

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Tecnico No. 08193, 23 de diciembre del 2022 INFORME DEL ESTADO AMBIENTAL DE LOS ACUÍFEROS CON INFLUENCIA EN EL PERÍMETRO URBANO DEL DISTRITO CAPITAL-AÑO 2022

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 estadístico de las variables que hacen parte de la RMAS.*
5. Procesamiento y análisis de las brigadas de niveles realizadas en el Distrito Capital.
 - 5.1. Interpretación del nivel piezométrico del acuífero Formación Sabana- Zona Norte.
 - 5.2. Interpretación del nivel piezométrico del acuífero Formación Sabana- Zona Sur.
6. Conclusiones y Recomendaciones.

1. INTRODUCCIÓN.

La red de monitoreo de aguas subterráneas a 2022 está conformada por 27 puntos de monitoreo, la cual se ajusta anualmente teniendo en cuenta la solicitud de la concesión de un pozo que se encuentra sellado temporalmente o si las condiciones tanto físicas como de transmisión de los dispositivos adquisición de datos presenta situaciones de mantenimiento o sustitución.

Es así como, en la vigencia del 2022 se presentaron novedades en los puntos de monitoreo, como: Los puntos de monitoreo pz-07-0007 (Jardines del Apogeo) y pz-07-0017 (Clara Fey) son reubicados a los pozos pz-01-0105 (Aldea Proyectos) y pz-01-0070 (Millonarios) debido a que no se soluciona el proceso de transmisión de datos ocasionado por un aumento de humedad. Adicionalmente, se instalan 2 dispositivos que se retiraron debido a la solicitud de concesión de aguas subterráneas, instalándolos en los puntos pz-07-0034 (El Arrozal) y pz-07-0005 (Carboquímica).

Así mismo, se proyecta reubicar el dispositivo instalado en el pozo pz-11-0023 (MEALS), teniendo en cuenta que, ha presentado inconvenientes en la transmisión de datos y no ha sido posible su reubicación debido a las limitaciones logísticas para su ajuste. Y, posiblemente retirar el dispositivo ubicado en el pozo pz-09-0040 (Coca Cola) dado que, el usuario, proyecta solicitar la concesión de aguas subterráneas.

De otra parte, el grupo de aguas subterráneas aumentó el número de pozos al que le realiza las brigadas de niveles anualmente, pasando del monitoreo de 58 pozos en el año 2021 a 80 pozos en la vigencia actual. Permitiendo, incrementar la cobertura de pozos activos que tienen concesión de aguas subterráneas, como de pozos que hacen parte de la red de monitoreo o que son importantes para aumentar el conocimiento de las unidades hidrogeológicas monitoreadas.

En este sentido, el monitoreo continuo de los niveles del agua subterránea permite establecer una línea base sobre las condiciones actuales de las unidades hidrogeológicas que son aprovechadas en el Distrito Capital, permitiendo de esta manera, generar herramientas enfocadas al estudio, gestión y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo, para la consecuente toma de decisiones sobre éste.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar la hidrodinámica y calidad del agua subterránea captada de las unidades hidrogeológicas Acuífero Formación Sabana, Acuífero Formación Tilatá, Acuitardo Formación Usme, Acuitardo Formación Bogotá, Acuitardo Formación Subachoque, Acuífero Formación Regadera, Acuitardo Formación Guaduas, Acuífero Formación Labor Tierna y Acuitardo Formación Plaeners como una herramienta de conocimiento, administración y gestión en la toma de decisiones sobre el recurso hídrico subterráneo.

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.
- Calcular el tiempo y valor de recarga preliminar anual de las unidades hidrogeológicas acuífero formación Sabana y Labor-Tierna.
- Determinar la recuperación del nivel piezométrico de la RMAS durante las brigadas de niveles realizadas en el primer semestre de 2022.
- Evaluar a partir del año 2017 el comportamiento de las isopiezas en estado estacionario con base en la información recopilada en las brigadas de nivel.
- Generar alertas tempranas sobre la oferta y demanda del recurso hídrico 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, que tiene como finalidad recopilar y analizar la información relacionada con el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica registrada en 27 transductores de presión ubicados en pozos que presentan un estado de sellamiento temporal. Posterior al capítulo de la RMAS, se realiza el análisis de los niveles registrados en las brigadas que ejecuta la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, desde el año 2017, a 80 pozos. En los cuales se suspende el bombeo de agua subterránea durante 4 días seguidos, para obtener condiciones estacionarias y definir cambios en la dinámica hídrica de las unidades concesionadas.

Finalmente, el resultado del análisis de la RMAS y las brigadas de niveles se sintetiza para determinar la distribución de la recarga real anual, el tiempo de rezago entre el evento de precipitación y cambio de nivel, el cálculo de la recuperación de los niveles por efecto del no bombeo en los pozos concesionados y, finalmente obtener líneas de flujo tanto en la zona norte como en la zona sur del Distrito Capital.

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

4.1. Contexto del Modelo Hidrogeológico Conceptual.

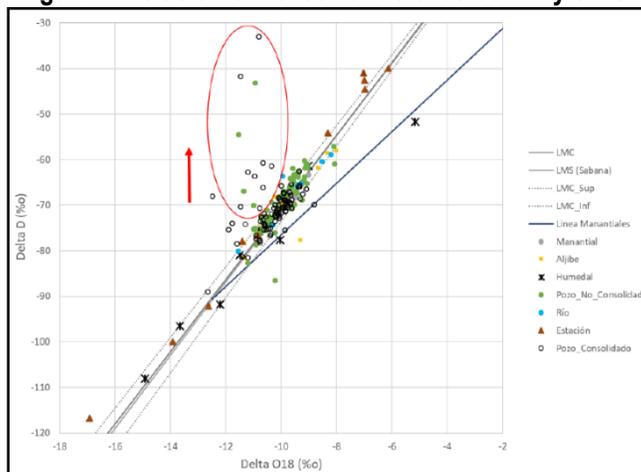
Antes de analizar la dinámica hídrica registrada en los puntos de monitoreo, es importante mencionar que la interpretación de los datos se realiza teniendo en cuenta las consideraciones del modelo hidrogeológico conceptual

Página 3 de 70

del Distrito Capital, en el que las unidades hidrogeológicas que afloran (Grupo Guadalupe y la Formación Regadera) se recargan de forma directa por la precipitación, generando una carga hidráulica que alimenta los paquetes arenosos de la Formación Sabana. Otro tipo de recarga al acuífero Formación Sabana, proviene de flujos ascendentes de la Formación Tilatá que infrayace esta unidad; principalmente en las localidades de Tunjuelito, Kennedy y Fontibón. En síntesis, la unidad hidrogeológica que presenta mayor demanda (Fm. Sabana), en los paquetes arenosos explotables se recargan a partir de flujos laterales y verticales que se encuentran después de los 50 m de profundidad.

Lo anterior, 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)*”, que evidencia el contenido isotópico tanto del Oxígeno O18, como del Deuterio H2 para la mayoría de pozos no consolidados (Formación Sabana); los cuales, se encuentran cerca o sobre la línea meteórica local, como se observa a continuación.

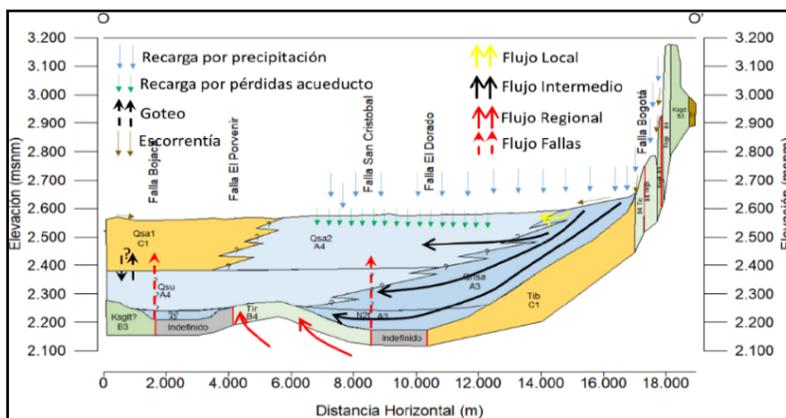
Figura 1. Relación entre las variaciones del 2H y el 18°.



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.

En resumen, la siguiente representación gráfica esquematiza las hipótesis mencionadas con anterioridad, respecto de la recarga directa del Grupo Guadalupe y la Formación Regadera, y la recarga lateral y vertical de la Formación Sabana

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.

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 Subchoque, 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 Subchoque y Tilatá y 2 de las formaciones Sabana y Tilatá.

Adicionalmente, la red de monitoreo es dinámica en el tiempo y es objeto de mejora constante, ya que depende de la solicitud de concesión de aguas subterráneas, disposición y 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 verificación 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	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	-
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	-
15	pz-11-0023	MEALS	173	FM. SABANA- FM. LABOR TIERNA	16.50	11.5	Falla en la transmisión de datos.
16	pz-11-0101	UNICERVANTES	144.6	FM. LABOR TIERNA	22.30	17.3	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

No.	Código	Captación	Prof. (m)	Acuífero	Prof. de instalación (m)	Profundidad de nivel piezométrico (m)	OBSERVACIONES
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	-
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	Falla de transmisión desde el 22-02-2022
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	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, 2022.

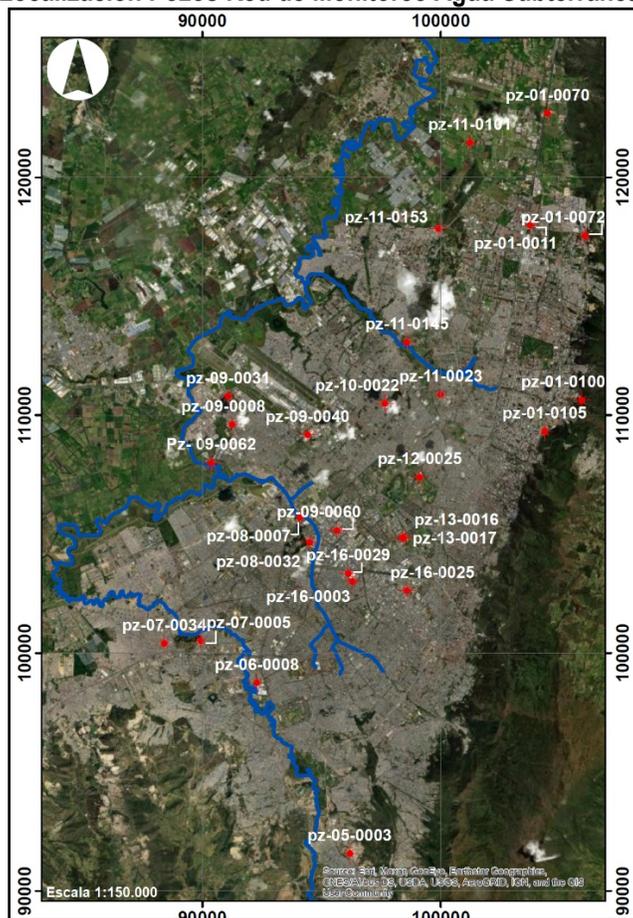
Debido a que, se presenta una señal deficiente de la transmisión de datos en los puntos de monitoreo pz-07-0007 (Jardines del Apogeo) y pz-07-0017 (Clara Fey), se procede a realizar la reubicación de los equipos a los pozos pz-01-0105 (Aldea Proyectos) y pz-01-0070 (Millonarios).

Adicionalmente, se instalan 2 dispositivos, que fueron retirados en el año 2021 debido a la solicitud de concesión de aguas subterráneas. Estos equipos son instalados en los puntos de agua pz-07-0034 (El Arrozal) y pz-07-0005 (Carboquímica).

Cabe aclarar, que esta Autoridad está evaluando la reubicación del dispositivo instalado en el pozo pz-11-0023 (MEALS); debido a que, presenta inconvenientes desde su instalación por la deficiencia en la transmisión de datos. De igual forma, los pozos pz-16-0029 (Textrama), pz-16-0003 (Gaseosas Lux No. 1), pz-11-0101 (Unicervantes) y pz-01-0011 (Parmalat) presentan inconvenientes en la transmisión de datos, debido a un corto eléctrico en la batería. Las fechas límite de transición se expone en los análisis de cada punto de agua del capítulo 4.1.

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.

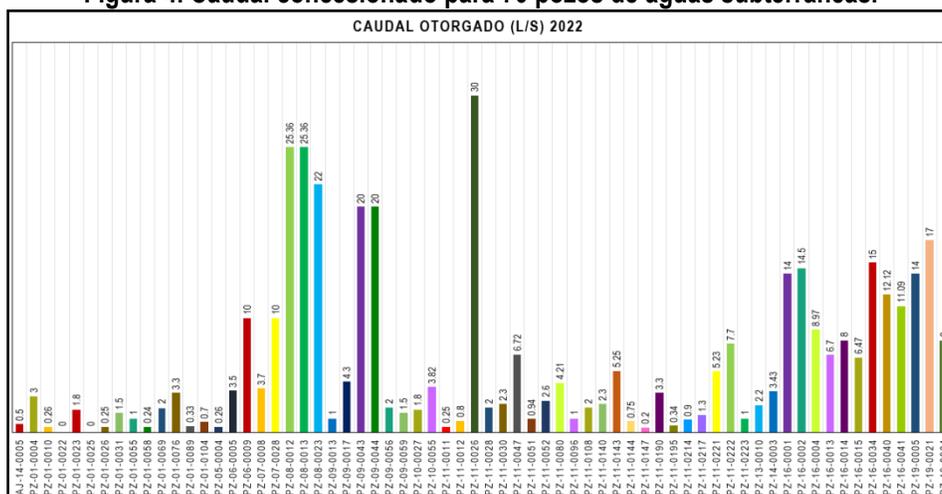


Fuente: SDA, 2022.

Cabe aclarar, que 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 2022.

Por otra parte, es importante resaltar que los 7 pozos con mayor caudal concesionado en el Distrito Capital son: pz-11-0026 (Club los lagartos), pz-08-0012 y pz-08-00013 (Gaseosas Colombianas), pz-09-0043 y pz-09-0044 (Manufacturas Eliot), pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe) y pz-16-0034 (Tintorería Asitex no. 2). En la siguiente figura se observa la distribución de los caudales concesionados para 70 pozos a corte del 31 de julio de 2022.

Figura 4. Caudal concesionado para 70 pozos de aguas subterráneas.



Fuente: SDA, 2022.

Ahora bien, los 13 pozos concesionados a corte del 31 de julio de 2022 con consumos superiores a los 10.000 m³/mes son: pz-08-0012 (Gaseosas Colombianas No. 2), pz-08-0013 (Gaseosas Colombianas No. 3), pz-08-0023 (Lafayette), pz-09-0043 (ELIOT 1), pz-09-0044 (ELIOT 2), pz-11-0143 (Club Lagartos No. 3), pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2), pz-16-0002 (Gaseosas Colombiana No. 2), pz-16-0013 (Grasco No. 1), pz-16-0014 (Grasco No. 2), pz-16-0034 (Asitex), pz-19-0005 (Frigorífico Guadalupe No. 1) y pz-19-0021 (Frigorífico Guadalupe No. 2).

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 como se evidencia a continuación. Ahora bien, su ubicación y dinámica se analiza en el capítulo de brigadas de niveles, donde se puede identificar como es el comportamiento de los pozos concesionados sin bombeo en la zona norte y sur del Distrito Capital.

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 a partir del Grupo Guadalupe, por este motivo se emplea la precipitación de las estaciones ubicadas en estas zonas de recarga al sur, este y cerros de Suba 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.

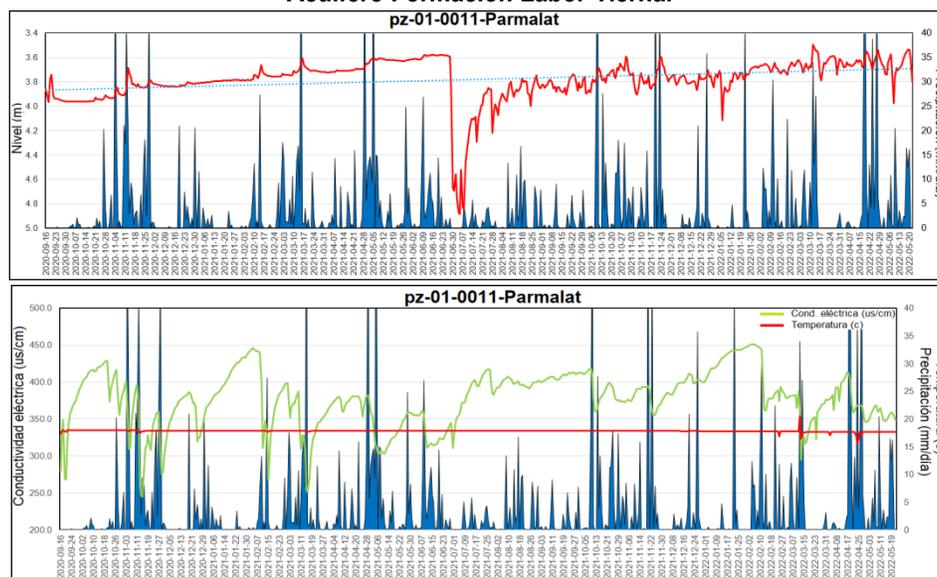
El análisis de correlación entre las variables precipitación y nivel piezométrico para calcular los tiempos de rezago (tiempo de recarga) se realiza en el Capítulo 4.3.1.

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-Tierra, donde el dispositivo instalado registra un nivel piezométrico (acuífero confinando) promedio de 3.8 m, una temperatura constante de 17.87 °C y una conductividad eléctrica promedio de 377 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que varía según los cambios de precipitación (aumenta a medida que disminuye la precipitación).

Como se observa en la siguiente figura, el 28 de junio de 2021 existe un descenso del nivel piezométrico de aproximadamente 1.3 m profundidad que se recupera disminuyendo la tendencia ascendente; este cambio es ocasionado posiblemente por la extracción del recurso hídrico subterráneo de pozos cercanos, no obstante, el pozo concesionado más cercano capta de la misma unidad hidrogeológica a una distancia de 1.8 Km, con consumos promedio de 900 m³ que no tienen relación con los cambios de nivel registrados por el dispositivo.

Figura 5. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0011- Acuífero Formación Labor-Tierra.



Fuente: SDA, 2022.

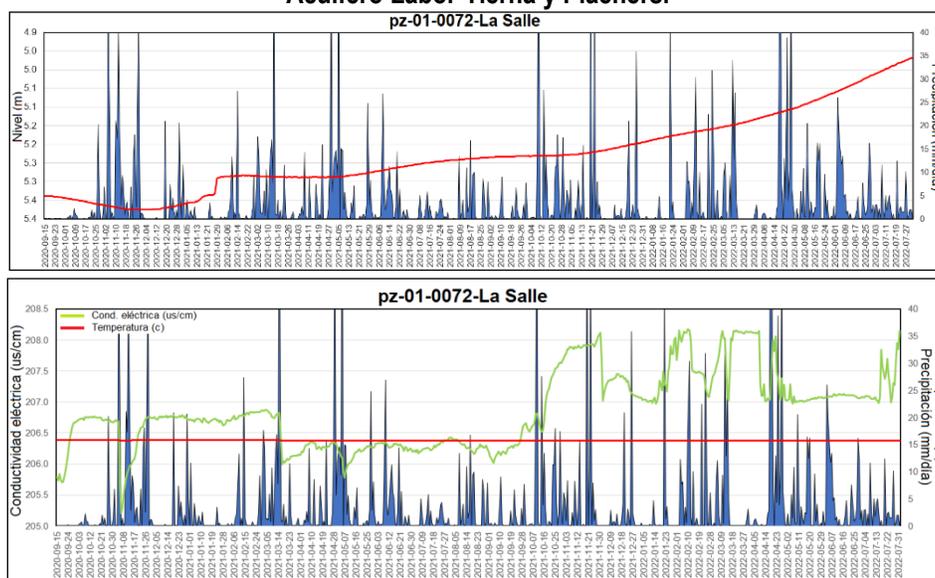
Es relevante mencionar que, el registro de este punto de monitoreo se realiza hasta el 22 de mayo de 2022 debido a que finaliza la carga en la batería.

Cabe aclarar que la estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es la “Estación Colegio Friedrich Naumann”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad de Usaquén-Barrio La Granja Norte).

Pozo pz-01-0072. La Salle EAAB. Este punto de monitoreo con una profundidad de 266 m capta la Formación Labor-Tierra y Plaenners, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.37 m, una temperatura constante de 15.82 °C y una conductividad eléctrica promedio de 206 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que varía en poco ordenes de magnitud según los cambios de precipitación (aumenta a medida que disminuye la precipitación).

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

Figura 6. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0072- Acuífero Labor-Tierra y Plaeners.



