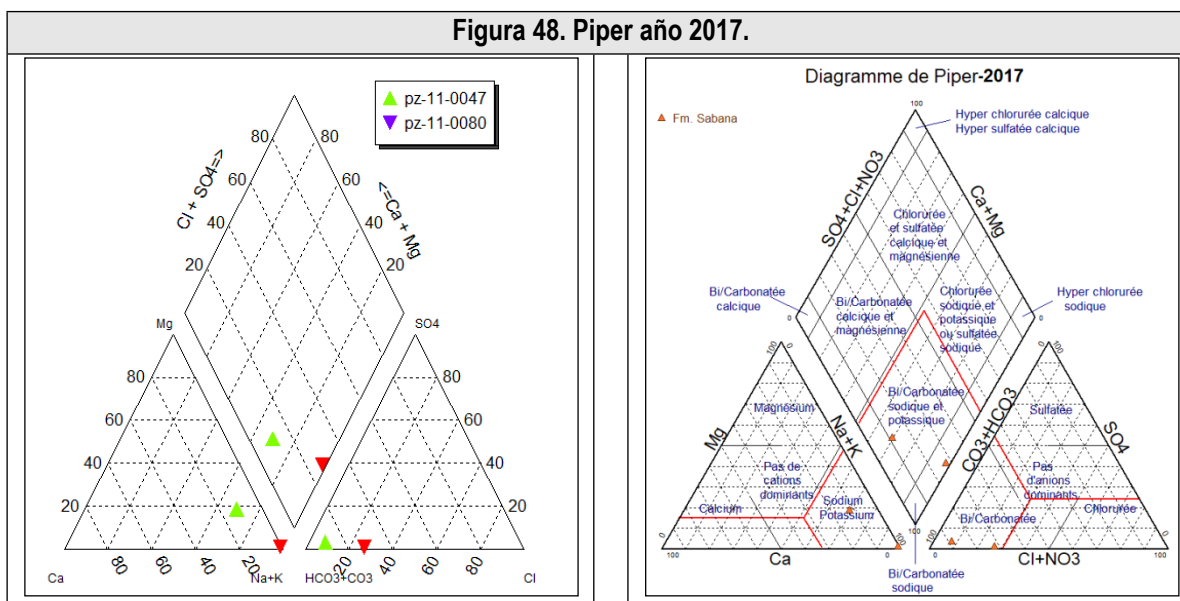
- Las aguas del tipo bicarbonatadas corresponden a una zona con flujo activo superficial, generalmente de recorridos cortos influenciada por la precipitación (tránsito local), con una menor solubilidad de minerales y la

Página 50 de 81

permanencia podría ser de pocos años. El agua de recarga de estos flujos, proviene normalmente de la lluvia (el agua meteórica tiene baja concentración iónica) que atraviesa la zona no saturada en tiempos cortos. Estas aguas tienen una temperatura poco variable y muy similar a la temperatura atmosférica. Con respecto a la composición catiónica tiene una evolución esperada donde predomina el ion calcio seguido por el magnesio.

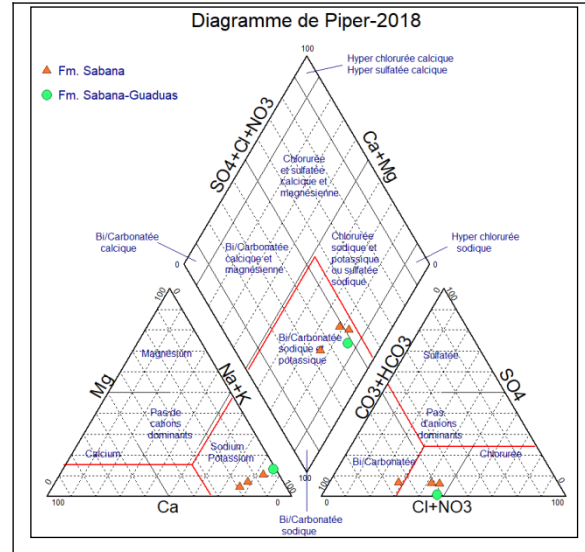
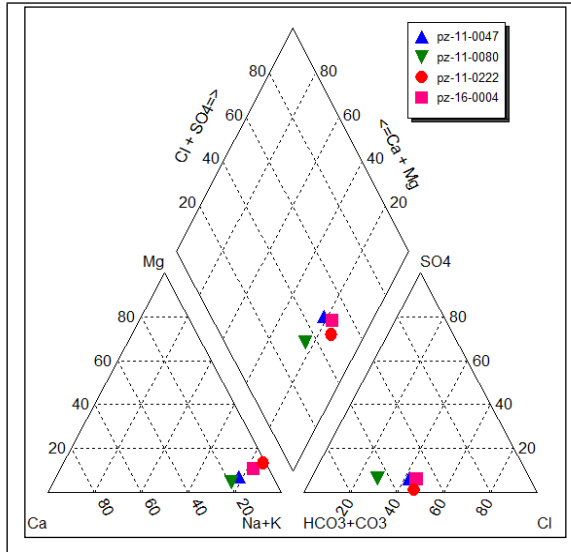
- Las aguas del tipo sulfatadas de acuerdo a la secuencia de Chebotarev (1955) tienen un mayor tiempo de circulación, con mayor contenido de sólidos disueltos totales. Sin embargo, la presencia de sulfatos también puede estar asociada a descomposición de minerales ricos en sulfuros.
- Las aguas de tipo cloruradas se relacionan con un flujo de agua lento, con mayor contenido de sólidos disueltos totales, donde predomina el ion Cl.

En este contexto y teniendo en cuenta los resultados del balance iónico se grafican los diagramas Piper donde se identifica el pozo y la unidad hidrogeológica captada como se observa a continuación.



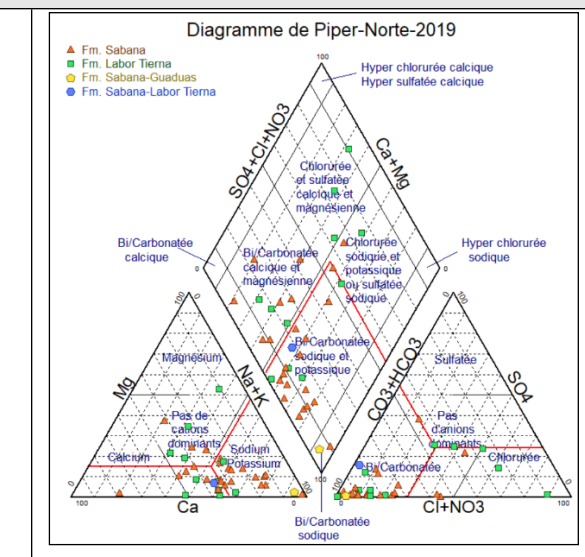
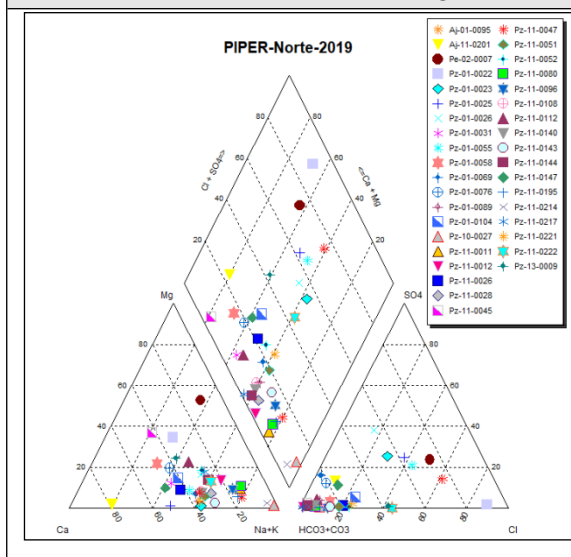
Fuente: SDA 2023.

Figura 49. Piper año 2018.



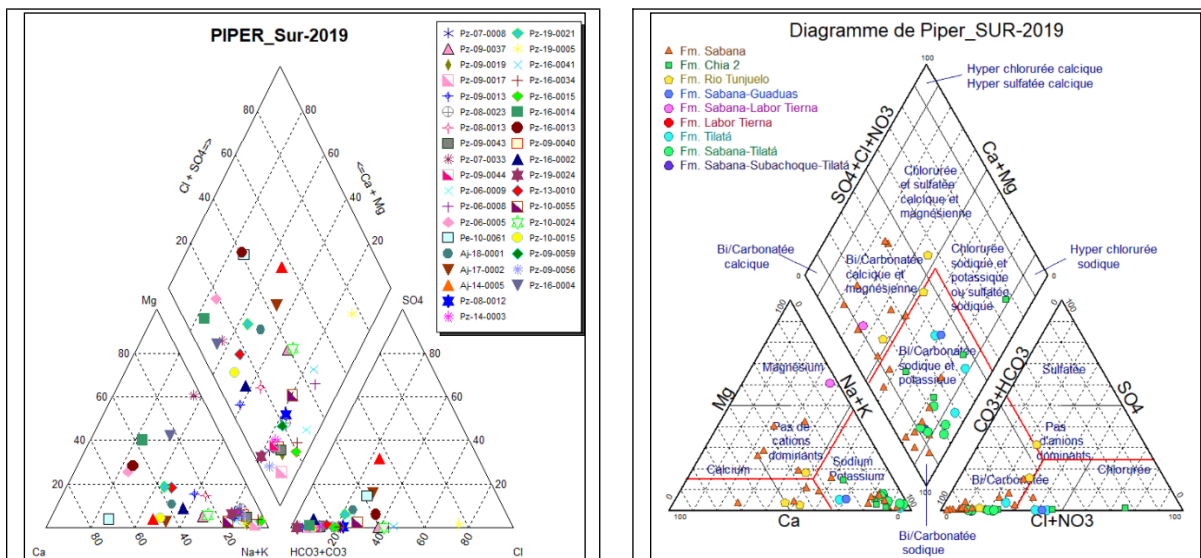
Fuente: SDA 2023.

Figura 50. Piper año 2019_Norte.



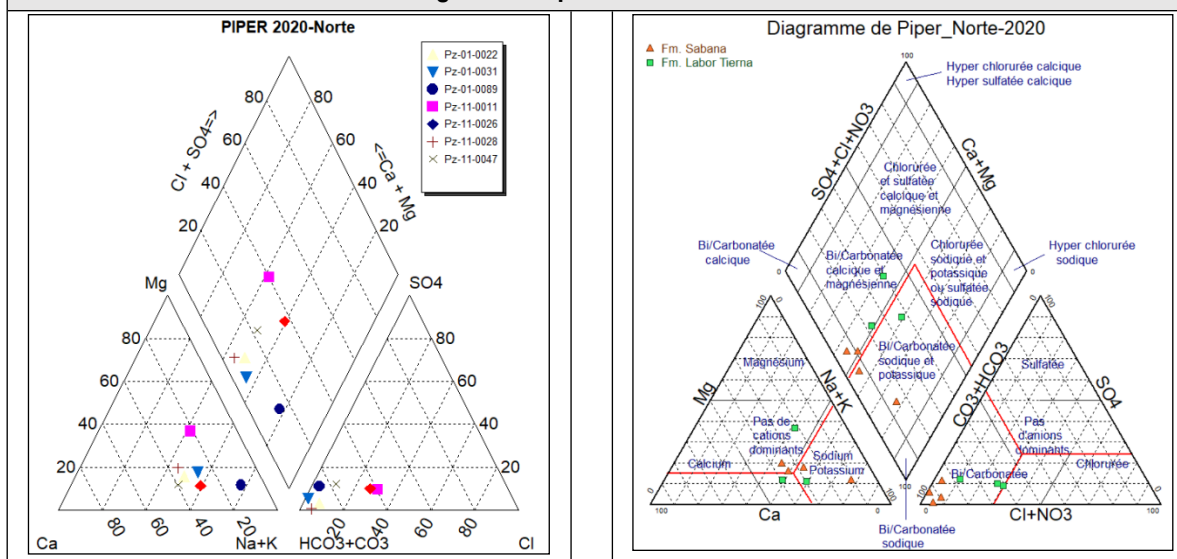
Fuente: SDA 2023.

Figura 51. Piper año 2019_Sur.



