



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES**

**INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA**

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS - SIMAC**

**Red de Estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas**



**Boletín anual No. 3**

**Enero - 2022**

Documento producido por el Instituto de estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, con la participación de:

Jeannette Zambrano Nájera, I. C., Ph. D., directora del IDEA, directora del SIMAC y Profesora del departamento de Ingeniería Civil

Fernando Mejía Fernández, I. C., M. Sc., Profesor jubilado U. N., Asesor del IDEA

Cristian Camilo Patiño V., I. C., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

En representación del IDEA y de su grupo de trabajo:



**REMAS**  
Red de Estaciones de Monitoreo del Agua Subterránea

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	3
TABLAS .....	4
FIGURAS .....	4
<b>1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL .....	6
1.2 LOCALIZACIÓN ESPECIFICA.....	7
1.3 DIAGNÓSTICO Y FUNCIONAMIENTO REMAS .....	8
<b>2 RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE MANIZALES (REMAS) .....</b>	<b>10</b>
2.1 ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO LA ESTRELLA .....	10
2.2 ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO PALERMO.....	11
<b>3 CONCLUSIONES .....</b>	<b>13</b>

## TABLAS

TABLA 1 FICHA RED DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. FUENTE PROPIA.....	8
TABLA 2 INDICADORES DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED AÑO 2021. FUENTE PROPIA.....	9
TABLA 3 DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ESTACIONES DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (REMAS) CORTE A 31 DE DICIEMBRE DE 2021. FUENTE PROPIA.....	9
TABLA 4 RESUMEN COMPARATIVO SEGÚN LA COTA DEL POZO. FUENTE PROPIA. ....	12
TABLA 5 RESUMEN COMPORTAMIENTO DEL NAF EN CADA PUNTO DE MONITOREO CON RELACIÓN AL NAF AL INSTALAR. FUENTE PROPIA. ....	13

## FIGURAS

FIGURA 1 DISTRIBUCIÓN DE PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS POR ÁREA HIDROGRÁFICA. FUENTE: (INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES, 2015).....	6
FIGURA 2 LOCALIZACIÓN DE LOS DOCE POZOS DE MONITOREO DE LA REMAS. ADAPTADO DE SIMAC. ....	7
FIGURA 3 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO NAF EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO LA ESTRELLA. FUENTE PROPIA. ....	11
FIGURA 4 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO NAF EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO LA PALERMO. FUENTE PROPIA. ....	12

# 1 PRESENTACIÓN

Con el preámbulo que se tiene en cuanto al conocimiento sobre las aguas subterráneas, teniendo presente que esta categoría de agua constituye un porcentaje importante de reserva de agua dulce utilizable por el ser humano, además de ser poco susceptible a los procesos de contaminación y degradación en comparación a las fuentes superficiales, nace el interés de conocer su comportamiento, sus características hidráulicas e hidrogeológicas pensando a futuro en un manejo adecuado del recurso.

La comprensión del sistema de aguas subterráneas debe entenderse como el almacenamiento y el tránsito de flujo de agua bajo o dentro de la capa de suelo que debido a las condiciones geológicas y físicas del medio permiten la recarga, el tránsito o descarga de los sistemas acuíferos de la zona. La presencia y distribución de las aguas subterráneas están controladas por las características geológicas en cuanto a su estructura y estratigrafía.

En el contexto del municipio de Manizales, la ciudad está expuesta a fenómenos de lluvias intensas que afectan la estabilidad de las laderas que generan alto riesgo a sus habitantes ante procesos de deslizamiento de tierra; por ello, en el año 2014 se decidió implementar la primera Red de monitoreo del nivel de aguas subterráneas del municipio con el objetivo de obtener información acerca de cómo varía el nivel de agua freática en el subsuelo y poder ser aprovechada en la investigación hidrogeológica, como aporte al conocimiento de las amenazas geotécnicas e hidrogeológicas con el fin de generar información base para el diseño de sistemas de alerta temprana para la gestión del riesgo.