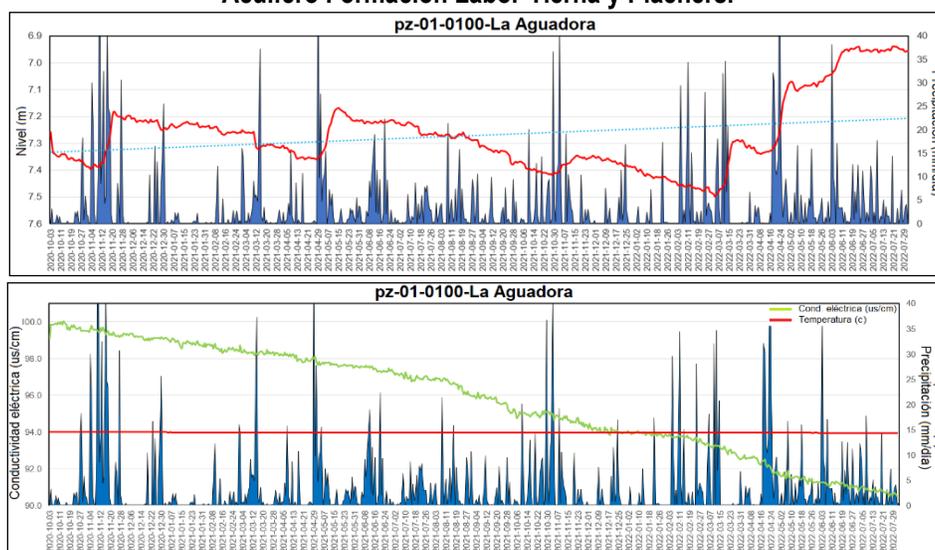
Fuente: SDA, 2022.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica de este punto de monitoreo es la misma de Parmalat, la cual, en este caso se encuentra ubicada al sur del pozo.

Pozo pz-01-0100. La Aguadora EAAB. Este punto de monitoreo con una profundidad de 300 m capta la Formación Labor-Tierra y Plaenners, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.33 m (similar

al registrado en el punto de monitoreo La Salle EAAB), una temperatura constante de 14.45 °C y una conductividad eléctrica promedio de 95 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que decae 10 $\mu\text{s}/\text{cm}$ al finalizar el registro de datos. En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables registradas en el pozo pz-01-0100.

Figura 7. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0100- Acuífero Formación Labor-Tierna y Plaeners.



Fuente: SDA, 2022.

La conductividad eléctrica en este punto de monitoreo es una de las más bajas registra por la RMAS, siendo este un indicador de aguas con poco recorrido asociadas a la zona de recarga.

Cabe aclarar que 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-oriente 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.

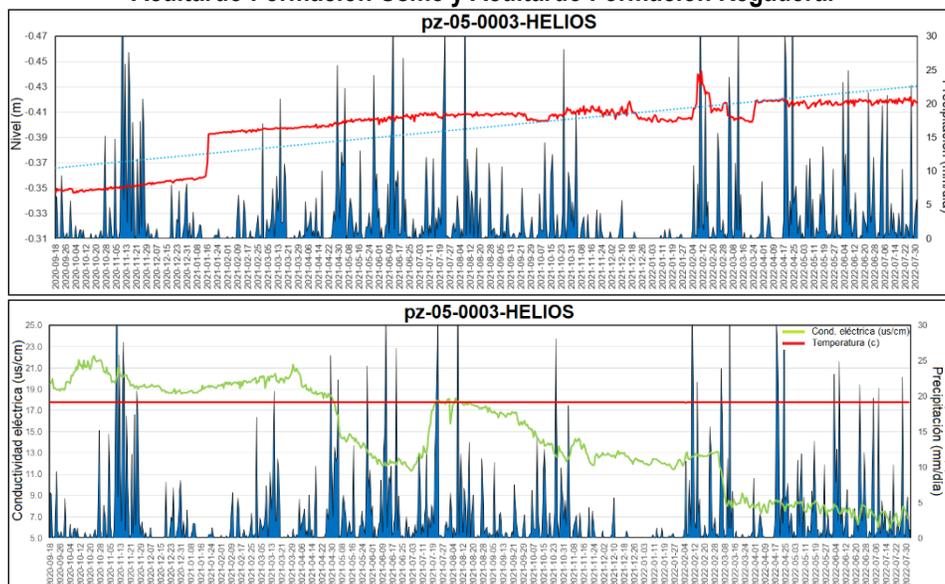
Pozo pz-05-0003. Ladrillera Helios. Este punto de monitoreo con una profundidad de 113 m es de tipo saltante o artesiano, ya que, el tramo de filtros capta el acuífero Formación Regadera que se encuentra confinado por la Formación Usme. El nivel piezométrico de este punto de monitoreo continúa siendo de tipo saltante, con una carga

sobre el terreno que no supera los 0.44 m desde el inicio de su registro. La tendencia del nivel durante el registro de la información es ascendente, ya que, el nivel se recupera 0.10 m.

De igual forma se evidencia que la temperatura es constante con un valor que no supera los 19.15 °C y una conductividad eléctrica que varía de 6 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 22 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (promedio de 14.49 $\mu\text{s}/\text{cm}$), siendo este un indicador de aguas con poco recorrido asociadas a una zona de recarga cercana.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-05-0033.

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



Fuente: SDA, 2022.

Cabe aclarar que 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-oriente del punto de monitoreo (Localidad San Cristóbal-Barrio La Belleza).

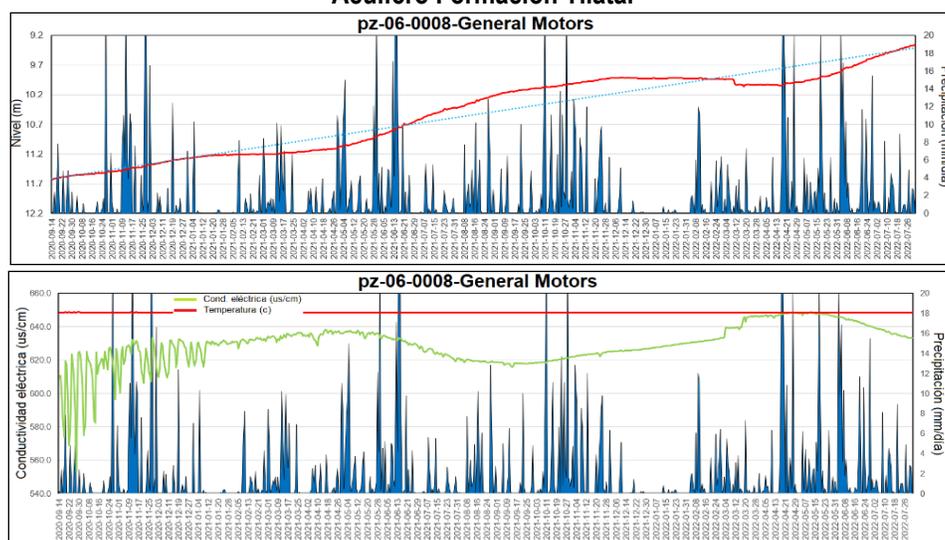
Finalmente, es relevante mencionar que este punto de monitoreo es fundamental para tomar decisiones sobre la conservación de zonas de recarga en esta zona del Distrito Capital.

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 del nivel piezométrico de 2.26 m, una temperatura

constante de 18.10 °C y una conductividad eléctrica promedio de 629.33 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (conductividad eléctrica mínima de 553 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máxima de 650 $\mu\text{s}/\text{cm}$) que inicia a estabilizarse a partir del año 2021.

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 Tiltatá.



Fuente: SDA, 2022.

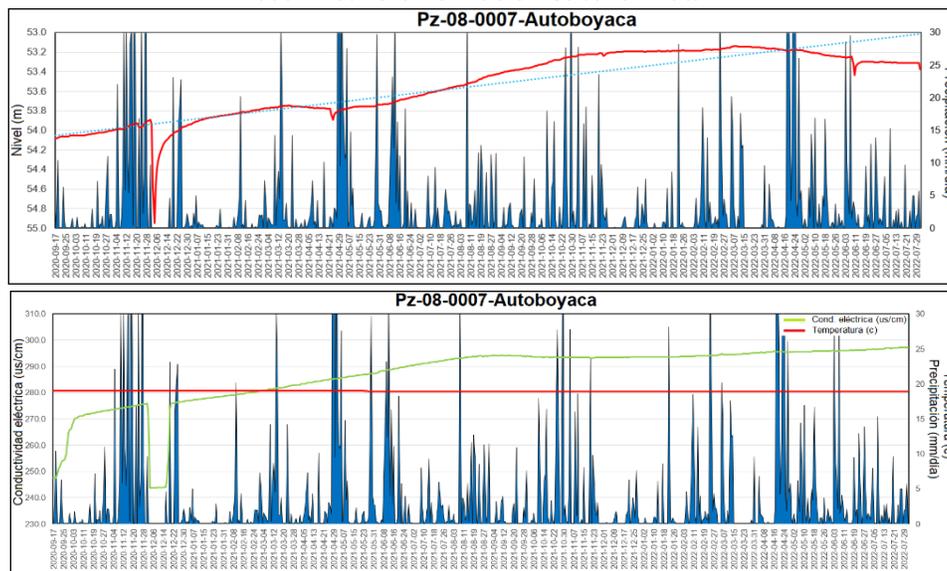
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el "Colegio Sierra Morena", la cual está ubicada al sur-occidente del punto de monitoreo (Localidad de Ciudad Bolívar-Barrio la Pradera).

Pozo pz-08-0007. Auto Boyacá. Este punto de monitoreo con una profundidad de 454 m capta de las formaciones Sabana y Tiltatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.78 m, una temperatura constante de 19 °C y una conductividad eléctrica promedio de 287.15 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que asciende igual que el nivel piezométrico.

Según la distribución de los pozos concesionados se puede determinar que las variaciones que se han presentado en el nivel piezométrico del pozo de monitoreo tienen relación con los consumos de agua subterránea y actividades como pruebas de bombeo. En relación con esta última actividad, se registra en la base de datos que maneja la SDA que en el pozo concesionado pz-08-0023 (LAFAYETTE No. 1) ubicado a 260 m del punto de monitoreo, se realiza una prueba de bombeo del 2 al 5 de diciembre de 2020, lo que altera la dinámica hídrica del pozo de observación, que posteriormente se estabiliza y mantiene su tendencia ascendente como se observa en la siguiente figura.

Página 14 de 70

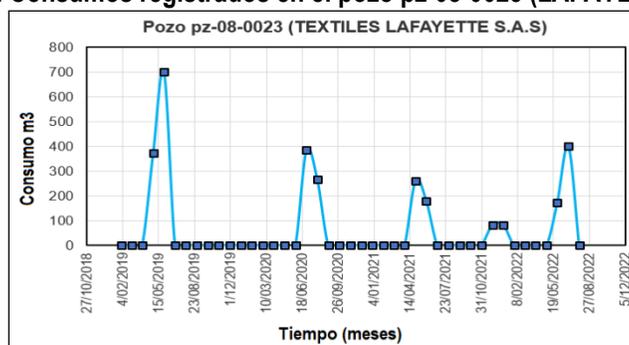
Figura 10. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-08-0007-Acuífero Formación Sabana-Tilatá.



Fuente: SDA, 2022.

Posterior a la prueba de bombeo, se presentan 3 descensos que no superan los 10 cm y que son generados por consumos inferiores a los 400 m³. En la siguiente gráfica, se observan los consumos desde el año 2019 del pozo concesionado donde se excluye el consumo de 3117 m³ generado por la prueba de bombeo el 2 de diciembre de 2020.

Figura 11. Consumos registrados en el pozo pz-08-0023 (LAFAYETTE No. 1).

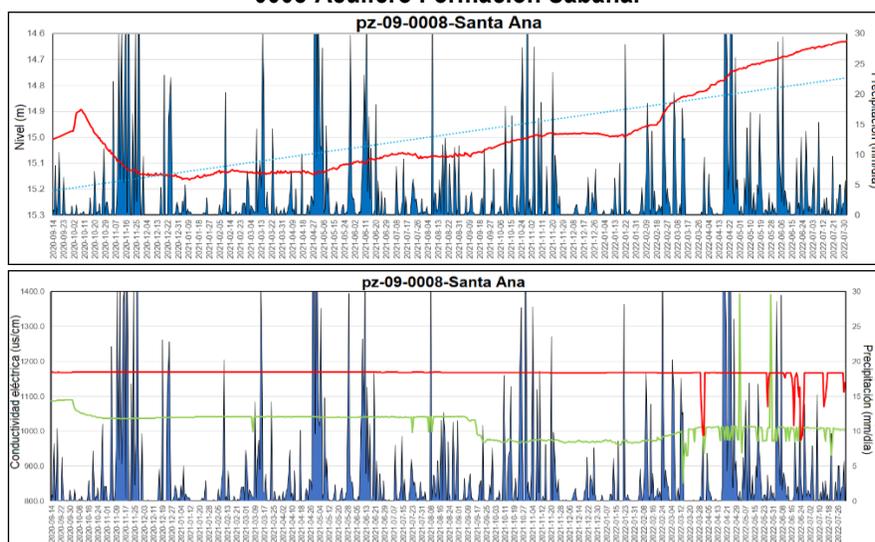


Fuente: SDA, 2022.

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 del nivel piezométrico de 0.37 m, una temperatura promedio de 18.36 °C y una conductividad eléctrica promedio de 1016 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Estas últimas 2 variables a partir de marzo de 2022 cambian su comportamiento como se observa en la siguiente figura, condición que debe ser valorada por parte de la SDA en el cronograma proyectado para el año 2023.

Figura 12. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0008-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

Según los datos registrados a corte del 31 de julio de 2021, se concluía por parte de esta Autoridad, que cerca al pozo de monitoreo existía explotación ilegal, ya que, no existe relación con el comportamiento del nivel ni la profundidad de los filtros del punto de monitoreo. Sin embargo, con la serie de datos actualizada, se puede evidenciar que no existen cambios abruptos del nivel y que la tendencia es ascendente, permitiendo descartar la hipótesis relacionada con explotación ilegal del recurso hídrico subterráneo en esta zona del Distrito Capital.

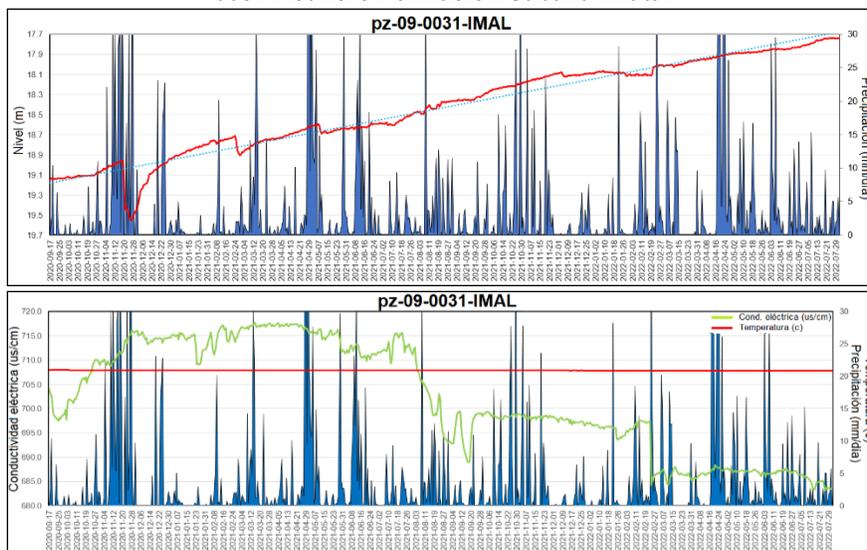
La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Simón Rodríguez”, la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Chapinero-Barrio María Cristina).

Pozo pz-09-0031. IMAL. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 483 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Sabana y Formación Tiltatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 1.41 m, una temperatura constante de 20.91 °C y una conductividad eléctrica promedio de 702.08 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (conductividad eléctrica mínima de 683 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máxima de 720 $\mu\text{s}/\text{cm}$) que no presenta relación con el comportamiento ascendente del nivel piezométrico.

Ahora bien, según los consumos de los pozos concesionados en un rango de 2 Km se puede concluir que los descensos del nivel piezométrico no son atribuibles a pruebas de bombeo, ya que, durante el año 2019, 2020 y 2021 no se ejecutaron pruebas. Esto permite concluir que posiblemente se está presentando explotación del recurso hídrico subterráneo.

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

Figura 13. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0031-Acuífero Formación Sabana-Tiltatá.



Fuente: SDA, 2022.

Cabe aclarar, que al oriente del pozo de observación a una distancia de 3.7 km se encuentra el pozo pz-09-0042 (Coca Cola) que también hace parte de la RMAS y capta del acuífero Formación Tiltatá. En este pozo de monitoreo que no presenta explotación se ejecuta una limpieza que inicia el 11 de mayo y finaliza el 17 de mayo de 2022, para que posteriormente el 18 de mayo se realicen pruebas cortas de bombeo y así comprobar su estado. Esta alteración en la

dinámica hídrica no es registrada en el pozo de monitoreo ubicado en IMAL (pz-09-0031), comprobando de esta manera que el radio de influencia del acuífero Formación Tiltatá no supera los 3.7 km.

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 Tiltatá, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 1.91 m, una temperatura constante de 19.61 °C y una conductividad eléctrica promedio de 1056 $\mu\text{s/cm}$.

En las actividades de verificación del nivel piezométrico, se observa que el punto de monitoreo presentaba colmatación por lodos (Fotografía 1), motivo por el cual esta Autoridad determina la necesidad de solicitar a la Sociedad su limpieza, generando así que el nivel piezométrico ascienda 1 m posterior al 20 de mayo de 2022. En síntesis, el comportamiento del nivel mantiene su tendencia ascendente como sucede en los puntos de monitoreo que captan del acuífero Formación Tiltatá (pz-09-0031 y pz-09-0062).

Fotografía 1. Estado de la sonda del dispositivo de monitoreo ubicado en el pozo pz-09-0040.

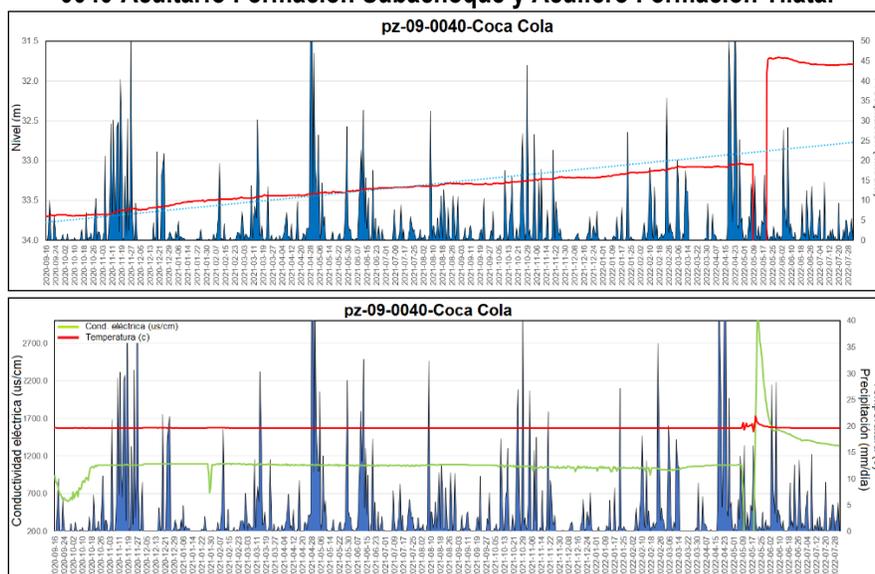


Fuente: SDA, 2022.

Es de resaltar que la colmatación en los pozos antiguos puede alterar las mediciones de las variables registradas en los dispositivos, situación que se tiene proyectada ajustar en la vigencia 2023.

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

Figura 14. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0040-Acuitarfo Formación Subchoque y Acuífero Formación Tiltatá.



Fuente: SDA, 2022.

Cabe aclarar que la Sociedad tiene proyectado en el año 2023 obtener la concesión de aguas subterráneas, circunstancia que genera la reubicación del 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).

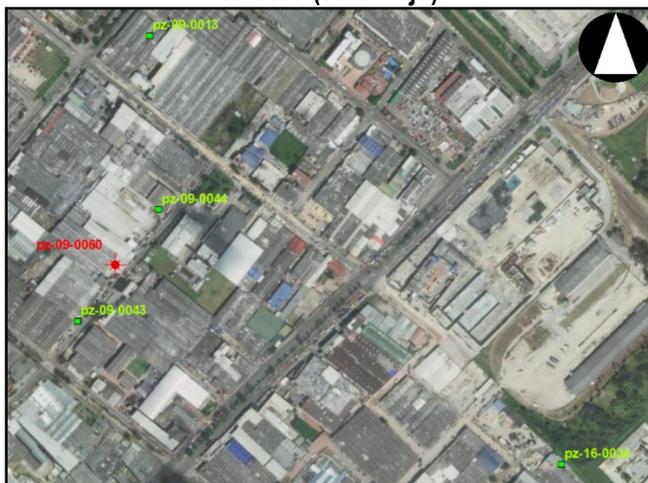
Pozo pz-09-0060. ELIOT. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 391 m capta de la unidad hidrogeológica Formación Tiltatá, donde el dispositivo instalado registra un descenso del nivel piezométrico de -0.46 m, una temperatura constante de 18.34 °C y una conductividad eléctrica promedio de 566.97 µs/cm.

Para interpretar el comportamiento del nivel piezométrico del pozo de monitoreo, se tiene en cuenta que los filtros inician a captar agua subterránea del acuífero Formación Tiltatá a partir de los 277 m hasta los 391 m de profundidad total. De igual forma, los pozos concesionados ubicados a una distancia inferior de 133 m 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 Tiltatá.

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.