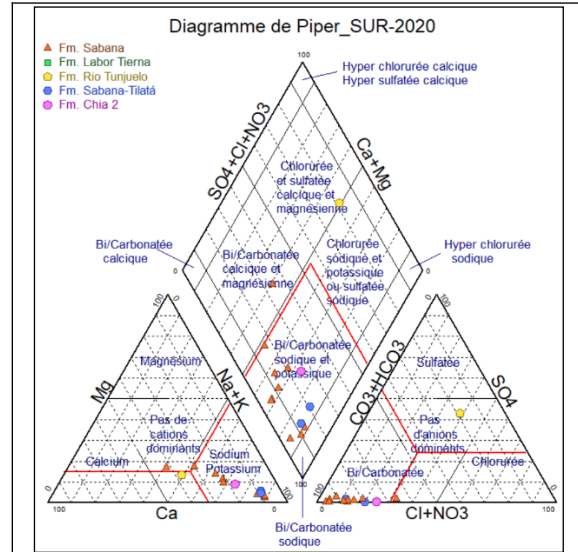
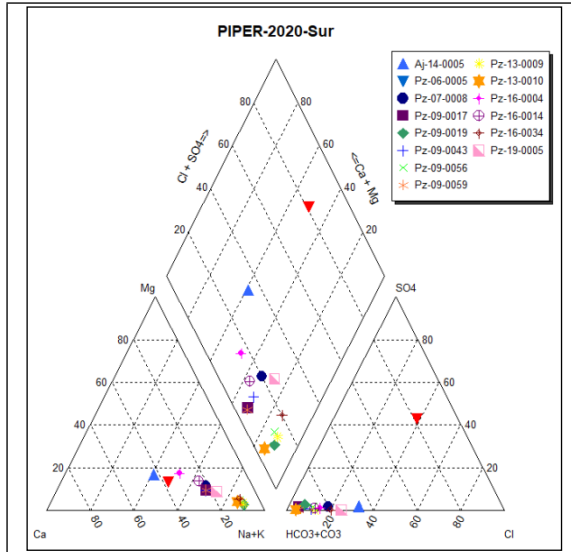
Fuente: SDA 2023.

Figura 52. Piper año 2020_Norte.



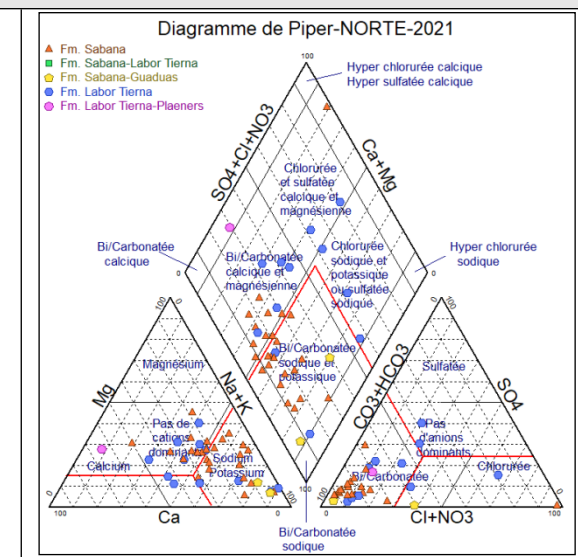
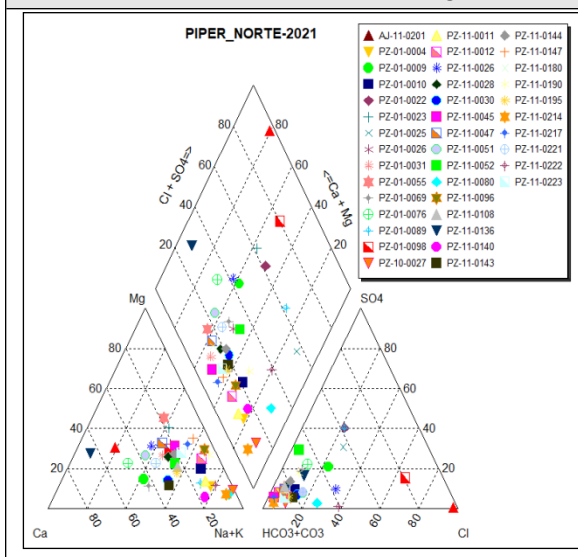
Fuente: SDA 2023.

Figura 53. Piper año 2020_Sur.



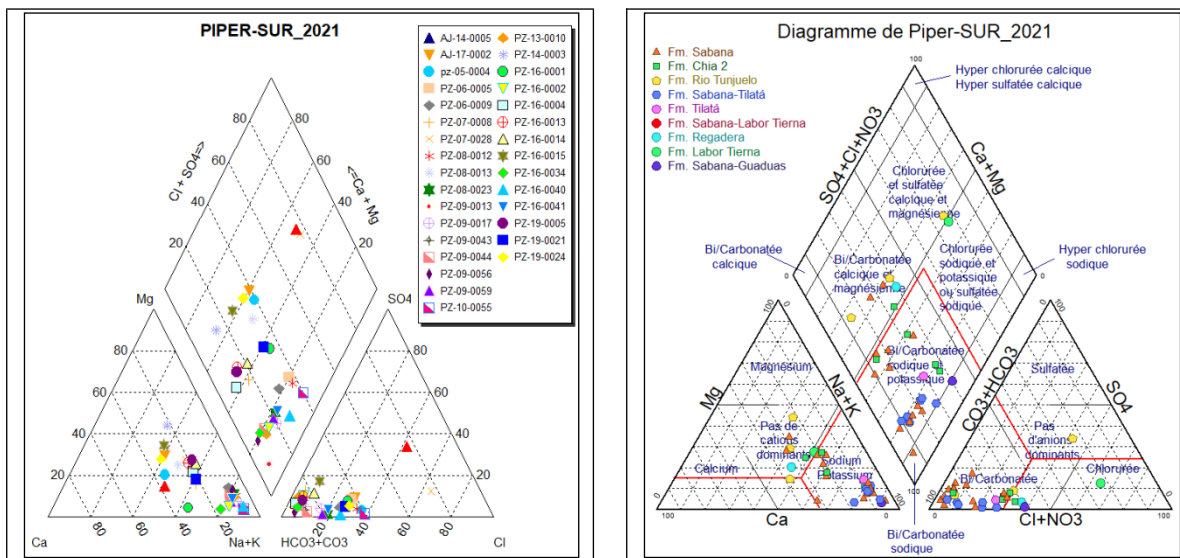
Fuente: SDA 2023.

Figura 54. Piper año 2021_Norte.



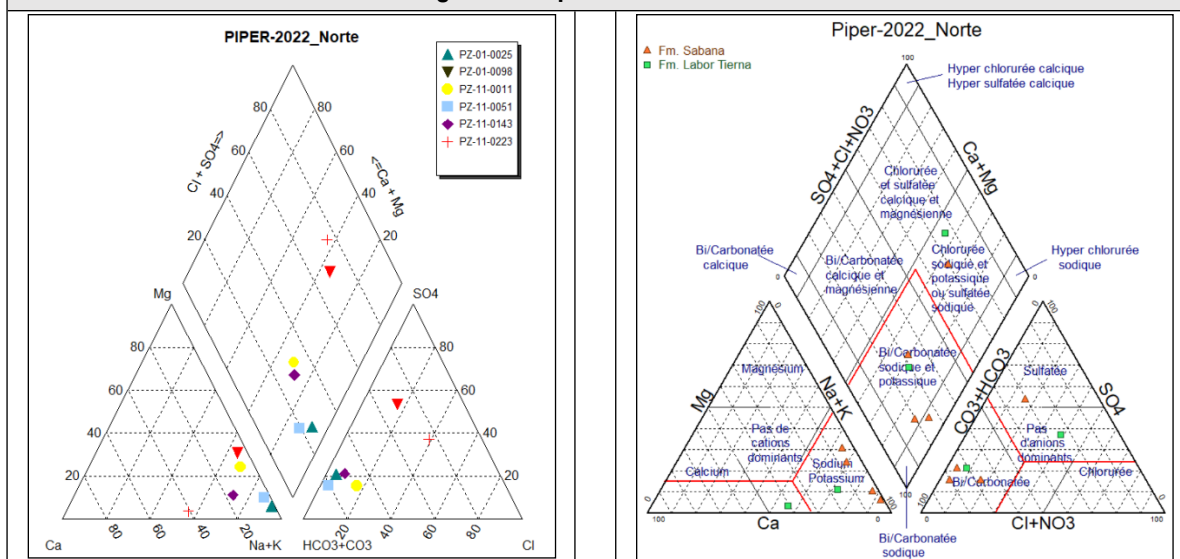
Fuente: SDA 2023.

Figura 55. Piper año 2021_Sur.



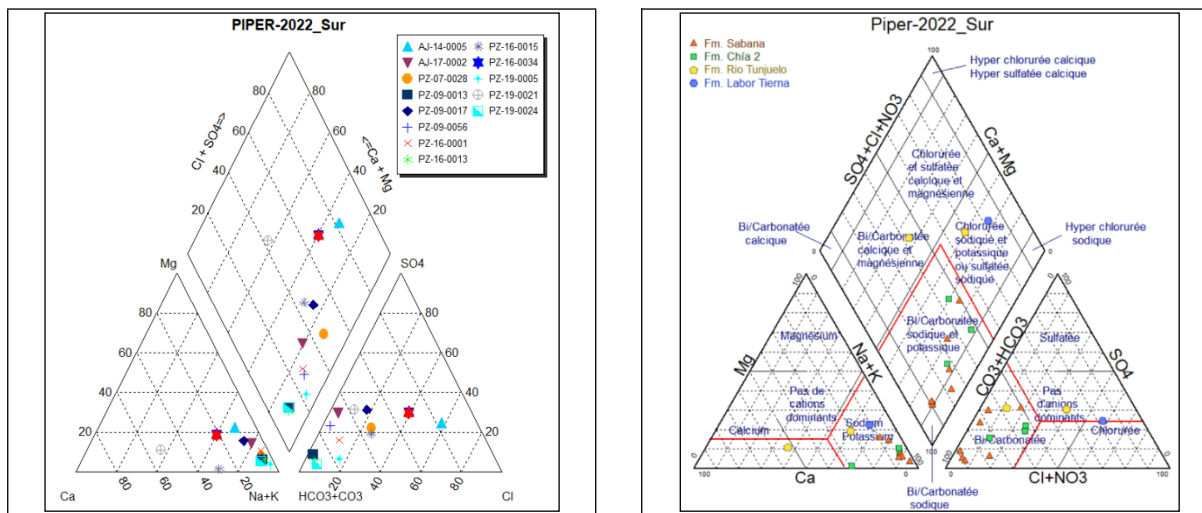
Fuente: SDA 2023.

Figura 56. Piper año 2022_Norte.



Fuente: SDA 2023.

Figura 57. Piper año 2022_Sur.



Fuente: SDA 2023.

Según las anteriores gráficas, el agua subterránea del acuífero Formación Sabana es en general de tipo Bicarbonatada-Sódica-Potásica tanto al sur como al norte del Distrito Capital. Este comportamiento es generado por dos factores: El primero se basa en la geología de la formación (minerales arcillosos, la materia orgánica), la cual, retiene cationes como Mg^{+} y Ca^{+} liberando Na^{+} y K^{+} que enriquecen la solución y generan intercambio catiónico. El segundo factor se basa en la recarga, donde ingresan aniones como el HCO_3^{-} a partir de la precipitación, comprobando de esta manera que los procesos al interior del acuífero son dinámicos. Otra unidad hidrogeológica con aguas de tipo Bicarbonatada-Sódica-Potásica el acuífero Formación Tilatá, el cual, manifiesta una alta relación con el acuífero Formación Sabana, corroborando que su recarga se realiza principalmente a partir de goteos verticales provenientes principalmente de la unidad hidrogeológica que lo confina.

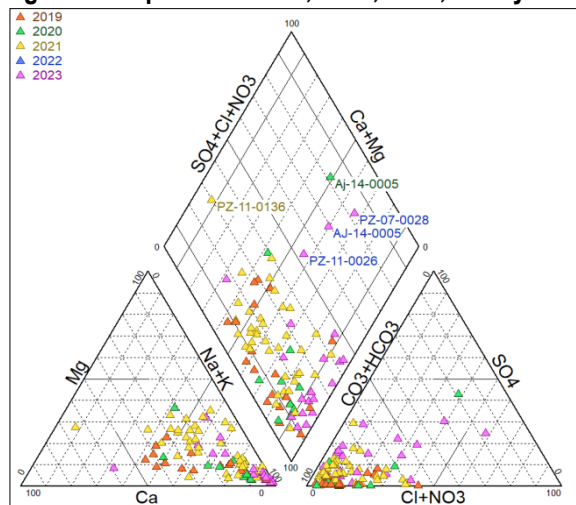
Adicionalmente, se observa en menor proporción que el acuífero formación Labor-Tierna presenta aguas subterráneas con mayores recorridos, representando aguas de tipo Clorurada-Sulfatada (pz-01-0025 (Maria Auxiliadora), pz-01-0023 (Universidad San Buenaventura) y pz-01-0022 (Consolata)) y en algunos casos Clorurada-Sódica que puede indicar contaminación. Este resultado da a conocer, que en la zona de piedemonte también existen aguas con flujos de tipo intermedio donde se presenta mayor retención de minerales como silicatos (cuarzo y en menor proporción feldespatos) propios de las areniscas del Grupo Guadalupe. Este comportamiento también puede indicar que la zona de recarga proviene de una zona más alejada al oriente del Distrito Capital.