La Red de Estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas (Siglas REMAS) se establece con el fin de conocer las fluctuaciones de los niveles estáticos y dinámicos anualmente en las formaciones acuíferas que subyacen en la región. Los registros que se obtienen en cada lectura de datos son procesados con el fin de obtener la tendencia del nivel freático.

Los pozos que constituyen los puntos de monitoreo de aguas subterráneas fueron nivelados topográficamente, así mismo cada punto fue georreferenciado con respecto al nivel del mar además de realizarse un trabajo geotécnico de caracterización del suelo encontrado en cada punto con el fin de obtener los parámetros básicos y así lograr relacionar el comportamiento hidrogeológico.

## 1.1 Localización general

La red de aguas subterráneas se ubica en la ciudad de Manizales, municipio principal del departamento de caldas, el cual se ubica en la provincia hidrogeológica de Basamento – Acuífugas, según el mapa de distribución de provincias hidrogeológicas por área hidrográfica del IDEAM ver figura 1.

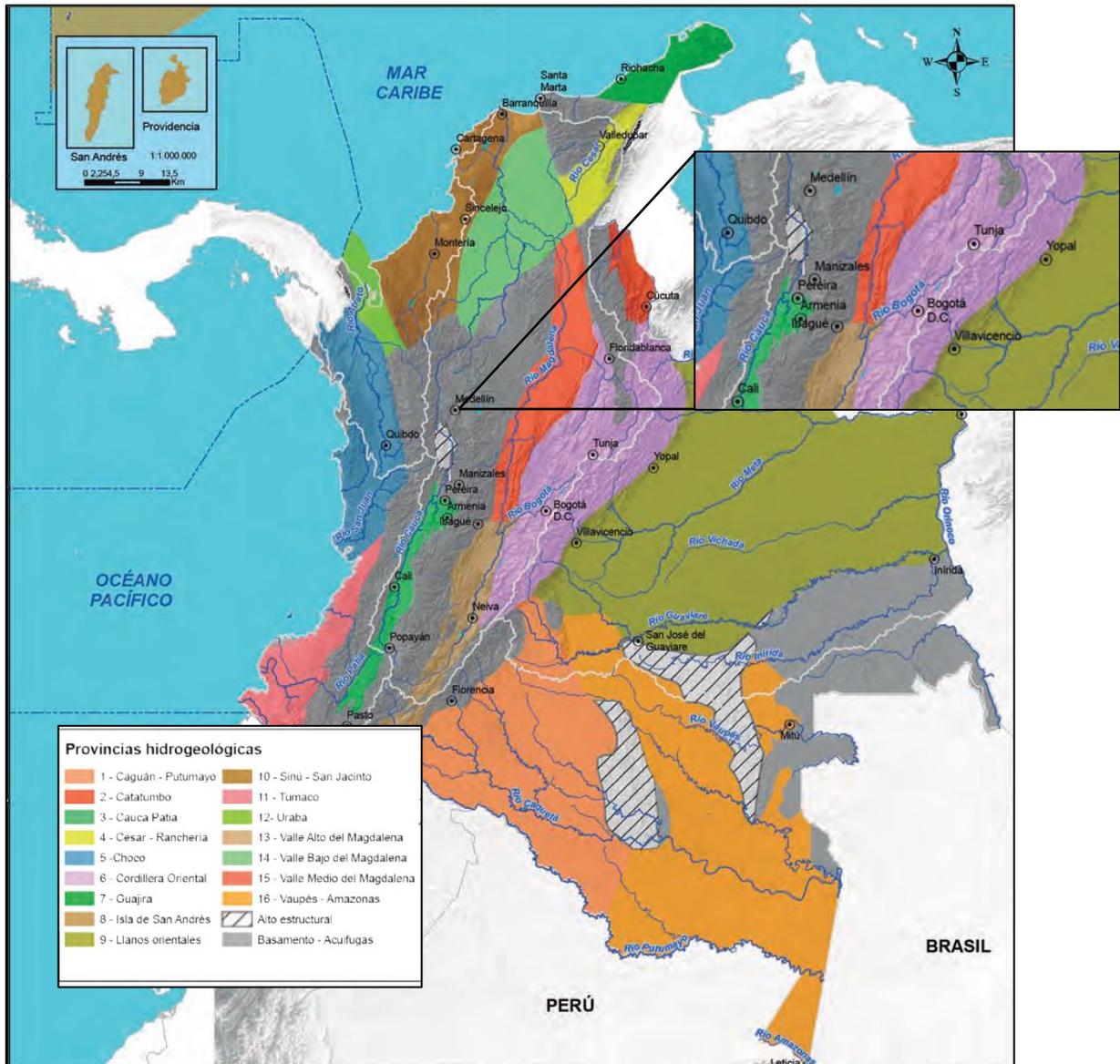