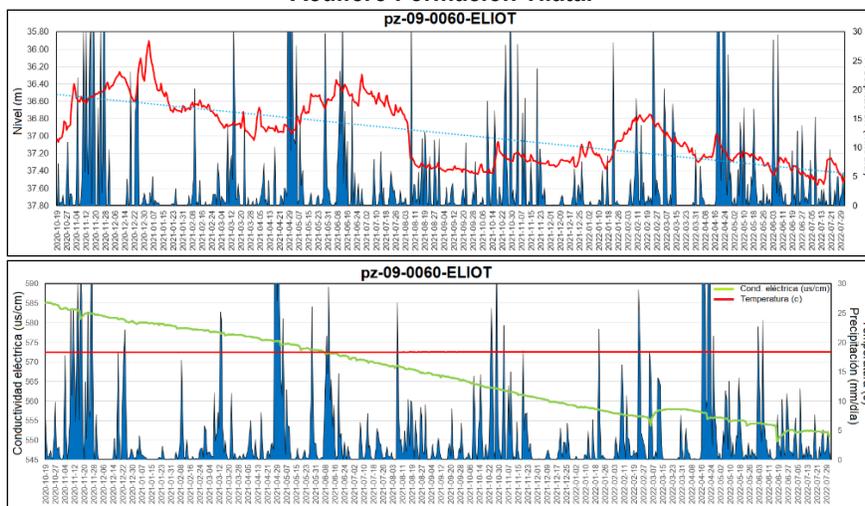
Página 19 de 70

Figura 15. Vista en planta de los pozos concesionados ubicados a menos de 1 Km del pozo de monitoreo pz-09-0060 (color rojo).



Fuente: SDA, 2022.

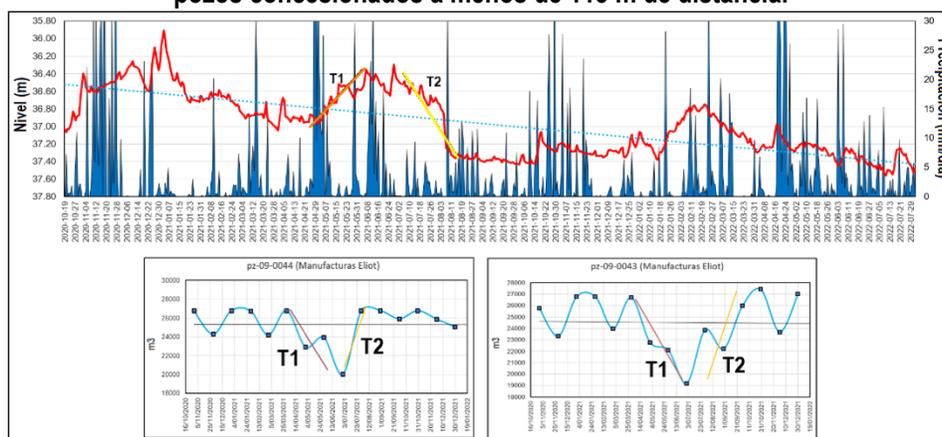
Figura 16. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0060- Acuífero Formación Tiltatá.



Fuente: SDA, 2022.

En síntesis, los pozos pz-09-0043 y pz-09-0044 también captan del acuífero Formación Tilatá en un tramo de filtros que no supera los 15 m, condición que sumada a los consumos de agua subterránea generan oscilaciones de nivel registradas en el punto de monitoreo. En la siguiente figura, se observa como varía el nivel piezométrico según el aumento o disminución de los consumos de agua subterránea (Tendencia 1 (T1) y Tendencia 2 (T2)).

Figura 17. Relación del comportamiento del nivel piezométrico en el punto pz-09-0060 y los consumos de los pozos concesionados a menos de 113 m de distancia.



Fuente: SDA, 2022.

Es de resaltar adicionalmente que los consumos de los pozos concesionados no permiten diferenciar de forma clara si existe relación con la precipitación, generando así cambios de tendencia que introducen ruido en el análisis de los datos.

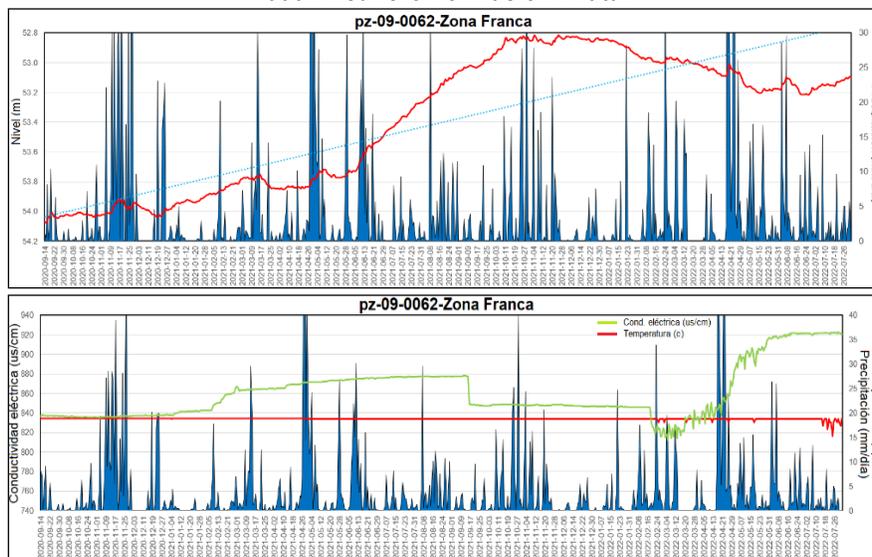
En conclusión, la tendencia negativa del nivel piezométrico en el pozo que hace parte de la RMAS lo genera la explotación de agua subterránea en los pozos concesionados pz-09-0043 y pz-09-0044, ya que, el nivel piezométrico se comporta según el aumento o disminución de los consumos de agua subterránea. Por este motivo, si esta condición se mantiene, la SDA en el marco del control y seguimiento deberá tomar medidas para evitar mayores descensos, en especial al oriente de la Localidad de Fontibón y evaluar las condiciones actuales de los consumos y revisión de las nuevas concesiones de agua subterránea que capturen del acuífero Formación Tilatá.

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 del nivel piezométrico de 1 m, una temperatura constante de 18.87 °C con pequeñas variaciones al finalizar el mes de registro (julio 2022). La

conductividad eléctrica promedio es de 860.49 $\mu\text{s}/\text{cm}$, la cual, posterior a abril de 2022 asciende aproximadamente a 920 $\mu\text{s}/\text{cm}$ como se observa en la siguiente figura.

Figura 18. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-09-0062-Acuífero Formación Tiltatá.



Fuente: SDA, 2022.

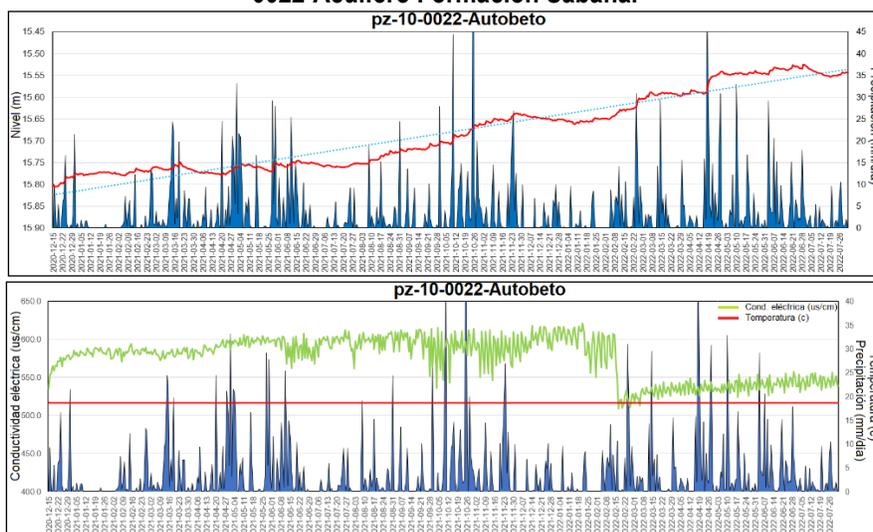
La recarga y conservación de esta unidad hidrogeológica (Formación Tiltatá) es objeto de investigación por parte de la SDA, ya que, el acuífero aflora en los municipios del Rosal, Madrid y Tenjo. Ahora bien, una primera hipótesis que maneja esta Autoridad, es que el acuífero se recarga a partir de las unidades hidrogeológicas que se encuentran en contacto (Fm. Sabana y el Grupo Guadalupe) aportando flujos de agua que ya presentan una larga trayectoria como se evidencia en la conductividad eléctrica de los pozos pz-06-0008, pz-08-0007, pz-09-0060, pz-09-0040 y pz-09-0031 que captan de la misma unidad hidrogeológica.

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. Este punto de monitoreo con una profundidad total de 100 m capta del acuífero Formación Sabana, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.26 m, una temperatura constante de 18.64 °C y una conductividad eléctrica promedio es de 575.60 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo.

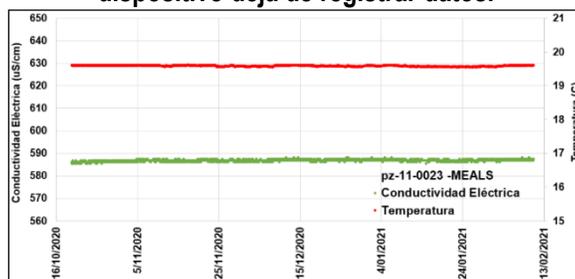
Figura 19. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-10-0022-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es el “Colegio Rodolfo Linás”, la cual está ubicada al Nor-Oeste del punto de monitoreo (Localidad Engativá-Barrio Bolivia Oriental). Se interpretan los datos de nivel, conductividad eléctrica y temperatura con la precipitación registrada en la estación ubicada cerca de los cerros de Suba donde aflora el grupo Guadalupe, ya que, es la zona de recarga más cercana y los valores de conductividad eléctrica (585 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en promedio) son similares a los registrados en el pozo pz-11-0023 (MEALS). Se recomienda evaluar esta hipótesis mediante un estudio hidrogeoquímico e isotópico.

Figura 20. Comportamiento de la temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0023 hasta que el dispositivo deja de registrar datos.



Fuente: SDA, 2021.

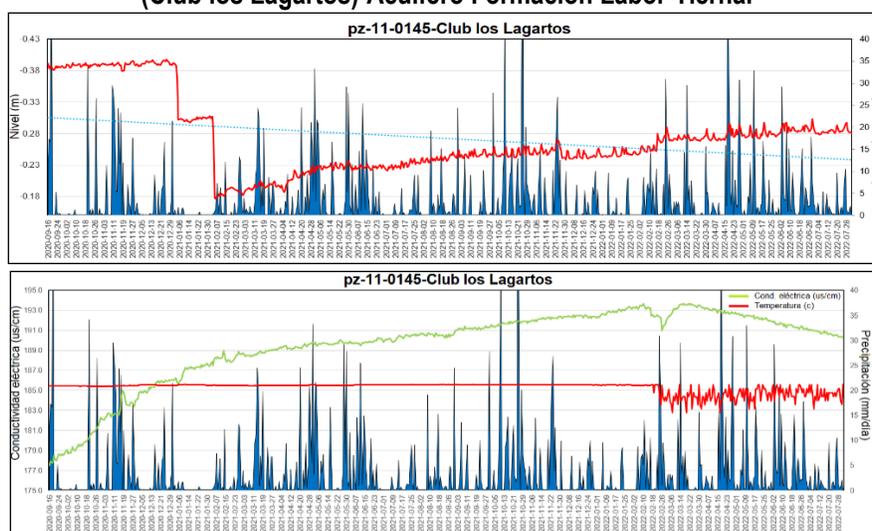
Finalmente, es relevante mencionar que este punto de monitoreo es fundamental para identificar si existe algún cambio en la dinámica hídrica por la futura construcción del metro subterráneo el cual está proyectado a menos de 80 m de longitud.

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 está ubicado el acuitardo Formación Guaduas. El nivel piezométrico de este punto de monitoreo continúa siendo de tipo saltante, con un ascenso sobre el terreno que no supera los 0.39 m desde el inicio de su registro.

La temperatura de esta unidad hidrogeológica en el punto de monitoreo es de 21.03 °C con variaciones que inician desde finales de febrero de 2022 y van de mínimo 15.52 °C a máximo 21.1 °C. En relación con la conductividad eléctrica se puede evidenciar que esta asciende de los 177 µs/cm a los 194 µs/cm para posteriormente descender cuando la variable cambia de tendencia en febrero de 2022. Este comportamiento debe ser investigado con mayor detalle en la vigencia 2023, ya que, el punto de monitoreo se encuentra a una distancia de 273 m de la zona de falla Juan Amarillo donde capta el pozo concesionado pz-11-0143 que es de tipo saltante y termal (Ver Figura 27).

En la siguiente figura se observa que la tendencia del nivel piezométrico en este punto de monitoreo es descendente, con variaciones que son generadas por la explotación de agua subterránea en pozos concesionados que captan de la misma unidad hidrogeológica a menos de 1 Km de distancia.

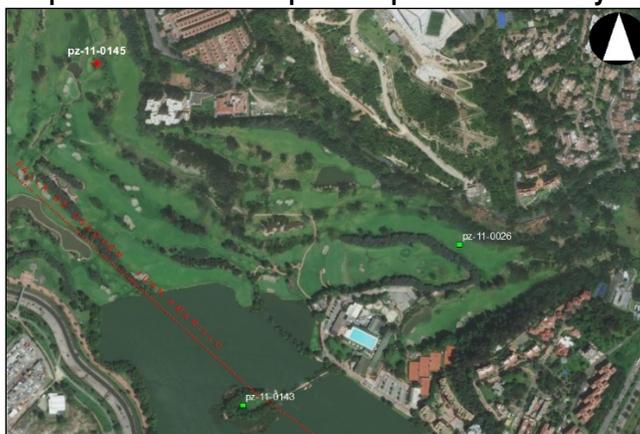
Figura 21. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0145 (Club los Lagartos)-Acuífero Formación Labor-Tierra.



Fuente: SDA, 2022.

La distribución de los pozos concesionados (color verde) y el punto de monitoreo (color rojo) se observa en la siguiente figura.

Figura 22. Distribución del punto de monitoreo que hace parte de la RMAS y los pozos concesionados.

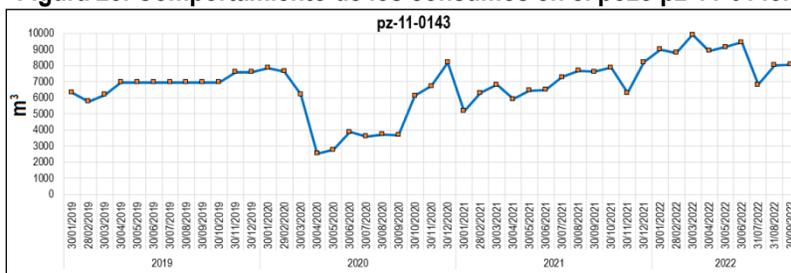


Fuente: SDA, 2022.

Al verificar los consumos de los pozos concesionados que se encuentran ubicados a menos de 794 m del pozo de monitoreo, se evidencia que el punto pz-11-0143 presenta los mayores valores, manteniendo el volumen entre los 2000 m³ a los 10.000 m³. Caso contrario sucede en el pozo pz-11-0026, donde los consumos promedios después de abril de 2019 son de 14 m³.

A modo general, se observa en la siguiente figura que los consumos del pozo pz-11-0143 tiene relación con el comportamiento del nivel piezométrico del pozo de monitoreo pz-11-0145, ya que, al disminuir el volumen de agua subterránea en aproximadamente un 60 % el nivel desciende como sucede claramente entre febrero y marzo de 2020.

Figura 23. Comportamiento de los consumos en el pozo pz-11-0143.



Fuente: SDA, 2022.

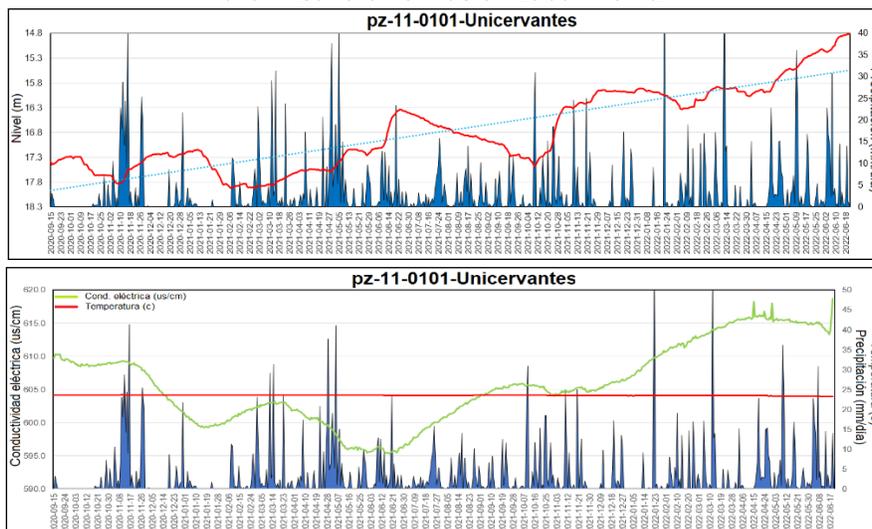
En síntesis, esta zona del Distrito Capital donde aflora el grupo Guadalupe hace parte de una zona de recarga importante, ya que, la dinámica subterránea genera cambios de flujo en un radio no menor a 800 m y el acuífero es interferido por una de falla de tipo permeable que genera flujos ascendentes de tipo termal.

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 Engativa-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). Frente al comportamiento del nivel piezométrico se puede determinar que este asciende 2.56 m, donde la temperatura constante es de 23.56 C y la conductividad eléctrica promedio de 605.66 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última varía según la intensidad de la precipitación con valores mínimo de 595 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximo de 618 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-11-0101.

Figura 24. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0101-Acuífero Formación Labor-Tierna.

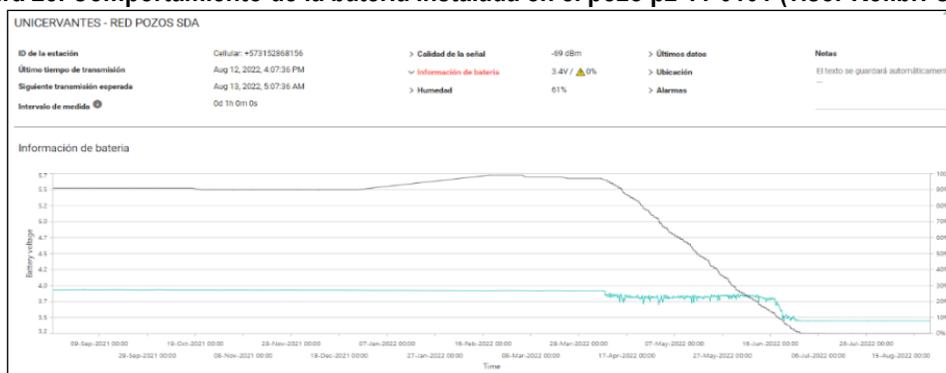


Fuente: SDA, 2022.

El registro de nivel, temperatura y conductividad eléctrica de este punto de monitoreo va hasta el 21 de junio de 2022, debido a que la capacidad de la batería finaliza su vida útil. Los ajustes para su cambio se programarán en la vigencia 2023.

En la siguiente figura se observa el momento en que la batería pierde el voltaje dejando de transmitir datos tanto al sistema Kolibri Cloud como de forma directa en campo.

Figura 25. Comportamiento de la batería instalada en el pozo pz-11-0101 (visor Kolibri Cloud).



Fuente: SDA, 2022.

La estación de precipitación utilizada para correlacionar el nivel piezométrico, la temperatura y la conductividad eléctrica es "Colmac", la cual está ubicada al oriente del punto de monitoreo (Localidad Usaquén-Barrio Torca).

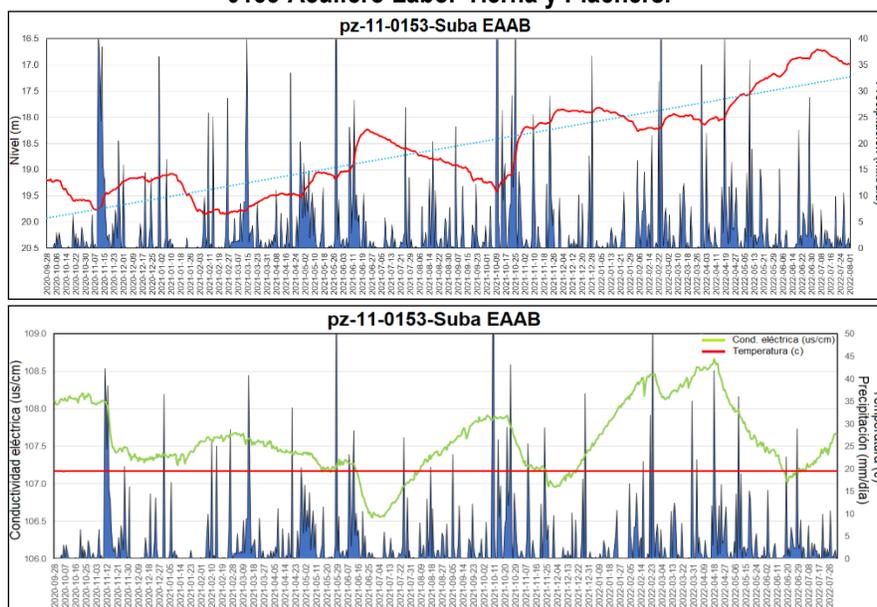
Se debe aclarar, que el comportamiento del nivel piezométrico del punto monitoreo objeto de análisis es similar al ubicado en el pozo pz-11-0153 (Suba EAAB) que capta de la Formación Labor-Tierna y Plaeners (acuífero libre a semi-confinado), solo que en este caso la carga hidráulica se encuentra 2 metros más cerca de la superficie. Esta similitud en el comportamiento del nivel piezométrico del agua subterránea, indica que el punto de monitoreo se recarga en los cerros de Suba y no, en los cerros orientales, donde la naturaleza del nivel es totalmente diferente según lo registrado en los puntos pz-01-0072 y pz-01-0011. Esta hipótesis debe ser corroborada mediante un estudio hidrogeoquímico e isotópico.