Es importante destacar, que la baja presencia del ion SO_4^{-} indica que las aguas subterráneas son generalmente evaporadas, ósea, provienen de procesos de recarga generados principalmente por la precipitación. Otro aspecto importante a mencionar es que al norte existe mayor porcentaje de aguas tipo Bicarbonatadas-Cálcicas, lo cual, indica mayor influenciada de la precipitación (tránsito local) con una menor solubilidad de minerales y una permanencia en el acuífero de pocos años.

Frente a la unidad hidrogeológica Formación Chía 2 se identifica que el agua subterránea es de tipo Clorurada-Sódica, lo cual puede indicar contaminación del acuífero como se evidencia en los resultados de calidad del agua. Esto puede ocurrir fácilmente debido a que el acuífero es de tipo libre y presenta una alta influencia con la precipitación, propiciando mayor facilidad en que los solutos ingresen con una carga contaminante alta como la que puede aportar el río Tunjuelo.

Finalmente, se grafican en un diagrama Piper los puntos de agua según el resultado del balance iónico del año 2019 al 2023 obteniendo como resultado el siguiente gráfico. Se incluye el año 2023 con el objetivo de obtener mayor información, ya que, el balance iónico descarto los años 2017 y 2018.

Figura 58. Piper años 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023.



Fuente: SDA 2023.

Según el anterior gráfico se puede determinar que en el Distrito Capital las aguas subterráneas a través de los años analizados presentan intercambio catiónico, propiciando que se generen mezclas entre unidades hidrogeológicas como lo evidencian los datos, los cuales mantiene un agrupamiento lineal. Es así, como los acuíferos analizados presentan una dinámica subterránea variable, donde disminuyen las condiciones oxidantes a medida que las aguas evolucionan de Bicarbonatada-Cálcica a Bicarbonatada-Sódica-Potásica.

Para complementar las anteriores consideraciones es fundamental caracterizar el agua lluvia con el objetivo de analizar los resultados en relación a esta variable, ya que, los análisis indican que el agua subterránea caracterizada se encuentra cerca de la zona de recarga.

6. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL DISTRITO CAPITAL.

La calidad del agua desarrollada en el presente informe se basa en el análisis de los parámetros Grasas y Aceites, Coliformes Fecales y Nitratos. La distribución de los pozos analizados por año es la siguiente: 33 pozos para el año 2010, 47 para el año 2016, 73 para el año 2017, 56 para el año 2018, 79 para el año 2019, 45 para el año 2020, 58 para el año 2021 y 15 para el año 2022.

6.1. Grasas y Aceites.

Según la Resolución 631 de 2015 (*Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*), las grasas y aceites en vertimientos puntuales a suelo no debe sobrepasar los 10 mg/l como valor máximo permisible. Si bien, la norma no está asociada con aguas subterráneas, se utiliza este límite con el fin de filtrar los datos y determinar cuáles son los pozos con concentraciones altas para implementar medidas de manejo.

Así las cosas, los pozos que superan los 10 mg/l en grasas y aceites son los siguientes:

Tabla 3. Pozos de agua subterránea con grasas y aceites superiores a los 10 mg/l.

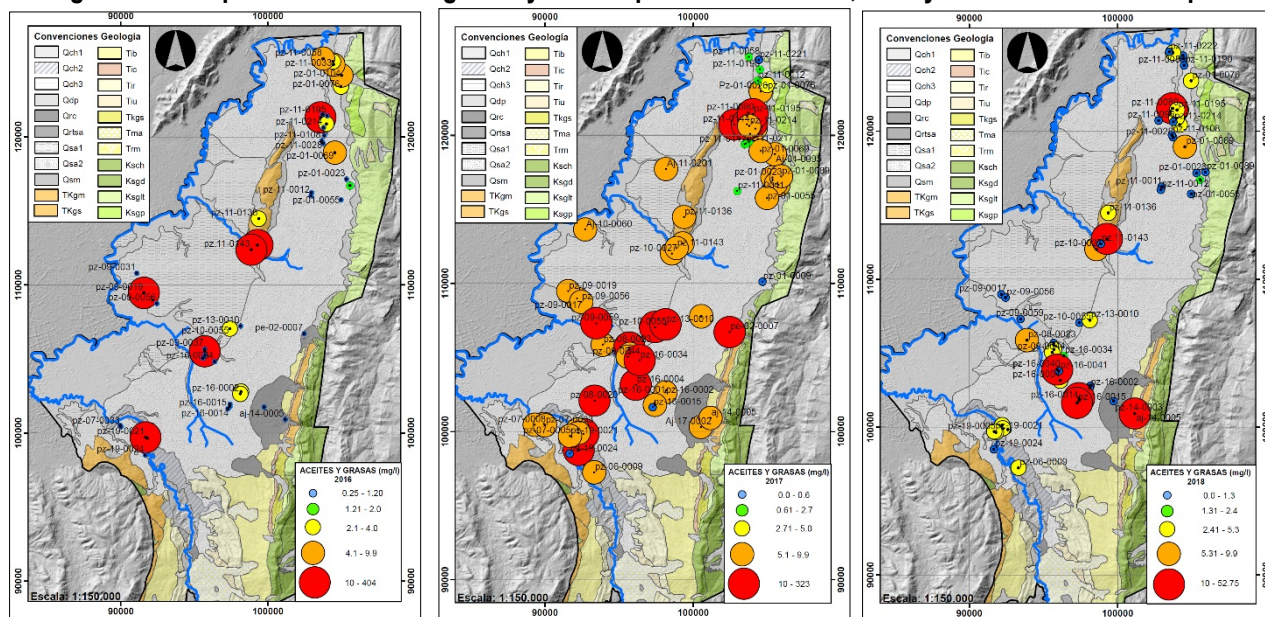
2016			2018		
Pozo	Nombre	mg/l	Pozo	Nombre	mg/l
pz-09-0013	TEXTILES ROMANOS	404	aj-14-0005	ULISES MARTINEZ MORA SERVICENTRO ESSO AV. TERCERA	10.6
pz-09-0019	FLOTA LA MACARENA	16	pz-11-0026	CLUB LOS LAGARTOS No. 2 - HOYO 17	12
pz-11-0026	CLUB LOS LAGARTOS No. 2 - HOYO 17	14	pz-11-0080	CAFAM No. 2	52.75
pz-11-0052	GIMNASIO LOS ANDES No. 1	378	pz-16-0013	GRASCO No. 1	11
pz-11-0143	CLUB LOS LAGARTOS No. 3 - LA RAQUETA	12	pz-16-0015	GRASCO No. 3	17
pz-19-0021	FRIGORÍFICO GUADALUPE No. 2	21	pz-16-0040	TEXTILIA No. 2	16.7
2017			2019		
Pz-06-0008	GENERAL MOTOR COLMOTORES S.A	13	Pe-10-0061	CENTRO COMERCIAL PORTAL 80	10.10
pe-02-0007	MARRIOT CII 73	323	Pz-09-0040	INDUSTRIA NACIONAL DE GASEOSAS S.A.	10.70
pz-06-0005	ACEGRASAS No. 2 TEAM FOOD COLOMBIA S.A.	12	Pz-10-0024	AUTOLAVADO EL PASTUSO	13.50
pz-08-0020	AUTOLAVADO LA 65 LUIS SERVANDO AMADOR AVENDAÑO	14	Pz-11-0112	HYUNDAI DE COLOMBIA AUTOMOTRIZ S.A	12.20
pz-09-0037	CARULLA VIVERO ALMACENES ÉXITO S.A.	18	pz-10-0055	COMPENSAR No. 2 CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR -	11.5
pz-09-0059	COLTANQUES No. 1	13	pz-11-0222	CLUB CAMPESTRÉ GUAYMARAL No. 2	10.80
pz-10-0055	COMPENSAR No. 2	12	pz-13-0010	PARQUE SIMÓN BOLÍVAR INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y	15.5
pz-11-0096	LA ENSEÑANZA No. 2 ORDEN DE LA COMPAÑÍA DE MARÍA NUESTRA SEÑORA - BOGOTÁ,	14	pz-16-0004	GASEOSAS LUX No. 2 GASEOSAS LUX S.A.S.	30.70
pz-11-0140	JARDINES DEL RECUERDO No. 2	12	2020		
pz-11-0195	COLEGIO SAN VIATOR No. 3	11	pz-01-0031	JARDINES DE PAZ	22

pz-11-0144	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA No. 1	12	pz-08-0012	GASEOSAS COLOMBIANA No. 2	16
pz-13-0010	PARQUE SIMÓN BOLIVAR INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y	13	pz-08-0013	GASEOSAS COLOMBIANA No. 3	16
pz-16-0002	GASEOSAS COLOMBIANA No. 4 GASEOSAS COLOMBIANAS S.A.S - Planta	10	2021		
pz-16-0004	GASEOSAS LUX No. 2	11	pz-01-0031	JARDINES DE PAZ S.A.	21
pz-16-0034	TINTORERIA ASITEX No. 2	13	pz-08-0013	GASEOSAS COLOMBIANA No. 3 Planta Sur	11
-	-	-	pz-09-0044	PAT PRIMO No. 2 / MANUFACTURAS ELIOT S.A.S.	14.4
-	-	-	pz-10-0027	COOTRANSNIZA LTDA COOPERATIVA INTEGRAL DE	16.24
-	-	-	pz-11-0221	COLSUBSIDIO No. 2	21.2

Fuente: SDA, 2023.

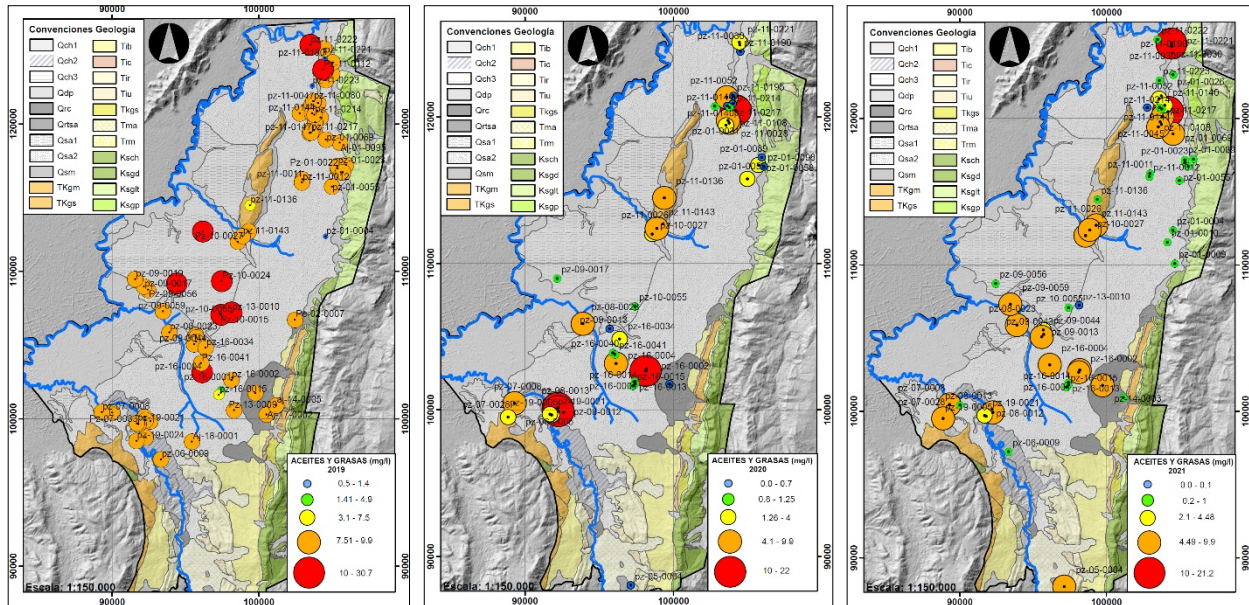
La distribución de los puntos por año se observa en las siguientes figuras, donde se identifican en color rojo los pozos que superan los 10 mg/l.