Figura 1 Distribución de provincias hidrogeológicas por área hidrográfica. Fuente: (Instituto de Estudios Ambientales, 2015)

## 1.2 Localización específica

Los equipos de monitoreo están ubicados en la parte central de la ciudad de Manizales, allí se ubican doce (12) pozos de monitoreo del nivel freático los cuales se están en los barrios Palermo y la Estrella como prueba piloto ver figura 2, debido a los rellenos hidráulicos constituidos en su época para la conformación de los barrios mencionados, donde existieron quebradas que fueron canalizadas y/o sufrieron procesos de llenos mecánicos con material de sitio. En cada pozo se instaló un sensor sumergible digital que se encarga de hacer mediciones de presión y temperatura en un intervalo de tiempo de 30 min entre cada registro de nivel. La profundidad de los pozos varía entre 3.50 m y 18 metros aproximadamente dependiendo de la ubicación, siendo más profundos los pozos de aguas abajo donde se entiende se acumula la mayor cantidad de agua freática por efectos gravitatorios.

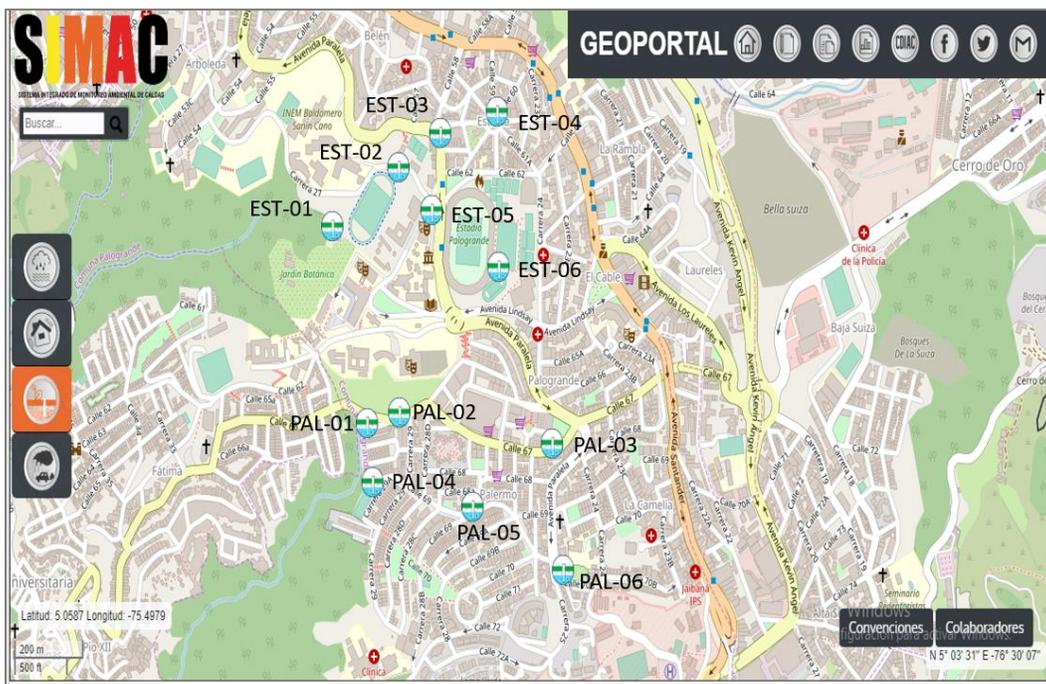


Figura 2 Localización de los doce pozos de monitoreo de la REMAS. Adaptado de SIMAC.

