

## CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 5.1 MEDIO ABIÓTICO

#### 5.1.7 CALIDAD DEL AGUA



Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.



#### ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área  
oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva  
Esperanza 500 kV

UPME 07 2016

TCE-ET2B-GPB00-0001-1

#### Control de Cambios GEOMA

<b>FECHA</b> 26/07/2019	<b>VERSIÓN</b> 1	<b>DESCRIPCIÓN</b> Sin modificaciones
<b>ELABORADO POR:</b> L. Castro	<b>REVISADO POR:</b> A. Zambrano	<b>APROBADO POR:</b> L. Guayara

#### Control de Revisiones TCE

<b>FECHA</b> 26/07/2019	<b>VERSIÓN</b> Rev 1A	<b>DESCRIPCIÓN</b> Aprobado
<b>ELABORADO POR:</b> GEOMA S.A.S.	<b>REVISADO POR:</b> L. López	<b>APROBADO POR:</b> L. Montenegro



## CONTENIDO

<b>5.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....</b>	<b>6</b>
5.1	Medio abiótico .....	6
5.1.7	Calidad del agua.....	6
5.1.7.1	Calidad del Agua Superficial.....	7
5.1.7.2	Calidad del Agua Subterránea.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Método utilizado para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos .....	6
Tabla 5-2 Ubicación geográfica de las estaciones monitoreadas en campo para análisis físico-químico y bacteriológico de aguas superficiales.....	8
Tabla 5-3 Descripción puntos de muestreo AS1 y AS2 .....	11
Tabla 5-4 Descripción puntos de muestreo AS3, AS4 y AS5 .....	12
Tabla 5-5 Descripción puntos de muestreo AS6, AS7 y AS8 .....	13
Tabla 5-6 Descripción puntos de muestreo AS9, AS10 y AS11 .....	14
Tabla 5-7 Descripción puntos de muestreo AS12, AS13 y AS14 .....	15
Tabla 5-8 Descripción puntos de muestreo AS15, AS16 y AS17 .....	16
Tabla 5-9 Descripción puntos de muestreo AS18, AS19 y AS20 .....	17
Tabla 5-10 Descripción puntos de muestreo AS21, AS22 y AS23 .....	18
Tabla 5-11 Descripción puntos de muestreo AS24 y AS25 .....	19
Tabla 5-12 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras.....	19
Tabla 5-13 Técnica analítica utilizada en la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. ....	20
Tabla 5-14 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076/2015) para la época de lluvias .....	22
Tabla 5-15 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076/2015) para la época seca.....	27
Tabla 5-16 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y bacteriológicas del agua .....	45
Tabla 5-17 Interpretación del índice WQI = ICA.....	45
Tabla 5-18 Índice de calidad de agua (WQI).....	46
Tabla 5-19 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).....	47
Tabla 5-20 Índice de contaminación del agua (ICO) .....	48
Tabla 5-21 Ubicación geográfica de las estaciones monitoreadas en campo para análisis físico-químico y bacteriológico de aguas subterráneas.....	53
Tabla 5-22 Descripción puntos de muestreo A.SUB1 y A.SUB2 .....	60
Tabla 5-23 Descripción puntos de muestreo A.SUB3, A.SUB4 y A.SUB5 .....	61
Tabla 5-24 Descripción puntos de muestreo A.SUB6, A.SUB7 y A.SUB8 .....	62
Tabla 5-25 Descripción puntos de muestreo A.SUB9, A.SUB10 y A.SUB11 .....	63
Tabla 5-26 Descripción puntos de muestreo A.SUB12, A.SUB13 y A.SUB14 .....	64
Tabla 5-27 Descripción puntos de muestreo A.SUB15, A.SUB16 y A.SUB17 .....	65
Tabla 5-28 Descripción puntos de muestreo A.SUB18, A.SUB19 y A.SUB20 .....	66

Tabla 5-29 Descripción puntos de muestreo A.SUB21, A.SUB22 y A.SUB23 .....	67
Tabla 5-30 Descripción puntos de muestreo A.SUB24, A.SUB25 y A.SUB26 .....	68
Tabla 5-31 Descripción puntos de muestreo A.SUB27 .....	69
Tabla 5-32 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras .....	69
Tabla 5-33 Técnica analítica utilizada en la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos ..	70
Tabla 5-34 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076/2015) en los puntos de aguas subterráneos evaluados .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Puntos de monitoreo de aguas superficiales .....	10
Figura 5-2 Valores de pH registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia .....	33
Figura 5-3 Valores de pH registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	33
Figura 5-4 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia ..	35
Figura 5-5 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	36
Figura 5-6 Valores de Turbidez registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvias .....	40
Figura 5-7 Valores de turbidez registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	40
Figura 5-8 Valores de dureza y alcalinidad total registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia .....	41
Figura 5-9 Valores de dureza y alcalinidad total registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	42
Figura 5-10 Valores de coliformes fecales y totales registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia .....	43
Figura 5-11 Valores de coliformes fecales y totales registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	44
Figura 5-12 Valores del índice de contaminación del agua registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia .....	50
Figura 5-13 Valores del índice de contaminación del agua registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca .....	52
Figura 5-14 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas .....	54
Figura 5-15 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha A, B y C) .....	55
Figura 5-16 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha D, E y F) .....	56
Figura 5-17 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha G, H y I) .....	57
Figura 5-18 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha J, K y L) .....	58
Figura 5-19 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha M y N) .....	59
Figura 5-20 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	77





Figura 5-21 Valores de pH registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	78
Figura 5-22 Valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	79
Figura 5-23 Valores de turbidez registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	80
Figura 5-24 Valores de alcalinidad y dureza registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	81
Figura 5-25 Valores de hierro total registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	82
Figura 5-26 Valores de coliformes totales y fecales registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados .....	84

## LISTADO DE ANEXOS

A5.1.7\_a Época Lluvias

A5.1.7\_b Época Seca

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 5.1 Medio abiótico

#### 5.1.7 Calidad del agua

El presente informe relaciona la caracterización de calidad de agua (propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas) de las algunas de las corrientes de agua superficiales y subterráneas presentes el área de influencia del proyecto de Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de Transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV – UPME 07 de 2016. Es válido resaltar que ninguna de las fuentes hídricas presentes en el área de influencia del proyecto, incluyendo las que fueron monitoreadas serán intervenidas por el proyecto mediante captaciones, vertimientos u ocupaciones de cauce.

Las fuentes de aguas superficiales que hacen parte de la presente caracterización corresponden a sistemas de naturaleza lotica, los cuales fueron monitoreados en la época de lluvias entre los días 12 de marzo hasta el 06 de junio de 2018 y para la época seca entre 25 de agosto hasta el 09 de septiembre de 2018, a lo largo de los municipios por los que atraviesa la línea de transmisión proyectada, desde La Virginia (Risaralda) hasta Soacha (Cundinamarca).

La evaluación de los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos consistió en su comparación con los lineamientos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial cuyos criterios de calidad del agua, según el tipo de uso, se encuentran allí definidos. Adicionalmente, se realizó la estimación de los índices de contaminación (ICO) y de calidad del agua (ICA), esto con el fin de conocer el estado actual del recurso hídrico de la zona de interés.

Los monitoreos fueron realizados por un laboratorio acreditado por el IDEAM (Anexo A2.5 Acreditación SGI), durante los meses de marzo a junio y agosto a septiembre de 2018. Los respectivos informes de laboratorio que soportan el presente documento pueden ser consultados en el Anexo A5.1.7 Calidad del agua / A5.1.7\_a Época lluvias y A5.1.7\_b Época Seca. En la Tabla 5-1, se indica la información correspondiente a las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas efectuadas en las estaciones de muestreo y su técnica analítica de determinación.

**Tabla 5-1 Método utilizado para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA
<i>In situ</i>				
Unidades de pH	pH	SM 4500-H+ B	X	X
°C	Temperatura	SM 2550 B	X	X
mg/L - O <sub>2</sub>	Oxígeno disuelto, electrodo	EPA 360-3	X	X
µS/cm	Conductividad Eléctrica a 25 °C	SM 2510 B	X	X
mg/L	Sólidos Disueltos totales	SM 2540 C		X
<b>Fisicoquímicos - Laboratorio</b>				
mg/L	Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	X	
mL/L	Sólidos sedimentables	SM 2540 F	X	
mg/L	Sólidos Totales	SM 2540 B		X

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA
mg/L	DBO (5 días)	SM 5210 B, 4500-O G	X	
mg/L	DQO	SM 5220 D	X	
mg/L	Aceites y Grasas	SM 5520 C	X	X
Mg P/L	Fósforo Total	SM 4500-PB,E	X	
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Alcalinidad Total	SM 2320 B	X	X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Dureza total	SM 2340 C	X	X
NTU	Turbidez	Nefelométrico	X	X
mg N-mg/L	Nitrógeno total	Calculo	X	
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Bicarbonatos	SM 2320B		X
mg Cl-/L	Cloruro	SM 4500-Cl B		X
mg SO <sub>4</sub> -2/L	Sulfato	SM 4500 SO42- E		X
mg/L	Hierro	EPA 3015A, SM3120 B		X
mg/L	Calcio	EPA 3015A, SM3120 B		X
mg Na+/L	Sodio	EPA 3015A, SM3120 B		X
mg k+/L	Potasio	EPA 3015A, SM3120 B		X
mg N-NO <sub>2</sub> /L	Nitrito	SM 4500-NO2- B		X
mg N-NO <sub>3</sub> /L	Nitrato	SM 4500-NO3- E		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Acidez	SM 2310B		X
m <sup>3</sup> /s	Caudal - Aforo con Molinete	Procedimiento Interno	X	
<b>Microbiológicos - Laboratorio</b>				
NMP/100 ml	Coliformes Totales	SM 9223 B	X	X
NMP/100 ml	Coliformes Fecales	SM 9223 B	X	X
<b>Hidrobiológicos - Laboratorio</b>				
Org/cm <sup>2</sup>	Perifiton		X	
Org/L	Fitoplancton		X	
Org/L	Zooplancton		X	
Ind	Comunidad íctica		X	
%	Macrófitas		X	
Org/m <sup>2</sup>	Macroinvertebrados		x	

Fuente: SGI S.A.S., 2018

### 5.1.7.1 Calidad del Agua Superficial

#### 5.1.7.1.1 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica

Se realizó inicialmente un reconocimiento previo en campo con el fin de definir los cuerpos de agua a monitorear teniendo en cuenta la cartografía base, la hidrología de la zona, el recorrido en campo por el área de interés y la importancia ambiental de los cuerpos de agua en la zona de acuerdo a su naturaleza (lóticos o lénticos), su condición de estacionalidad (permanentes o intermitentes), su afectación o intervención actual (captaciones, vertimientos, cruces con alcantarillas, puentes, etc.) y su aprovechamiento en la zona por parte de la comunidad residente (uso del recurso para cultivos, ganadería, etc.).

En la Tabla 5-2, se resume la información de fecha, hora, coordenadas y ubicación geográfica del muestreo de calidad de agua en los puntos seleccionados (Época de lluvias y Época seca). Consecuentemente, en la Figura 5-1 se presenta la ubicación de estos puntos.