Figura 59. Comportamiento de las grasas y aceites para los años 2016, 2017 y 2018 en el Distrito Capital.



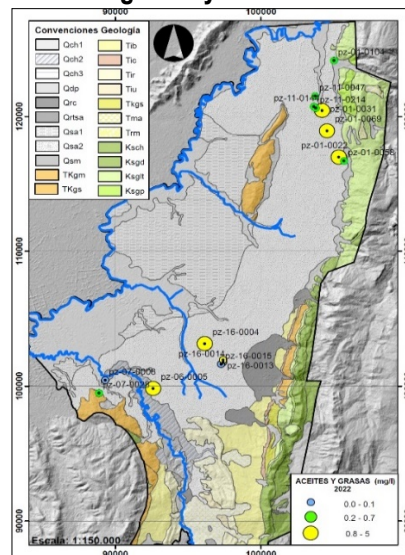
Fuente: SDA, 2023.

Figura 60. Comportamiento de las grasas y aceites para los años 2019, 2020 y 2021 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

Figura 61. Comportamiento de las grasas y aceites del año 2022 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

Según lo anterior, se determina que, para la mayoría de los pozos analizados las concentraciones de grasas y aceites no son continuas en el tiempo, lo cual indica que no existe una fuente de contaminación constante que aporte el soluto durante todos los años verificados. Ahora bien, los pozos pz-11-0026 (Club Los Lagartos No. 2 - Hoyo 17), pz-10-0055 (Compensar No. 2), pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar), pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2) y pz-08-0013 (Gaseosas Colombiana No. 3) presentan grasas y aceites durante 2 años seguidos con los siguientes valores:

pz-11-0026 (Club Los Lagartos No. 2 - Hoyo 17).

Año 2016: 14 mg/l.

Año 2018: 12 mg/l.

pz-10-0055 (Compensar No. 2).

Año 2017: 12 mg/l.

Año 2019: 11.5 mg/l.

pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar).

Año 2017: 13 mg/l.

Año 2019: 15.5 mg/l.

pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2).

Año 2017: 11 mg/l.

Año 2019: 30.70 mg/l.

pz-08-0013 (Gaseosas Colombiana No. 3).

Año 2020: 16 mg/l.

Año 2021: 11 mg/l.

Cabe aclarar, que los pozos pe-02-0007 (pozo eyector MARRIOT), pz-09-0040 (Coca Cola), pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe No. 2), pz-06-0008 (General Motors) y pz-10-0024 (Autolavado el Pastuso) se encuentran en sellado temporal y los pozos pz-09-0019 (Flota La Macarena), pz-08-0020 (Autolavado La 65), pz-09-0037 (Éxito) y pe-10-0061 (Centro Comercial Portal 80) en sellado definitivo.

Una primera hipótesis sobre la presencia de grasas y aceites en los pozos es la falta de mantenimiento, por este motivo, es necesario que como mínimo se ejecute una limpieza y mantenimiento a los pozos pz-11-0026 (Club Los Lagartos No. 2 - Hoyo 17), pz-10-0055 (Compensar No. 2), pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar), pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2) y pz-08-0013 (Gaseosas Colombiana No. 3), ya que, presentan 2 años seguidos con la presencia del soluto. Adicionalmente, se debe mantener el seguimiento detallado de las grasas y aceites a los otros 34 pozos (menos 9 pozos en sellado temporal y definitivo) para identificar si es necesario implementar medidas de manejo.

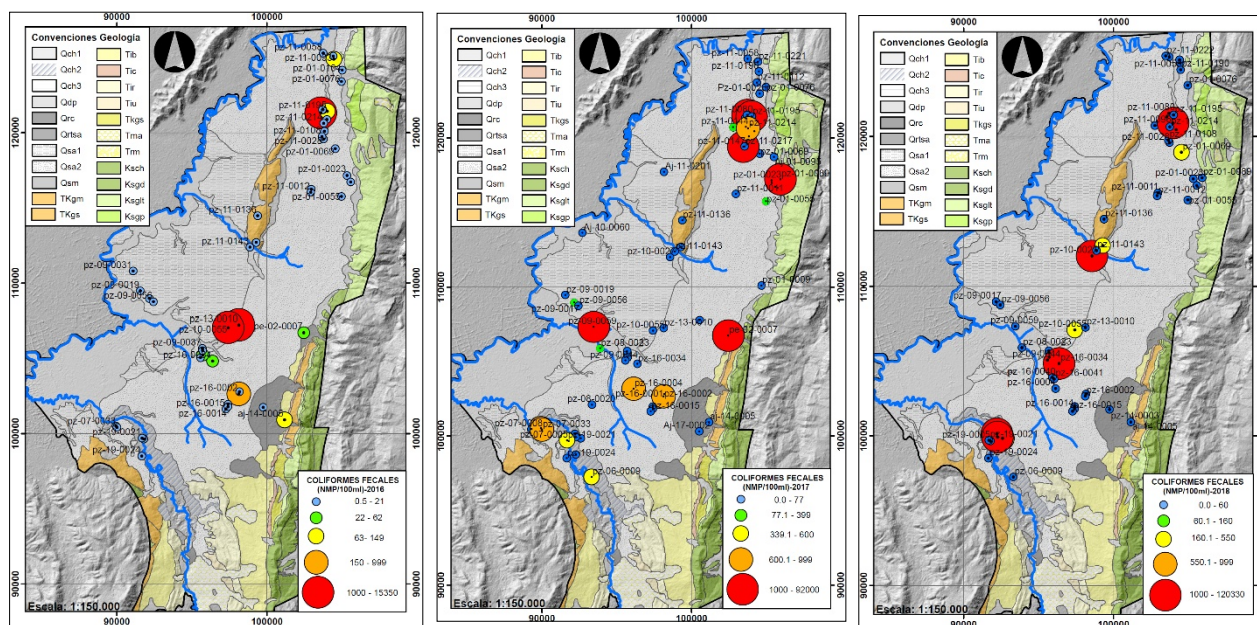
Finalmente, es importante mencionar que la sola presencia de este soluto debe generar una alarma en los acuíferos explotados, ya que, se pueden presentar focos de contaminación por hidrocarburos que alteran de forma puntual la calidad del agua subterránea.

6.2. Coliformes Fecales.

Para Coliformes Fecales se toma como límite de referencia 1000 NMP (Numero más Probable), el cual, es el valor establecido para uso agrícola según el Artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Se trabaja este límite con el objetivo de clasificar los resultados obtenidos y tomar decisiones sobre los pozos de agua que deben ser objeto de seguimiento específico o limpieza.

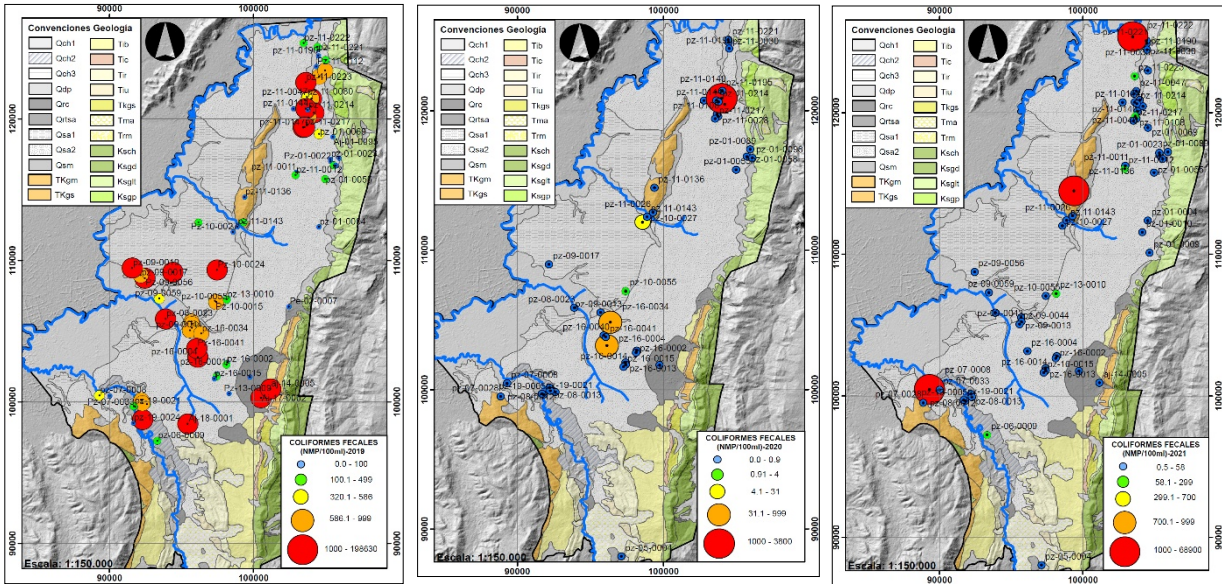
Así las cosas, a continuación, se observa la distribución del soluto en el Distrito Capital, donde se identifican en color rojo los pozos que superan los 1000 NMP.

Figura 62. Comportamiento de los coliformes fecales para los años 2016, 2017 y 2018 en el Distrito Capital.



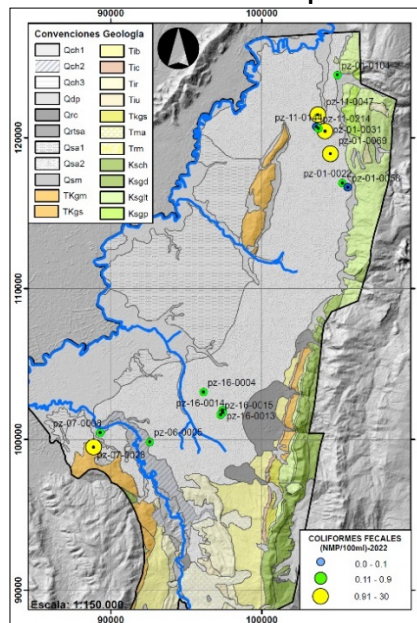
Fuente: SDA, 2023.

Figura 63. Comportamiento de los coliformes fecales para los años 2019, 2020 y 2021 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

Figura 64. Comportamiento de los coliformes fecales para el año 2022 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

De las anteriores figuras se puede determinar que los pozos de agua subterránea que presentan valores superiores a 1000 NMP son los siguientes:

Tabla 4. Pozos de agua subterránea con coliformes fecales superiores a los 1000 NMP.

2016			2019		
Pozo	Nombre	Coliformes Fecales (NMP)	Pozo	Nombre	Coliformes Fecales (NMP)
pz-10-0055	COMPENSAR No. 2	11000	Aj-17-0002	LA MANSIÓN DEL DUENDE	1301
pz-11-0052	GIMNASIO LOS ANDES No. 1	11000	Aj-18-0001	ALJIBE CARDOZO	198630
pz-13-0010	PARQUE SIMÓN BOLIVAR	15350	Pz-06-0008	GENERAL MOTOR COLMOTORES S.A	1274
2017			Pz-09-0040	INDUSTRIA NACIONAL DE GASEOSAS S.A.	1610
pe-02-0007	MARRIOT CII 73 NOVA MAR DEVELOPMENT S.A.	24000	Pz-09-0056	HOGAR SANTA TERESA DEL JOYNET No. 2	1414
pz-01-0089	GIMNASIO JOSÉ JOAQUÍN CASAS	92000	Pz-10-0024	AUTOLAVADO EL PASTUSO	10120
pz-09-0059	COLTANQUES No. 2	1100	Pz-11-0051	COMUNIDAD RELIGIOSA CLERIGOS DE SAN VIATOR	1553
pz-11-0047	CAFAM No. 1	21000	aj-14-0005	SERVICENTRO ESSO AV. TERCERA	1274
pz-11-0051	COLEGIO SAN VIATOR No. 2	2000	pz-01-0031	JARDINES DE PAZ	15150
pz-11-0147	CONGREGACION SRA DEL SANTISIMO No. 1	19860	pz-08-0023	LAFAYETTE No. 1 TEXTILES LAFAYETTE S.A.	4870
2018			pz-09-0019	FLOTA LA MACARENA	1445
pz-08-0012	GASEOSAS COLOMBIANAS S.A.S. - Planta Sur No. 2	35900	pz-11-0144	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA INGENIERÍA JULIO GARAVITO No. 1	1201
pz-08-0013	GASEOSAS COLOMBIANAS S.A.S. - Planta Sur No. 3	32400	pz-11-0147	CONGREGACION SRA DEL SANTISIMO No. 1	1169
pz-10-0027	COOTRANSNIZA LTDA	1300	pz-11-0217	COLEGIO SANTA MARIANA DE JESÚS No. 2	4106
pz-11-0140	JARDINES DEL RECUERDO No. 2	120330	pz-11-0223	SAN ANGELO No. 2	17600
pz-16-0034	TINTORERIA ASITEX No. 2	1450	pz-16-0004	GASEOSAS LUX No. 2	81640
2021			Pz-16-0041	TEXTILIA	1012
pz-07-0008	JARDINES DEL APOGEO No. 2	3100	2020		
pz-11-0136	SOCIEDAD PROMA No. 1	8620	pz-11-0140	JARDINES DEL RECUERDO No. 2	3800
pz-11-0222	CLUB CAMPESTRE GUAYMARAL No. 2	68900	-	-	-

Fuente: SDA, 2023.