La información generada se puede consultar en el Link de consulta:

<http://cdiac.manizales.unal.edu.co/sistema-alerta-temprana/MapaManizales/>

La red de estaciones de monitoreo de aguas subterráneas está compuesta por doce (12) estaciones por medio de equipos tipo minidivers configurados como freatómetros los cuales al momento de la instalación quedaron suspendidos con alturas superiores a la profundidad del pozo según se estableció en su momento, debido a ello se tienen tres cotas, que

corresponden a la altura de la tapa del pozo, la altura de suspensión del sensor y la altura (profundidad) del fondo del pozo como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 1 ficha Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Fuente propia.**

ID Estación (Pozo)	Sitio de Referencia	Tipo de Punto de Monitoreo	Profundidades modificadas (m) (03/02//2016)			Cotas en msnm (origen Buenaventura) (03/02//2016)			
			Pozo	Sensor Registrador	NAF al instalar	Cabeza de Pozo (msnm)	Fondo de Pozo (msnm)	Sensor - Registrador (msnm)	NAF al instalar (msnm)
<b>Est-01</b>	Jardín Botánico (Universidad de Caldas)	Freatímetro	9,80	5,00	3,54	2091,94	2082,14	2086,94	2088,40
<b>Est-02</b>	Velódromo (Universidad de Caldas)	Freatímetro	11,26	10,00	5,33	2108,73	2097,47	2098,73	2103,40
<b>Est-03</b>	Avenida Paralela Calle 58	Freatímetro	9,30	8,60	6,15	2115,12	2105,82	2106,52	2108,97
<b>Est-04</b>	Parque de la Estrella	Freatímetro	8,56	5,00	3,32	2129,81	2121,25	2124,81	2126,49
<b>Est-05</b>	Auditorio (UN)	Freatímetro	6,91	5,000	3,07	2114,90	2107,99	2109,90	2111,83
<b>Est-05_Bar0</b>	Auditorio (UN)	Barómetro	6,91	1,00	3,07	2114,90	2107,99	2113,90	2111,83
<b>Est-06</b>	Patinódromo UDP	Freatímetro	9,83	5,00	2,56	2128,59	2118,76	2123,59	2126,03
<b>Pal-01</b>	Conexión Palermo - Fátima	Freatímetro	9,90	8,19	7,10	2063,76	2053,86	2055,57	2056,66
<b>Pal-02</b>	Biblioteca Salmona (Universidad de Caldas)	Freatímetro	9,66	8,83	6,11	2076,48	2066,82	2067,65	2070,37
<b>Pal-03</b>	Parque de las Garzas	Freatímetro	10,08	8,53	7,33	2110,97	2100,89	2102,44	2103,63
<b>Pal-04</b>	Cancha de La Italia	Freatímetro	17,96	17,75	16,90	2066,20	2048,24	2048,45	2049,30
<b>Pal-05</b>	CAI de Palermo	Freatímetro	7,53	5,00	3,08	2093,41	2085,88	2088,41	2090,32
<b>Pal-05_Bar0</b>	CAI de Palermo	Barómetro	7,53	1,00	3,08	2093,41	2085,88	2092,41	2090,32
<b>Pal-06</b>	Escuela de Enfermería	Freatímetro	9,91	5,00	4,31	2120,52	2110,61	2115,52	2116,21

### 1.3 Diagnóstico y funcionamiento REMAS

A la fecha funcionan tres (3) equipos de monitoreo y un barómetro en el barrio Palermo y tres (3) equipos y dos barómetros en el barrio la Estrella, lo que corresponde al 50% y 60% de su capacidad respectivamente como se observa en la **Tabla 2** y **Tabla 3**.