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 del nivel piezométrico de 2.1 m, una temperatura constante de 19.51 °C y una conductividad eléctrica promedio de 107.57 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última varía según la intensidad de la precipitación con valores mínimos de 106 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximo de 108 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Del mismo modo, es relevante mencionar que el rango de variación de la conductividad eléctrica es menor que en Unicervantes (pz-11-0153), demostrando así que los puntos que hacen parte de la RMAS y monitorean el Grupo Guadalupe presentan recorridos cortos y una tendencia casi constante en relación con la conductividad eléctrica.

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

Figura 26. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-11-0153-Acuífero Labor-Tierna y Plaeners.



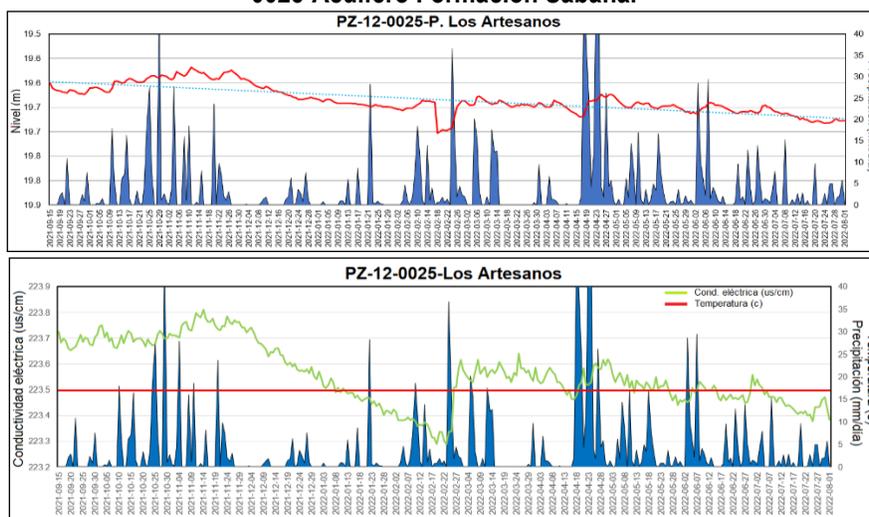
Fuente: SDA, 2022.

Como se expone en el análisis del pozo de monitoreo pz-11-0101, el comportamiento de las variables analizadas que captan del Grupo Guadalupe es similar, ya que, presentan la misma tendencia del nivel piezométrico, demostrando así que la recarga al norte del Distrito Capital, específicamente en la zona que capta el pozo ubicado en Unicervantes se realiza posiblemente en los Cerros de Suba y no en los cerros orientales. Esta hipótesis como se menciona con anterioridad debe ser corroborada mediante un estudio hidrogeológico e isotópico.

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 del nivel piezométrico de -0.08 m, una temperatura constante de 16.92 °C y una conductividad eléctrica promedio de 223.55 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última varía según los periodos de precipitación en manos de 10 $\mu\text{s}/\text{cm}$ como se observa en la siguiente figura.

Figura 27. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-12-0025-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

De lo anterior, se puede determinar que la variación del nivel piezométrico y la conductividad eléctrica en el acuífero Formación Sabana es baja, ya que, la tendencia es constante. Esto puede ser atribuido a la baja explotación del recurso hídrico subterráneo en un radio de influencia de 1 km.

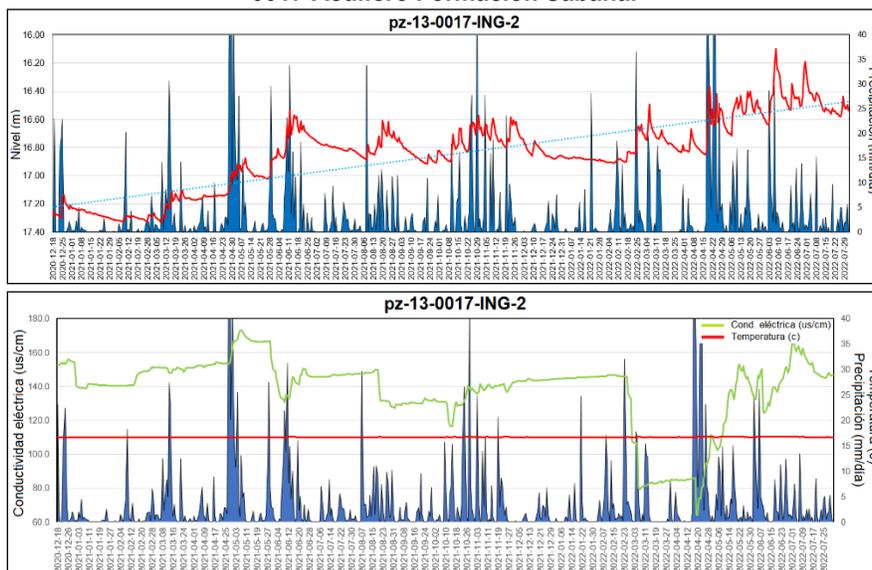
Lo anterior, no implica que el radio de influencia en esta zona del Distrito Capital no sea significativo, ya que, durante el año 2017 se registra un abatimiento del nivel piezométrico debido al consumo que se presenta en el pozo concesionado pz-13-0010 (Parque Simón Bolívar) que capta de la misma unidad hidrogeológica a 980 m de longitud del pozo pz-12-0025.

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 del nivel piezométrico de 0.73 m, una temperatura constante de 16.68 °C y una conductividad eléctrica promedio de 137.92 µs/cm (Cond. máxima de 172.2 µs/cm y mínima de 64.2 µs/cm).

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

Figura 28. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-13-0017-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

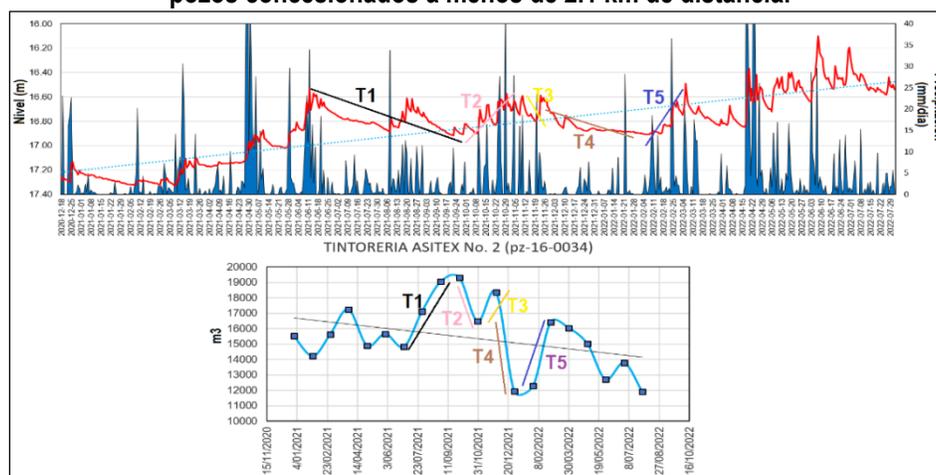
En relación con la variación del nivel piezométrico se procede a investigar si existe relación con los consumos de agua subterránea en el pozo concesionado pz-16-0034 (Asitex No. 2) que capta a una distancia de 2.1 Km los paquetes arenosos de la misma unidad hidrogeología (filtros entre los 102.71 m y los 226 m).

Otro punto concesionado que puede influenciar en la dinámica del punto de monitoreo es el pz-16-0004 (Gaseosas Lux No. 2) que se encuentra ubicado aproximadamente a 2.8 km y capta entre los 73 m a los 186 m.

La ubicación en planta de los pozos concesionados y de observación en esta zona del Distrito Capital se observa en la Figura 32.

Según lo anterior y teniendo en cuenta la distancia de los puntos concesionados se realiza la correlación entre las variables consumo del pozo pz-16-0034 (Asitex No. 2) y nivel del punto de observación. En este diagnóstico, se evidencia que el nivel del punto que hace parte de la RMAS tiene relación con el aumento y disminución de los consumos del pozo concesionado como se observa en la siguiente figura.

Figura 29. Relación del comportamiento del nivel piezométrico en el punto pz-13-0017 y los consumos de los pozos concesionados a menos de 2.1 km de distancia.



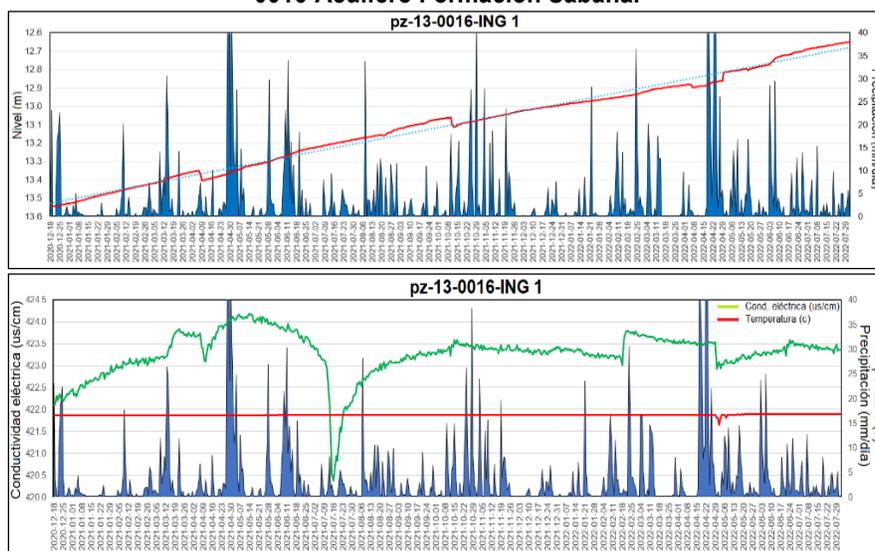
Fuente: SDA, 2022.

A modo general, se puede resaltar que la tendencia general de los consumos disminuye, permitiendo que el nivel piezométrico en el pozo de monitoreo pz-13-0017 se mantenga en ascenso. No obstante, 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.

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 del nivel piezométrico de 0.89 m, una temperatura constante de 16.62 °C y una conductividad eléctrica promedio de 453.54 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Cond. máxima de 424 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y mínima de 420 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Figura 30. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-13-0016-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

Es de resaltar que, el comportamiento del nivel piezométrico y la conductividad eléctrica del punto objeto de análisis es totalmente diferente al pz-13-0017, ya que, los filtros se encuentran entre los 32 m a los 36 m, monitoreando los paquetes arenosos más superficiales del acuífero Formación Sabana.

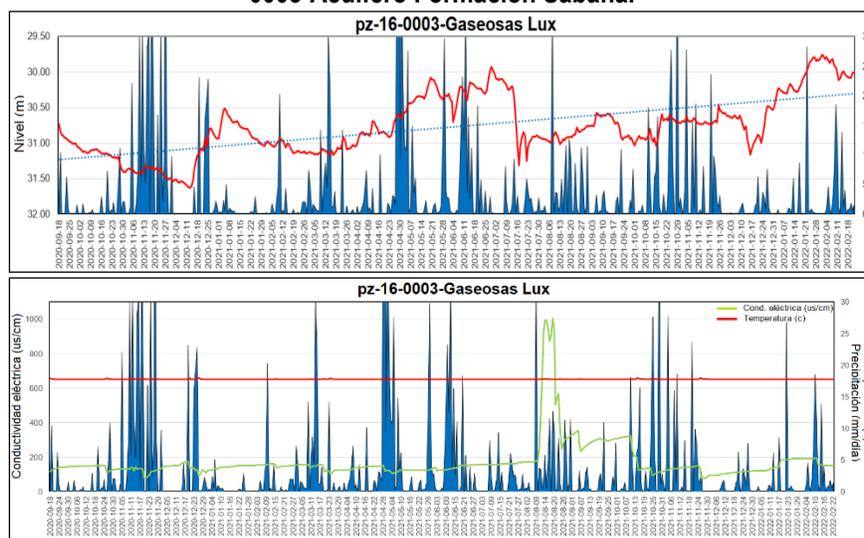
Finalmente, frente a este punto de monitoreo es importante resaltar que el diseño mecánico debe ser corroborado con un video al pozo, ya que, el comportamiento de las variables de análisis rompe la tendencia de los puntos que hacen parte de la RMAS y monitorean el acuífero Formación Sabana en esta zona 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-16-0003. 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 del nivel piezométrico de 0.76 m, una temperatura constante de 17.79 °C y una conductividad eléctrica promedio de 170 µs/cm (Cond. máxima de 1000 µs/cm y mínima de 74 µs/cm).

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

Figura 31. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-16-0003-Acuífero Formación Sabana.



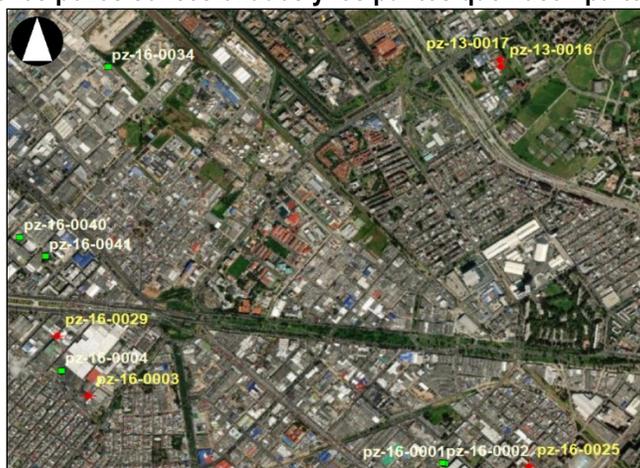
Fuente: SDA, 2022.

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 y con filtros entre los 99 m y los 148 m. De igual forma, no se descarta que la variación del nivel piezométrico también sea interferida por 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.

De igual manera, los pozos concesionados pz-16-0040 y pz-16-0041 (Textilia 1 y 2) captan del acuífero Formación Sabana, pero a una profundidad superior de 200 m, disminuyendo así la posibilidad de que exista interferencia en el comportamiento del punto de monitoreo.

En la siguiente figura se observa la ubicación en planta de los pozos concesionados y los que hacen parte de la RMAS en esta zona del Distrito Capital.

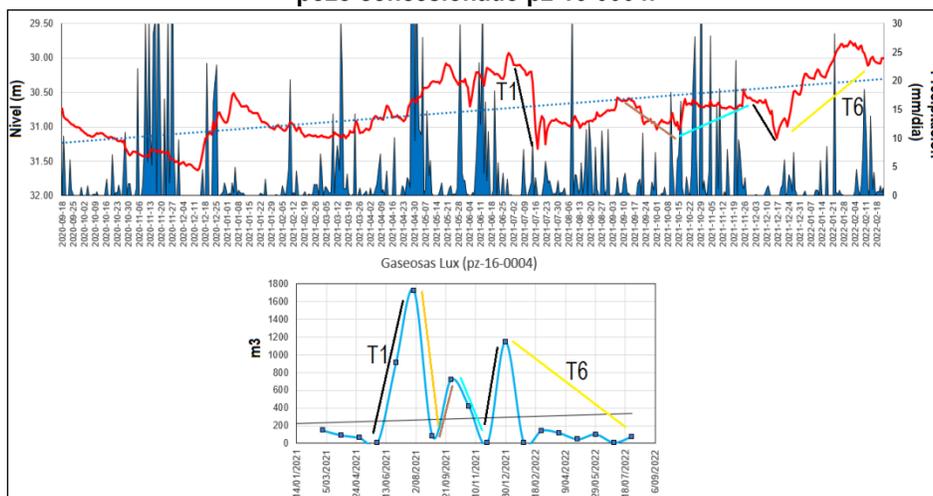
Figura 32. Ubicación de los pozos concesionados y los puntos que hacen parte de la RMAS (color rojo).



Fuente: SDA, 2022.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede observar a continuación la relación en las tendencias identificadas en el comportamiento de los consumos y el nivel piezométrico del pozo de monitoreo. Es de resaltar, que aun con los consumos desarrollados en el pozo pz-16-0004, la tendencia del nivel piezométrico se mantiene ascendente.

Figura 33. Relación del comportamiento del nivel piezométrico en el punto pz-16-0003 y los consumos del pozo concesionado pz-16-0004.



Fuente: SDA, 2022.

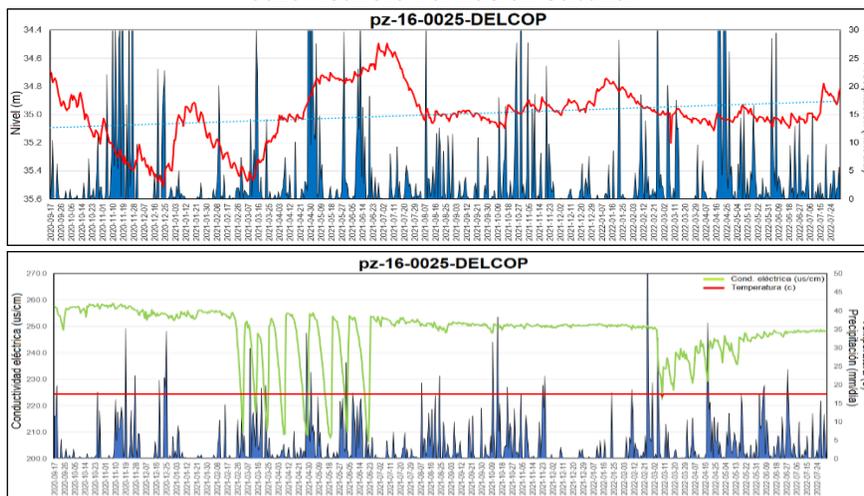
Finalmente, es importante mencionar que el registro de datos en este punto de monitoreo va hasta el 22 de febrero de 2022, ya que, la capacidad de señal de la SIM CARD ubicada en el quipo dejo de transmitir. Esta condición se maneja según las recomendaciones del proveedor, la cual es cambiar operador de la SIM.

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 del nivel piezométrico de 0.11 m, una temperatura constante de 17.40 °C y una conductividad eléctrica promedio de 247.69 $\mu\text{s/cm}$. Esta última variable presenta cambios durante los meses de febrero a junio de 2021 y febrero a junio de 2022, llegando a disminuir a mínimo 206 $\mu\text{s/cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-16-0025.

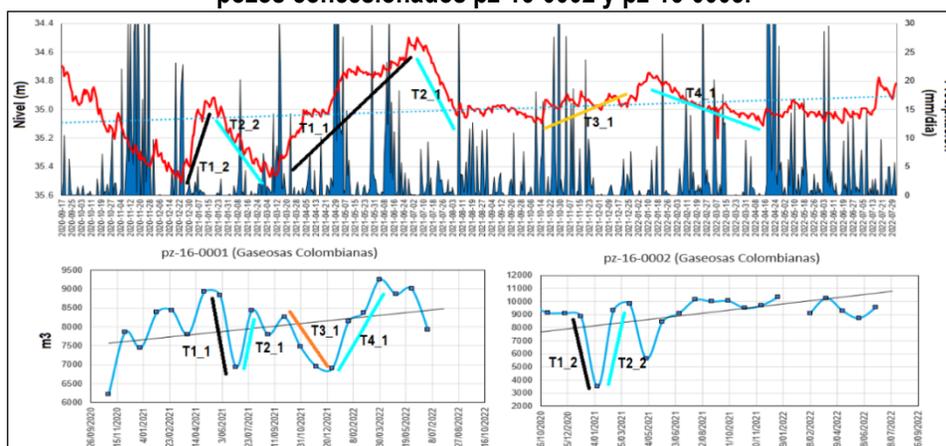
Figura 34. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-16-0025-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

Al igual que el pozo de monitoreo ubicado en Gaseosas Lux, este punto también presenta cambios del nivel piezométrico debido al consumo de agua subterránea realizado a 437 m de longitud en los pozos concesionados pz-16-0002 y pz-16-0003 (Gaseosas Colombianas); esto, se puede observar en la siguiente figura donde existen tendencias en los consumos que cambian el comportamiento del nivel piezométrico.

Figura 35. Relación del comportamiento del nivel piezométrico en el punto pz-16-0025 y los consumos de los pozos concesionados pz-16-0002 y pz-16-0003.



Fuente: SDA, 2022.