**Tabla 5-2 Ubicación geográfica de las estaciones monitoreadas en campo para análisis físico-químico y bacteriológico de aguas superficiales**

PUNTO DE MUESTREO	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS PLANAS MAGNA- SIRGAS		MUNICIPIO / DEPARTAMENTO
				ESTE	NORTE	
AS 1	15/03/2018*	09:47	Quebrada Grande - Ocupación Cauce	801613,30	1028956,81	Pereira/ Risaralda
	25/08/2018**	09:00				
AS 2	12/03/2018*	09:46	Quebrada El Guásimo - DRMI Guásimo	803353,15	1032952,17	La Virginia/ Risaralda
	25/08/2018**	11:20				
AS 3	15/03/2018*	11:38	Quebrada Montevideo - Caracterización AI	809133,00	1043692,00	Belalcázar/ Caldas
	26/08/2018**	12:40				
AS 4	14/03/2018*	11:30	Quebrada de La Habana - caracterización AI	815007,85	1051195,78	Límite Belalcázar- Risaralda /Caldas
	27/08/2018**	10:40				
AS 5	14/03/2018*	09:46	Quebrada Carminales - Caracterización AI	822325,96	1056042,91	Palestina/ Caldas
	27/08/2018**	16:20				
AS 6	14/03/2018*	15:25	Quebrada Hoyo Frío - Caracterización AI	829996,59	1060809,38	Manizales/ Caldas
	29/08/2018**	10:20				
AS 7	14/03/2018*	13:00	Quebrada Santa Rita - Caracterización AI	835629,09	1064504,16	Neira/ Caldas
	28/08/2018**	13:30				
AS 8	14/03/2018*	10:25	Quebrada La Honda - RFN Ley 2da 59	844997,00	1072081,00	Aranzazu/ Caldas
	30/08/2018**	12:00				
AS 9	13/03/2018*	14:31	Quebrada Poplapó - RFN Ley 2da 59	850023,39	1076874,00	Salamina / Caldas
	31/08/2018**	14:30				
AS 10	12/03/2018*	15:30	Quebrada La Lira - RFN	859388,88	1077480,82	Marulanda/ Caldas

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

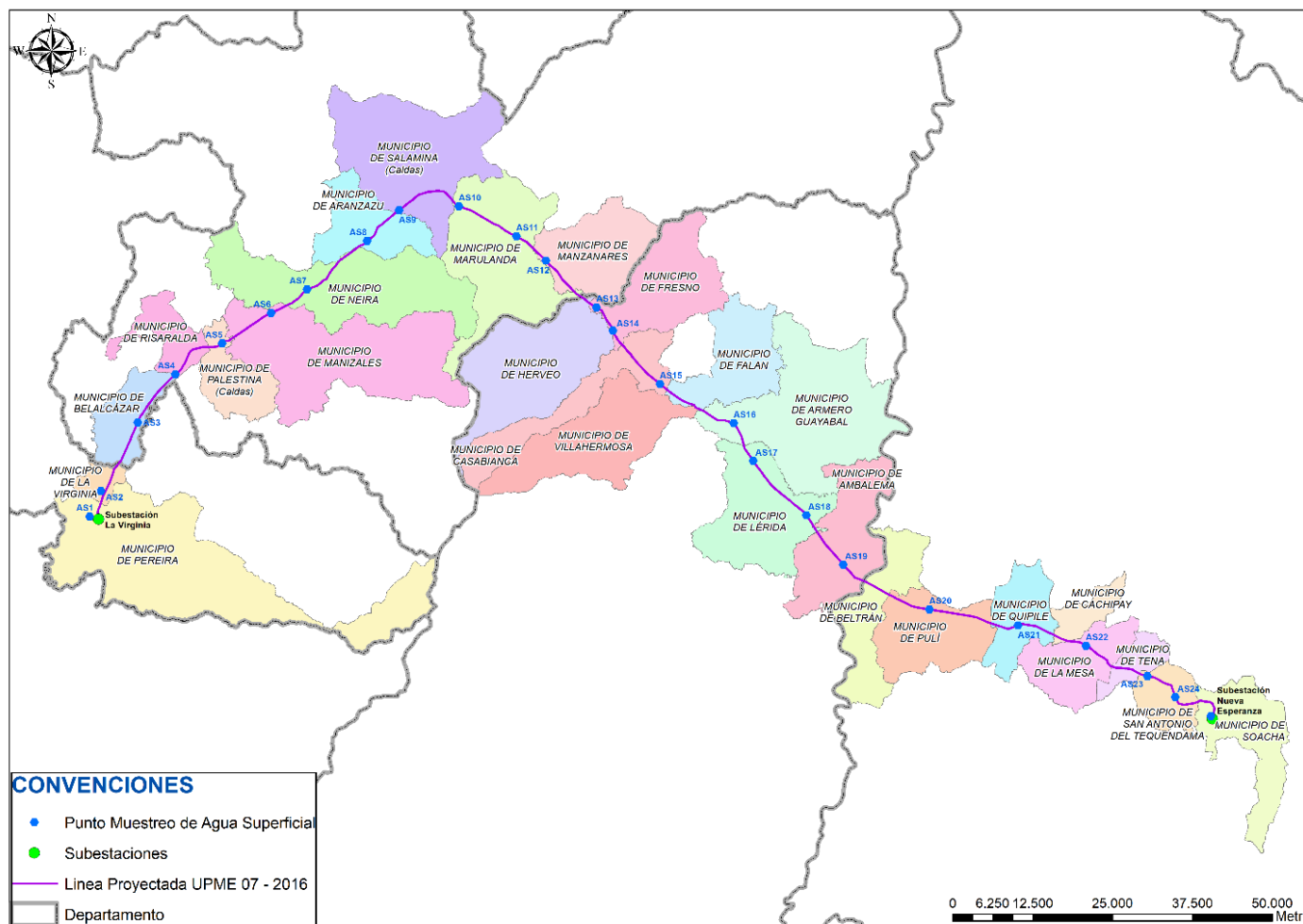


Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.

PUNTO DE MUESTREO	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS PLANAS MAGNA- SIRGAS		MUNICIPIO / DEPARTAMENTO
				ESTE	NORTE	
	31/08/2018**	08:30	Ley 2da 59			
AS 11	13/03/2018*	10:33	Quebrada El Salado - RFN Ley 2da 59	868386,39	1072788,94	Marulanda/ Caldas
	01/09/2018**	14:50				
AS 12	13/03/2018*	11:20	Quebrada La Florida - Caracterización AI	872961,00	1069001,00	Manzanares/ Caldas
	02/09/2018**	12:00				
AS 13	15/03/2018*	08:23	Quebrada Cruz Gorda - Caracterización AI	880892,27	1061680,93	Fresno/Tolima
	03/09/2018**	10:30				
AS 14	15/03/2018*	13:15	Quebrada Zancuderal - Caracterización AI	883464,52	1058053,25	Límite Fresno- Herveo/Tolima
	03/09/2018**	16:00				
AS 15	18/03/2018*	08:00	Quebrada Santa Rosa - Caracterización AI	890836,00	1049696,00	Casabianca/ Tolima
	04/09/2018**	11:00				
AS 16	19/03/2018*	08:30	Quebrada El Placer - Caracterización AI	902359,00	1043566,00	Armero Guayabal/ Tolima
	05/09/2018**	10:00				
AS 17	20/03/2018*	16:10	Quebrada García - Caracterización AI	905422,00	1037689,00	Lérida /Tolima
	05/09/2018**	13:45				
AS 18	21/03/2018*	10:30	Quebrada Las Palmas - Caracterización AI	913717,77	1029175,33	Lérida /Tolima
	06/09/2018**	09:00				
AS 19	22/03/2018*	15:20	Quebrada La Garrapata - Caracterización AI	919474,51	1021441,20	Ambalema/Tolima
	06/09/2018**	14:00				
AS 20	24/03/2018*	15:30	Quebrada La Honda Pequeña - Caracterización AI	932988,00	1014439,00	Pulí/ Cundinamarca
	07/09/2018**	08:00				
AS 21	28/03/2018*	09:30	Quebrada Agua Blanca - Caracterización AI	946855,00	1011931,00	Quipile/ Cundinamarca
	07/09/2018**	14:20				
AS22	29/03/2018*	10:40	Quebrada Cauchera - Caracterización AI	957476,61	1008728,43	La Mesa/ Cundinamarca
	08/09/2018**	10:00				
AS23	01/04/2018*	10:30	Quebrada Las Zunias - Caracterización AI	967096,54	1004004,46	San Antonio del Tequendama/ Cundinamarca
	08/09/2018**	15:00				
AS24	05/06/2018*	14:00	Quebrada NN1 – RFPP Cuenca Alta Río Bogotá	971451,00	1000709,00	San Antonio del Tequendama/ Cundinamarca
	09/09/2018**	08:15				
AS25	03/04/2018*	14:02	Quebrada directa Río Bogotá - DMI Tequendama	977028,93	997760,22	Soacha/ Cundinamarca
	09/09/2018**	14:20				

\* Época de lluvias y \*\* Época seca. Fuente: SGI S.A.S., 2018.



Figura 5-1 Puntos de monitoreo de aguas superficiales



Fuente: GEOMA S.A.S., 2019

A continuación se realiza una descripción de los puntos monitoreados, registrando las principales características morfológicas e hidrológicas, las coordenadas planas de ubicación del punto de monitoreo, el municipio, el departamento, el código de identificación de muestra y el tipo de muestra, adicionalmente se presenta un registro fotográfico del estado del punto de muestreo (Tabla 5-3 a la Tabla 5-11).


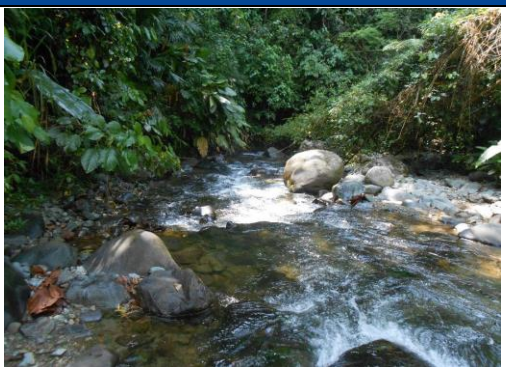

**Tabla 5-3 Descripción puntos de muestreo AS1 y AS2**

NOMBRE:		AS1 / QUEBRADA GRANDE	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1028956	
	Este	801613	
	Municipio	Pereira	
	Departamento	Risaralda	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado, material de carácter rocoso. Agua de color azul opaca – inolora. Ancho 4,10 m. Profundidad promedio 0,20 m. Presencia de rápidos. El cuerpo está sometido a una sombra de 50%. Punto rodeado por vegetación arbórea en mayor proporción. Se resalta el bambú y Arecales. En cuanto a la vegetación arbustiva se resalta la presencia de heliconeas. Se evidencian líquenes que usan como sustrato las grandes rocas del lugar. Se observó una tubería de captación que pasa encima del cuerpo de agua. Aproximadamente a 350 m hay una carretera poco transitada. No se evidencian basuras.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		AS2 / QUEBRADA EL GUÁSIMO	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1032952	
	Este	803353	
	Municipio	La Virginia	
	Departamento	Risaralda	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua es encajonado, material de carácter arenoso café claro. Agua transparente-inolora. Características físicas: ancho 2,80 m Profundidad promedio: 0,10 m. Flujo de la corriente: laminar Aguas tranquilas. No se evidencia actividad antrópica. En ambas orillas existe mayor proporción de estructuras vegetativas arbustiva. En la orilla derecha pocos árboles. Principalmente bambú. Así mismo, pocas herbáceas de las cuales se resaltan helechos. En el área próxima a la zona de muestreo se observó cultivos de cítricos.		Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S.,2018



Tabla 5-4 Descripción puntos de muestreo AS3, AS4 y AS5


NOMBRE:		AS3 / QUEBRADA MONTEVIDEO	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1043692	
	Este	809133	
	Municipio	Belalcázar	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua superficial con rocas medianas y grandes, que generan pequeñas caídas de agua, a lo largo del río se observa una pequeña isla formada por rocas y sedimentos, el cuerpo de agua presenta buen flujo de agua y baja profundidad.		
			
		Fuente: SGI S.A.S.	
NOMBRE		AS4 / QUEBRADA LA HABANA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1051195	
	Este	815007	
	Municipio	Limite Belalcázar - Risaralda	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua superficial sin evidencia de actividad antrópica, no se observan vertimientos cercanos al punto de medición, presenta baja profundidad y bajo caudal, a su vez se observa abundante vegetación de tipo pastizal y acumulación de sedimentos en el fondo del cuerpo de agua.		
			
		Fuente: SGI S.A.S.	
NOMBRE		AS5 / QUEBRADA CARMINALES	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1056042	
	Este	822325	
	Municipio	Palestina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua parcialmente encajonado, algo abierto y de trayectoria lineal. Flujo de la corriente laminar. De material y rocas de gran tamaño. Agua turbia color café. No se evidencia perturbación antrópica. Alrededor del bosque de galería hay ganadería extensiva. En cuanto a la vegetación se evidencia la presencia de árboles de gran tamaño aproximadamente de 15 m. La orilla derecha del lugar está compuesta en un 70% por vegetación arbórea ubicado sobre una pendiente de 45°. Así mismo, entre más cerca al cuerpo de agua la vegetación disminuye el tamaño siendo los arbustos los que predominan.		
			