**Tabla 2 Indicadores de funcionamiento de la red año 2021. Fuente propia.**

Año	2021											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Jardín Botánico	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Velódromo	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Avenida Paralela Calle 58	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Parque la Estrella	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Auditorio (UN)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Auditorio (UN) Barómetro	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Patinódromo UDP	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Conexión Palermo - Fátima	100%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Biblioteca Salmona (U. de Caldas)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Parque las Garzas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cancha de La Italia	100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CAI de Palermo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CAI de Palermo Barómetro	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Escuela de Enfermería	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**Tabla 3 Diagnóstico de la red de estaciones de monitoreo de aguas subterráneas (REMAS) corte a 31 de diciembre de 2021. Fuente propia.**

Jardín Botánico	El equipo funcionó de manera intermitente con un inconveniente entre lectura en los meses de febrero y marzo, debido a que el equipo no registro datos en los meses mencionados.
Velódromo	El equipo fue trasladado a la estación Palermo-01 en años anteriores. Actualmente no posee equipo.
Avenida Paralela Calle 58	No posee equipo actualmente.
Parque de la Estrella	Funciono parcialmente registrando de enero a abril y de julio a diciembre cuando se reemplazó el equipo por el que estaba en Palermo -03.
Auditorio (UN)	Los equipos funcionaron de manera correcta durante todo el periodo anual.
Auditorio (UN)	El equipo registro parcialmente hasta el mes de abril, donde fue trasladado hacia Estrella -03 presentando algunos inconvenientes. No posee equipo actualmente.
Patinódromo UDP	El equipo presento inconvenientes durante marzo y abril donde no hubo registros.
Conexión Palermo - Fátima	El equipo funciono de manera parcial a un 83%. Pendiente de lectura del último mes debido a inconvenientes de sitio.
Biblioteca Salmona (U. de C.)	No posee equipo actualmente.
Parque de las Garzas	No posee equipo actualmente.

<b>Cancha de La Italia</b>	Los equipos funcionaron de manera correcta durante todo el periodo anual.
<b>CAI de Palermo</b>	Los equipos funcionaron de manera correcta durante todo el periodo anual.
<b>Escuela de enfermería</b>	No posee equipo actualmente. Fue trasladado el año 2020 a otra estación.