A modo general, se determina que, para la mayoría de los pozos analizados las concentraciones de la variable Coliformes Fecales no es continua en el tiempo, lo cual indica que no existe una fuente de contaminación constante que aporte el soluto durante todos los años verificados. En este sentido, solo los pozos pz-11-0147 (Congregación Sra Del Santísimo No. 1) y pz-11-0140 (Jardines Del Recuerdo No. 2) ubicados al norte del Distrito Capital presentan Coliformes Fecales con los siguientes valores:

pz-11-0147 (Congregación Sra Del Santísimo No. 1).

Año 2017: 19860 NMP.

Año 2019: 1169 NMP.

pz-11-0140 (Jardines Del Recuerdo No. 2)

Año 2018: 120330 NMP.

Año 2020: 3800 NMP.

Cabe aclarar, que los pozos pe-02-0007 (pozo eyector MARRIOT), Aj-17-0002 (Aljibe la mansión del Duende), pz-06-0008 (General Motors), pz-10-0024 (Autolavado el Pastuso) y pz-09-0040 (Coca Cola) se encuentran en sellado temporal y los pozos pz-09-0019 (Flota La Macarena), Aj-18-0001 (Aljibe Cardozo) en sellado definitivo.

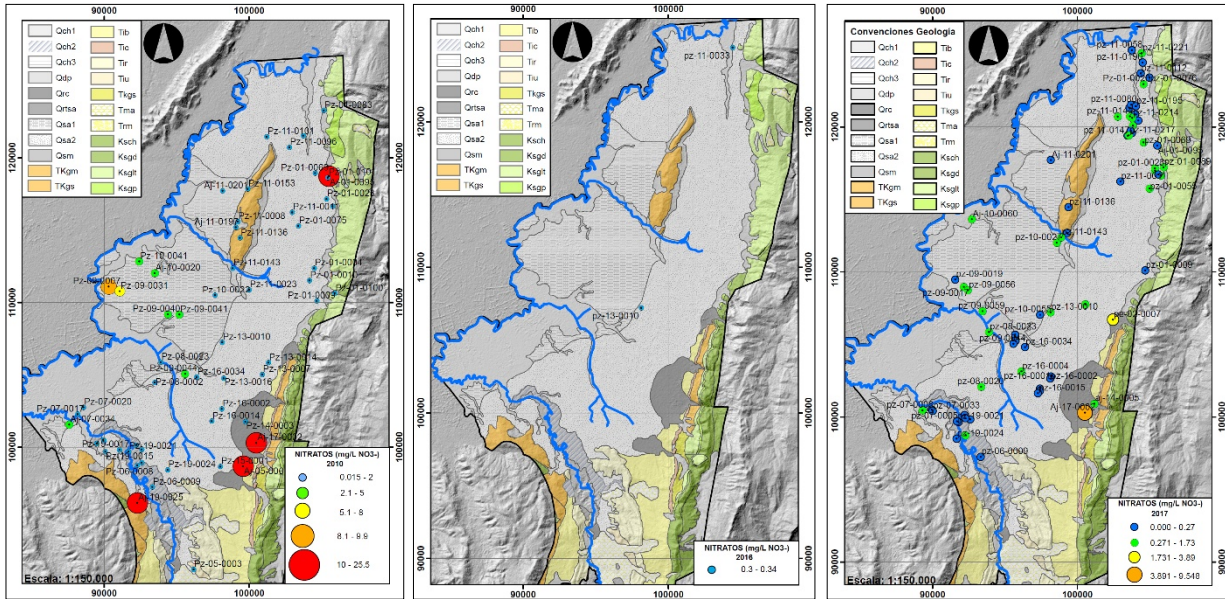
En síntesis, es necesario que como mínimo se ejecute una limpieza a los pozos pz-11-0147 (Congregación Sra Del Santísimo No. 1) y pz-11-0140 (Jardines Del Recuerdo No. 2) que presentan 2 años seguidos la presencia del soluto. Adicionalmente, se debe mantener el seguimiento de los Coliformes Fecales a los otros 27 pozos (menos 6 pozos en sellado temporal y definitivo) con el objetivo de identificar si es necesario implementar medidas de manejo adicionales a la limpieza.

6.3. Nitratos.

Para filtrar los datos de nitratos, se toma 10 mg/l como límite de referencia para aguas subterráneas según lo establece la Organización Mundial de la Salud (WHO 1985). Teniendo en cuenta esto, se observa a continuación para los años evaluados la distribución del soluto en el Distrito Capital, donde se identifican en color rojo los pozos que superan el límite.

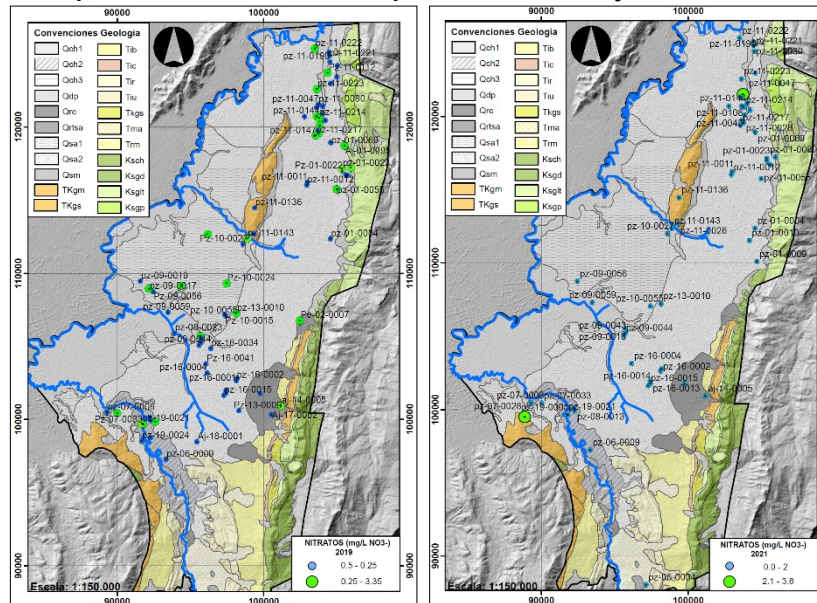
Cabe aclarar, que los nitratos presentan datos del año 2010 y no del año 2022. Igualmente, es importante mencionar que agua subterránea en un pH superior a 9 tiene la facilidad de generar nitratos en concentraciones importantes.

Figura 65. Comportamiento de los nitratos para los años 2010, 2016 y 2017 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

Figura 66. Comportamiento de los nitratos para los años 2019 y 2021 en el Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.



Según lo anterior, se puede determinar que después del año 2010 no existe valores de nitratos que contaminen el agua subterránea por este soluto y pueda afectar la salud. Ahora bien, los aljibes que presentaron valores superiores a los 10 mg/l en el año 2010 se encuentran en sellado temporal y no superan los límites permisibles durante los otros años.

7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS BRIGADAS DE NIVELES REALIZADAS EN EL DISTRITO CAPITAL.

Las brigadas de medición de niveles consisten en suspender la extracción de agua subterránea de los pozos concesionados durante 4 días seguidos para identificar cómo es la dinámica hídrica subterránea de las unidades hidrogeológicas objeto de explotación. Esta actividad se realiza implementando una sonda de nivel calibrada al milímetro desde el año 2017 en la zona sur, siendo esta complementada desde en el año 2019 con la zona norte del Distrito Capital.

Para este informe, se exponen los resultados de las mediciones realizadas en julio y octubre de 2023, ya que, la información de los años anteriores se analiza en el “*Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022*”. Es importante mencionar, que cuando se realiza una nueva exploración de aguas subterráneas se actualiza el modelo hidrogeológico conceptual, ya que, con esta nueva información se pueden refinar las unidades hidrogeológicas. Por ejemplo, en el Club el Country se realiza la perforación exploratoria de un pozo, identificando que la unidad hidrogeológica captada en esta zona norte del Distrito Capital no corresponde al grupo Guadalupe, si no, al acuífero formación Sabana y Tilatá. Este último, posterior a los 120 m de profundidad.

En las siguientes fotografías se observa la verificación del nivel piezométrico en 2 pozos con un estado de tramite diferente.

Fotografía 1. Medición del nivel piezométrico del pozo concesionado pz-08-0012 (Gaseosas Colombianas No. 2).	Fotografía 2. Verificación del nivel freático pozo sin concesión vigente pz-01-0098 (Motel Rocamar).
	

Fuente: SDA, 2023.

También cabe anotar, que en la medición de niveles se presentan varias dificultades como el encendido de pozos sin autorización o la dificultad en la medición debido al ingreso de la sonda de nivel en la estructura del pozo, generando datos anómalos que deben ser eliminados.

Las principales características de los 82 pozos objeto de verificación se evidencian en la siguiente tabla, donde los primeros 44 puntos son los pozos ubicados el sector norte del Distrito Capital.

Tabla 5. Características de los pozos que hacen parte de las brigadas de niveles.

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
1	pz-11-0217	CONGREGACIÓN DOMINICAS DE NUESTRA SEÑORA DEL SANTÍSIMO ROSARIO	Fm. Sabana	119411.031	103545.022	80	Concesionado
2	pz-01-0022	HERMANAS MISIONERAS CONSOLATA	Fm. Labor Tierna	116984.801	105349.298	84	Concesionado - Saltante
3	pz-01-0023	UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	Fm. Labor Tierna	117147.976	105342.960	167	Concesionado - Saltante
4	pz-01-0025	COLEGIO MARIA AUXILIADORA	Fm. Labor Tierna	116712.621	105579.628	90	Concesionado Saltante
5	pz-01-0055	AUTOLAVADO LA 161	Fm. Sabana	115746.000	104969.000	110	Concesionado
6	pz-01-0058	COMUNIDAD HIJAS DE SANTA MARIA PROVIDENCIA No. 1	Fm. Labor Tierna	116642.363	105758.363	101	Concesionado - Saltante
7	pz-01-0069	COLEGIO SAN CARLOS No 3	Fm. Sabana	118929.673	104551.679	100	Concesionado
8	pz-01-0089	GIMNASIO JOSE JOAQUIN CASAS	Fm. Labor Tierna	117189.556	105944.396	57	Sistema Compresor
9	pz-01-0098	AMOBILADOR ROCAMAR	Fm. Labor Tierna	116597.586	106072.322	152	Pozo en sellamiento temporal
10	pz-11-0011	CARMEL CLUB CAMPESTRE No. 2	Fm. Sabana	116231.275	102970.209	187	Concesionado
11	pz-11-0012	CARMEL CLUB CAMPESTRE No. 1	Fm. Sabana	116022.836	102927.296	151	Pozo en sellamiento temporal
12	pz-11-0147	CONGREGACIÓN SRA. DEL SANTÍSIMO No. 1	Fm. Sabana	119385.794	103454.377	70	La sonda verde solo bajó hasta 3.34 m, parece que hay obstrucción en la tubería de niveles. Según lo informado por el usuario se realizó
13	pz-01-0104	COLEGIO MIGUEL ANTONIO CARO	Fm. Labor Tierna	124160.570	105015.620	100	Concesionado - Saltante
14	pz-11-0047	CAFAM No. 1	Fm. Sabana	121519.173	103737.477	177	Concesionado – Saltante. Datos de nivel del Dispositivo
15	pz-11-0080	CAFAM No. 2	Fm. Sabana	121530.175	103703.207	176	Concesionado – Saltante. Datos de nivel del Dispositivo