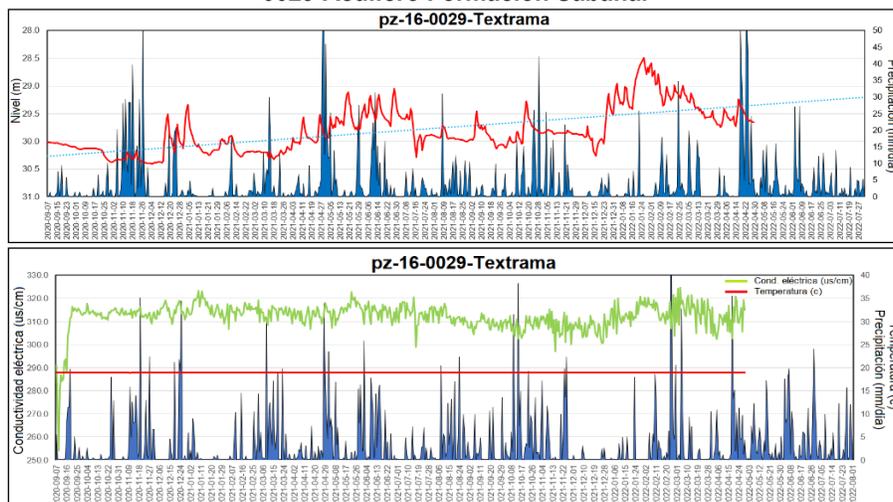
Teniendo en cuenta lo anterior, es de resaltar que la tendencia del nivel piezométrico se mantiene aún con la explotación constante de los pozos concesionados pz-16-0002 y pz-16-0003 que captan los 77 m a los 273 m los paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana. Sin embargo, cabe aclarar por parte de esta Autoridad que, en las zonas con descensos relevantes, es importante incrementar los monitoreos, análisis e interpretación con técnicas isotópicas e hidrogeoquímica.

De otra parte, se evidencia que los consumos de agua subterránea no están relacionados con la variable conductividad eléctrica, ya que, su disminución entre febrero y junio de cada año no corresponde con el aumento o disminución en la explotación de los pozos concesionados; este comportamiento debe ser investigado con un mayor registro de datos para así definir la necesidad de realizar o no un estudio específico sobre porque se presentan cambios en esta variable.

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 punto de monitoreo con una profundidad total de 276 m capta del acuífero Formación Sabana (filtros entre los 100 m a los 273 m), donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.34 m, una temperatura constante de 18.94 °C y una conductividad eléctrica promedio de 312.14 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esta última variable oscila entre los 310 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 320 $\mu\text{s}/\text{cm}$ siguiendo la misma tendencia del nivel piezométrico como se observa en la siguiente figura.

Figura 36. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-16-0029-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

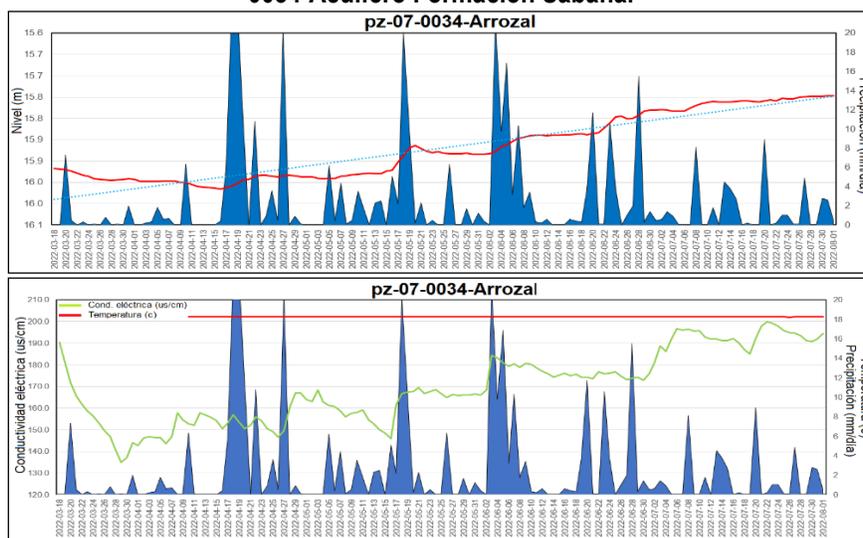
Al igual que en los pozos de monitoreo pz-01-0011 (Parmalt) y pz-11-0101 (Unicervantes), el registro de nivel, temperatura y conductividad eléctrica de este punto de monitoreo va hasta el 29 de abril de 2022, debido a que la capacidad de la batería finaliza su vida útil. Los ajustes para su cambio se programarán en la vigencia 2023.

El comportamiento del nivel piezométrico de este pozo al igual que el de los otros pozos de monitoreo en esta zona del Distrito Capital, es alterado por la explotación de los pozos concesionados pz-16-0040, pz-16-0041 (Textilia 1 y2), pz-16-0004 (Gaseosas Luz No. 2), pz-16-0001, pz-16-0002 (Gaseosas Colombianas) y pz-16-0034 (Asitex), no obstante, la tendencia del nivel piezométrico se mantiene ascendente.

Cabe aclarar por parte de esta Autoridad que, en las zonas con descensos relevantes, es importante incrementar los monitoreos, análisis e interpretación con técnicas isotópicas e hidrogeoquímica.

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, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.18 m, una temperatura constante de 18.27 °C y una conductividad eléctrica promedio de 169.34 $\mu\text{s/cm}$ que varía según el comportamiento de la precipitación con valores mínimos de 134 $\mu\text{s/cm}$ y máximos de 200 $\mu\text{s/cm}$ como se observa en la siguiente figura.

Figura 37. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-07-0034-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

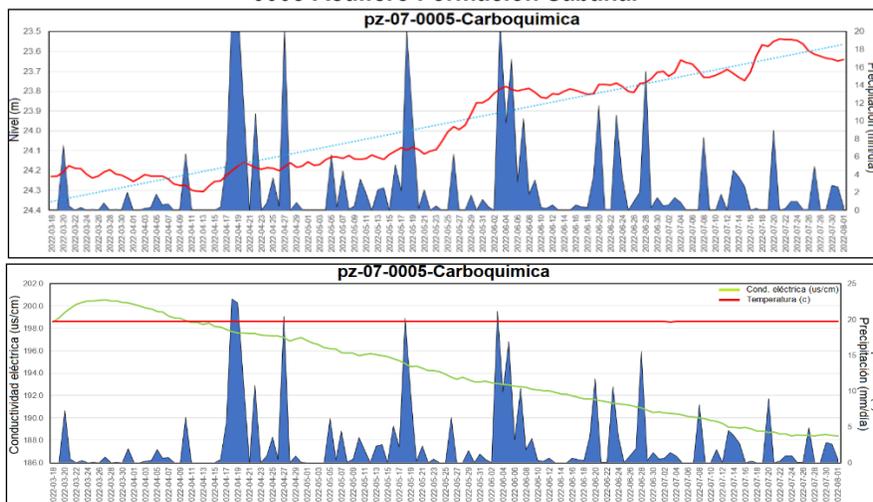
El objetivo de registrar las anteriores variables en esta zona del distrito Capital es monitorear los paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana entre los 24 m y los 66 m de profundidad. Esta información se complementa con el registro de datos en el pozo de monitoreo pz-07-0005 (Carboquímica) que capta de la misma unidad hidrogeológica, pero a una profundidad posterior de los 66 m.

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, donde el dispositivo instalado registra un ascenso del nivel piezométrico de 0.60 m, una temperatura constante de 19.74 °C y una conductividad eléctrica promedio de 194.22 µs/cm que tiende a descender (Cond. máxima de 201 µs/cm y mínima de 188 µs/cm).

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

Figura 38. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-07-0005-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

Como complemento al pozo de monitoreo pz-07-0034 (El Arrozal), esta Autoridad determina, instalar un dispositivo en esta zona del Distrito Capital con el objetivo de monitorear los paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana a una mayor profundidad (entre los 78 m y 109 m). De esta manera, con un mayor rango de datos se espera identificar o descartar si existe conexión hidráulica entre la unidad hidrogeológica monitoreada y el acuífero Formación Tunjuelo donde existe explotación de agua subterránea en 4 pozos profundos con consumos que van hasta máximo 26.000 m³. En la siguiente figura se observa la distribución en planta de los pozos concesionados y los que hacen parte de la RMAS en esta zona del Distrito Capital.

Figura 39. Ubicación de los pozos concesionados y los puntos que hacen parte de la RMAS (color rojo).



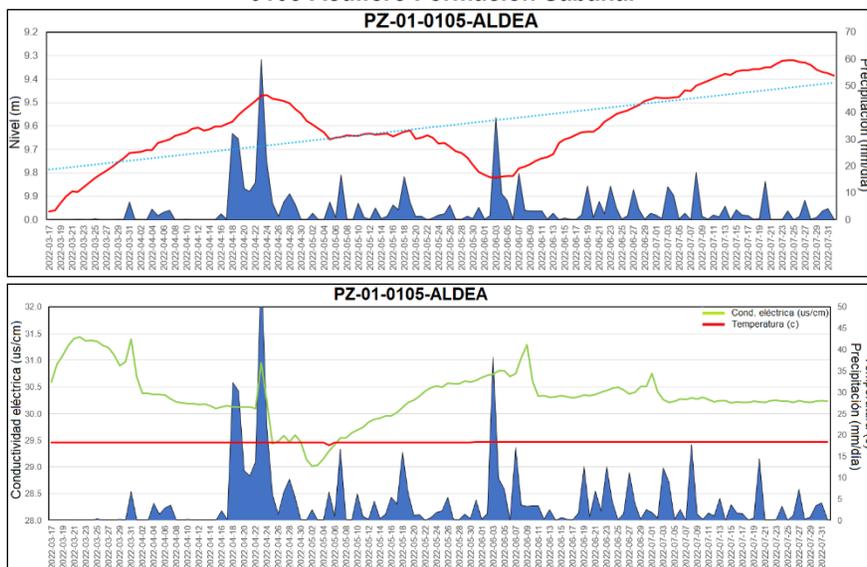
Fuente: SDA, 2022.

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 del nivel piezométrico de 0.63 m, una temperatura constante de 18.34 °C y una conductividad eléctrica promedio de 30.32 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-01-0105.

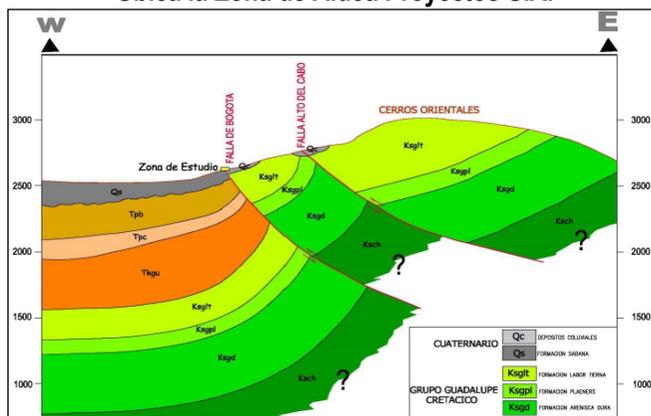
Figura 40. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0105-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

El objetivo de monitorear este punto es verificar la conexión hidráulica del acuífero Formación Labor-Tierna y la influencia de la zona de brecha de falla de Bogotá, en la siguiente figura se observa un corte geológico de la zona de estudio donde está ubicado el punto de monitoreo.

Figura 41. Perfil Geológico Esquemático Regional del Área Correspondiente a los Cerros Orientales donde se Ubica la Zona de Aldea Proyectos S.A.



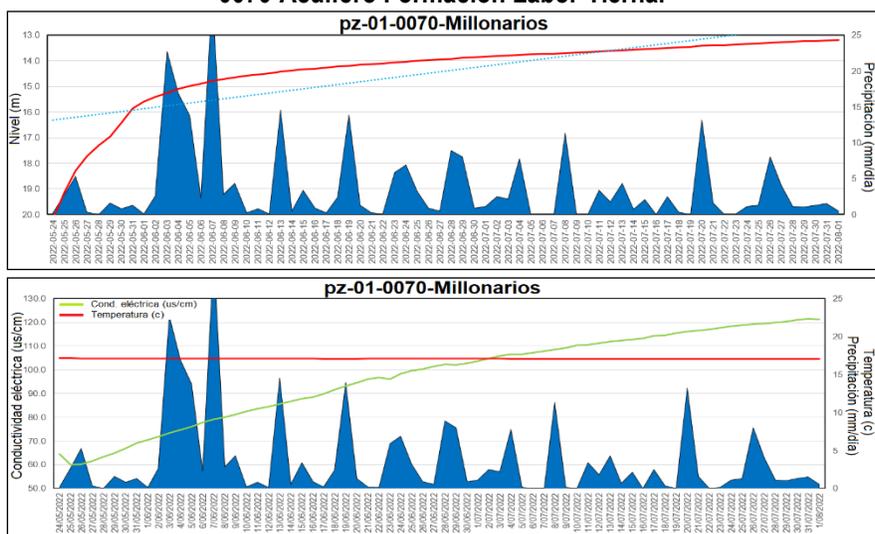
Fuente: Radicado 2017ER73742 del 25 de abril de 2017.

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 del nivel piezométrico de 7.44 m, una temperatura constante de 17.15 °C y una conductividad eléctrica promedio de 96.95 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que asciende con la misma tendencia del nivel piezométrico.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las variables en el punto de monitoreo pz-16-0025.

Figura 42. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-01-0070-Acuífero Formación Labor-Tierna.



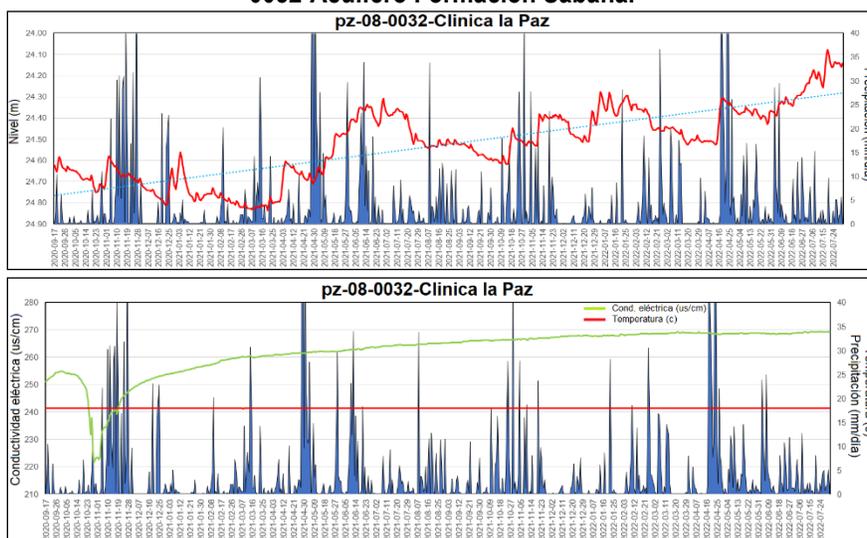
Fuente: SDA, 2022.

El objetivo de este punto de monitoreo es verificar al norte del Distrito Capital el comportamiento de las variables de análisis frente a los pozos concesionados que captan de la misma unida hidrogeológica en el Barrio Torca. 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 2023.

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 del nivel piezométrico de 0.49 m, una temperatura constante de 17.97 °C y una conductividad eléctrica promedio de 262.25 µs/cm (Cond. máxima de 270 µs/cm y mínima de 220 µs/cm) que asciende con el tiempo como se observa en la siguiente figura.

Figura 43. Comportamiento del nivel piezométrico, temperatura y conductividad eléctrica del pozo pz-08-0032-Acuífero Formación Sabana.



Fuente: SDA, 2022.

El comportamiento de este punto de monitoreo en relación con el nivel piezométrico es similar al pz-16-0003 (Gaseosas Lux) ubicado a 2.4 Km; en general el comportamiento del nivel es similar a los puntos que captan del acuífero Formación Sabana en esta zona del Distrito Capital (Ver Figura 37). Cabe aclarar, que las variaciones también están asociadas a los consumos de los pozos concesionados, sin embargo, 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).

A continuación, se realiza un análisis estadístico para determinar los tiempos de recarga preliminar, el cálculo de la recarga anual y el comportamiento del nivel piezométrico para los puntos que hacen parte de la RMAS cuando se ejecutan las brigadas de niveles.

4.3.1. Análisis estadístico de las variables que hacen parte de la RMAS.

a) Cálculo del tiempo de tránsito en el acuífero Formación Sabana y Grupo Guadalupe.

Para realizar este análisis se utiliza el índice de correlación de Pearson que define el grado de correlación entre 2 variables (nivel piezométrico y precipitación). En este caso para obtener la precipitación se utilizan las estaciones

ubicadas en las zonas de recarga al oriente, sur y cerros de Suba. Así mismo, para el nivel piezométrico se utiliza la información de los puntos que hacen parte de la RMAS.

Posterior al cálculo del Pearson por cada punto de monitoreo, se realiza un análisis de correlación cruzada con rezagos, el cual permite identificar cual es el espacio de tiempo donde la correlación es mayor y de esta manera calcular el tiempo de transito entre la recarga y descarga. Cabe aclarar, que se descartan los puntos de monitoreo que presentan menor correlación debido a que visualmente el nivel piezométrico no presenta similitud con la variable precipitación. Un ejemplo de esto, son los puntos que monitorean el acuífero Formación Tiltatá donde el nivel es constante y ascendente (excepto en el punto de monitoreo pz-09-0060-Eliot 3).

Así las cosas, los tiempos de transito calculados para el acuífero Formación Sabana y Grupo Guadalupe son los siguientes.

Tabla 2. Tiempos transito calculados a partir los puntos que hacen parte de la RMAS.

Pozo	Unidad Hidrogeológica	Pearson Precipitación Cerros	Pearson con rezago	Tiempo (días)
pz-12-0025-Artesanos	Formación Sabana	-0.008	-0.032	43
pz-16-0003-G. Lux	Formación Sabana	0.043	-0.041	40
pz-13-0017-ING 2	Formación Sabana	-0.090	-0.160	44
pz-08-0032 Clínica La Paz	Formación Sabana	-0.008	-0.063	43
pz-11-0101-Unicervantes	Grupo Guadalupe Formación Labor-Tierna	-0.014	-0.089	49
pz-11-0153-Suba EAAB	Grupo Guadalupe (Formación Labor-Tierna y Plaeners).	0.061	-0.090	56
pz-01-0100-Aguadora EAAB	Grupo Guadalupe (Formación Labor-Tierna y Plaeners).	-0.008	-0.047	9
pz-16-0025-Decolp	Formación Sabana	0.061	-0.130	57
pz-16-0029 -Textrama	Formación Sabana	-0.046	-0.026	42

Fuente: SDA, 2022.

De lo anterior se puede determinar que los tiempos de transito en el acuífero Formación Sabana para los puntos de monitoreo que presentan mayor relación con la precipitación van de mínimo 40 días a máximo 57 días. Ahora bien, en relación con los puntos que captan del Grupo Guadalupe se calcula que en la zona de recarga ubicada en los cerros orientales el tiempo no supera los 9 días (pz-01-0100-Aguadora EAAB), sin embargo, en los puntos ubicados cerca de los cerros de Suba el tiempo aumenta entre 49 días y 56 días.

En conclusión, los puntos de monitoreo que captan del acuífero Formación Sabana ubicados entre las localidades de Teusaquillo, Kennedy y Puente Aranda presentan un tiempo de transito similar, escenario que es equivalente al análisis del comportamiento del nivel piezométrico realizado con anterioridad para cada punto de monitoreo ubicado en esta zona del Distrito Capital.

b) Cálculo de la recarga anual a partir de la información recopilada de la RMAS.

Utilizando el coeficiente de almacenamiento y el cambio de la carga hidráulica anual, se calcula la recarga en mm/año de las unidades hidrogeológicas monitoreadas por la RMAS, empleando para ello el método de aumento del nivel piezométrico según la siguiente ecuación.

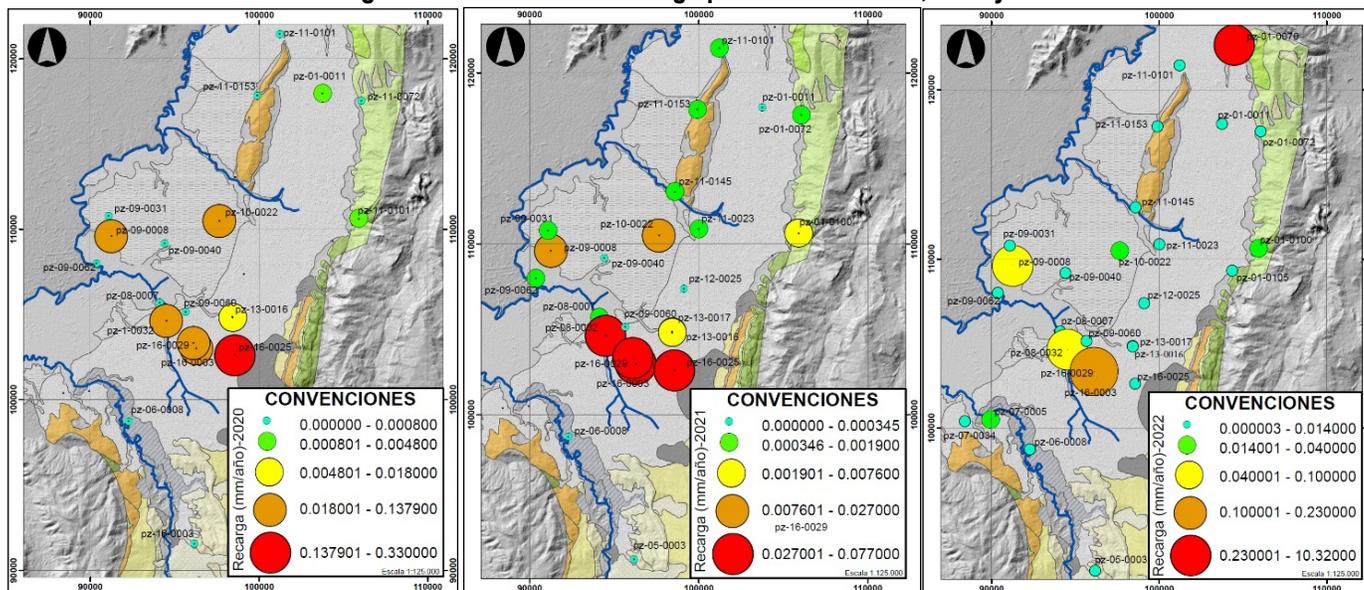
$$R = S \frac{dh}{dt} = S \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

donde S es el coeficiente de almacenamiento, Δh es la variación en la altura del nivel piezométrico y Δt es el tiempo.