		Fuente: SGI S.A.S.	


Fuente: SGI S.A.S., 2018



Tabla 5-5 Descripción puntos de muestreo AS6, AS7 y AS8

NOMBRE:		AS6 / QUEBRADA HOYO FRIO	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1060809	
	Este	829996	
	Municipio	Manizales	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con presencia de rocas medianas y grandes, generando pequeños remolinos y caídas de agua, buen flujo de agua, baja profundidad, se observan resto de hojas y ramas sobre las piedras y en diferentes puntos del cuerpo de agua.		
NOMBRE		AS7 / QUEBRADA SANTA RITA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1064504	
	Este	835629	
	Municipio	Neira	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con presencia de abundante vegetación riparia con presencia de árboles, musgos y helechos, se observan caídas de agua por presencia de rocas medianas, presenta baja profundidad, y acumulación de sedimentos en el fondo del río, el cuerpo de agua es transparente.		
NOMBRE		AS8 / QUEBRADA LA HONDA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1072081	
	Este	844997	
	Municipio	Aranzazu	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado y meándrico, con material limoso. Se presenta pocas rocas. El flujo de la corriente es umbral (55%) y presenta pocos rápidos en su trayecto. El agua es color verde – gris algo turbia e inolora. Ancho: 4,50 m. Profundidad promedio: 0,24 m. El bosque de galería que bordea el cuerpo de agua se ha visto afectado por la intervención antrópica, siendo la orilla derecha aguas abajo la más afectada, con cultivos de jengibre. La vegetación herbácea es dominante. Se pueden evidenciar arboles de 10m de alto con presencia de epifitas en el lado izquierdo.		


Fuente: SGI S.A.S.


Fuente: SGI S.A.S.


Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018




Tabla 5-6 Descripción puntos de muestreo AS9, AS10 y AS11

NOMBRE:		AS9 / QUEBRADA POPLÁPO	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1076874	
	Este	850023	
	Municipio	Salamina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua angosto con vegetación de tipo pastizal entre el cuerpo de agua, muy baja profundidad y bajo caudal, acumulación de sedimentos en ambos costados del rio, en este cuerpo de agua se observa captación.		
			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		AS10 / QUEBRADA LA LIRA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1077481	
	Este	859389	
	Municipio	Marulanda	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado y meándrico. El material es rocoso en los rápidos y en los lentos es arenoso. Abundante material particulado fino sedimentado. El cauce tiene un corredor en cada lado de 5 m de ancho. Esta vegetación es arbustiva. El lado derecho colinda con potreros cuya vegetación son podaceas. En el lado izquierdo colinda con una carretera. Se evidencian musgos. Ancho: 1,50 m. Profundidad: 0,09 m.		
			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		AS11 / QUEBRADA EL SALADO	
TIPO DE MUESTRA	NATURAL LOTICO		
Coordenadas	Norte	1072789	
	Este	868386	
	Municipio	Marulanda	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Caudal encajonado y meándrico. Material tipo rocoso con presencia de poca arena. Agua turbia y de alta velocidad con pendiente media. Flujo laminar principalmente de tipo umbral con presencia de hoyas, pocos laminares. Poca materia orgánica en el cuerpo de agua. El punto se encuentra en un parche conservado. Se evidencia abundancia en herbáceas arbustos y árboles. Ancho: 11,0 m. Profundidad: 0,3 m.		
			
FUENTE: SGI S.A.S.			

Fuente: SGI S.A.S., 2018






Tabla 5-7 Descripción puntos de muestreo AS12, AS13 y AS14

NOMBRE:		AS12 / QUEBRADA LA FLORIDA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1069001	
	Este	872961	
	Municipio	Manzanares	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con presencia de grandes rocas con presencia de musgo sobre estas, caídas de agua, buen flujo de agua, baja profundidad, abundante vegetación de tipo arbórea, el agua es transparente lo que permite observar el fondo del río.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		AS13 / QUEBRADA CRUZ GORDA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1061681	
	Este	880892	
	Municipio	Fresno	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado, meándrico y con flujo de laminar. Material rocoso con muy poca arena de color café-verdoso. Ancho: 2,0 m. Profundidad promedio: 0,10 m. A la orilla izquierda del punto de muestreo se encuentran cultivos de aguacate, papaya, plátano, casas y una vía. En esta orilla la cobertura vegetal más sobresaliente es de tipo arbustivo. Al lado derecho hay presencia de arbustos y pocos árboles.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		AS14 / QUEBRADA ZANCUDERA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1058053	
	Este	883464	
	Municipio	Limite Fresno - Herveo	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado, meándrico. Suelo de material arenoso brillante (Pirita) y rocas de gran tamaño. Es un cuerpo de agua escalonado en un 60%. En la orilla izquierda se observa mayoritariamente arbustos. En la orilla derecha se observa una cobertura vegetal más conservada con presencia de árboles de gran tamaño y arbustos. Alrededor del punto de muestreo se observan cultivos de café y plátano. Colinda con una vía. Ancho: 2,70 m. Profundidad promedio 0,10 m.		Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018


Tabla 5-8 Descripción puntos de muestreo AS15, AS16 y AS17


NOMBRE:		AS15 / QUEBRADA SANTA ROSA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1049696	
	Este	890836	
	Municipio	Casabianca	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado meándrico. Material del suelo principalmente rocoso. Agua traslúcida e inolora. El flujo laminar. Las orillas del cuerpo de agua son similares y predomina la cobertura vegetal arbustiva, se observan pocos árboles y herbáceas. Alrededor del parche se encuentra cultivo de café. Es un lugar bastante conservado, no observa perturbación directa. Ancho: 1,30 m. Profundidad promedio 0,05 m.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		AS16 / QUEBRADA LA HONDA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1043566	
	Este	902359	
	Municipio	Armero Guayabal	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con tonalidad levemente grisácea, vegetación riparia, caída de agua entre piedras grandes, es un cuerpo de agua bastante angosto, se observa captación del cuerpo de agua.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		AS17 / QUEBRADA GARCÍA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1037689	
	Este	905422	
	Municipio	Lérida	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con baja profundidad y bajo caudal, pequeñas caídas de una entre rocas medianas y pequeñas, bajo flujo de agua, vegetación con follaje, tonalidad grisácea, presencia de musgo en las rocas, hojarasca y ramas en ambos costados del cuerpo de agua.		Fuente: SGI S.A.S.




Fuente: SGI S.A.S., 2018

**Tabla 5-9 Descripción puntos de muestreo AS18, AS19 y AS20**




NOMBRE:		AS18/ QUEBRADA LAS PALMAS	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1029175	
	Este	913718	
	Municipio	Lérida	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con tonalidad café clara, abundante vegetación riparia, se observa restos de madera, hojas secas en el agua, presenta una profundidad media y flujo de agua medio, se evidencia acumulación de sedimento en el fondo del cuerpo de agua.		
Fotografía de monitoreo			
Fuente:		SGI S.A.S.	

NOMBRE		AS19 / QUEBRADA GARRAPATA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1021441	
	Este	919474	
	Municipio	Ambalema	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado meándrico. Material del suelo principalmente arenoso de color café claro, en pequeña proporción se evidencian pequeñas rocas. Cuerpo de agua con poco movimiento. Agua de color traslúcida e inolora. Flujo laminar. Predomina la cobertura vegetal principalmente arbustiva y en menor medida arbórea. Alrededor del parche se observa ganadería y cultivos de arroz. Se presentan basuras. Es un lugar bastante deforestado.		
Fotografía de monitoreo			
Fuente:		SGI S.A.S.	

NOMBRE		AS20 / QUEBRADA LA HONDA PEQUEÑA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1014439	
	Este	932988	
	Municipio	Pulí	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo se encuentra entre plantaciones de café, plátano y heliconias, la profundidad del cuerpo de agua es bastante baja, presenta flujo constante de agua, sin embargo este es bajo, presenta tonalidad grisácea.		
Fotografía de monitoreo			
Fuente:		SGI S.A.S.	

Fuente: SGI S.A.S., 2018

Tabla 5-10 Descripción puntos de muestreo AS21, AS22 y AS23

NOMBRE:		AS21/ QUEBRADA AGUA BLANCA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1011931	
	Este	946855	
	Municipio	Quipile	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El cuerpo de agua presenta rocas grandes y medianas que generan pequeñas caídas de agua, abundante vegetación con gran follaje, el flujo de agua es medio a pesar de su poca profundidad.		
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		AS22 / QUEBRADA CAUCHERA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1008728	
	Este	957477	
	Municipio	La Mesa	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El cuerpo de agua presenta rocas grandes y medianas que generan pequeñas caídas de agua, abundante vegetación con gran follaje, el flujo de agua es medio a pesar de su poca profundidad.		
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		AS23 / QUEBRADA LAS ZUNIAS	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1004004	
	Este	967097	
	Municipio	San Antonio del Tequendama	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado, recto. Material del suelo rocoso y arcilloso y rocas de pequeño tamaño. Agua de color transparente inolora. Flujo laminar. Las orillas del cuerpo de agua similares. La cobertura vegetal principal es arbustiva, se resalta la presencia de bambú. La vegetación herbácea (podaceas) llega al cuerpo de agua. Poca hojarasca, presencia de troncos sobre el cuerpo de agua. Zona bastante intervenida. Se observa ganadería extensiva y piscicultura. El cuerpo de agua es usado para captación y vertimiento. Ancho: 1.60 m. Profundidad promedio : 0.05 m.		
Fuente: SGI S.A.S.			




Fuente: SGI S.A.S., 2018


**Tabla 5-11 Descripción puntos de muestreo AS24 y AS25**

NOMBRE:		AS24/ QUEBRADA LA PLAYA	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	1000709	
	Este	971451	
	Municipio	San Antonio del Tequendama	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua encajonado, meándrico. Material del suelo rocoso. Agua de color transparente inolora. Flujo laminar. La cobertura vegetal principal es arbustiva. La vegetación herbácea (podaceas) llega al cuerpo de agua. Poca hojarasca. El punto se encuentra inmerso en una zona bastante intervenida. Se observa ganadería. Usado para vertimiento. Presencia de basuras. Ancho: 1 m. Profundidad promedio: 0.05 m.		

NOMBRE		AS25 / QUEBRADA AFLUENTE - DIRECTA RIO BOGOTÁ	
Tipo de muestra	Natural lotico		
Coordenadas	Norte	997760	
	Este	977029	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	Cuerpo de agua con rocas grandes y medianas y presencia de musgos en estas, abundante vegetación riparia y presencia de hojarasca, se evidencia buen flujo de agua.		



Fuente: SGI S.A.S.



Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018

#### 5.1.7.1.2 Trabajo de campo y de laboratorio (muestreo fisicoquímico y bacteriológico)

Durante el trabajo de campo se realizaron tomas de muestras puntuales de agua superficial, teniendo en cuenta los requerimientos de preservación y transporte para cada parámetro a analizar. Así mismo, se llevaron a cabo mediciones in situ de parámetros como: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. En la Tabla 5-12, se resume la información correspondiente al trabajo de campo realizado, indicando el tipo de preservación, envase utilizado y tiempo máximo de análisis para los parámetros a caracterizar.

**Tabla 5-12 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras**

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	VOLUMEN MÍNIMO (ML)	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS
Sólidos Suspendidos Totales	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	7 días
Sólidos sedimentables	Plástico o vidrio	1000	Refrigerar	7 días
Temperatura	N/A	-	Analizar de inmediato	15 minutos

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	VOLUMEN MÍNIMO (ML)	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS
pH	Plástico o vidrio	50	Analizar de inmediato	2 horas
DQO	Plástico o vidrio	100	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2 y refrigerar	28 días
DBO (5 días)	Plástico o vidrio	100	Refrigerar ≤ 6°C Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2	28 días
Aceites y Grasas	Vidrio de boca ancha	1000	Agregar HCl hasta pH<2 y refrigerar	28 días
Alcalinidad total	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	24 horas
Dureza total	Plástico o vidrio	100	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Oxígeno disuelto	Vidrio, botella Winkler	300	Analizar de inmediato	30 minutos
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	500	Refrigerar	28 días
Coliformes Totales	Vidrio	250	Material estéril Refrigerar ≤ 6°C	6 horas
Coliformes Fecales	Vidrio	250	Material estéril Refrigerar ≤ 6°C	6 horas
Fósforo total	Plástico o Vidrio	250	Refrigerar ≤ 6°C-Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2	28 días
Nitrogeno total	Plástico	250	Refrigerar ≤ 6°C-Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2	28 días
Turbidez	Plástico	1000	Refrigerar	7 días

Fuente: SGI S.A.S., 2018

Posterior a la toma y envío de muestras al laboratorio, se procedió al análisis de las mismas, para cada uno de los parámetros físicos-químicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos y técnicas analíticas que se indican en la Tabla 5-13.