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
16	pz-11-0190	CEMEX	Fm. Sabana	124443.000	104498.000	174	Concesionado
17	pz-11-0221	COLSUBSIDIO No. 2	Fm. Sabana	125089.260	104446.13	147	Concesionado
18	pz-11-0223	SAN ANGELO No. 2	Fm. Sabana	122572.174	103620.010	97	Concesionado
19	pz-01-0076	BAVARIA S.A. - SEDE SOCIAL Y DEPORTIVA NIMAJAY	Fm. Labor Tierna	123401.111	104973.085	89	Concesionado - Saltante No presenta uso.
20	pz-11-0058	CLUB CAMPESTRE GUAYMARAL	Fm. Sabana	125358.131	103492.175	98	Pozo en sellamiento temporal
21	pz-11-0222	CLUB CAMPESTRE GUAYMARAL No. 2	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	125358.131	103492.175	205	Concesionado
22	pz-11-0030	Corporación Bogotá Tennis Club Campestre	Fm. Sabana	124890.766	104461.247	88.50	Concesionado
23	pz-11-0112	Hyundai De Colombia Automotriz S.A	Fm. Sabana	123695.185	104359.941	70	Concesionado
24	pz-01-0031	PARQUE CEMENTERIO JARDINES DE PAZ	Fm. Sabana	120435.626	104199.901	80	Concesionado
25	PZ-11-0052	Sociedad Educacional Andina S.A - GIMNASIO DE LOS ANDES	Fm. Sabana	121323.659	103584.236	120	Concesionado
26	pz-11-0140	Parques y Funerarias S.A. - JARDINES DEL RECUERDO	Fm. Sabana	120875.890	103986.778	110	Concesionado
27	pz-11-0144	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIARIA Julio Garavito	Fm. Sabana	120726.867	103630.559	109.30	Concesionado
28	pz-11-0214	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIARIA Julio Garavito	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	120621.669	103775.965	221	Concesionado
29	pz-11-0096	Colegio La Enseñanza	Fm. Sabana	120713.050	102773.280	110	Concesionado
30	pz-11-0045	Super Centro Comercial Maicao S.A -	Fm. Sabana	120252.790	103808.534	120	Sellamiento temporal.
31	pz-11-0028	CLUB EL RANCHO No. 1	Fm. Sabana	119568.908	103759.212	127	Concesionado
32	pz-11-0108	CLUB EL RANCHO No. 2	Fm. Sabana	119736.716	103670.772	134	Concesionado
33	pz-11-0051	COLEGIO SAN VIATOR No. 2	Fm. Sabana	121424.263	104019.790	140.18	Concesionado
34	pz-11-0195	COLEGIO SAN VIATOR No. 3	Fm. Sabana	121418.384	104032.703	153.80	Concesionado

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
35	pz-01-0005	PARQUE METROPOLITANO EL COUNTRY (IDRD)	Fm. Sabana	104265.387	112270.554	66	Pozo en sellamiento temporal
36	pz-01-0026	FINCA LA GLORIA	Fm. Sabana	122965.680	104553.400	78	Concesionado
37	pz-11-0136	PROMA No.	Fm. Labor Tierna-Fm. Plaeners	114460.938	99381.092	200	Concesionado
38	pz-11-0026	CLUB LOS LAGARTOS No. 2 - Hoyo 17	Fm. Labor Tierna	112692.343	99293.919	60	Concesionado
39	pz-11-0143	CLUB LOS LAGARTOS No. 3	Fm. Labor Tierna	112368.404	98872.220	39	Concesionado - Saltante
40	pz-01-0004	COUNTRY No. 2	Fm. Sabana	112356.661	104542.038	144	Concesionado - Saltante
41	pz-01-0009	AUTO CENTRO SANTANA	Fm. Labor Tierna	110090.334	104673.993	27	Concesionado
42	pz-01-0010	UNICENTRO	Fm. Sabana	111532.419	104160.882	86	Concesionado - Saltante
43	pz-10-0027	COOTRANSNIZA LTDA	Fm. Sabana	111996.611	98576.410	100	Concesionado
44	pz-07-0033	Carboquímica SAS	Fm. Sabana-Fm. Labor Tierna	100422.490	90009.550	325	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
45	pz-07-0005	Carboquímica SAS	Fm. Sabana	100509.000	89945.000	110	RMAS
46	pz-08-0012	Gaseosas Colombiana 2	Fm. Chía 2	100125.370	92213.903	180	Concesionado
47	pz-08-0013	Gaseosas Colombiana 3	Fm. Chía 2	99911.626	92267.428	142	Concesionado
48	pz-16-0001	Gaseosas Colombiana SAS No. 2-Planta Centro	Fm. Sabana	102793.978	98179.803	233	Concesionado
49	pz-16-0002	Gaseosas Colombiana SAS No. 1-Planta Centro	Fm. Sabana	102641.915	98123.065	280	Concesionado
50	pz-16-0013	Grasco No. 1	Fm. Sabana	101950.948	97411.517	120	Concesionado
51	pz-16-0014	Grasco No. 2	Fm. Sabana	101787.170	97417.799	126.5	Concesionado
52	pz-16-0015	Grasco No. 3	Fm. Sabana	101634.509	97277.040	80	Concesionado
53	pz-10-0055	Compensar No. 2	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	107053.100	97422.100	399	Concesionado
54	pz-14-0003	Centro CAR 19 Ltda	Fm. Rio Tunjuelo	101755.598	99746.741	140	Concesionado
55	aj-14-0005	Servicentro Esso Av. Tercera	Fm. Rio Tunjuelo	100918.519	101171.003	30	Concesionado
56	pz-13-0010	IDRD Parque Simón Bolívar	Fm. Sabana	107223.700	98141.600	216.11	Concesionado

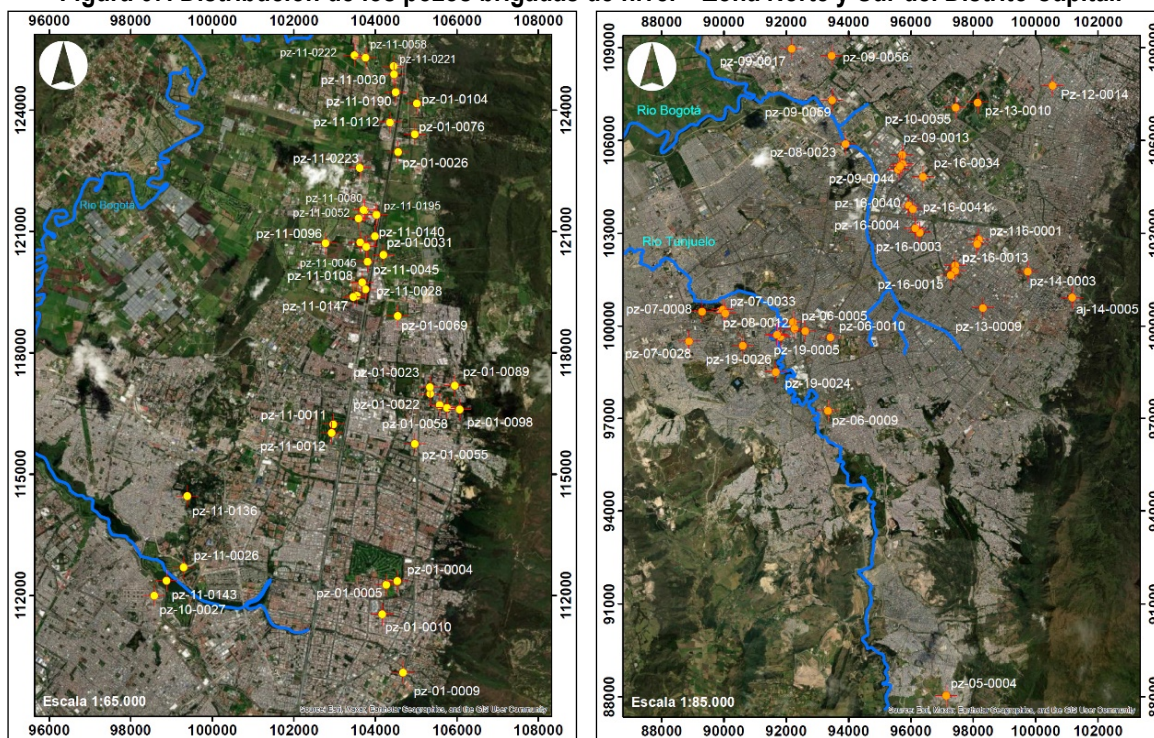
ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
57	pz-09-0056	HOGAR SANTA TERESA DEL JORNET	Fm. Sabana	108733.920	92451.265	200	Concesionado
58	pz-09-0059	COLTANQUES No. 2	Fm. Sabana	107296.290	93461.609	262	Concesionado
59	Pz-12-0014	MULTISERVICIOS FULL AUTOS	Fm. Sabana	100544.339	107767.468	90	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
60	pz-13-0009	LAVADERO AUTO RAPIDO OEA	Fm. Sabana	100587.093	98310.333	205	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
61	pz-16-0003	Gaseosas Lux No. 1	Fm. Sabana	96279.815	103013.430	193	RMAS
62	pz-07-0008	JARDINES DEL APOGEO No. 2	Fm. Sabana	100451.560	89308.411	89	Concesionado
63	pz-06-0005	ACEGRASAS No. 2	Fm. Sabana	99831.690	92599.493	106	Concesionado
64	pz-19-0005	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 1	Fm. Chía 2	99645.775	91804.461	134	Concesionado
65	pz-19-0021	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 2	Fm. Chía 2	99696.222	91689.270	115.90	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
66	pz-19-0027	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 3	Fm. Chía 2	99717.000	911708.000	156	Concesionado
67	pz-05-0004	FRIGORÍFICO SAN ISIDRO	Fm. Usme-Fm. Regadera	97139.478	88032.594	53.50	Concesionado
68	pz-19-0026	PARQUEADERO Y ABASTECIMIENTO DE AGUA LA SABANA	Fm. Labor Tierna	99351.809	90603.582	152.50	Concesionado
69	pz-19-0024	PETCO / DM INVERSIONES SAS	Fm. Sabana	98420.767	94380.903	115	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
70	pz-06-0009	PARQUE EL TUNAL	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	97241.200	93327.490	150.74	Concesionado
71	pz-07-0028	HECTOR JOSE LEON PIÑEROS	Fm. Labor Tierna	99495.360	88872.920	130	Concesionado
72	pz-09-0013	TEXTILES ROMANOS	Fm. Sabana	105524.088	95709.969	80.8	Concesionado
73	pz-09-0017	Duquesa SA	Fm. Sabana	108952.435	92173.680	202	Concesionado
74	pz-09-0043	Manufacturas Eliot SA No.1	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	105240.190	95724.137	214	Concesionado
75	pz-09-0044	Manufacturas Eliot SA No.2	Fm. Sabana-Fm. tirata	105058.007	95591.916	239	Concesionado
76	pz-16-0004	Gaseosas Lux No. 2	Fm. Sabana	103150.339	96139.518	199	Concesionado
77	pz-16-0034	Tintorería Asitex No. 2	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	104823.166	96381.403	238	Concesionado
78	pz-08-0023	Textiles Lafayette SA No. 1	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	105871.010	93901.460	513	Concesionado

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
79	pz-16-0040	TEXTILIA No. 2	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	103884.519	95924.571	340	Concesionado
80	pz-16-0041	TEXTILIA No. 1	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	103780.373	96057.498	230	Concesionado
81	pz-09-0060	Manufacturas Eliot SA No. 3	Fm. Tilatá	95654.392	105151.142	446	RMAS
82	pz-06-0010	MOTEL RIALTO/SANTA LAURA IPS S.A.S	Fm. Sabana	93410.951	99630.213	120	Pozo en trámite de sellamiento temporal.

Fuente: SDA, 2023.

Como complemento a la anterior tabla en las siguientes figuras se observa la distribución en planta de los puntos ubicados en el sector norte y sur del Distrito Capital.