Este método está basado en que el volumen almacenado, producto de un aumento del nivel es igual a la recarga, luego de tener en cuenta otros flujos de entrada y salida como pozos de bombeo y flujo entre acuíferos. Entre sus ventajas, cabe citar su sencillez e independencia respecto al mecanismo de desplazamiento de agua en la zona no saturada (Vélez, 2004).

El resultado del cálculo de la recarga anual se observa a continuación.

Figura 44. Cálculo de la recarga para los años 2020, 2021 y 2022.



Fuente: SDA, 2022.

Según lo anterior, se puede determinar que del año 2020 al 2022 la recarga aumenta, ya que, el nivel piezométrico como se describe con anterioridad asciende para la mayoría de los puntos que hacen parte de la RMAS. Cabe aclarar, que en el año 2022 el punto de monitoreo pz-01-0070 (Millonarios) cambia la distribución de toda la serie de datos, donde la recarga llega a ser de máximo 10.32 mm/año para el acuífero Formación Labor-Tierna en esta zona del Distrito Capital.

En síntesis, la recarga de las unidades hidrogeológicas monitoreadas para toda la serie de datos va de 0.0 mm/año a 0.04 mm/año para el acuífero Formación Tiltatá, de 0.0 mm/año a 10.32 mm/año para Grupo Guadalupe y de 0.04 mm/año a 0.23 mm/año para el acuífero Formación Sabana. Es de resaltar que el acuífero Formación Tiltatá es la unidad hidrogeológica que presenta menor recarga debido a su bajo coeficiente de almacenamiento y condiciones de confinamiento.

c) Comportamiento del nivel piezométrico de la RMAS durante las brigadas de niveles.

Esta Autoridad realiza semestralmente las brigadas de niveles donde suspende el bombeo de los pozos concesionados con el objetivo de identificar como es el comportamiento de la dinámica hídrica subterránea de unidades hidrogeológicas objeto de explotación. En esta medida, se utilizan los puntos de monitoreo que hacen parte de la RMAS para identificar como es la variación del nivel piezométrico frente a la suspensión por la extracción de agua subterránea que se realizó del 15 al 18 de julio de 2022 en la zona sur y del 22 al 25 de julio de 2022 en la zona norte.

Los puntos que se listan a continuación son los que presentaron notablemente un ascenso del nivel piezométrico mayor a 0.2 m cuando se suspendió el bombeo en los pozos concesionados.

Tabla 3. Comportamiento del nivel piezométrico durante la ejecución de las brigadas de niveles realizadas el primer semestre de 2022.

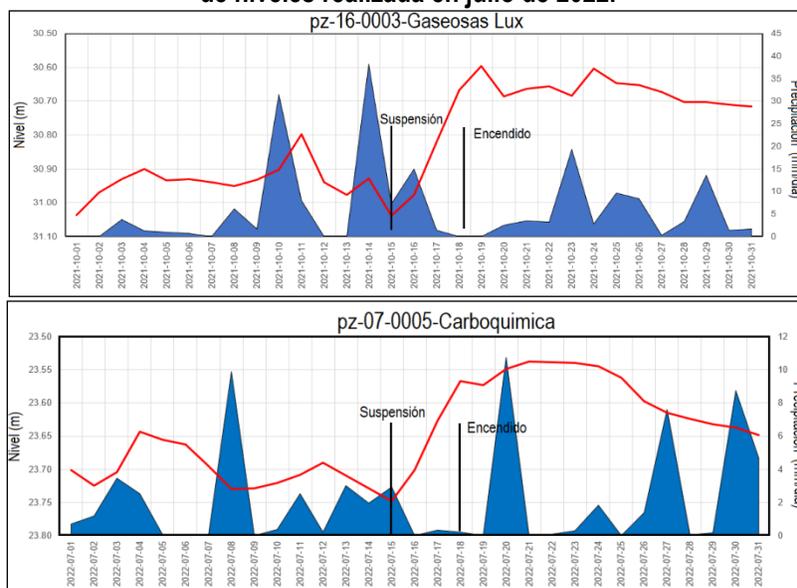
Pozo	Zona	Unidad Hidrogeológica	Ascenso del nivel (m)
pz-09-0060-ELIOT2	Sur	Fm. Tiltatá	2.70
pz-16-0003-Gaseosa Lux	Sur	Fm. Sabana	0.44
Pz-16-0025-Delcop	Sur	Fm. Sabana	0.21
pz-08-0032-Clinica la Paz	Sur	Fm. Sabana	0.20
pz-16-0029-Textrama	Sur	Fm. Sabana	0.76
pz-07-0005-Carboquimica	Sur	Fm. Sabana	0.21

Fuente: SDA, 2022.

De la anterior tabla, se puede corroborar que entre las localidades de Teusaquillo, Kennedy y Puente Aranda existen paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana y están conectados hidráulicamente, lo cual facilita su recarga como se mencionó con anterioridad.

Un ejemplo del cambio en el nivel piezométrico por la suspensión en la extracción de agua subterránea se puede observar en la siguiente gráfica.

Figura 45. Comportamiento del nivel piezométrico de los pozos pz-16-0003 y pz-07-0005 durante las brigadas de niveles realizada en julio de 2022.



Fuente: SDA, 2022.

5. 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 para identificar cómo es la dinámica hídrica subterránea de 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, la brigada de niveles recopila toda la serie de datos a partir del año 2017 más los registros adquiridos en julio y octubre de 2022. Es importante mencionar que la cantidad de puntos es dinámica en el tiempo al igual que el número de concesiones y los pozos de interés a verificar que son fundamentales para entender la dinámica hídrica subterránea, como es el caso de los puntos pz-16-0035 (PETROBRAS LTDA), pz-07-0033 (Carboquimica S.A.S), pz-01-0004 (Caountry No. 2), pz-01-0098 (Amoblador Rocamar), pz-11-0202 (EAAB-Tanque Suba) entre otros. Así

mismo, es importante resaltar que la condición saltante de los puntos de agua monitoreados en las brigadas de niveles es fundamental para generar alertas tempranas sobre el comportamiento de las zonas de recarga.

En las siguientes fotografías se observa la verificación del nivel piezométrico con sonda de nivel y dispositivo electrónico. Este último, se realiza debido a que no existe la estructura para el ingreso de la sonda de nivel.



En la medición de niveles se presentan varias dificultades en la medición de los niveles, uno de ellos es el encendido de pozos sin autorización o la dificultad en la medición debido al ingreso de la sonda de nivel.

Las principales características de los 80 pozos objeto de verificación se evidencian en la siguiente tabla, donde los primeros 42 puntos son los pozos ubicados el sector norte del Distrito Capital.

Tabla 4. 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	
2	pz-01-0022	HERMANAS MISIONERAS CONSOLATA	Fm. Labor Tierna	116984.801	105349.298	84	Saltante
3	pz-01-0023	UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA	Fm. Labor Tierna	117147.976	105342.960	167	Saltante
4	pz-01-0025	COLEGIO MARIA AUXILIADORA	Fm. Labor Tierna	116712.621	105579.628	90	Saltante

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
5	pz-01-0055	AUTOLAVADO LA 161	Fm. Sabana	115746.000	104969.000	110	
6	pz-01-0058	COMUNIDAD HIJAS DE SANTA MARIA PROVIDENCIA No. 1	Fm. Labor Tierna	116642.363	105758.363	101	Saltante
7	pz-01-0069	COLEGIO SAN CARLOS No 3	Fm. Sabana	118929.673	104551.679	100	
8	pz-01-0089	GIMNASIO JOSE JOAQUIN CASAS	Fm. Labor Tierna	117189.556	105944.396	57	Sistema Compresor
9	pz-01-0098	AMOBLADOR 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	
11	pz-11-0012	CARMEL CLUB CAMPESTRE No. 1	Fm. Sabana	116022.836	102927.296	151	No presenta uso.
12	pz-11-0147	CONGREGACIÓN SRA. DEL SANTÍSIMO No. 1	Fm. Sabana	119385.794	103454.377	70	
13	pz-01-0104	COLEGIO MIGUEL ANTONIO CARO SOCIEDAD TECNOLÓGICA Y EDUCATIVA	Fm. Labor Tierna	124160.570	105015.620	100	Saltante
14	pz-11-0047	CAFAM No. 1	Fm. Sabana	121519.173	103737.477	177	Datos de nivel del Dispositivo
15	pz-11-0080	CAFAM No. 2	Fm. Sabana	121530.175	103703.207	176	Datos de nivel del Dispositivo
16	pz-11-0190	CEMEX	Fm. Sabana	124443.000	104498.000	174	
17	pz-11-0221	COLSUBSIDIO No. 2	Fm. Sabana	125089.260	104446.13	147	
18	pz-11-0223	SAN ANGELO No. 2	Fm. Sabana	122572.174	103620.010	97	
19	pz-01-0076	BAVARIA S.A. - SEDE SOCIAL Y DEPORTIVA NIMAJAY	Fm. Labor Tierna	123401.111	104973.085	89	Saltante No presenta uso.
20	pz-11-0058	CLUB CAMPESTRE GUAYMARAL	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	125358.131	103492.175	205	
21	pz-11-0222	CLUB CAMPESTRE GUAYMARAL No. 2	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	125358.131	103492.175	205	
22	pz-11-0030	Corporación Bogotá Tennis Club Campestre	Fm. Sabana	124890.766	104461.247	88.50	
23	pz-11-0112	Hyundai De Colombia Automotriz S.A	Fm. Sabana	123695.185	104359.941	70	
24	pz-01-0031	PARQUE CEMENTERIO JARDINES DE PAZ	Fm. Sabana	120435.626	104199.901	80	

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
25	PZ-11-0052	Sociedad Educacional Andina S.A - GIMNASIO DE LOS ANDES	Fm. Sabana	121323.659	103584.236	120	
26	pz-11-0140	Parques y Funerarias S.A. - JARDINES DEL RECUERDO	Fm. Sabana	120875.890	103986.778	110	
27	pz-11-0144	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIARIA Julio Garavito	Fm. Sabana	120726.867	103630.559	109.30	
28	pz-11-0214	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIARIA Julio Garavito	Fm. Sabana-Fm. Guaduas	120621.669	103775.965	221	
29	pz-11-0096	Colegio La Enseñanza	Fm. Sabana	120713.050	102773.280	110	
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	
32	pz-11-0108	CLUB EL RANCHO No. 2	Fm. Sabana	119736.716	103670.772	134	
33	pz-11-0051	COLEGIO SAN VIATOR No. 2	Fm. Sabana	121424.263	104019.790	140.18	
34	pz-11-0195	COLEGIO SAN VIATOR No. 3	Fm. Sabana	121418.384	104032.703	153.80	
35	pz-11-0202	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ E.S.P Sede: TANQUE DE SUBA	Fm. Labor Tierna-Fm. Plaeners	112806.484	99307.873	300	No se pudo tomar lectura de nivel, el pozo está dentro de una estructura de alto de 1,70m, se debe ingresar con escalera, la cual no había en el predio. El punto pozo se encuentra
36	pz-01-0026	SOCIEDAD GLOBAL FRB S.A.S. - FINCA LA GLORIA	Fm. Sabana	122965.680	104553.400	78	
37	pz-11-0136	PROMA No. 1	Fm. Labor Tierna-Fm. Plaeners	114460.938	99381.092	200	Proceso de Concesión
38	pz-11-0026	CLUB LOS LAGARTOS No. 2 - Hoyo 17	Fm. Labor Tierna	112692.343	99293.919	60	
39	pz-11-0143	CLUB LOS LAGARTOS No. 3	Fm. Labor Tierna	112368.404	98872.220	39	Saltante
40	pz-01-0004	COUNTRY No. 2	Fm. Labor Tierna	112356.661	104542.038	144	Saltante
41	pz-01-0009	AUTO CENTRO SANTANA	Fm. Labor Tierna	110090.334	104673.993	27	
42	pz-01-0010	UNICENTRO	Fm. Labor Tierna	111532.419	104160.882	86	Saltante

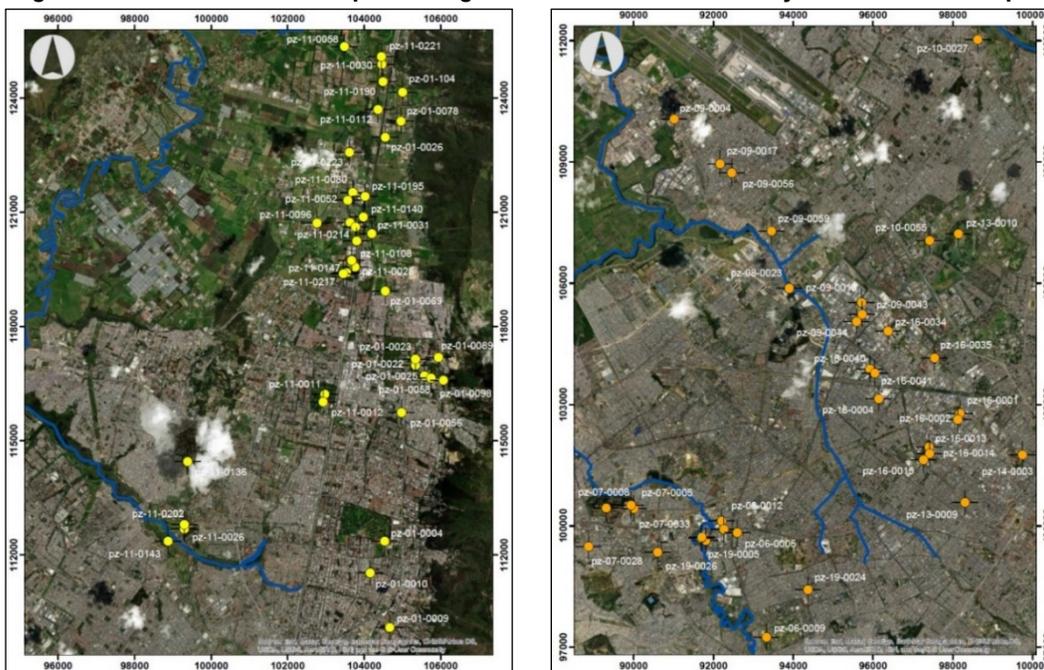
ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
43	pz-07-0033	Carboquimica SAS	Fm. Sabana-Fm. Labor Tierra	100422.490	90009.550	325	Pozo en trámite de sellamiento temporal.
44	pz-07-0005	Carboquimica SAS	Fm. Sabana	100509.000	89945.000	110	RMAS
45	pz-08-0012	Gaseosas Colombiana 2	Fm. Tunjuelo	100125.370	92213.903	180	
46	pz-08-0013	Gaseosas Colombiana 3	Fm. Tunjuelo	99911.626	92267.428	142	
47	pz-16-0001	Gaseosas Colombiana SAS No. 2 - Planta	Fm. Sabana	102793.978	98179.803	233	
48	pz-16-0002	Gaseosas Colombiana SAS No. - Planta Centro	Fm. Sabana	102641.915	98123.065	280	
49	pz-16-0013	Grasco No. 1	Fm. Sabana	101950.948	97411.517	120	
50	pz-16-0014	Grasco No. 2	Fm. Sabana	101787.170	97417.799	126.5	
51	pz-16-0015	Grasco No. 3	Fm. Sabana	101634.509	97277.040	80	
52	pz-16-0035	PETROBRAS LTDA	Fm. Sabana	104164.533	97541.834	123	Pozo en sellamiento temporal- Tapado con concreto
53	pz-10-0055	Compensar No. 1	Fm. Sabana	107053.100	97422.100	399	Tubería que no permite extraer la sonda con facilidad.
54	pz-14-0003	Centro CAR 19 Ltda	Fm. Sabana	101755.598	99746.741	140	
55	aj-14-0005	SERVICENTRO ESSO AV. TERCERA	Depósitos de Pendiente	100918.519	101171.003	30	
56	pz-13-0010	IDRD Parque Simón Bolívar	Fm. Sabana	107223.700	98141.600	216.11	No fue posible realizar la medición, ya que, la sonda pudo ingresar por la tubería de niveles.
57	pz-09-0056	HOGAR SANTA TERESA DEL JORNET No. 2	Fm. Sabana	108733.920	92451.265	200	No fue posible realizar la medición, ya que, la sonda pudo ingresar por la tubería de niveles.
58	pz-09-0059	COLTANQUES No. 2	Fm. Sabana	107296.290	93461.609	262	
59	pz-10-0027	COOTRANSNIZA LTDA	Fm. Sabana	111996.611	98576.410	100	
60	pz-13-0009	LAVADERO AUTO RAPIDO OEA	Fm. Sabana	100587.093	98310.333	205	
61	pz-09-0004	INVERSIONES EL TRIANGULO DE LA SABANA INTRISA S.A / Estación Metropolitana	Fm. Sabana	110057.067	91022.171	120	No fue posible realizar la medición, ya que, la sonda pudo ingresar por la tubería de niveles. Sellamiento temporal
62	pz-07-0008	JARDINES DEL APOGEO No. 2	Fm. Sabana	100451.560	89308.411	89	

ITEM	Código Pozo	Razón Social	Unidad Hidrogeológica	NORTE	ESTE	Profundidad (m)	Observaciones
63	pz-06-0005	ACEGRASAS No. 2	Fm. Sabana	99831.690	92599.493	106	
64	pz-19-0005	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 1	Fm. Tunjuelo	99645.775	91804.461	134	
65	pz-19-0021	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 2	Fm. Tunjuelo	99696.222	91689.270	115.90	Datos de nivel del Dispositivo
66	pz-19-0027	FRIGORIFICO GUADALUPE No. 3	Fm. Tunjuelo	99717.000	911708.000	156	Proceso de Concesión
67	pz-05-0004	CONSTRUCCIONES E INVERSIONES IBERIA S.A.S.	Fm. Usme-Fm. Regadera	97139.478	88032.594	53.50	Proceso de Concesión
68	pz-19-0026	PARQUEADERO Y ABASTECIMIENTO DE AGUA LA SABANA	Fm. Labor Tierna	99351.809	90603.582	152.50	Proceso de Concesión
69	pz-19-0024	PETCO / DM INVERSIONES SAS	Fm. Sabana	98420.767	94380.903	115	
70	pz-06-0009	PARQUE EL TUNAL	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	97241.200	93327.490	150.74	No fue posible realizar la medición, ya que, la sonda pudo ingresar por la tubería de riego
71	pz-07-0028	HECTOR JOSE LEON PIÑEROS	Fm. Labor Tierna	99495.360	88872.920	130	
72	pz-09-0013	TEXTILES ROMANOS	Fm. Sabana	105524.088	95709.969	80.8	
73	pz-09-0017	Duquesa SA	Fm. Sabana	108952.435	92173.680	202	
74	pz-09-0043	Manufacturas Eliot SA No.1	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	105240.190	95724.137	214	
75	pz-09-0044	Manufacturas Eliot SA No.2	Fm. Sabana-Fm. tirata	105058.007	95591.916	239	
76	pz-16-0004	Gaseosas Lux No. 2	Fm. Sabana	103150.339	96139.518	199	
77	pz-16-0034	Tintorería Asitex No. 2	Fm. Sabana	104823.166	96381.403	238	
78	pz-08-0023	Textiles Lafayette SA No. 1	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	105871.010	93901.460	513	No fue posible realizar la medición, ya que, la sonda pudo ingresar por
79	pz-16-0040	TEXTILIA No. 2	Fm. Sabana-Fm. Tilatá	103884.519	95924.571	340	
80	pz-16-0041	TEXTILIA No. 1	Fm. Sabana	103780.373	96057.498	230	

Fuente: SDA, 2022.

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 46. Distribución de los pozos brigadas de nivel – Zona Norte y Sur del distrito capital.



Fuente: SDA, 2022.