**Tabla 5-13 Técnica analítica utilizada en la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	<i>in-situ</i>	LABORATORIO
Unidades de pH	pH	SM 4500-H+ B	X	
°C	Temperatura	SM 2550 B	X	
mg/L - O <sub>2</sub>	Oxígeno disuelto, electrodo	EPA 360-3	X	
μS/cm	Conductividad Eléctrica a 25 °C	SM 2510 B	X	
mg/L	Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D		X
mL/L	Sólidos sedimentables	SM 2540 F		X
mg/L	DBO (5 días)	SM 5210 B, 4500-O G		X
mg/L	DQO	SM 5220 D		X
mg/L	Aceites y Grasas	SM 5520 C		X
Mg P/L	Fósforo Total	SM 4500-PB,E		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Alcalinidad Total	SM 2320 B		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Dureza total	SM 2340 C		X
NTU	Turbidez	Nefelométrico		X
mg N-mg/L	Nitrógeno total	Calculo		X
NMP/100 ml	Coliformes Totales	SM 9223 B		X
NMP/100 ml	Coliformes Fecales	SM 9223 B		X

Fuente: SGI S.A.S., 2018



### 5.1.7.1.3 Resultados muestreo fisicoquímico y bacteriológico

La calidad del agua superficial se analiza teniendo en cuenta la Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por medio la cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se considera el Capítulo 3 - Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos, dentro del cual se tiene la Sección 9 - Disposiciones Transitorias.

Estas se basan en el Decreto 3930 de 2010, que reglamenta los usos del agua y determina demás disposiciones relacionadas con este recurso. Para el presente estudio se tienen en cuenta los artículos 2.2.3.3.9.3. - 2.2.3.3.9.4. - 2.2.3.3.9.5. - y 2.2.3.3.9.10 de la Resolución 1076 de 2015, que hacen referencia a los límites permisibles para el uso del agua con fines domésticos, de consumo, agropecuarios y para preservación de flora y fauna.

El uso del agua para consumo humano y doméstico, hace referencia, según lo estipulado por dicho Decreto, a su empleo en actividades como fabricación o procesamiento de alimentos, bebida directa y satisfacción de necesidades domésticas, tales como higiene personal y limpieza. Por otro lado, el uso del agua para preservación de flora y fauna, se refiere a su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados. Por uso agrícola, se entiende su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.

Del muestreo realizado en el área de influencia del proyecto segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV-UPME 07 2016 se obtuvieron en total 25 muestras para análisis fisicoquímico en la época de lluvias y 24 muestras en la época seca, ya que el punto AS25- Quebrada Afluente -Directa Rio Bogotá se encontraba seco al momento del segundo monitoreo (Tabla 5-14 y Tabla 5-15).

**Tabla 5-14 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles  
 (Decreto 1076/2015) para la época de lluvias**

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-03448	M18-03544	M18-03447	M18-03589	M18-03452	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		15/03/2018	12/03/2018	15/03/2018	14/03/2018	14/03/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		09:47	09:46	11:38	11:30	09:46				
COORDENADA		E: 801613 N: 1028956	E: 803353 N: 1032952	E: 809133 N: 1043692	E: 815039 N: 1051250	E: 822302 N: 1056058	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
PARÁMETRO	UNIDADES	AS1 / QUEBRADA GRANDE	AS2 / QUEBRADA EL GUÁSIMO	AS3 / QUEBRADA MONTEVIDEO	AS4 / QUEBRADA LA HABANA	AS5 / QUEBRADA CARMINALES	2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola.	2.2.3.3.9.10. Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	21,5	20,8	21,4	23,8	23,4	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<10	<10	<10	<10	65	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1660	144,6	280	198	210	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,75	7,98	8,05	8,21	7,75	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	2,26	7,88	1,02	0,86	2,07	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	5,7	6,8	8,5	4,9	7,1	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<10	12,27239621	<10	<10	16,27822287	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	6,81	<3	<3	8,75	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	1,677515	<1	<1	1,301715	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	69,5	73,073	122,64	90,076875	70,007	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	20	<10	<10	<10	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	17 329	41	2 010	487	6 586	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m <sup>3</sup> /s	0,889	0,22	0,671	0,036	7,566	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	40,36	33,297	109,98	82,738	50,45	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



CODIGO DE MUESTRA		M18-03451	M18-03450	M18-03449	M18-03231	M18-03104	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		14/03/2018	14/03/2018	14/03/2018	13/03/2018	12/03/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		10:33	11:20	08:23	13:15	08:00				
COORDENADA		E: 829996 N: 1060809	E: 835676 N: 1064517	E: 844997 N: 1072081	E: 850023,39 N: 1076874	E: 859399 N: 1077481	ARTICULO 2.2.3.3.9.3.	ARTICULO 2.2.3.3.9.4.	ARTICULO 2.2.3.3.9.5.	ARTICULO 2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS6 / QUEBRADA HOYO FRIO	AS7 / QUEBRADA SANTA RITA	AS8 / QUEBRADA LA HONDA	AS9 / QUEBRADA POPLÁPO	AS10 / QUEBRADA LA LIRA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	22,7	18,9	17,5	15,7	11,1	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	38	<10	<10	<10	<10	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	171	129	81,1	397	71,7	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,4	7,84	8,84	7,76	9,27	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	24	1,14	1,84	0,65	3,55	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O2	6,9	7,2	8,5	7,9	8,1	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<10	14	10,26948288	14,275	27,49453751	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	4,42	7	6,28	8,23	18,01	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	4,20505	<1	1,950675	6,205	<1	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO3/L	82,271	38,84	28,616	<10	21,973	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	<10	<10	<10	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	43 520	301	14 136	1 379	153	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	1,847	0,069	0,129	0,028	0,657	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO3/L	91,819	28,25	12,108	<7	84,756	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.

CODIGO DE MUESTRA		M18-03108	M18-03107	M18-03590	M18-03588	M18-03692	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		13/03/2018	13/03/2018	15/03/2018	15/03/2018	18/03/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		10:33	11:20	08:23	13:15	08:00				
COORDENADA		E: 868290	E: 872961	E: 880872	E: 883478	E: 890836	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1072798	N: 1069001	N: 1061714	N: 1058178	N: 1049696	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS11 / QUEBRADA EL SALADO	AS12 / QUEBRADA LA FLORIDA	AS13 / QUEBRADA CRUZ GORDA	AS14 / QUEBRADA ZANCUDERA	AS15/ QUEBRADA SANTA ROSA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	12,2	13,3	17,1	16,9	17,7	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10	<10	24	<10	<10	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1024	39,7	34	43,5	34	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,69	8	8,84	8,58	8,23	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	0,97	0,33	3,15	1,68	1,41	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	8,2	8,5	8,2	8,1	7,5	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	17,0793882	<10	<10	11,07064822	<10	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	10,075	<3	<3	6,014	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	30,66	<10	<10	<10	12,35	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	<10	<10	<10	86	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	110	313	465	3 654	1 664	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	6,278	0,273	4,5	2,91	2,67	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	12,108	<7	65,59	62,558	8,07	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.

CODIGO DE MUESTRA		M18-03693	M18-03694	M18-03695	M18-03791	M18-03792	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		19/03/2018	20/03/2018	21/03/2018	22/03/2018	24/03/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		08:30	16:10	10:30	15:20	15:30				
COORDENADA		E: 902359	E: 905422	E: 913765	E: 919437	E: 932988	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1043560	N: 10337685	N: 1029159	N: 1021559	N: 1014439	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS16/ QUEBRADA LA HONDA	AS17/ QUEBRADA GARCÍA	AS18/ QUEBRADA LAS PALMAS	AS19/ QUEBRADA GARRAPATA	AS20/ QUEBRADA LA HONDA PEQUEÑA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	20,8	24,2	27,2	31	19,4	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10	<10	12	58	21	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	48,6	182,1	289	270	360	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,68	6,89	7,25	6,18	7,57	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	5,03	15,6	1,64	10,1	16,8	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	7,2	5,5	6,8	6,3	6,4	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	1,10601	<1	<1	2,26823	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	21,103725	82,870725	94,7094	74,64	12,8625	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	520	<10	20	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	155	29 240	23 820	776	6 200	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	0,049	0,315	16,4	11	0,08	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	8,5765	68,612	94,846	95,86	12,108	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



CODIGO DE MUESTRA		M18-03793	M18-03794	M18-03795	M18-05354	M18-03864	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		28/03/2018	29/03/2018	01/04/2018	05/06/2018	03/04/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		09:30	10:40	10:30	14:00	14:02				
COORDENADA		E: 946855	E: 957504	E: 967332	E:971451	E: 977453	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1011931	N: 1008741	N: 100365	N: 1000709	N:997758	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS21/ QUEBRADA AGUA BLANCA	AS22/ QUEBRADA CAUCHERA	AS23/QUEBRADA LAS ZUNIAS	AS24 / QUEBRADA LA PLAYA	AS25/ QUEBRADA AFLUENTE - DIRECTA RIO BOGOTÁ	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	19,6	23,1	19,8	20,8	18,8	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	87	73	12	15	24	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	775	1474	525	2160	160	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	6,82	6,93	6,8	8,19	7,7	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	27,5	14,7	32,4	6,35	8,64	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	5,8	5,3	7,4	8,75	7,3	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<10	<10	12,67297888	<35	<10	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	<3	7,2695	8,27	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	0,377334277	0,3	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	<1	<1	1,386881443	<1	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	178,61	163,68255	96,7683	40,14855	60,74	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	100	<10	1 320	10	1 460	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>241 960	200	46 110	5 172	111 990	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	0,18	0,03	4	0,071	1,47	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	413,69	948,46	197,764	75,375	107,96	NA	NA	NA	NA

N.º.: No establecido. \*\*Requiere tratamiento convencional. \*Requiere desinfección.

Fuente: SGI S.A.S., 2018

**Tabla 5-15 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles  
 (Decreto 1076/2015) para la época seca**

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08045	M18-08046	M18-08047	M18-08048	M18-08049	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		25/08/2018	25/08/2018	26/08/2018	27/08/2018	27/08/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		09:00	11:20	12:40	10:40	16:20				
COORDENADA		E: 801613 N: 1028956	E: 803353 N: 1032952	E: 809133 N: 1043692	E: 815039 N: 1051250	E: 822302 N: 1056058	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
PARÁMETRO	UNIDADES	AS1 / QUEBRADA GRANDE	AS2 / QUEBRADA EL GUÁSIMO	AS3 / QUEBRADA MONTEVIDEO	AS4 / QUEBRADA LA HABANA	AS5 / QUEBRADA CARMINALES	2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola.	2.2.3.3.9.10. Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	21,6	22,5	21,5	22,1	26	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendedidos Totales	mg/L	<10	<10	<10	<10	13	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	155	200	272	216	192	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	6,31	7,42	7,34	7,69	7,2	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	16	10,2	14,6	17,8	15,5	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	8,4	8,2	8,3	8,4	7,2	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<35	49,948	52,975	36,83	<35	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	17,1585	14,88	17,329	16,1045	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	1,5884	1,8399	<1	<1	1,982	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	66,429	93,6045	112,728	93,6045	68,442	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	100	1790	20	119	410	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1750	8300	9880	1246	5200	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m <sup>3</sup> /s	0,136	0,041	0,071	0,435	0,552	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	42,828	69,222	121,512	96,114	62,748	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08252	M18-08253	M18-08254	M18-08255	M18-08256	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		29/08/2018	28/08/2018	30/08/2018	31/08/2018	31/08/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		10:20	13:30	12:00	14:30	08:30				
COORDENADA		E: 829996	E: 835676	E: 844997	E: 850023,39	E: 859399	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1060809	N: 1064517	N: 1072081	N: 1076874	N: 1077481	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS6 / QUEBRADA HOYO FRIO	AS7 / QUEBRADA SANTA RITA	AS8 / QUEBRADA LA HONDA	AS9 / QUEBRADA POPLÁPO	AS10 / QUEBRADA LA LIRA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	23,5	20,9	20,2	15,2	15,7	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	303	272	718	700	723	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,13	7,08	7,2	6,02	6,4	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	4,39	1,37	2,41	4,89	5,76	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O2	7,1	5,5	8,4	8,6	7,7	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<35	<35	<35	<35	<35	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	7,3811	<3	<3	<3	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	<1	8,469	<1	1,02375	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO3/L	108,703	116,394	32,816	47,173	30,765	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	30	52	10	<10	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1597	364	226	40	201	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	0,049	0,003	0,38	0,002	0,068	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO3/L	147,408	122,508	22,41	43,824	16,932	NA	NA	NA	NA