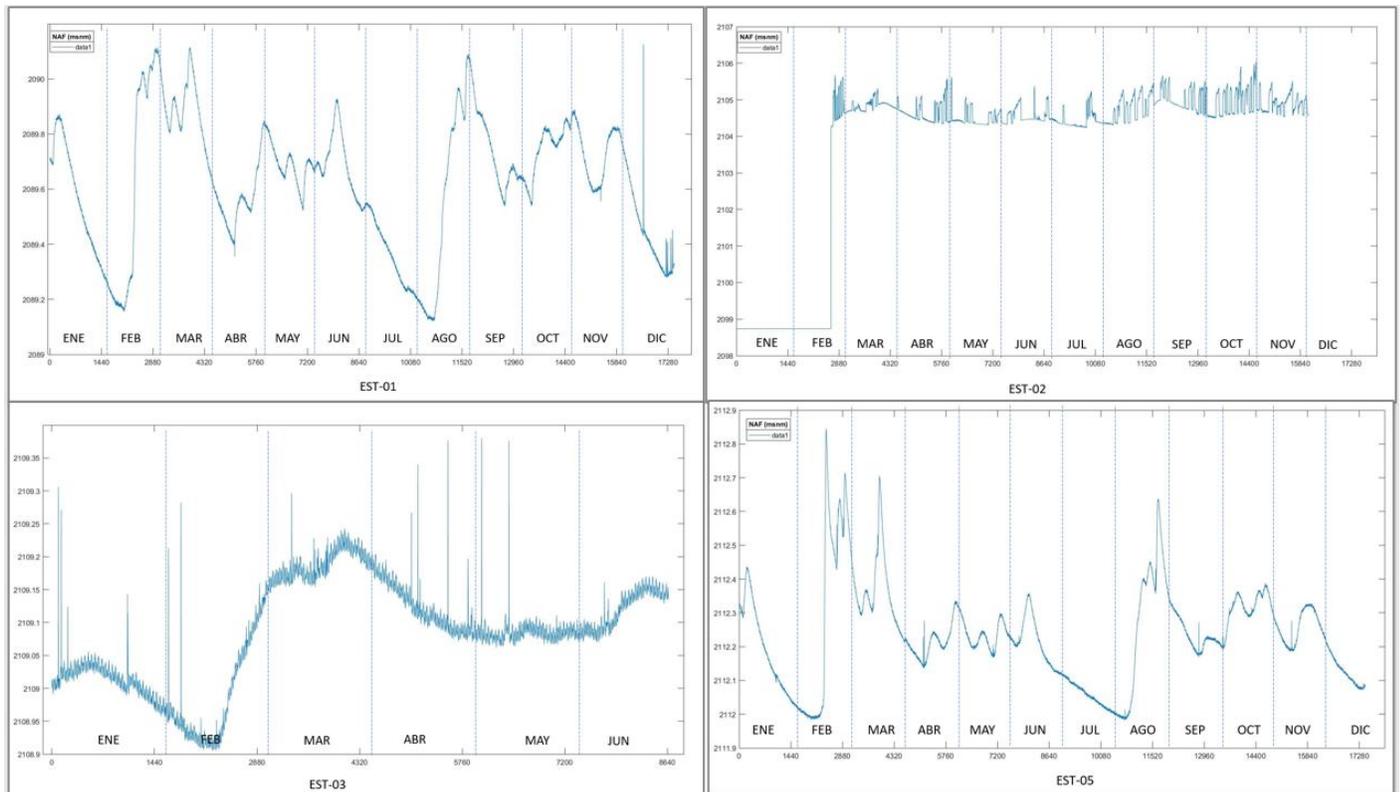
## 2 Red de monitoreo de aguas subterráneas de Manizales (REMAS)

De los doce (12) pozos que conforman la Red de Estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas, se midieron ocho (8) pozos durante todo el año 2021, estando en una operación del 66% de toda la capacidad, debido a que varios pozos no poseen equipo como se indica en la **Tabla 3** y otros fueron trasladado a conveniencia entre sitios. A continuación, se presenta la fluctuación del nivel freático en cada estación.

### 2.1 Estaciones ubicadas en el Barrio la Estrella

Las estaciones que se encuentran el barrio la Estrella y que funcionaron durante el 2021 (estación EST-01 y EST-05) registraron datos durante todo el periodo, siendo estas las de mayor importancia en la zona, dado que representan una zona de aguas intermedias y un punto de aguas bajas de la cuenca. Las otras dos estaciones (estación EST-02 y EST-03) tuvieron interrupción en su registro desde un mes hasta seis meses, respectivamente como se observa en la **Figura 3**. Por lo cual al momento de analizar la fluctuación de los niveles freáticos se debe tener en cuenta los valores absolutos entre cotas.

En el barrio la estrella la dirección del flujo predominante fue OE-SN para el periodo analizado, coincidiendo en algunos puntos con el paso del colector de la quebrada que transitó por el sector la cual fue canalizada o sufrió cambios debido al lleno mecánico del sector. En la zona los niveles fluctuaron entre los 207 centímetros en la parte más baja y los 732 en la cota más alta (ver **Tabla 5**) Sin embargo, el mayor desnivel fue visualizado en la estación EST-01 con un valor absoluto de 101 centímetros entre sus cotas. Por su parte la temperatura al interior de los pozos osciló entre los 19.1° hasta los 20° C.