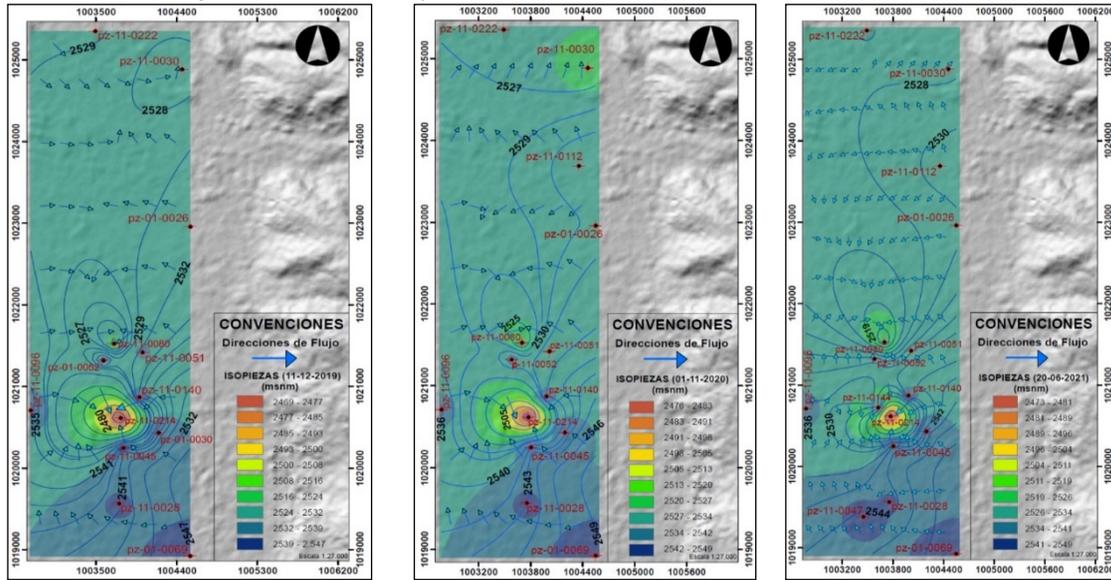
El análisis que se realiza a continuación se fundamenta en el comportamiento del acuífero Formación Sabana, ya que, el 70 % de los pozos concesionados captan de esta unidad hidrogeológica.

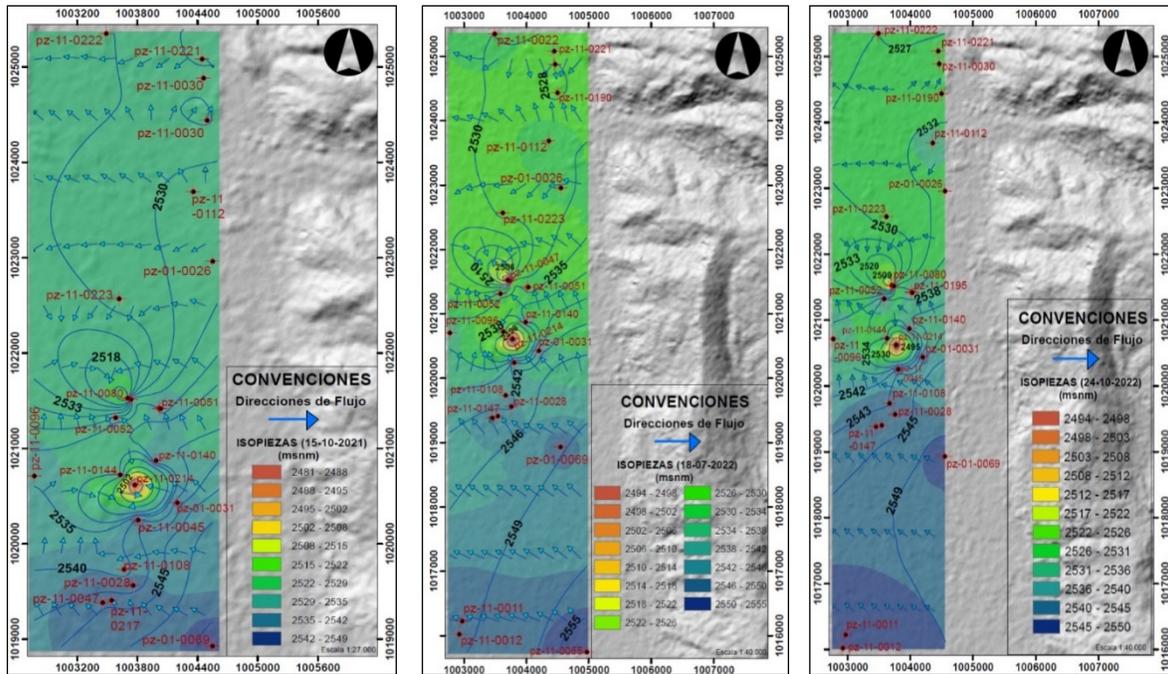
5.1. Interpretación del nivel piezométrico - Zona Norte.

En la zona norte existen 42 puntos de agua que hacen parte de las brigadas de niveles, de los cuales 15 captan del acuífero Formación Labor-Tierna, 25 del acuífero Formación Sabana y 2 de la Formación Sabana y Formación Guaduas. Es importante resaltar que a corte del 31 de octubre de 2022 existen 38 pozos con concesión de aguas subterráneas.

En este contexto, a continuación, se calculan las isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana, usando para ello los niveles registrados desde el año 2019 y el método de interpolación IDW (Inverso de la Distancia Ponderada) que de ajusta a una muestra de datos de tipo local-determinístico donde se deben resaltar los valores extremos. Debido a condiciones logísticas en la medición del nivel piezométrico solo se presentan isopiezas y direcciones de flujo con una temporalidad semestral para los años 2021 y 2022.

Figura 47. Isopezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana - Zona Norte del Distrito Capital.

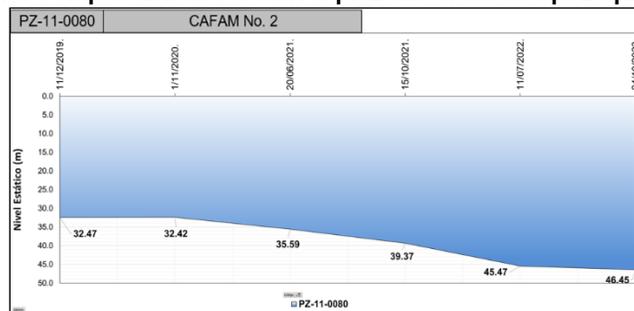




Fuente: SDA, 2022.

Según lo anterior, se puede determinar que en la zona norte del Distrito Capital existe un cambio en la dinámica subterránea el acuífero Formación Sabana, generada principalmente por la explotación en los pozos pz-11-0214 (Escuela Colombiana de Ingeniería) y pz-11-0080 (Cafam No. 2). Ahora bien, a medida que pasa el tiempo el pozo pz-11-0214 se recupera 23.68 m, sin embargo, el pozo pz-11-0080 presenta un abatimiento de -13.98 m como se observa en la siguiente figura.

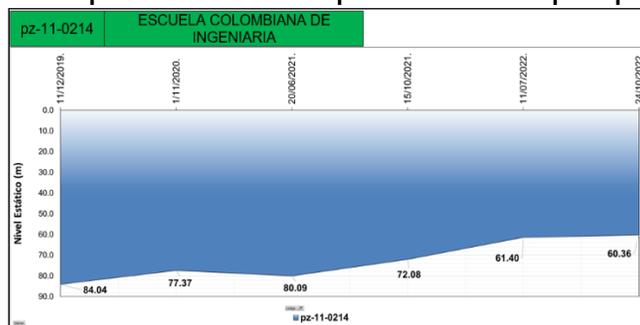
Figura 48. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-11-0080.



Fuente: SDA, 2022.

Es importante resaltar que el pozo ubicado en la Escuela Colombiana de Ingeniería capta también la Formación Guaduas, generando que el nivel piezométrico cambie la tendencia de los niveles que captan solamente del acuífero Formación Sabana. El comportamiento del nivel piezométrico se observa en la siguiente figura.

Figura 49. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-11-0214.



Fuente: SDA, 2022.

En general, en la zona norte del Distrito Capital los abatimientos no superan 1 m, donde la tendencia del nivel piezométrico del acuífero Formación Sabana generalmente es ascendente, no obstante, el pozo pz-11-0080 (Cafam No. 2) genera que se presenten cambios en la dinámica hídrica del acuífero como se observa en la figura 55. Cabe aclarar, que el pozo no supera los consumos autorizados mediante la Resolución 2551 del 15 de agosto de 2018.

En conclusión, en estas zonas con descensos relevantes, es importante incrementar los monitoreos y análisis e interpretación con técnicas isotópicas e hidrogeoquímica.

De igual forma, se debe incluir un punto de monitoreo en el marco de la RMAS para identificar el comportamiento del acuífero Formación Sabana de forma continua en esta zona del Distrito Capital.

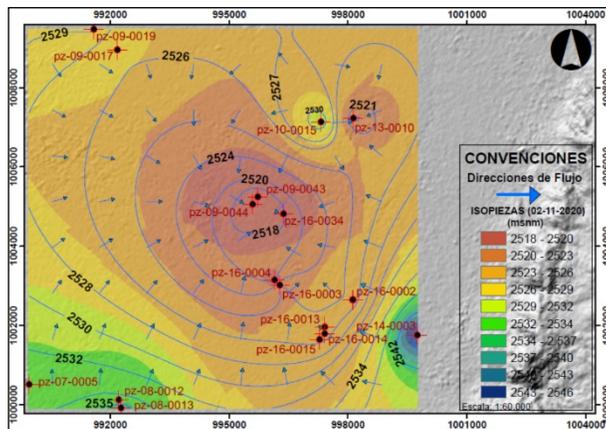
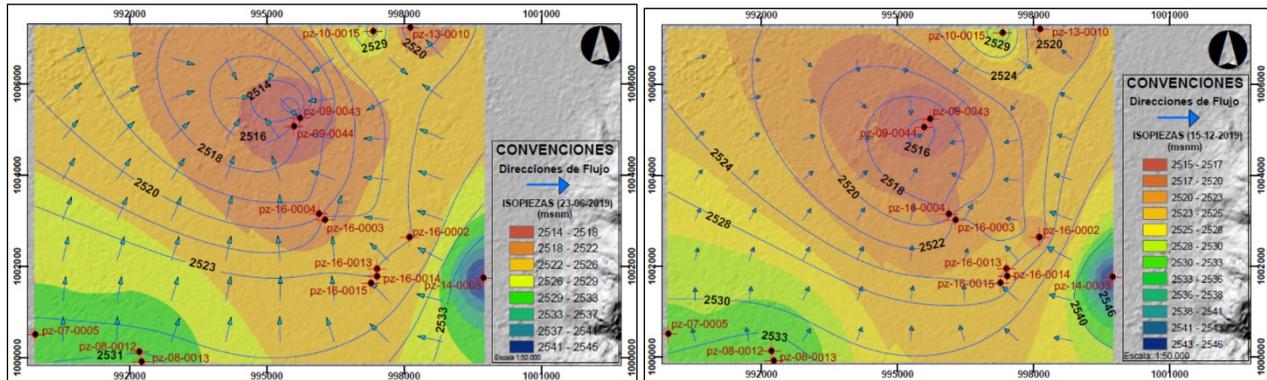
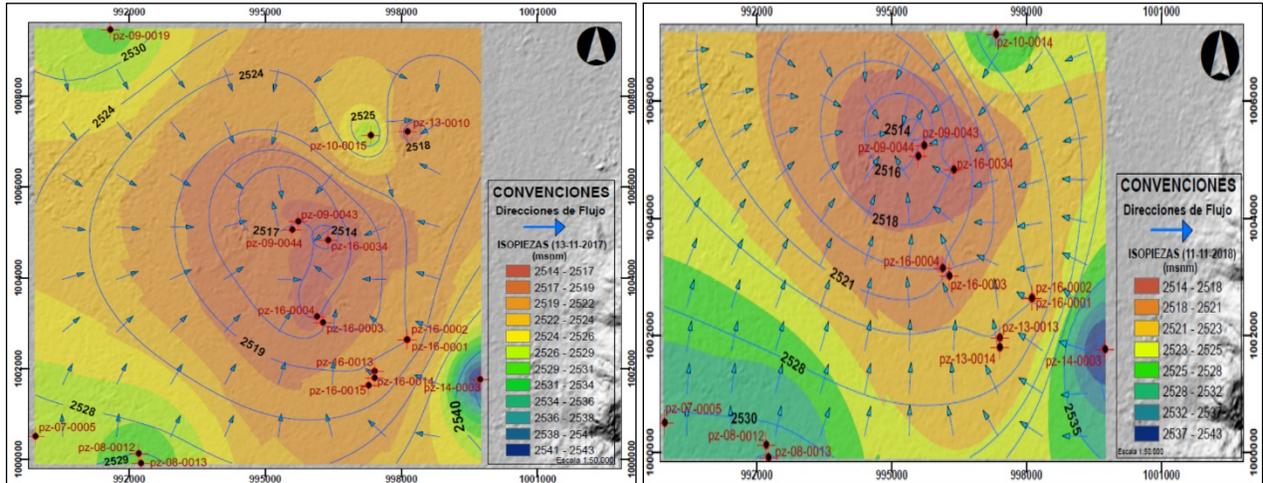
5.2. Interpretación del nivel piezométrico - Zona Sur.

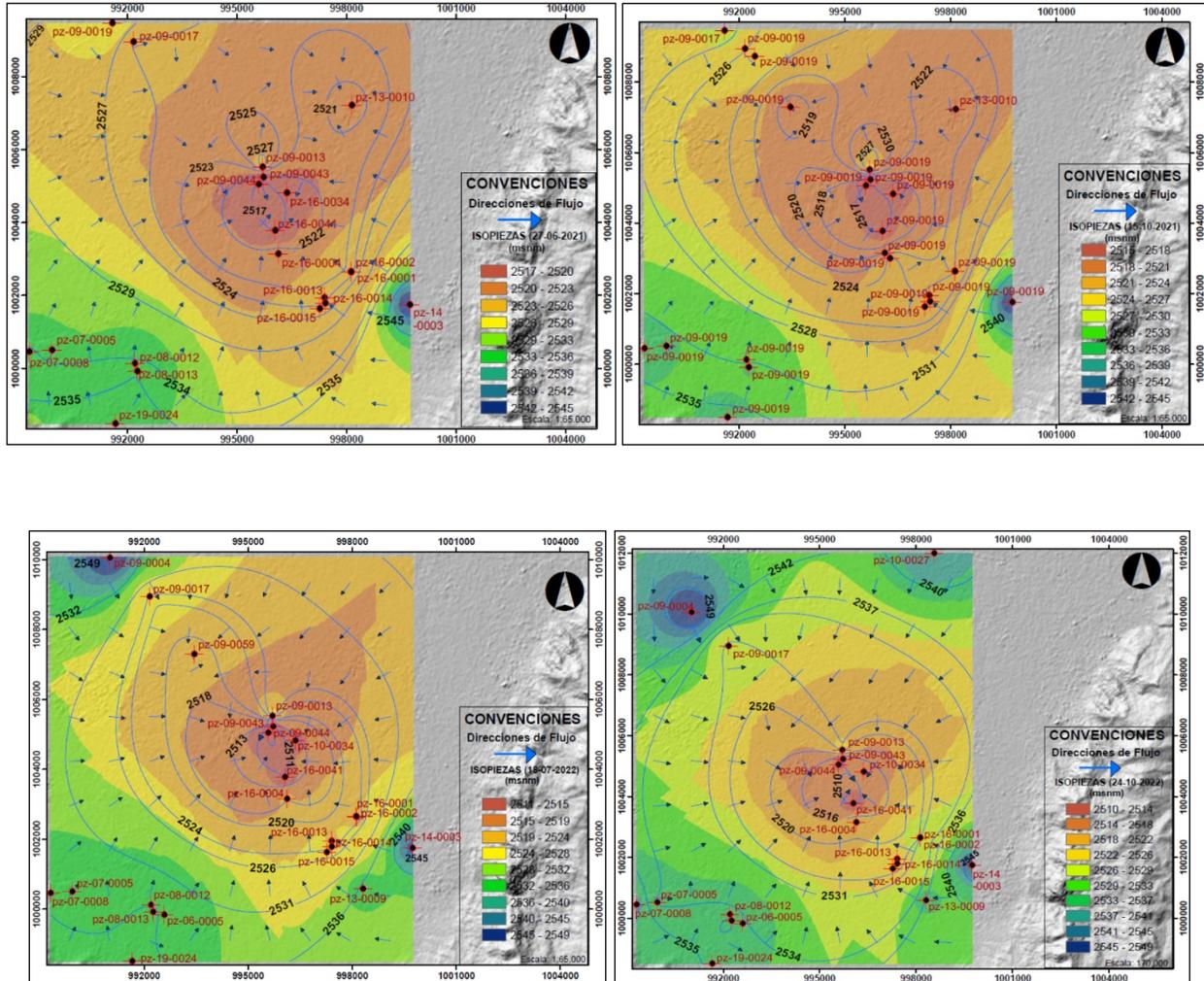
En la zona sur del Distrito Capital existen 38 puntos de agua que hacen parte de las brigadas de niveles, de los cuales 26 captan del acuífero Formación Sabana, 5 de la Formación Sabana y Tilatá, 1 de Depósitos de Pendiente, 3 del acuífero de Tunjuelo, 1 de la Formación Sabana y Labor Tierna, 1 de las formaciones Usme y Regadera y 1 del acuífero Formación Labor Tierna. De igual forma, es importante resaltar que a corte del 31 de octubre de 2022 existen 30 pozos con concesión de aguas subterráneas. En este sentido los 8 pozos faltantes hacen parte de puntos de control como por ejemplo pozos en trámite de concesión, en sellamiento temporal o que hacen parte de la RMAS.

En este contexto, a continuación, se calculan las isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana, usando para ello los niveles registrados desde el año 2017 y el método de interpolación IDW (Inverso de la Distancia Ponderada).

Figura 50. Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Formación Sabana - Zona Sur del

Distrito Capital.





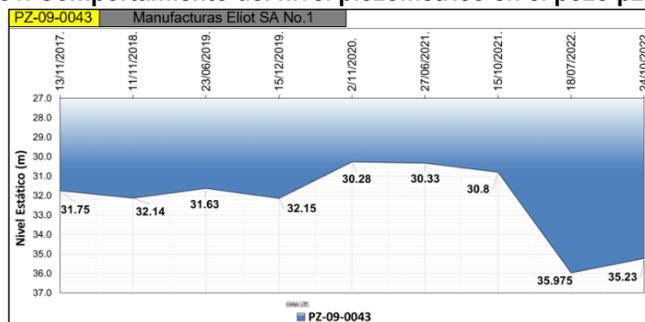
Fuente: SDA, 2022.

Según las anteriores figuras, se puede determinar que en la zona sur del Distrito Capital existen cambios en la dinámica subterránea del acuífero Formación Sabana, que es generada principalmente por la explotación en los pozos pz-09-0043 (ELIOT 1), pz-09-0044 (ELIOT 2), pz-16-0034 (Asitex), y pz-16-0041 (Textilia 1). Es de resaltar que el último tramo de filtros de los pozos ubicados en Manufacturas ELIOT captan del acuífero Formación Tilatá en tramos de 12 m (pz-09-0043) y 15 m (pz-09-0044).

Ahora bien, en toda la serie de datos los descensos del nivel piezométrico del acuífero descienden mínimo -4 m y máximo -7 m (entre 2021 y 2022), no obstante, esto sucede solo en el límite de las localidades de Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Teusaquillo, siendo este un impacto de tipo local, ya que, los niveles en la zona sur del Distrito Capital generalmente presentan una tendencia ascendente.

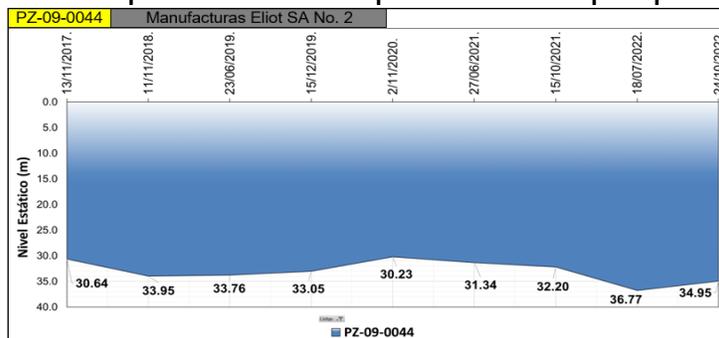
En las siguientes figuras se observa con mayor detalle el comportamiento del nivel piezométrico de los pozos pz-09-0043 (ELIOT 1), pz-09-0044 (ELIOT 2), pz-16-0034 (Asitex), y pz-16-0041 (Textilia 1).

Figura 51. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-09-0043.



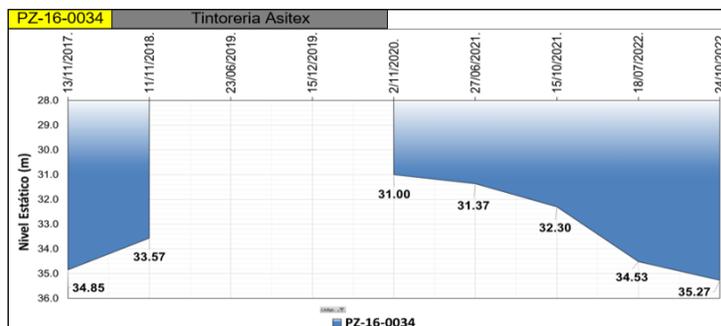
Fuente: SDA, 2022.

Figura 52. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-09-0044.



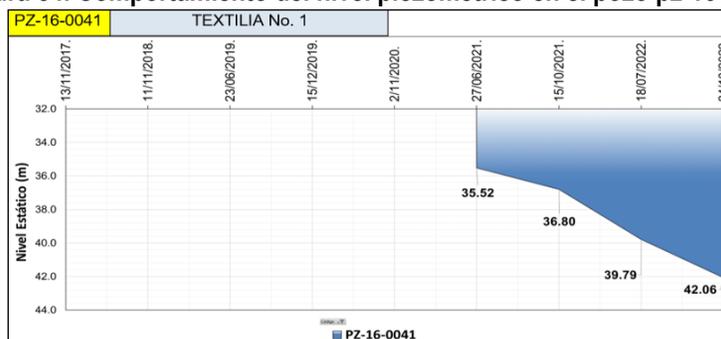
Fuente: SDA, 2022.