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08257	M18-08258	M18-08472	M18-08473	M18-08474	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		01/09/2018	02/09/2018	03/09/2018	03/09/2018	04/09/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		14:50	12:00	10:30	16:00	11:00				
COORDENADA		E: 868290	E: 872961	E: 880872	E: 883478	E: 890836	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1072798	N: 1069001	N: 1061714	N: 1058178	N: 1049696	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS11 / QUEBRADA EL SALADO	AS12 / QUEBRADA LA FLORIDA	AS13 / QUEBRADA CRUZ GORDA	AS14 / QUEBRADA ZANCUDERA	AS15/ QUEBRADA SANTA ROSA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	14	16,4	19,4	17,7	19,4	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10	<10	13	10	10	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	98	58,3	37,2	56	237	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	6,52	7,07	7,23	7,09	6,46	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	2,8	2,49	0,92	1,91	2,54	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	6,2	8,62	8,5	6,6	10,8	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<35	<35	<35	<35	<35	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	33,8415	32,30325	12,81875	23,5865	11,2805	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	<10	<10	<10	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	132	19863	41	72	315	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	3,676	0,028	0,085	4,929	0,02	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	20,418	21,414	8,466	15,438	10,458	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08475	M18-08476	M18-08477	M18-08478	M18-08479	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		05/09/2018	05/09/2018	06/09/2018	06/09/2018	07/09/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		10:00	13:45	09:00	14:00	08:00				
COORDENADA		E: 902359	E: 905422	E: 913765	E: 919437	E: 932988	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1043560	N: 10337685	N: 1029159	N: 1021559	N: 1014439	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS16/ QUEBRADA LA HONDA	AS17/ QUEBRADA GARCÍA	AS18/ QUEBRADA LAS PALMAS	AS19/ QUEBRADA GARRAPATA	AS20/ QUEBRADA LA HONDA PEQUEÑA	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	20,9	29,4	26,2	25,3	21,3	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<10	<10	27	<10	<10	NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	645	219	309	243	325	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,66	7,17	7,6	8,47	6,86	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	7,87	2,49	820	6,39	3,7	NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	5,1	4,3	6,8	8,5	8,1	NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<35	<35	<35	<35	<35	NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4	<4	NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	<1	3,35	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	23,59	97,94	93,83	60,5	122,03	NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	<10	145	390	<10	2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	63	341	275	1311	97	20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	0,00076	0,001	0,641	0,303	0,001931	NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	14,94	63,74	85,16	63,74	79,18	NA	NA	NA	NA

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08480	M18-08481	M18-08482	M18-08483	M18-08484	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015			
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		07/09/2018	08/09/2018	08/09/2018	09/09/2018	09/09/2018				
HORA DE TOMA DE MUESTRA		14:20	10:00	15:00	08:15	14:20				
COORDENADA		E: 946855	E: 957504	E: 967332	E: 971451	E: 977453	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1011931	N: 1008741	N: 100365	N: 1000709	N: 997758	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.	2.2.3.3.9.10.
PARÁMETRO	UNIDADES	AS21/ QUEBRADA AGUA BLANCA	AS22/ QUEBRADA CAUCHERA	AS23/QUEBRADA LAS ZUNIAS	AS24 / QUEBRADA LA PLAYA	AS25/ QUEBRADA AFLUENTE - DIRECTA RIO BOGOTÁ	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.	Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.
Temperatura	°C	20,9	21,6	21,2	17,9	Punto Seco	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	13	200	25	17		NA	NA	NA	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	0,1		NA	NA	NA	NA
Conductividad Eléctrica	µS/cm	439	1248	411	250	Punto Seco	NA	NA	NA	NA
pH	unidades	7,64	7,45	6,86	7,76		5_9	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Turbidez	NTU	4,41	80,4	2,48	4,88		NA	190	NA	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	8,8	5,5	6,1	6,9		NA	NA	NA	5
DQO	mg/L	<35	40,23	<35	<35		NA	NA	NA	NA
DBO (5 días)	mg/L	<3	<3	<3	<3		NA	NA	NA	NA
Fósforo total	mg P/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		NA	NA	NA	NA
Nitrógeno Total	mg N- mg/L	<4	<4	<4	<4		NA	NA	NA	NA
Aceites y Grasas	mg/L	1,4	<1	<1	<1		NA	NA	NA	NA
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	223,05	210,74	117,42	48,71		NA	NA	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	148	72	10	<10		2000	NA	1000	NA
Coliformes Totales	NMP/100 ml	282	4884	473	31		20000**	1000*	5000	NA
Caudal - Aforo con Molinete	m³/s	0,018	ND	0,025	0,006		NA	NA	NA	NA
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	163,34	830,66	198,2	75,2		NA	NA	NA	NA

N.E.: No establecido. \*\*Requiere tratamiento convencional. \*Requiere desinfección.

Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### 5.1.7.1.4 Análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados

Las diferentes determinaciones de concentraciones obtenidas a partir de los análisis de laboratorio se expresaron en las unidades de medida respectivas y se presentaron en tablas incluyendo la norma aplicable respectiva. Posteriormente se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas y se realizó una comparación con los criterios establecidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; así como la relación existente entre parámetros. Igualmente se compararon los resultados obtenidos entre los cuerpos hídricos evaluados para las dos épocas climáticas y este a su vez con los usos potenciales del agua. Para integrar la información y corroborar el estado actual del recurso en el área estudiada se incluyen los índices de calidad del agua y de contaminación, los cuales se presentan a continuación.

##### a. Parámetros *in situ*

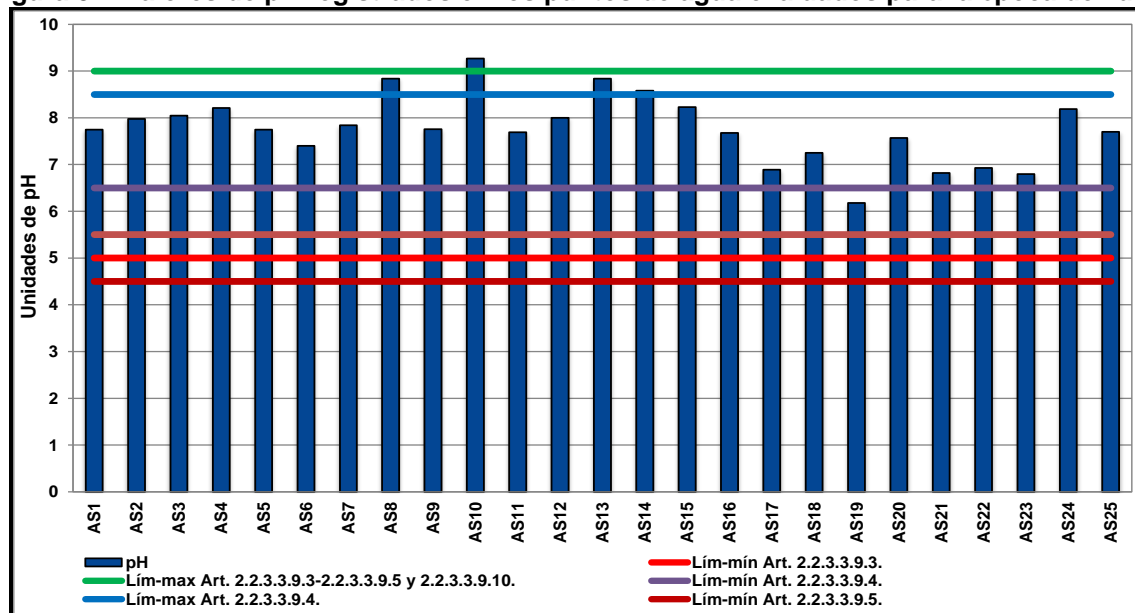
- pH

Durante el muestreo realizado se tomó información de parámetros *in situ*, entre los que se encuentran el pH, este parámetro es relevante. El **pH** es una abreviatura para representar el potencial de hidrogeniones del agua, estando íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. Es de mencionar que en general este parámetro puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio de CO<sub>2</sub> con el aire (Roldán, 2003). Así, las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. En cuanto al pH, la presencia de carbonatos, fosfatos y de iones similares confieren al agua un efecto tampón, de modo que, si se adiciona un ácido o una base en tales condiciones, no causa mayor efecto en el pH (Londoño, 2006).

Este parámetro presentó una variación entre los cuerpos de agua monitoreados evidenciando valores comprendidos entre 6,17 unidades (AS19-Quebrada Garrapata) y 9,27 unidades (AS10-Quebrada la Lira) para la época de lluvia (Figura 5-2), todos los puntos cumplen la normatividad, a excepción del punto AS19 correspondiente a la quebrada Garrapata que se encuentra por debajo del límite mínimo permisible de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.9.4 “Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico”, presentando un pH ligeramente ácido.

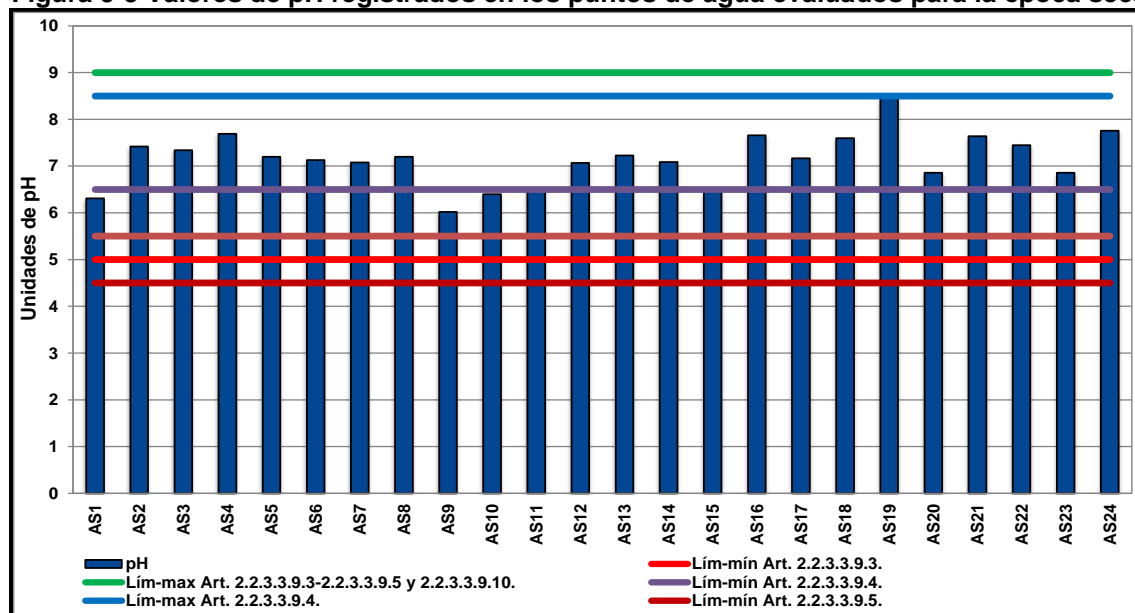
Por su parte, para la época seca se presenta un pH entre 6,02 unidades (AS9-Quebrada Poplápo) y 8,47 unidades (AS19- Quebrada Garrapata) (Figura 5-3), evidencian que los puntos de muestreo tienden a presentar pH de neutros a levemente alcalinos, sin embargo los puntos AS1 y AS9 presentan tendencia levemente ácida para esta época, además de encontrarse por debajo del límite mínimo para el artículo 2.2.3.3.9.4 “Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico”.