**Figura 3** Fluctuación del Nivel Freático NAF en las estaciones ubicadas en el Barrio la Estrella. Fuente propia.

## 2.2 Estaciones ubicadas en el Barrio Palermo

De las estaciones que se encuentran en el barrio la Estrella solo funcionó una estación (estación PAL-05) la que registró datos durante todo el periodo. Dicha estación se encuentra en una zona de aguas intermedias de la cuenca. Las otras dos estaciones (estación PAL-01 y PAL-04) tuvieron interrupción en su registro hasta por 3 meses, como se observa en la **Figura 4**. Por lo cual al momento de analizar la fluctuación de los niveles freáticos se debe tener en cuenta los valores absolutos entre cotas.

En el barrio Palermo, la dirección del flujo predominante fue OE-SN, coincidiendo en algunos puntos con el paso de la antigua quebrada Sancancio. En la zona los niveles fluctuaron entre los 58 centímetros en la parte más baja que o hasta los 301 en la cota más alta (ver **Tabla 5**). Sin embargo, el mayor desnivel fue visualizado en la estación PAL-05, con un valor absoluto de 211 centímetros entre sus cotas. Por su parte la temperatura al interior de los pozos osciló entre los 19.1° hasta los 21.5°.

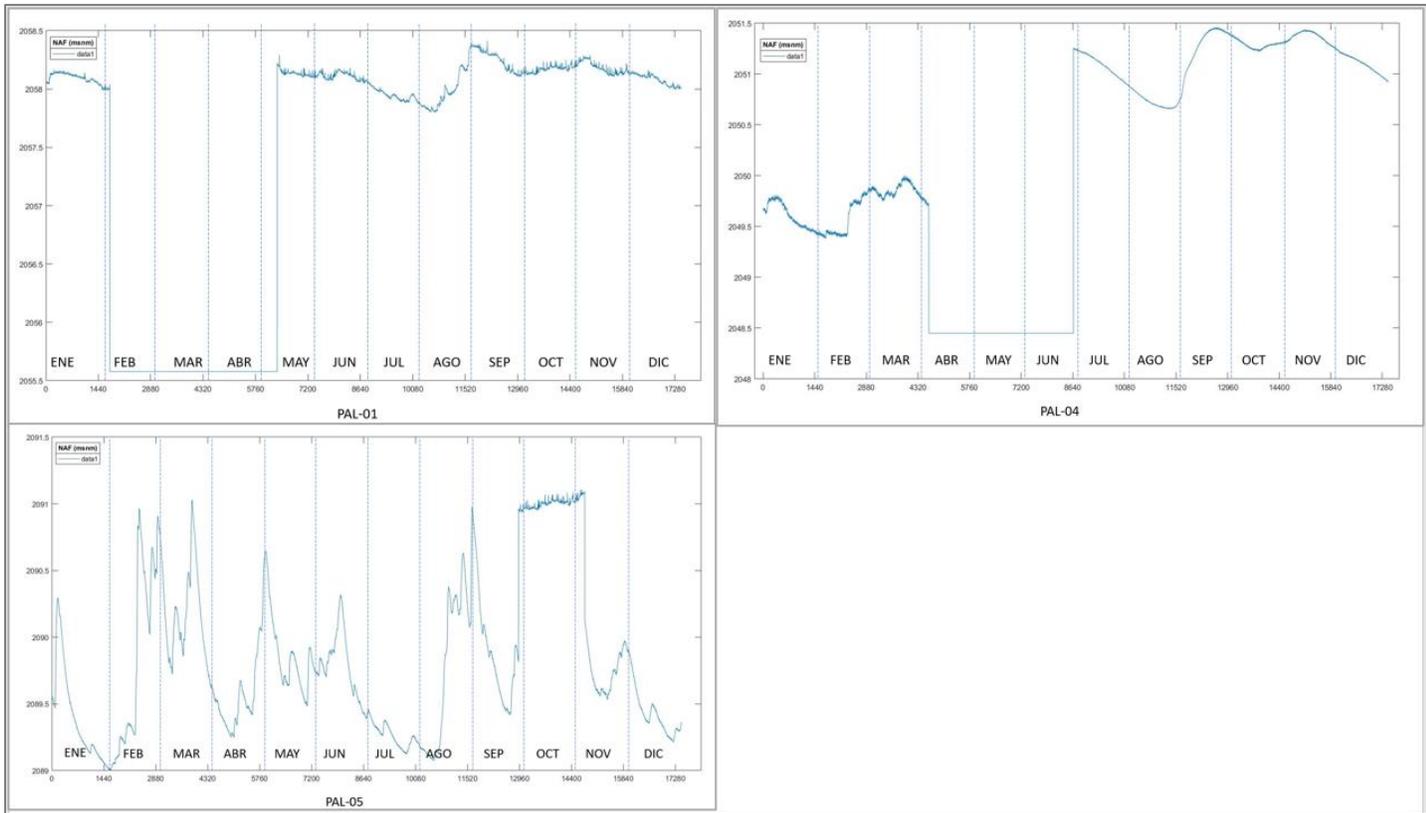


Figura 4 Fluctuación del Nivel Freático NAF en las estaciones ubicadas en el Barrio la Palermo. Fuente propia.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los datos más relevantes observados una vez procesados y que se pueden identificar en las gráficas de fluctuación de niveles.

Tabla 4 Resumen comparativo según la cota del pozo. fuente propia.

Estación	Cota de referencia	Cota más alta (msnm)	Cota más baja (msnm)	Cota promedio (msnm)
<b>Est-01</b>	2091.944	2090,125	2089,120	2089,628
<b>Est-02</b>	2108.739	2106,068	2098,739	2103,743
<b>Est-03</b>	2115.129	2109,380	2108,906	2109,085
<b>Est-05</b>	2115.907	2112,845	2111,982	2112,233
<b>Pal-01</b>	2063.768	2058,416	2055,578	2057,438
<b>Pal-04</b>	2066.200	2051,461	2048,450	2050,133
<b>Pal-05</b>	2093.411	2091,107	2089,000	2089,832