Figura 67. Distribución de los pozos brigadas de nivel – Zona Norte y Sur del Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

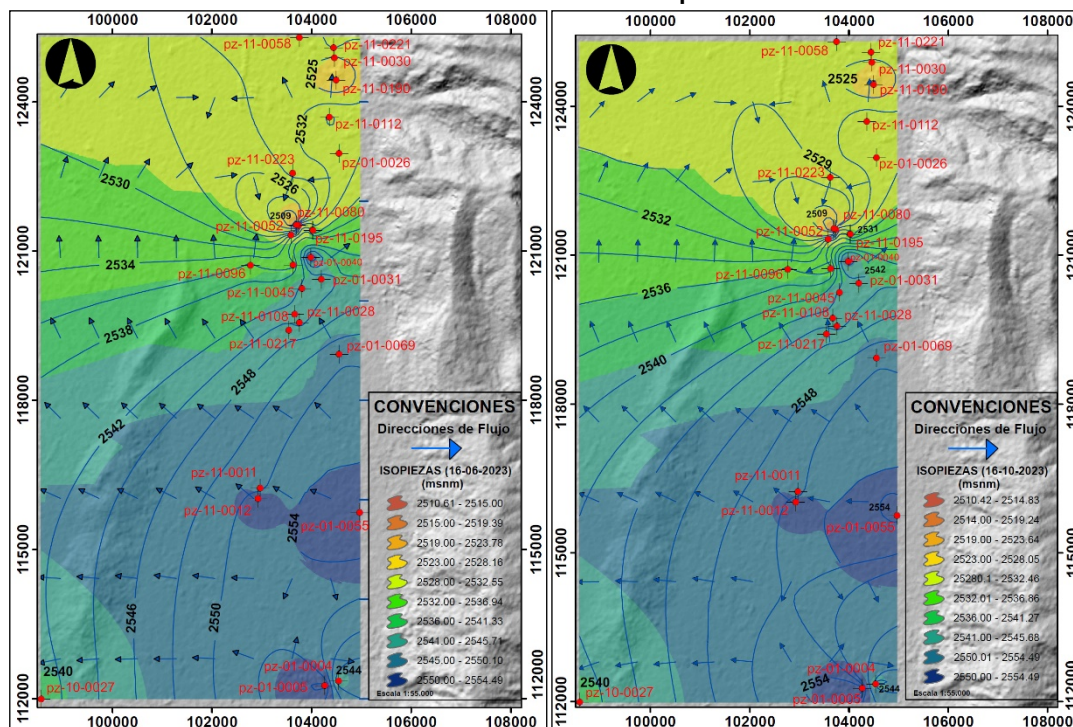
El análisis que se realiza a continuación se fundamenta en el comportamiento del acuífero Formación Sabana, ya que, el 70 % de los pozos concesionados captan de esta unidad hidrogeológica. De igual forma, es importante aclarar que

los otros acuíferos en su mayoría captan de varias unidades hidrogeológicas impidiendo que su análisis será específico. Un ejemplo específico sucede con el pozo pz-11-0214 (Escuela Colombiana de Ingeniería) que se elimina del análisis debido a que capta del acuífero formación Sabana y del acuitardo Formación Guaduas.

7.1. Interpretación del nivel piezométrico - Zona Norte.

En la zona norte se registraron 43 puntos de agua, de los cuales 11 captan del acuífero Formación Labor-Tierna, 29 del acuífero Formación Sabana, 1 del acuífero Formación Labor Tierna-Plaeners y 2 de la Formación Sabana y Formación Guaduas. Es importante resaltar que a corte del 31 de octubre de 2023 existe un total de 35 pozos con concesión de aguas subterráneas vigente. En este contexto, a continuación, se calculan las isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana, usando para ello el método de interpolación IDW (Inverso de la Distancia Ponderada), el cual, ajusta los niveles registrados en el año 2023 (junio y octubre) a una muestra de datos de tipo local-determinístico que resalta los valores extremos.

Figura 68. Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana para junio y octubre de 2023 - Zona Norte del Distrito Capital.



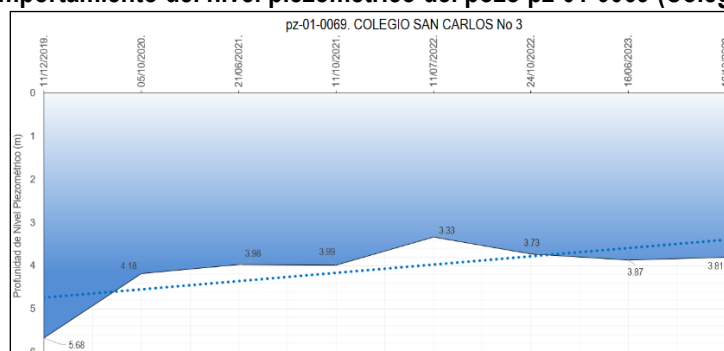
Fuente: SDA, 2023.

Según la anterior figura, se puede evidenciar en la zona norte del Distrito Capital que existe una dinámica hídrica subterránea marcada, pasando de izopiezas con una altura de máximo 2554.49 msnm a mínimo 2510.61 msnm. Ahora bien, al sur del área de estudio las direcciones de flujo conservan una dinámica estable desde la zona de recarga ubicada en los cerros al oriente al occidente. Esto sucede debido a la baja concentración de pozos concesionados.

De los pozos ubicados al sur, el pozo pz-01-0004 (Club el Country No. 2) presenta una tendencia descendente, pasando de 1.46 m en las mediciones realizadas en julio de 2022 a 25.04 m en la última medición realizada en octubre de 2023. Este comportamiento debe ser objeto de seguimiento durante la vigencia 2024 para determinar la necesidad de implementar o no medidas de manejo. No obstante, este descenso genera cambios en las direcciones de flujo locales sin afectar la dinámica al sur del área de estudio.

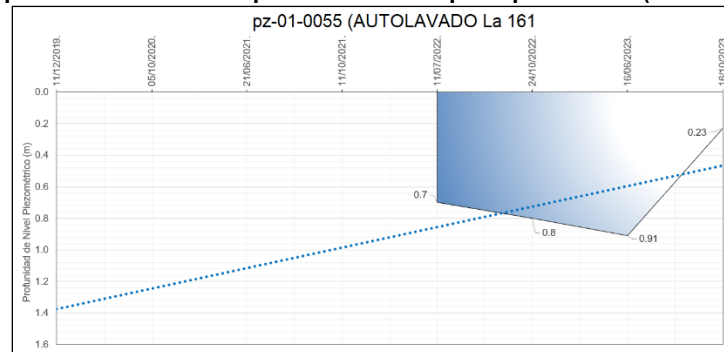
A continuación, se observa como ejemplo el comportamiento de 2 pozos que mantiene una dinámica hídrica ascendente a lo largo de los años monitoreados en el sector sur del área de estudio.

Figura 69. Comportamiento del nivel piezométrico del pozo pz-01-0069 (Colegio San Carlos).



Fuente: SDA, 2023.

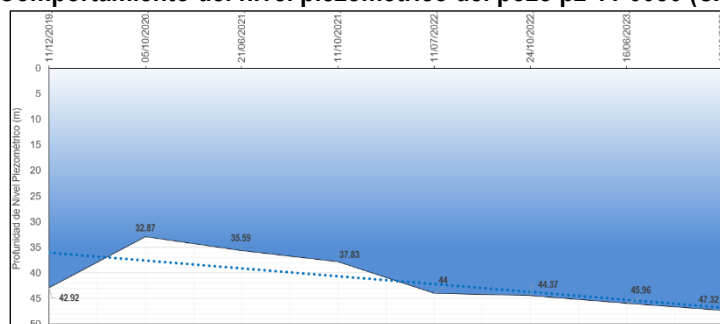
Figura 70. Comportamiento del nivel piezométrico del pozo pz-01-0055 (AUTOLAVADO La 161).



Fuente: SDA, 2023.

Ahora bien, en la zona norte del área de estudio se presenta mayor demanda de agua subterránea (desde la calle 194 al norte), la cual, debido a la explotación del recurso hídrico genera que se presenten cambios en la dinámica hídrica, alterando las líneas equipotenciales y por ende las direcciones de flujo. El pozo que genera mayor alteración y debe ser objeto de medidas de manejo como disminución en el tiempo y caudal de explotación es el pz-11-0080 (CAFAM), el cual, pasa de presentar un nivel mínimo de 32.87 m en octubre de 2020 a máximo 47.32 m en octubre de 2023 como se observa en la siguiente figura.

Figura 71. Comportamiento del nivel piezométrico del pozo pz-11-0080 (CAFAM No. 2).



Fuente: SDA, 2023.

Según la anterior gráfica se evidencia un descenso de aproximadamente 14.45 m, el cual, genera una tendencia negativa en el comportamiento del nivel piezométrico que altera la dinámica hídrica subterránea local como se ha venido evidenciando desde el *"Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022"*.

En síntesis, se determina que no existen cambios significativos entre las mediciones realizadas en junio y octubre de 2023, ya que, la diferencia entre los dos meses no sobrepasa los 0.2 m. Del mismo modo se evidencia que no existen cambios drásticos, ya que, los pozos a excepción del pz-11-0080 no superan los 2 m de diferencia entre las mediciones iniciales y las realizadas en el año 2023.

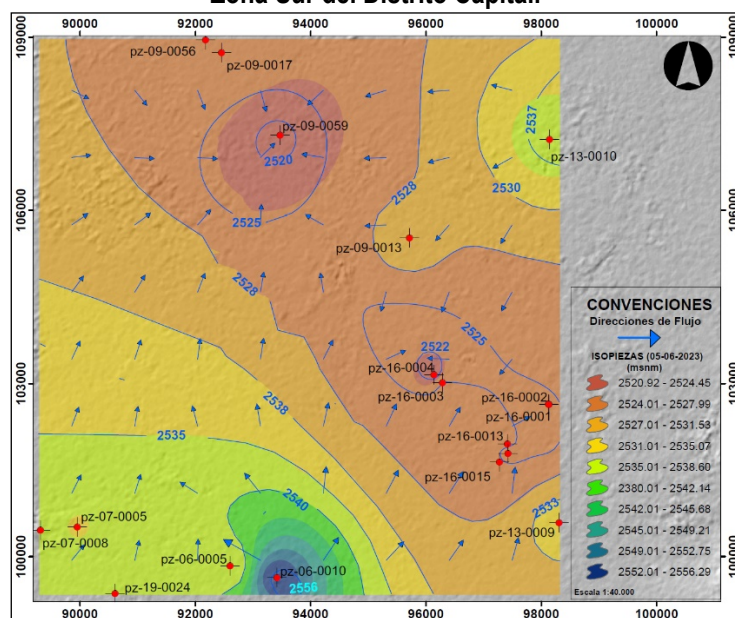
7.2. Interpretación del nivel piezométrico - Zona Sur.

En la zona sur del Distrito Capital existen 39 puntos de agua que hacen parte de las brigadas de niveles, de los cuales 19 captan del acuífero Formación Sabana, 7 de la Formación Sabana y Tilatá, 5 Formación Chía 2, 1 Formación Sabana Guaduas, 2 de la Formación Río Tunjuelo (Depósitos de Pendiente)), 1 de la Formación Sabana y Labor Tierna, 1 de las formaciones Usme y Regadera, 1 de la Formación Tilatá y 2 del acuífero Formación Labor Tierna. De igual forma, es importante resaltar que a corte del 31 de octubre de 2023 existen 29 pozos con concesión de aguas subterráneas. Cabe aclarar, que los 10 pozos faltantes para completar los 39 puntos de la zona sur se encuentran en trámite de concesión, en sellamiento temporal o que hacen parte de la RMAS.

Antes de analizar los datos, es importante mencionar que se eliminan los pozos Manifacturas Elitot (pz-09-0043 y pz-09-0044), Textilía (pz-16-0034 y pz-16-0041) y Tintorería Asitex (pz-16-0034) analizados en el “Informe del estado ambiental de los acuíferos con influencia en el perímetro urbano del Distrito Capital del año 2022”, debido que captan de los acuíferos Formación Sabana y Tilatá.

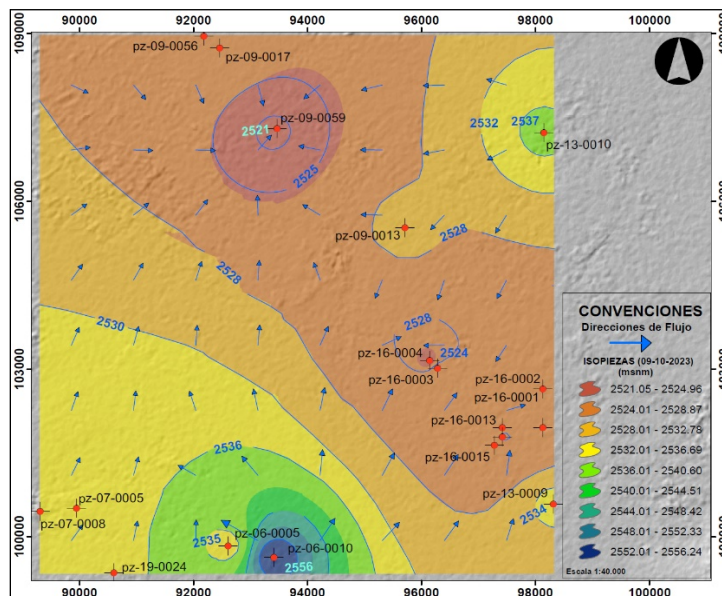
En las siguientes figuras se observan las isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana, usando para ello el método de interpolación IDW (Inverso de la Distancia Ponderada) de los niveles registrados en el año 2023 (junio y octubre).