Figura 53. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-16-0034.



Fuente: SDA, 2022.

Figura 54. Comportamiento del nivel piezométrico en el pozo pz-16-0041.



Fuente: SDA, 2022.

Como complemento a lo anterior, resulta fundamental mencionar que estos 4 pozos captan de 2 unidades hidrogeológicas, la primera, y de donde principalmente los filtros es el acuífero Formación Sabana, el cual tiene en esta zona del Distrito Capital una profundidad que varía de 200 m a 220 m. Posterior a esta unidad hidrogeología se encuentra el acuífero Formación Tiltatá, del cual captan los 4 pozos, pero en tramos de filtros distribuidos en un espesor que no supera los 15 m. Por este motivo se decide incluir estos puntos en los análisis del acuífero Formación Sabana.

En conclusión, en estas zonas con descensos relevantes, es importante incrementar los monitoreos y análisis e interpretación con técnicas isotópicas e hidrogeoquímica.

6. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El riesgo por contaminación de los acuíferos es la probabilidad o posibilidad de que una carga contaminante ingrese a unidades hidrogeológicas específicas como resultado de procesos naturales o antrópicos. En este caso, la SDA

considera para el Distrito Capital, que se deben monitorear parámetros independientes de su concentración que definan si existe contaminación directa y cuáles pueden ser sus vías.

De manera general, el documento “*Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua – ERA* (IDEAM y MADS, 2013)” señala que las principales fuentes de contaminación para el agua subterránea según actividades industriales y agrícolas son las siguientes:

“ ...

Tabla 5. Fuentes de contaminación por actividades

Fuente de contaminación	Tipo de contaminantes
Actividad agrícola	Nitratos, amonios, pesticidas, microorganismos fecales
Saneamiento in situ	Nitratos, microorganismos fecales, trazas de hidrocarburos sintéticos
Gasolineras y talleres automotrices	Benceno; otros hidrocarburos aromáticos; fenoles; algunos hidrocarburos halogenados
Depósitos finales de residuos sólidos	Amonio, salinidad, algunos hidrocarburos halogenados; metales pesados
Industrias metalúrgicas	Tricloroetileno, tetracloroetileno; otros hidrocarburos halogenados, metales pesados, fenoles, cianuro
Talleres de pinturas y esmaltes	Alcalobencenos, tetracloroetileno, otros hidrocarburos halogenados, metales, algunos hidrocarburos aromáticos
Industria maderera	Pentaclorofenol; algunos hidrocarburos aromáticos
Tintorerías	Ticloroetilena, tetracloroetileno
Manufactura de pesticidas	Algunos hidrocarburos halogenados, fenoles, arsénico, metales pesados
Depósitos finales de lodos residuales domésticos	Nitratos, varios hidrocarburos halogenados; plomo, zinc
Exploración y extracción de petróleo/ gas	Salinidad (cloruro de sodio), hidrocarburos aromáticos
Minas de carbón y de metales	Acidez, diversos metales pesados, hierro, sulfatos

...”

Basados en el tipo de actividad y el tipo de contaminante, inicialmente se puede señalar los parámetros requeridos para el monitoreo de calidad de aguas en el Distrito Capital:

Nitratos, Amonios, Pesticidas, Benceno, Hidrocarburos aromáticos, Hidrocarburos halogenados, Fenoles, Metales pesados (plomo, arsénico, zinc y cobre), Grasas y aceites, Coliformes fecales, Coliformes totales, Aceites y grasas,

Coliformes fecales, Coliformes totales, Conductividad, Fosfatos, fósforo, ortofosfatos Hierro, Nitrógeno amoniacal – amonio.

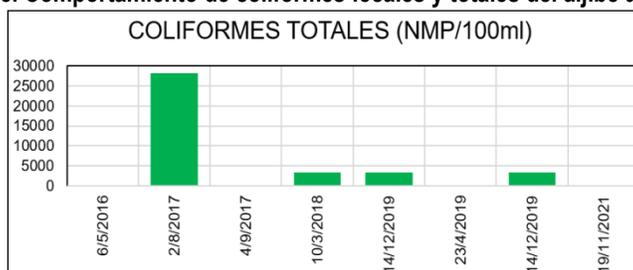
Si bien, como un primer filtro, se tiene en cuenta los parámetros de calidad de aguas subterránea que indica la literatura técnica, a partir de las bases de datos de monitoreo registrado por los usuarios del recurso, se elaboran gráficas multitemporales por punto de agua subterránea, de los siguientes parámetros, dada su importancia como indicadores de contaminación del acuífero.

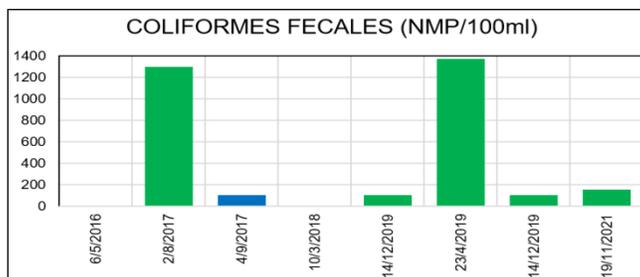
Las fechas de toma de muestra son de los años 2016 al 2021; sin embargo, no todos los pozos registran toma de muestra para todos los años. Por lo que, se graficaron los pozos que representaran estadísticamente tendencias, es decir, que tuvieran registros de por lo menos tres años continuos.

Por otro lado, se puede identificar en color verde los datos entregados por el programa de afluentes y efluentes - Fase 14 CAR – SDA.

Lo primero que se puede concluir, es que los datos más altos se presentan en los muestreos de coliformes fecales y coliformes totales, presentando valores por encima de los 20000 NMP/100ml, como es el caso de los puntos de Agua subterránea monitoreados por la programa de afluentes y efluentes (SDA-CAR), Ulises Martinez Mora Servicentro Esso Av. Tercera (AJ-14-0005), Marriot CII 73 Nova Mar Development S.A. (pe-02-0007), Acegrasas No. 2 (pz-06-0005), Team Food Colombia S.A. (pz-06-005), Gimnasio José Joaquín Casas (pz-01-0089).

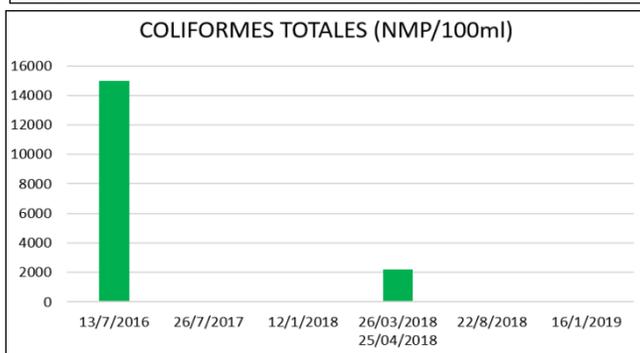
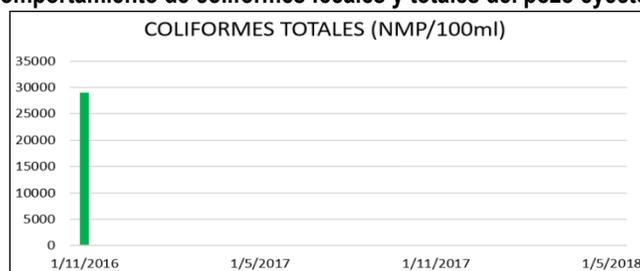
Figura 55. Comportamiento de coliformes fecales y totales del aljibe aj-14-0005.





Fuente: SDA, 2022.

Figura 56. Comportamiento de coliformes fecales y totales del pozo eyector pe-02-0007.



Fuente: SDA, 2022.

Figura 57. Comportamiento de coliformes fecales y totales del pozo de agua subterráneas pz-01-0089.

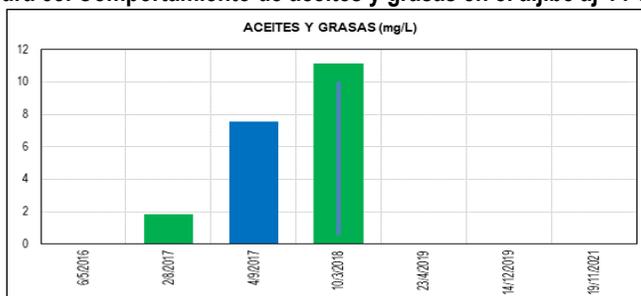


Fuente: SDA, 2022.

Frente al parámetro de Aceites y Grasas, se observa que en aquellos puntos de agua subterránea donde se realizó el muestreo por parte del programa de afluentes y efluentes (SDA-CAR) son disímiles a los entregados por los usuarios, como se observa en las figuras 58 a la 62.

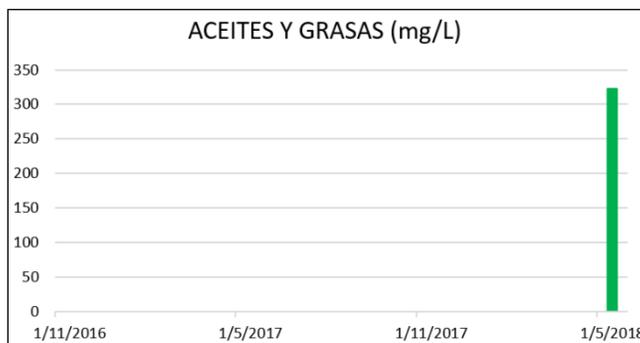
Adicionalmente, la medición entregada por la CAR para el punto Marriot Cil 73 Nova Mar Development S.A. (pe-02-0007), marca un pico de 323 mg/l de grasas y aceites, en el año 2018; cuando el dato del usuario del año 2016 se reporta como por debajo del límite de detección. Por lo que se reitera que no se tiene certeza de la toma de los datos que se reporta por el usuario o por la CAR.

Figura 58. Comportamiento de aceites y grasas en el aljibe aj-14-0005.



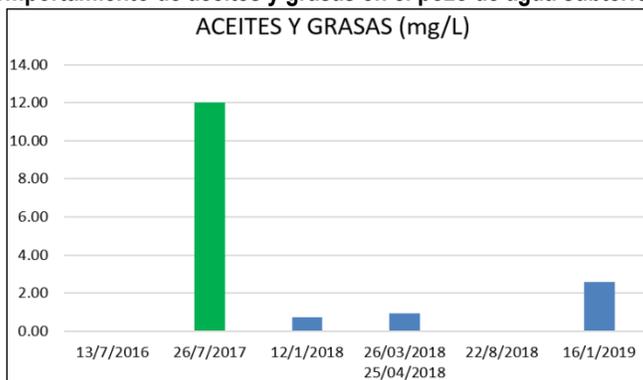
Fuente: SDA, 2022.

Figura 59. Comportamiento de aceites y grasas en el pozo eyector pe-02-0007



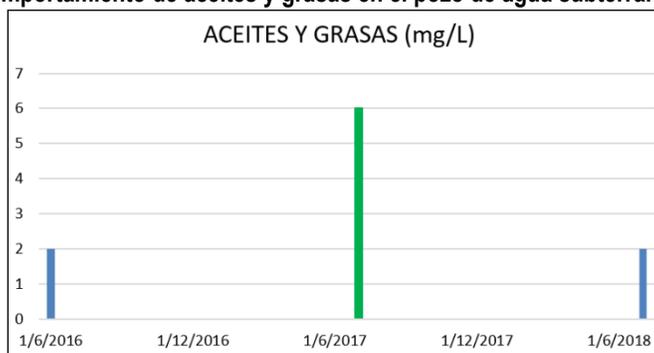
Fuente: SDA, 2022.

Figura 60. Comportamiento de aceites y grasas en el pozo de agua subterránea pz-06-005



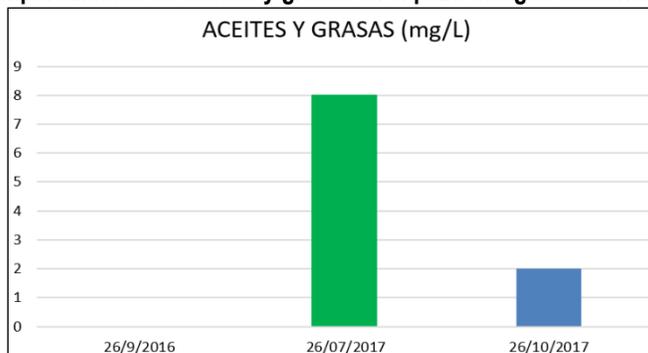
Fuente: SDA, 2022.

Figura 61. Comportamiento de aceites y grasas en el pozo de agua subterránea pz-01-0025.



Fuente: SDA, 2022.

Figura 62. Comportamiento de aceites y grasas en el pozo de agua subterránea pz-07-0005.



Fuente: SDA, 2022.

Finalmente, conforme los datos registrados no se observan otros parámetros que se encuentren con picos altos que marquen tendencias al incremento dentro de los muestreos.

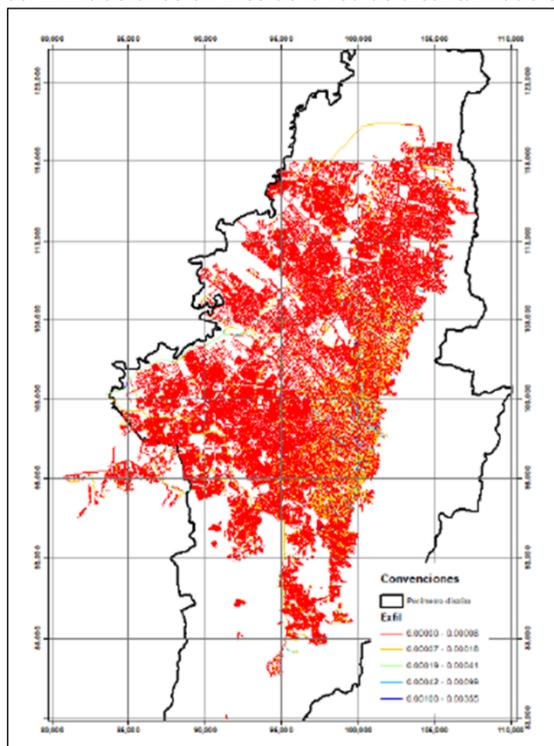
Por otro lado, es importante resaltar que la SDA ha elaborado estudios que aportan directamente a soportar el requerimiento de los parámetros señalados. Un ejemplo de contaminación, son las fugas generadas en el sistema de acueducto y alcantarillado, el cual puede llegar a generar una recarga significativa en ciertas localidades del Distrito Capital, ocasionando filtraciones que se dispersan en la zona no saturada y migran a las unidades hidrogeológicas que lo infrayace.

Adicionalmente, a partir del documento *Modelo Hidrogeológico Conceptual del Acuífero Subsuperficial o Somero en el Perímetro Urbano del Distrito Capital* (SDA, 2018) se puede determinar la existencia de exfiltraciones provenientes del alcantarillado que "... tienen lugar cuando las tuberías del drenaje están dañadas y cuando su capacidad hidráulica es rebasada. En estos casos el agua residual se exfiltra hacia el suelo (Read y Vickridge 1997) lo cual representa un riesgo potencial de contaminación tanto para el suelo como para el agua subterránea (Hua 2007) ..." (Espinoza, Mareike y otros 2014); sobre lo que se denomina recarga artificial por exfiltraciones del sistema de alcantarillado.

Si bien, el análisis espacial de las exfiltraciones del alcantarillado del Distrito Capital aportó específicamente a la determinación de la recarga artificial dentro del modelo hidrogeológico conceptual desarrollado para el informe previamente citado, a partir del análisis de este, se puede identificar adicionalmente, un posible impacto ambiental al suelo y al acuífero somero por cargas contaminantes provenientes de estas exfiltraciones.

A partir de la localización de la tubería instalada se plantea la ubicación de las zonas dentro del perímetro del distrito capital que concentran las exfiltraciones, que como se observa en la figura 63 en colores azules y aguamarina, se localizan en las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ): El Refugio, Chapinero, Sagrado Corazón, La Macarena, Las Nieves, La Candelaria, Las Cruces, Sagrado Corazón, Sosiego, Ciudad Jardín, Ricaurte y Zona Industrial, que representan entre 0.00019 a 0.00355 m³/s.

Figura 63. Exfiltraciones en m³/s de la red de alcantarillado sanitario



Fuente: Modelo Hidrogeológico Conceptual del Acuífero Subsuperficial o Somero en el Perímetro Urbano del Distrito Capital (SDA, 2018).

Si bien sobre las zonas determinadas con volúmenes significativos por exfiltraciones, señaladas por UPZ previamente, inicialmente deben ser objeto de monitoreo, ya que, es el sustrato que recibe directamente el fluido contaminado, puede ser una fuente contaminante de aguas subterráneas, especialmente en pozos captadores con revestimiento deteriorado y/o con tuberías antiguas, con deficiente mantenimiento. Pozos de agua subterránea particularmente con contaminantes como: Coliformes fecales, nitrógeno (Tolentino 2019), fósforo, grasas y aceites, plomo, arsénico, zinc (Wu y Chang 2018) y cobre.

En definitiva, la SDA con la información de hidrogeoquímica y de calidad del agua subterránea permitirá conocer el estado y dinámica de las unidades hidrogeológicas Acuífero Formación Sabana, Acuífero Formación, Tilatá, Acuitardo Formación Usme, Acuitardo Formación Bogotá, Acuitardo Formación Subchoque, Acuífero Formación Regadera, Acuitardo Formación Guaduas y Grupo Guadalupe. De esta manera, se puede proyectar la formulación de un plan de manejo y seguimiento ambiental de los acuíferos ubicados en el distrito capital según lo dispuesto en el Decreto 1640 de 2012 en su artículo 62 donde establece que: “En aquellos acuíferos que no hagan parte de un plan de ordenación

y manejo de cuenca hidrográfica, la autoridad ambiental competente elaborará el plan de manejo ambiental de acuíferos...”.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RMAS.

- a) 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 se mantiene ascendente.
- b) 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 7.44 m.
- c) Los puntos de monitoreo que hacen parte de la RMAS y que captan del acuífero Formación Sabana ubicados entre las localidades de Teusaquillo, Kennedy y Puente Aranda presentan un tiempo de tránsito similar que va de los 40 a los 50 días aproximadamente.
- d) La recarga de las unidades hidrogeológicas monitoreadas por parte de la RMAS va de 0.0 mm/año a 0.04 mm/año para el acuífero Formación Tiltatá, de 0.0 mm/año a 10.32 mm/año para Grupo Guadalupe y de 0.04 mm/año a 0.23 mm/año para el acuífero Formación Sabana.
- e) En las localidades de Teusaquillo, Kennedy y Puente Aranda se ha determinado que los paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana tienen una alta conectividad que facilita los procesos de recarga.

Brigadas de nivel.

- a) En las zonas con descensos relevantes, es importante incrementar los monitoreos y análisis e interpretación con técnicas isotópicas e hidrogeoquímica especialmente en inmediaciones de los pozos profundos pz-11-0080 (Cafam No. 2), pz-09-0043 (ELIOT 1), pz-09-0044 (ELIOT 2), pz-16-0034 (Asitex) y pz-16-0041 (Textilia 1).
- b) 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 generalmente es ascendente.

- 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.

Recomendaciones.

1. Realizar en los puntos que hacen parte de la RMAS un estudio hidrogeoquímico e isotópico con el objetivo de aprobar las hipótesis planteadas en el presente informe. Una hipótesis a investigar es determinar cuál es el alcance de la recarga que ingresa en los cerros de Suba.
2. En los pozos de la RMAS que presentan colmatación por sedimentos es necesario realizar un proceso de limpieza para así evitar que se presenten errores en los datos de transmisión.
3. Investigar el comportamiento hidrogeológico del acuífero Formación Tunjuelo, ya que, debido a su extensión y profundidad genera que la demanda por consumo de agua subterránea sea alta.
4. 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.
5. 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).
6. Actualizar el estudio hidrogeológico con el objetivo de investigar como es el comportamiento somero del agua subterránea, ya que, todas las actividades que se realizan en la ciudad tienen relación con esta dinámica.
7. Determinar cuál es el grado de conexión del agua subterránea de tipo subsuperficial con el acuífero profundo de la Formación Sabana.
8. 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)*”.
9. En las zonas donde se presentan descensos de nivel debido a los consumos más altos dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, es indispensable realizar una brigada de niveles con mayor tiempo de reposo o cese de bombeo (6 a 8 días).



REINALDO GELVEZ GUTIERREZ
SUBDIRECCION DE RECURSO HIDRICO Y DEL SUELO

EXPEDIENTE: SDA-01-2021-701

Elaboró:
Yamileth Campos Vargas
Jesús Alirio Leal Sierra
Jairo Alfredo Veloza Franco

Elaboró:

YAMILETH CAMPOS VARGAS	CPS:	CONTRATO SDA-CPS- 20220468 DE 2022	FECHA EJECUCION:	23/12/2022
------------------------	------	---------------------------------------	------------------	------------

Revisó:

JAIRO ALFREDO VELOZA FRANCO	CPS:	CONTRATO SDA-CPS- 20220635 DE 2022	FECHA EJECUCION:	23/12/2022
-----------------------------	------	---------------------------------------	------------------	------------

Aprobó:
Firmó:

REINALDO GELVEZ GUTIERREZ	CPS:	FUNCIONARIO	FECHA EJECUCION:	23/12/2022
---------------------------	------	-------------	------------------	------------