Tabla 5 Resumen comportamiento del NAF en cada punto de monitoreo con relación al NAF al instalar. Fuente propia.

Estación	Nivel de referencia (cm)	NAF más alto (cm)	NAF más bajo (cm)	NAF promedio (cm)
<b>Est-01</b>	354	318,100	217,645	268,436
<b>Est-02</b>	533	732,889	549,641	599,613
<b>Est-03</b>	615	285,065	237,661	255,580
<b>Est-05</b>	307	293,828	207,475	232,556
<b>Pal-01</b>	710	283,816	0,742	252,536
<b>Pal-04</b>	16900	301,119	1,620	218,870
<b>Pal-05</b>	308	269,614	58,917	142,114

### 3 Conclusiones

- La continuidad de los datos representa la condición más importante a la hora de analizar los datos temporales, debido a que permite observar más consistentemente las tendencias de los niveles estáticos y dinámicos.
- Los puntos de monitoreo tuvieron un máximo de pérdida de datos del 25% que corresponde a tres meses sin datos.
- La estación denominada EST-05, ubicada en el Auditorio de la Universidad Nacional posee la cota de nivel freático más alto entre todas las estaciones.
- De manera similar la estación EST-02, ubicada en el velódromo de la Universidad de Caldas posee el nivel freático más alto de la zona pasando de los 730 centímetros.
- La estación PAL-01, ubicada en el jardín de conexión de la Avenida Paralela con Fátima posee la cota del nivel freático más bajo entre todas las estaciones.
- Por su lado la estación PAL-05, ubicada en el CAI del barrio Palermo posee el nivel freático más bajo rodando los 269 centímetros.
- Los datos deben ser interpretados de manera objetiva revisando especialmente la escala entendiendo de manera óptima las unidades de los datos.

En el boletín del año 2020 se indicó el funcionamiento de 11 estaciones de registro equivalente al 91.6 % de la totalidad de los pozos, en la actualidad, un año después, se tiene un funcionamiento de 50 % de todos los pozos, debido a la salida de varios equipos de registro, en especial por el agotamiento de la batería como se ha mencionado en informes de monitoreo de la red.