Figura 72. Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana para junio y octubre de 2023 - Zona Sur del Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

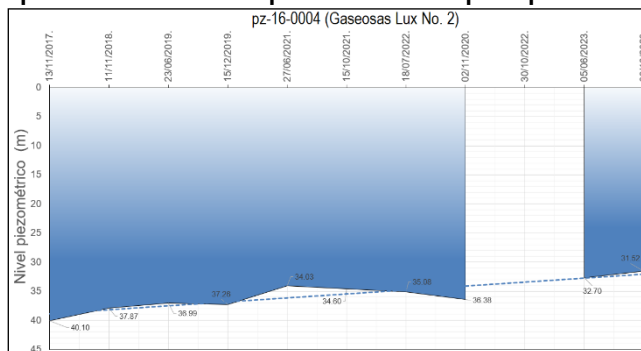
Figura 73. Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana para junio y octubre de 2023 - Zona Sur del Distrito Capital.



Fuente: SDA, 2023.

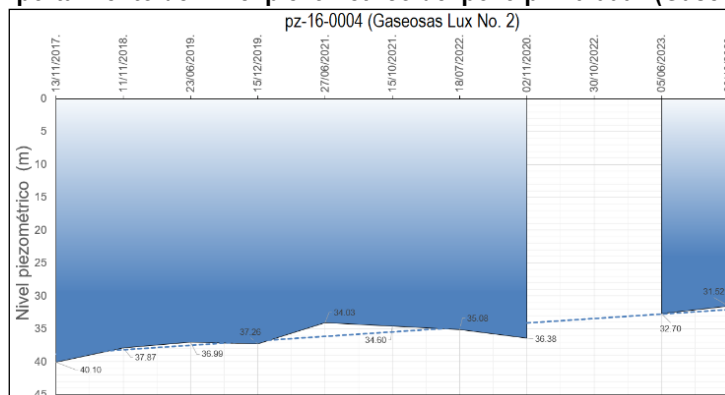
Según las anteriores figuras, se determina que existen cambios en la dinámica subterránea, la cual, consiste en la alteración de las direcciones de flujo debido a la explotación del recurso hídrico subterráneo. Igualmente, es relevante mencionar que al sur del área de estudio se presentan direcciones de flujo que van en sentido Sur-Norte, indicando que posiblemente existe una zona de recarga proveniente de los cerros ubicados al sur de la localidad de Ciudad Bolívar donde aflora el Grupo Guadalupe. Ahora bien, los pozos donde se evidencian los mayores abatimientos son el pz-09-0059 (Coltanques) y pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2) que están ubicados en las localidades de Fontibón y Puente Aranda. Su comportamiento se observa a continuación.

Figura 74. Comportamiento del nivel piezométrico del pozo pz-09-0059 (Coltanques).



Fuente: SDA, 2023.

Figura 75. Comportamiento del nivel piezométrico del pozo pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2).



Fuente: SDA, 2023.

Las figuras 74 y 75 demuestran que la tendencia de los niveles es ascendente, lo cual, indica que el cambio en las direcciones de flujo no se realiza por la explotación del acuífero Formación Sabana, si no, por la extracción de agua subterráneas de otras unidades hidrogeológicas como el acuífero Formación Tilatá. Este acuífero como se menciona con anterioridad es captado por 7 pozos ubicados entre las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón, los cuales, también tienen sus filtros en el acuífero formación Sabana; por este motivo y para futuras concesiones de agua subterránea en el Distrito Capital se determina la necesidad de solo captar una sola unidad hidrogeológica para que así se puedan tomar decisiones acertadas por parte de esta Autoridad frente a la explotación del recurso hídrico subterráneo.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RMAS.

- El comportamiento del nivel piezométrico de los acuíferos monitoreados se ve interrumpido localmente por la explotación de agua subterránea en ciertas zonas del Distrito Capital, sin embargo, la tendencia del nivel piezométrico se mantiene ascendente a excepción de los puntos pz-12-0025 (Artesanías de Colombia) y pz-09-0060 (ELIOT). Este último debido a la presencia de los pozos que explotan de la misma unidad hidrogeológica en un radio no mayor a 115 m.
- Los puntos que captan del Grupo Guadalupe presentan los mayores ascensos del nivel piezométrico, demostrando así, que la zona de recarga sigue manteniendo un alto potencial hídrico. Un ejemplo de esto es el ascenso del nivel piezométrico del pozo pz-01-0070 (Millonarios), el cual, durante el registro de monitoreo ha ascendido 7.45 m.

- c) Los ascensos del nivel piezométrico de todos los puntos que hacen parte de la RMAS son en general de aproximadamente 1 m desde el inicio de las mediciones en el año 2020.
- d) No se presentan cambios drásticos del nivel piezométrico que cambien la tendencia histórica de la variable.
- e) La variable nivel piezométrico tiende a recuperarse en el tiempo, ya que, pasa de cambios de nivel con una tendencia negativa de -0.66 m y -1.0 m para los años 2020 y 2021, a -0.05 m para el año 2022.
- f) La variable conductividad eléctrica aumenta en relación con la trayectoria de flujo subterráneo, manteniéndose los altos rangos principalmente en la zona de Fontibón con valores que aumentan de 1048.60 $\mu\text{s/cm}$ para el año 2020 a 1218 $\mu\text{s/cm}$ para el 2022.
- g) Los valores de conductividad eléctrica al sur y oriente del Distrito Capital disminuyen, pasando de 19.88 $\mu\text{s/cm}$ para el año 2020 a mínimo 7.85 $\mu\text{s/cm}$ para el año 2022; este comportamiento permite corroborar que existe mayor recarga en estas zonas, aumentando la dinámica hídrica frente al movimiento del agua subterránea en los acuíferos del Distrito Capital.
- h) El acuífero Formación Sabana presenta generalmente condiciones de flujo local en todo el Distrito Capital, no obstante, y de forma puntual, existen flujos intermedios que manifiestan mayor dominancia tanto en la roca como en los sedimentos.
- i) El agua subterránea caracterizada en el Distrito Capital se encuentra cerca de la zona de recarga.
- j) El acuífero Formación Chía donde captan los pozos ubicados en Frigorífico Guadalupe y Gaseosas Colombianas planta sur, se caracterizan por presentar aguas subterráneas con flujos locales.
- k) Los pozos pz-09-0040 (Coca Cola) y pozo pz-09-0017 (Duquesa) ubicados en la localidad de Fontibón presentan flujos con mayor arrastre de minerales que coinciden con los altos valores de conductividad eléctrica (1000 $\mu\text{s/cm}$ y 1300 $\mu\text{s/cm}$.) obtenidos para esta zona del Distrito Capital.
- l) No se registran flujos de agua subterránea de tipo regional en el Distrito Capital.
- m) Se identifican procesos de intercambio catiónico en las unidades hidrogeológicas analizadas, comprobando de esta manera que existe un cambio constante de la dinámica hídrica subterránea generando mezclas entre las unidades hidrogeológicas.
- n) Verificar para todos los pozos del Distrito capital las unidades hidrogeológicas que captan los pozos, ya que, según los resultados de las relaciones químicas existen comportamientos opuestos según el acuífero captado.
- o) Los pozos con mayor influencia de la precipitación (rainfall) deben presentar medidas de manejo para evitar contaminación del recurso hídrico subterráneo, ya que, existe mayor facilidad para que un contaminante ingresar al acuífero captado.
- p) Los acuíferos analizados presentan una dinámica subterránea variable, donde disminuyen las condiciones oxidantes a medida que las aguas evolucionan de Bicarbonatada-Cálcica a Bicarbonatada-Sódica-Potásica.
- q) Es necesario caracterizar el agua lluvia desde el punto de vista hidrogequímico con el objetivo de analizar los resultados en relación con los pozos de agua subterránea
- r) Las concentraciones de Grasas y Aceites, Coliformes Fecales Y Nitratos no son continuas en el tiempo, lo cual indica que no existe una fuente de contaminación constante.

Brigadas de nivel.

- a) Al igual que los resultados de la RMAS, la tendencia del nivel piezométrico de los puntos de agua monitoreados durante las brigadas de niveles tanto en la zona sur como en la norte son generalmente ascendente.
- b) Implementar medidas de manejo como disminución en el tiempo y caudal de explotación en el pz-11-0080 (CAFAM), ya que, presenta descensos de aproximadamente 14.45 m desde el inicio de las brigadas para este punto en el año 2019.
- c) De forma general los acuíferos en el Distrito Capital no presentan sobreexplotación de agua subterránea, sin embargo, se presentan impactos locales que pueden ser corregidos implementando medidas de manejo y monitoreo.
- d) El cambio en las direcciones de flujo en la zona sur del Distrito Capital no se realiza por la explotación del acuífero Formación Sabana, si no, por la extracción de agua subterránea de otras unidades hidrogeológicas como el acuífero Formación Tilatá, el cual, es explotados por 7 pozos que también tienen sus filtros en el acuífero formación Sabana.

Recomendaciones.

- 1. Realizar un mantenimiento correctivo y preventivo a los dispositivos de la RMAS debido a que la lectura de las variables se está viendo afectada.
- 2. Reubicar el dispositivo instalado en el pozo pz-11-0023 (MEALS) debido a los inconvenientes presentados por la transmisión en la información. En este sentido, se recomienda instalar el dispositivo en el piezómetro menos profundo ubicado en el Servio Geológico Colombiano-SGC, con el objetivo de obtener información de los paquetes arenosos más someros del acuífero Formación Sabana.
- 3. Incluir un punto de monitoreo en el marco de la RMAS para identificar el comportamiento del acuífero Formación Sabana en la zona donde se ubica el pozo concesionado pz-11-0080 (Cafam No. 2).
- 4. Actualizar el modelo hidrogeológico conceptual con el objetivo de investigar como es el comportamiento somero del agua subterránea, ya que, en los primeros 30 m de profundidad se realizan todas actividades en el Distrito Capital.
- 5. Determinar cuál es el grado de conexión del agua subterránea de tipo subsuperficial con el acuífero profundo de la Formación Sabana.
- 6. Investigar y realizar nuevas exploraciones del subsuelo para corroborar la configuración geológica expuesta en los estudios “Sistema de Modelamiento Hidrogeológico del Distrito Capital Bogotá (SDA, 2013)” y “Modelo Hidrogeológico Conceptual del Acuífero Subsuperficial o Somero en el Perímetro Urbano del Distrito Capital (SDA, 2018)”.
- 7. En las zonas donde se presentan descensos de nivel es indispensable realizar una brigada de niveles con mayor tiempo de reposo o cese de bombeo (6 a 8 días)
- 8. Realizar investigaciones más detalladas (isotopía, pruebas hidráulicas y perforaciones exploratorias) con el objetivo de identificar medidas de manejo y seguimiento a los pozos y acuíferos que presentan mayor predominancia en la roca o tiempos de recorrido.

Página 80 de 81

9. Ejecutar limpiezas y mantenimientos a los pozos pz-11-0026 (Club Los Lagartos No. 2 - Hoyo 17), pz-10-0055 (Compensar No. 2), pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar), pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2) y pz-08-0013 (Gaseosas Colombiana No. 3), debido a que presentan 2 años seguimos grasas y aceites.
10. Ejecutar limpiezas y mantenimientos a los pozos pz-11-0147 (Congregación Sra Del Santísimo No. 1) y pz-11-0140 (Jardines Del Recuerdo No. 2) debido a que presentan 2 años seguimos coliformes fecales.



RODRIGO ALBERTO MANRIQUE FORERO
SUBDIRECCION DE RECURSO HIDRICO Y DEL SUELO (E)

Expediente: SDA-01-2021-701

-

Elaboró:

JESUS ALIRIO LEAL SIERRA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20220726 DE 2022	FECHA EJECUCIÓN:	21/12/2023
JESUS ALIRIO LEAL SIERRA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20220726 DE 2022	FECHA EJECUCIÓN:	28/12/2023

Revisó:

YAMILETH CAMPOS VARGAS	CPS:	CONTRATO 20230771 DE 2023	FECHA EJECUCIÓN:	29/12/2023
JESUS ALIRIO LEAL SIERRA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20220726 DE 2022	FECHA EJECUCIÓN:	29/12/2023
JUAN GABRIEL ALVARADO CARDENAS	CPS:	CONTRATO 20230892 DE 2023	FECHA EJECUCIÓN:	29/12/2023

Aprobó:
Firmó:

RODRIGO ALBERTO MANRIQUE FORERO	CPS:	FUNCIONARIO	FECHA EJECUCIÓN:	29/12/2023
---------------------------------	------	-------------	------------------	------------