**Figura 5-2 Valores de pH registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

**Figura 5-3 Valores de pH registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Por otra parte, para la época de lluvia los puntos; correspondiente a AS8-Quebrada la Honda, AS13-Quebrada Cruz gorda y AS14-Quebrada Zancudera, exceden el máximo permisible para Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico, presentando pH alcalino, mientras que el punto AS10 correspondiente a la

Quebrada La Lira presenta 9,27 unidades de pH siendo agua muy alcalina que perjudica la vida acuática, sobrepasando los límites del Decreto Único Reglamentario Sector Ambiental 1076/15 para Desinfección, tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico, uso agrícola, preservación de la flora y fauna, por lo que si estos puntos de agua se pretenden utilizar para consumo humano deben ser previamente tratados, mientras que para la época seca no se registra que ningún punto sobre pase los límites máximos de la normatividad vigente.

#### ▪ Temperatura

Los valores de temperatura de las 25 muestras recolectadas durante el monitoreo de la época de lluvia se encuentran en un rango de 11,1 °C (AS10-Quebrada la Lira) a 31 °C (AS19-Quebrada Garrapata) y para la época seca de 14 °C (AS11-Quebrada el Salado) a 29,4 °C (AS17-Quebrada García) (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), este parámetro se ve influenciado directamente por la temperatura ambiente de la zona de estudio, valores que se encuentran relacionados con la temperatura ambiente del área. Estas condiciones son propicias para el establecimiento de microorganismos mesófilos y para una disolución de oxígeno aceptable, permitiendo el desarrollo adecuado de los procesos biológicos en cuerpos de agua como los evaluados. Las pequeñas variaciones pueden estar dadas por la hora de muestreo y las condiciones propias de cada punto de muestreo, como por ejemplo la altura de la lámina de agua (Romero, 1995).

#### ▪ Conductividad

La conductividad indica la capacidad del agua para conducir la electricidad siendo un indicativo indirecto de la presencia de sales disueltas y sólidos disueltos. En este orden de ideas este parámetro en las aguas naturales se puede ver influenciado por diferentes condiciones del terreno como la solubilidad de las rocas y las sales presentes en el suelo aledaño a los cuerpos de agua. Las muestras analizadas en la época de lluvias presentan valores de conductividad entre 34 y 360  $\mu\text{S/cm}$ , indicando que la movilidad de iones disueltos se encuentran en rango adecuado acorde a las características de los cuerpos de agua monitoreados, sin embargo los puntos AS1, Quebrada Grande, AS11, Quebrada el Salado, AS22, Quebrada Cauchera y AS24, Quebrada La Playa se reportan 1660  $\mu\text{S/cm}$ , 1024  $\mu\text{S/cm}$ , 14740  $\mu\text{S/cm}$  y 2160  $\mu\text{S/cm}$  respectivamente, lo cual evidencia la alta mineralización en los cuerpos de agua monitoreados, por lo que estos valores deben ser tenidos en cuenta por la comunidad al momento de querer utilizar el agua para diferentes usos, mientras que para la época seca se evidenciaron valores entre 37,2 y 439  $\mu\text{S/cm}$ , indicando que la movilidad de iones disueltos se encuentran dentro del rango adecuado, ya que la conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 y 350  $\mu\text{S/cm}$  y las diferencias observadas pueden ser producto de las condiciones geológicas y de lavado de las zonas adyacentes a cada punto (Elosegui y Pozo 1994; Beita-Sandí y Barahona-Palomo, 2010).

A excepción de los puntos AS8, AS9 y AS10, que comprenden los municipios de Aranzazu, Salamina y Marulanda del departamento de Caldas, que reportan valores entre 700  $\mu\text{S/cm}$  y 723  $\mu\text{S/cm}$  y el punto AS23, Quebrada Las Zunias, registra 1248  $\mu\text{S/cm}$  (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), esto representa alta mineralización en los cuerpos de agua monitoreados, evidenciando de esta manera una disminución de este parámetro, lo cual puede estar relacionado al lavado de las riveras lo cual trae consigo minerales que pueden influenciar para que se presenten mayores valores en la época de lluvias. Esta variable no tiene valores especificados en la normatividad, sin embargo, algunos autores reportan que la conductividad repercute en las diversidades de las especies, por lo que su medición en las corrientes superficiales es importante (Roldán, 2003).

#### ▪ Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (O.D.) es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. La fuente principal de O.D. es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los

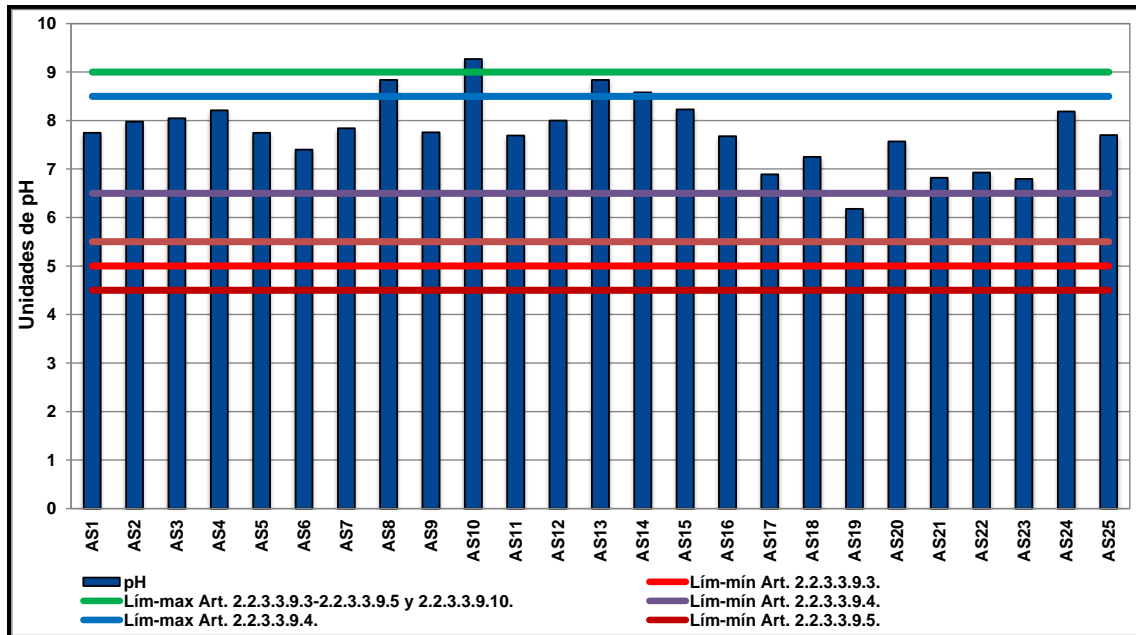
Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

lagos (Roldán, 2003). Otras fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008). En general las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida. En cuanto a la normatividad aplicable para usos del agua se tiene en cuenta el Decreto Único Reglamentario 1076/15 Art. 2.2.3.3.9.10, “Criterios de calidad para preservación de flora y fauna”.

Para el Oxígeno Disuelto se relaciona el límite inferior presentado en la normatividad (5 mg/L), para el cual se puede apreciar que la mayoría de valores obtenidos en la época de lluvias se encuentran por encima de este límite, por lo que la vida acuática puede desarrollarse gracias a la disponibilidad de oxígeno presente en el medio, además de evidenciar que la actividad bacteriana llevado a cabo en los cuerpos de agua no afecta la calidad del recurso, descomponiendo materia orgánica, sin agotar la concentración de oxígeno en el agua. Sin embargo, el resultado obtenido en el punto AS4- Quebrada la Habana (4,9 mg/l) no cumple con el límite mínimo para la época de lluvias (Figura 5-4), por lo que es necesario que los entes ambientales encargados de la calidad del recurso hídrico evalúen los procesos llevados a cabo en este cuerpo de agua, ya que pueden afectar la calidad del agua, al descomponerse la materia orgánica más lentamente, viéndose afectada la preservación de la fauna y flora.

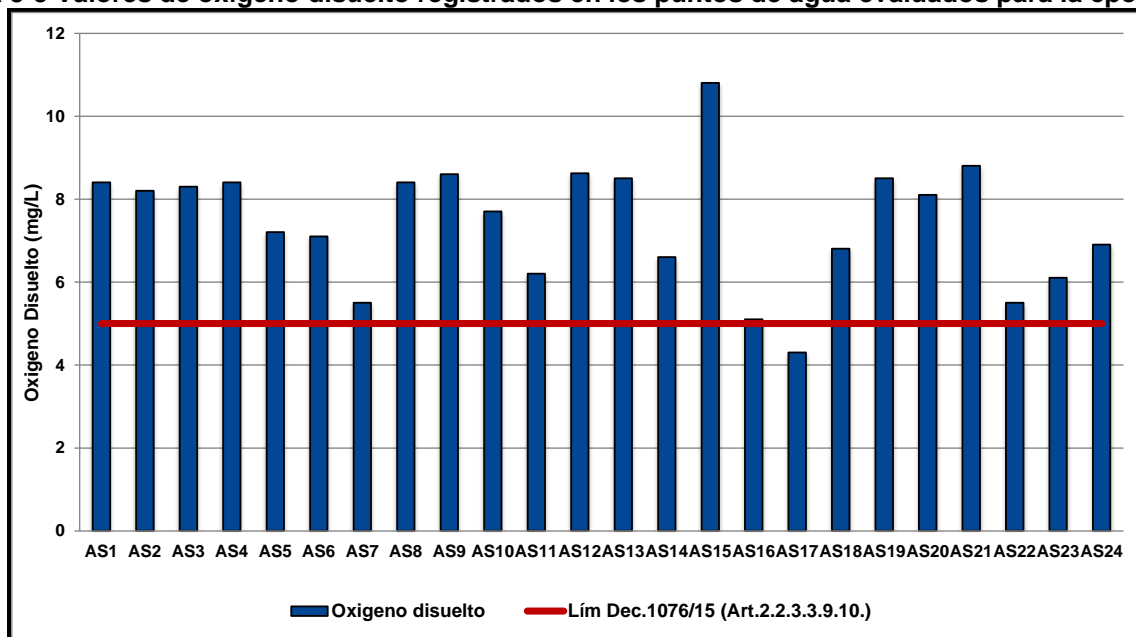
Mientras que para la época seca este parámetro evidenció concentraciones entre 5,10 mg/l O<sub>2</sub> para el punto AS16-Quebrada la Honda a 10,8 mg/l O<sub>2</sub> en AS15-Quebrada Santa Rosa (Figura 5-5), indicando buena disponibilidad de oxígeno para los organismos presentes en estas aguas y mostrando que el recurso hídrico de los cuerpos de agua evaluados no presentan afectación por procesos biológicos o químicos. Sin embargo, el punto AS17- Quebrada García (4,2 mg/L), se encuentra por debajo del límite normativo, lo que hace necesario registrar los procesos biológicos que se llevan a cabo dentro de este cuerpo de agua, para que los organismos que habitan en este no se vean afectados. Este parámetro no se ve afectado por la época climática sino por las características físicas y biológicas propias de cada cuerpo de agua evaluado, ya que hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático. Estos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana (Vernier, 2006).

**Figura 5-4 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Figura 5-5 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### ■ Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos sedimentables indican la cantidad de sedimentos depositados y son medidos en campo, la mayoría de los puntos de agua monitoreados registran valores por debajo del límite de cuantificación para las dos



épocas evaluadas, indicando que la cantidad de sedimentos decantados es baja, a excepción del punto AS23-Quebrada Las Zunias para la época de lluvias y a AS17-Quebrada García para la época seca, que reportan 0,3 mg/L (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), lo cual puede estar asociado con la carga de sedimentos aportados por el suelo al generarse desprendimiento de los mismos a consecuencia del movimiento de agua en la diferentes caídas de agua que se presentan en los puntos de monitoreo evaluados, como se evidencia en la descripción de las estaciones, mostrando así que no existe un cambio debido a la época climática sino a las características propias de cada cuerpo de agua evaluado y a las condiciones del momento del monitoreo.

Los Sólidos Suspendidos totales representan los sólidos que no pueden ser sedimentados, en el monitoreo, las muestras del municipio de Aranzazu, Caldas reportan en su totalidad valores inferiores al límite cuantificación, indicando que la cantidad de sólidos que se suspenden son bajos, los puntos AS18 a AS25, ubicados entre los departamentos de Tolima y Cundinamarca, reportan valores entre 12 mg/L a 87 mg/L, evidenciando la existencia de sólidos en suspensión condición presentada para la época de lluvias, mientras que para la época seca las concentraciones obtenidas en las muestras analizadas indican que los puntos ubicados en el departamentos de Risaralda y Caldas se encuentran por debajo del límite de cuantificación del laboratorio (<10 mg/L), mostrando que la cantidad de sólidos suspendidos encontrados en dichos cuerpos de agua no son significativos, para las estaciones del Departamento de Tolima la mayoría de los puntos se encuentran de igual manera por debajo del límite de cuantificación, a excepción de los puntos AS13 y AS27, que reportan 13 y 27 mg/L respectivamente, indicando una pequeña carga de sólidos suspendidos, mientras que el departamento de Cundinamarca registra valores entre 13 a 25 mg/L, sin embargo el Punto AS22-Quebrada Cauchera, registra 200 mg/L (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), lo que representa una elevada cantidad de sólidos que de forma natural no pueden ser sedimentados y se debe recurrir a procesos de tratamiento primario como filtración, este comportamiento de los sólidos suspendidos es considerado normal para las características de los cuerpos de agua monitoreados.

Tanto los sólidos sedimentables como sólidos suspendidos totales no cuentan con un valor límite dentro de la normatividad comparada, sin embargo, desde el punto de vista del consumo humano no es aconsejable destinar a este uso aguas con concentraciones superiores a los 1000 mg/L; y como se evidencia en las tablas de resultados ninguno de los puntos monitoreados supera esta concentración en ninguna de las dos épocas evaluadas.

#### b. Parámetros fisicoquímicos de laboratorio

##### • DBO<sub>5</sub> y DQO

La DBO<sub>5</sub> es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente; mientras que la DQO, es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua (Ayer et al., 2001 En: Hidalgo et al., 2003). Es posible considerar que concentraciones de DBO<sub>5</sub> superiores a 8 mg/L son propias de agua contaminada (Marín, 2009), indicando así una elevada presencia de materia orgánica en descomposición.

Para el presente estudio, la demanda bioquímica de oxígeno, en la época de lluvias reportó concentraciones bajas para 14 de las 25 estaciones evaluadas, evidenciando valores menores a límite de detección (<3 mg/L).

Por el contrario, las 11 estaciones restantes obtienen concentraciones que van desde 4,42 mg/L (AS6-Quebrada Hoyo Frio) hasta 18,01 mg/L (AS10-Quebrada la Lira). Los resultados obtenidos para los cuerpos de agua evaluados (AS5-Quebrada Carminales, AS9-Quebrada Poplápo, AS10-Quebrada la Lira y AS11-Quebrada el Salado) señalan que presentan contaminación por materia orgánica, ya que reportaron concentraciones mayores a 8 mg/L, mientras que para la época seca 19 de los 24 puntos evaluados evidencian concentraciones menores al

límite de cuantificación para la técnica analítica utilizada en su análisis, sin embargo los puntos AS2-Quebrada el Guasimo, AS3-Quebrada Montevideo, AS4-Quebrada la Habana, AS5-Quebrada Carminales y AS6-Quebrada Hoyo Frio, que comprenden el tramo de la línea de refuerzo proyectada desde La Virginia, Risaralda, hasta Neira, Caldas reportan una concentración de  $\text{DBO}_5$  entre 7,3811 mg/L a 17,329 mg/L (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), lo cual evidencia actividad microbiana en proceso de degradación de materia orgánica en tales cuerpos de agua, afirmando de esta manera que los cambios que registran los cuerpos de agua están relacionadas a las características físicas, químicas y biológicas de cada cuerpo de agua que a las épocas climáticas dadas en la zona del proyecto.

Por su parte, la demanda química de oxígeno exhibió valores menores al límite de detección del método ( $<10$  mg/L época de lluvias y  $<35$  mg/L época seca, cambio de límite de detección en el laboratorio SGI S.A.S) para la mayoría de las estaciones evaluadas, aunque para la época lluviosa nueve de los 25 puntos monitoreados evidencian concentraciones entre 10,27 a 27,49 mg/L (AS2, AS5, AS7 a AS11, AS14 y AS23) y para la época seca los cuerpos de agua AS2- Quebradas El Guasimo, AS3-Quebrada Montevideo, AS4-quebrada la Habana y AS22-Quebrada Cauchera se encuentran entre 36,830 mg/L a 52,975 mg/L (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), sin embargo estos valores no afectan la disposición de oxígeno disuelto ni la vida acuática.

Estos resultados sugieren la baja contaminación en los 25 cuerpos de agua evaluados, donde la concentración es menor al límite para la mayoría de estos, verificando análogamente la baja contaminación señalado por la demanda bioquímica de oxígeno, ya que según lo expuesto por Martínez (1998), la DQO puede alcanzar una concentración de 20 mg/L, condición que se reportó en 20 de las estaciones, los otros cinco (5) cuerpos de agua (AS2, AS3, AS4, AS10 y AS22) evidencian aguas superficiales medianamente contaminadas, las cuales de acuerdo con la relación entre la  $\text{DQO}_5$  y la  $\text{DBO}$ , indican que los puntos evaluados presentan materia orgánica biodegradable.

La  $\text{DBO}_5$  y la DQO están relacionadas directamente al detectar el material orgánico a degradar y a oxidar respectivamente, por lo que los mismos puntos reportados por debajo y por encima del límite de cuantificación de  $\text{DBO}_5$  se registran para DQO, cumpliéndose la relación entre estos dos parámetros. Referente a la normatividad aplicada, ambos parámetros no presentan límite normativo.

#### ■ Grasa y Aceites

En los cuerpos de agua de tipo natural la presencia de grasas y aceites se atribuye principalmente a actividades antrópicas con los residuos generados a partir grasas animales y/o vegetales, estos se presentan en forma de espumas y/o capa de grasa. 17 de los 25 cuerpos de agua monitoreados reportan valores por debajo del límite de cuantificación ( $<1$  mg/L) en las dos épocas climáticas evaluadas, sin embargo los puntos AS2, AS5, AS6, AS8, AS9, AS17, AS20, AS24, presentan valores entre 1,106 mg/L y 6,205 mg/L para la época de lluvia y los puntos AS1, AS2, AS5, AS8, AS10, AS17 y AS21 entre 1,023 mg/L a 8,469 mg/L para la época seca (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), niveles que puedan estar relacionados a actividades antrópicas que se generan alrededor de estos cuerpos de agua, indicando que no existe una variación tan marcada entre las épocas monitoreadas sino que depende de las actividades que ese realizan alrededor de cada cuerpo de agua. Se debe tener en cuenta que este parámetro no presenta límites normativos.

#### ■ Nitrógeno Total

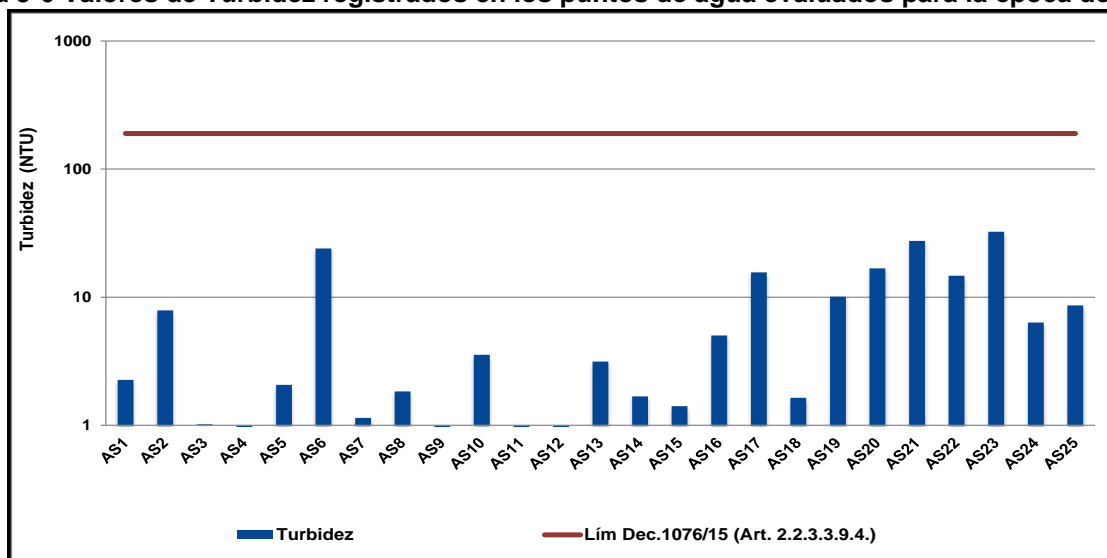
El nitrógeno total es una medida de todas las formas de nitrógeno que se encuentran en un cuerpo de agua. Las muestras analizadas registran concentraciones menores al límite de cuantificación del laboratorio ( $<4$  mg N-mg/L) para las dos épocas climáticas evaluadas (lluvias y seca) (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), lo que indica que no se presentan procesos de eutrofización o lavado de suelos fertilizados en los puntos de agua monitoreados. Este parámetro no presenta límites normativos.

### ■ Turbidez

Este parámetro indica la cantidad de luz que atraviesa la lámina de agua, determinado por la concentración de materiales en suspensión como arcillas, limos o materia orgánica e inorgánica. En referencia al valor límite establecido en el Decreto 1076 de 2015 Art. 2.2.3.3.9.4 “Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico”, se realiza la conversión de unidades expresadas en la norma de UJT a NTU ( $10 \text{ UJT} = 190 \text{ NTU}$ ) como se reporta en el laboratorio, todas las muestras evaluadas en las dos épocas climáticas registraron valores inferiores a este límite como lo indican las Figura 5-6 y Figura 5-7.

El muestreo para la época de lluvias reportó valores bajos entre 0,33 NTU (AS12-Quebrada la Florida) y 32,40 NTU (AS23-Quebrada Las Zunias) (Figura 5-6). Para los cuerpos de agua monitoreados en los municipios de Aranzazu, Salamina y Marulanda del departamento de Caldas, Fresno, Casablanca y Lérída del departamento de Tolima se observan las concentraciones menores. Por otra parte, los valores más altos registrados para este parámetro se encuentran entre los departamentos de Tolima y Cundinamarca, siendo la Quebrada Las Zunias del departamento de Cundinamarca, correspondiente al punto AS23, el cuerpo de agua con mayor turbidez.

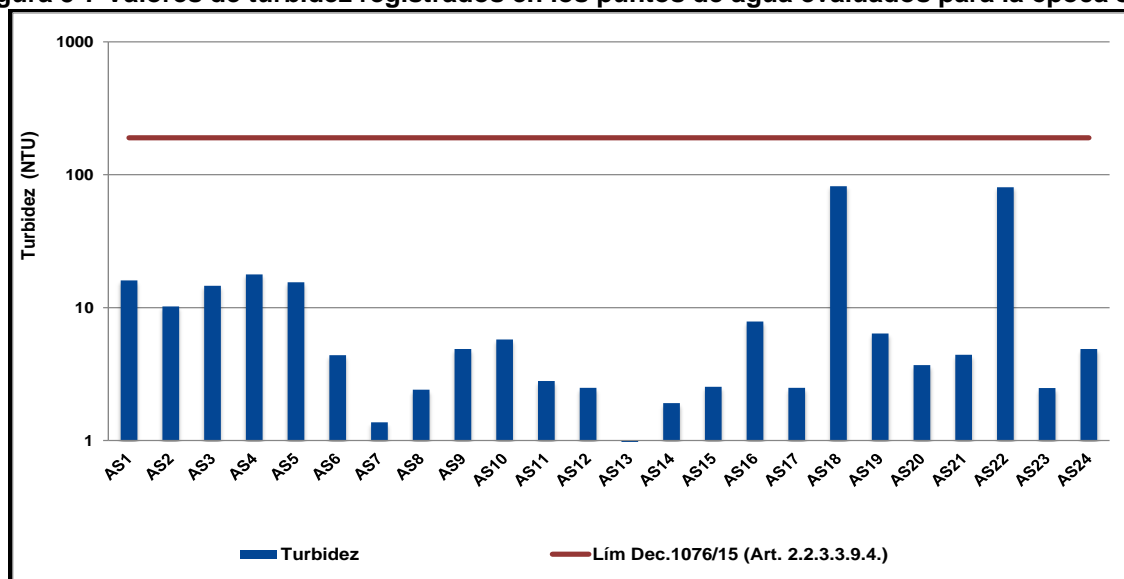
**Figura 5-6 Valores de Turbidez registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvias**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Mientras que los resultados para la época seca arrojaron valores entre 0,92 a 82 NTU, evidenciándose un leve aumento en la mayoría de los cuerpos evaluados, lo cual estaría relacionado a la disminución del caudal debido a la época climática, donde disminuyen las lluvias. Los puntos AS18-Quebrada las Palmas y AS22-Quebrada Cauchera, perteneciente al departamento de Cundinamarca, registraron niveles de 82 y 80,40 NTU respectivamente (Figura 5-7), valores levemente altos, aunque sin superar el límite normativo para desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico, esto puede verse influenciado con procesos erosivos que suspenden partículas en estos dos (2) cuerpos de agua.

**Figura 5-7 Valores de turbidez registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

#### ■ Fósforo Total

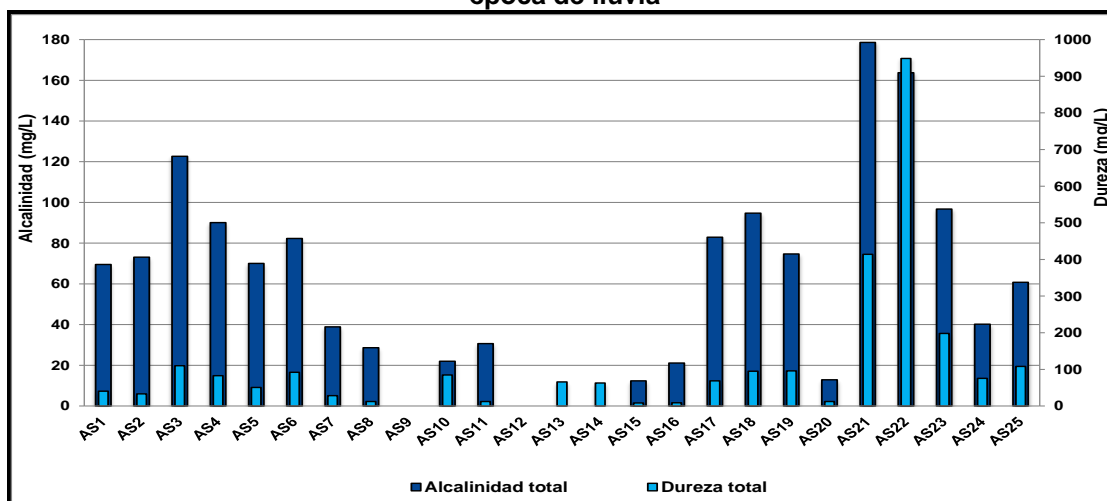
El fósforo total es un indicador de crecimiento biológico en aguas superficiales, evidenciando procesos como la eutroficación. 23 de las 25 muestras recolectadas en la época de lluvias entre el tramo de Risaralda, Caldas Tolima y Cundinamarca, arrojaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio ( $<0,2$  mg P/L), por lo que la cantidad de nutrientes aportados en las diferentes formas en las cuales se encuentra el fósforo, no genera excesivo crecimiento de plantas.

Sin embargo los puntos AS24 y AS25, Quebradas La Playa y Afluente directa al Río Bogotá, respectivamente, se encuentran por encima del límite de cuantificación del laboratorio, registrando 0,377 mg P/L y 0,30 mg P/L respectivamente, por lo que en estos cuerpos de agua se presenta mayor carga de nutrientes, mientras que las 24 muestras obtenidas en la época seca presentaron todas un valor menor al límite de cuantificación del laboratorio (Tabla 5-14 y Tabla 5-15), evidenciando una vez más que las actividades antrópicas realizadas cercanas a los cuerpos de agua monitoreados no hace uso de fertilizantes y/o detergentes que las afecten y/o aumenten este parámetro. Para el Fósforo no se presentan límites establecidos en la normatividad vigente.

#### ■ Alcalinidad y Dureza Total

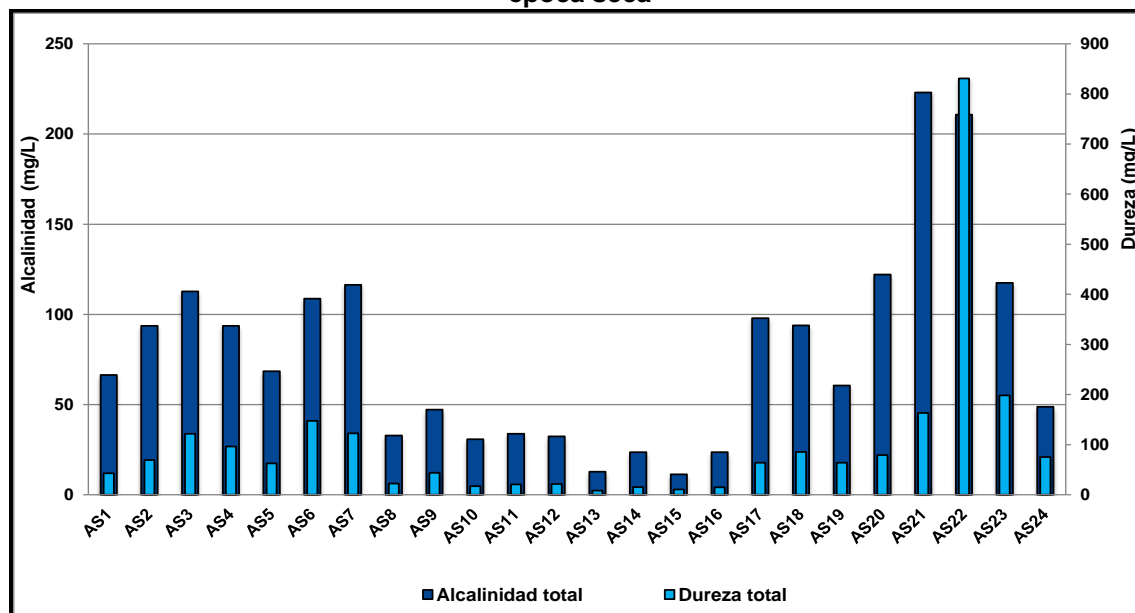
Con relación a la dureza o grado hidrométrico de un agua corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos a excepción de la de los metales alcalinos y del ion hidrogeno. En la mayoría de los casos la dureza se debe principalmente a los iones calcio y magnesio a los que se añaden algunas veces los iones hierro, aluminio, manganeso y estroncio (Rodier, 2009), los resultados para la época de lluvias evidencian valores que van desde 8,07 mg/L (AS15-Quebrada Santa Rosa) hasta 948,46 mg/L (AS22-Quebrada Cauchera) (Figura 5-8), mientras que en la época seca se evidencian valores entre 8,466 mg/L (AS13-Quebrada Cruz Gorda) y 830,66 mg/L (AS22-Quebrada Cauchera) (Figura 5-9), evidenciando de esta manera que en la zona del proyecto se presentan aguas muy blandas (AS13-Quebrada Cruz Gorda y AS15-Quebrada Santa Rosa) hasta aguas muy duras (AS21-Quebrada Agua Blanca, AS22-Quebrada Cauchera y AS23-Quebrada Las Zunias), la presencia de estas últimas aguas, se relaciona con la alta conductividad en las muestras, es necesario tener en cuenta que al hacer uso industrial se pueden generar daños en las tuberías por incrustaciones, mientras que para el consumo humano y domestico no presentan daños a la salud, sin embargo presentan un mal sabor.

**Figura 5-8 Valores de dureza y alcalinidad total registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

**Figura 5-9 Valores de dureza y alcalinidad total registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

La Alcalinidad total tiene en cuenta la concentración de iones  $\text{OH}^-$ , los resultados obtenidos de las muestras de agua para la época de lluvias indican concentraciones entre 12,86 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (AS9- Quebradas Poplápo) y 178,61 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (AS12-Quebrada La Florida), mientras que los valores más altos de alcalinidad, se observan en los puntos AS21, AS22 y AS23 (Figura 5-8), para la época seca se obtuvieron concentraciones entre 11,28 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (AS13-Quebradas Cruz Gorda) y 223,05 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (AS15-Quebrada Santa Rosa); los valores más altos de alcalinidad, se mostraron en los puntos AS20, AS21, AS22 y AS23, de acuerdo con la bibliografía estos resultados son acordes a ecosistemas de aguas dulces, en las cuales se registran valores por debajo de 200 mg/L, Estas concentraciones pueden ser consideradas como bajas y típicas de cuerpos de aguas continentales dulces blandas (Roldán y Ramírez, 2008). Por otro lado, Clair et al., 2000 proponen que concentraciones entre 200 y 500 mg/L, no representan riesgo para la salud humana. Adicionalmente, es posible concluir que el recurso hídrico de los cuerpos de agua evaluados, presentó una capacidad buffer significativamente alta, favoreciendo así la capacidad de amortiguar cambios bruscos en las condiciones de pH. Este parámetro no se encuentra regulado en la normatividad ambiental vigente.

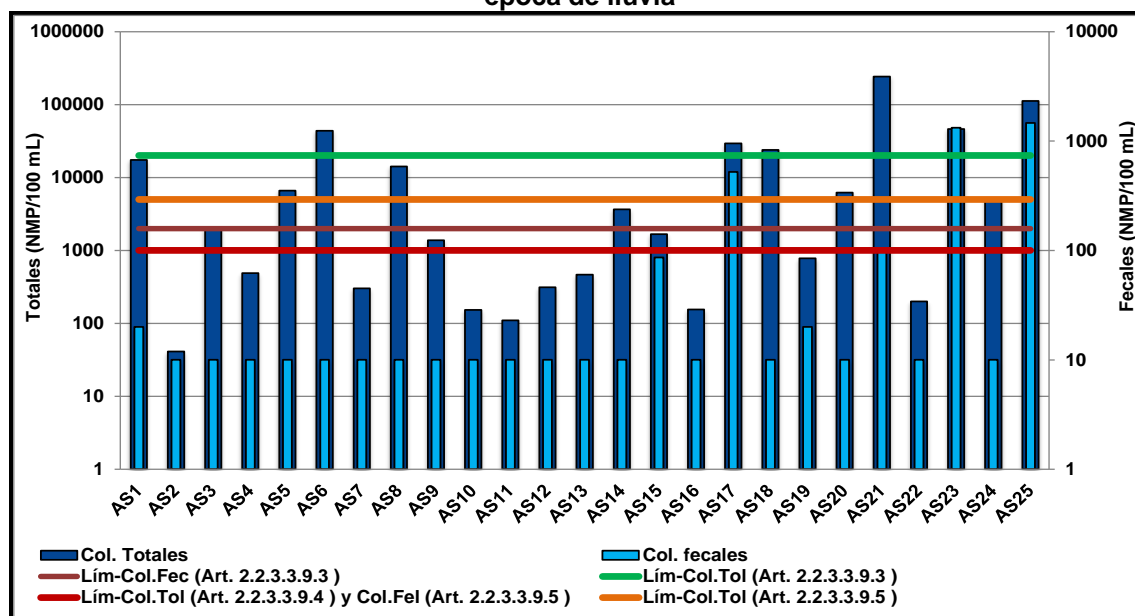
#### ■ Coliformes Fecales y Totales

Los Coliformes totales identifican especies bacterianas que se encuentran en el intestino humano y animal y a su vez en suelos, semillas y vegetales, este parámetro es un indicador de contaminación. Los Coliformes fecales forman parte de los coliformes totales, teniendo en cuenta que estos primeros provienen de heces animales y humanas, por lo que se ven directamente relacionados en el estado de la calidad del cuerpo de agua monitoreado, siendo estos parámetros relevantes dentro del análisis global de los monitoreos, por ello se tiene en cuenta la normatividad que establece límite para Coliformes fecales y totales.

Las muestras analizadas en la época de lluvias para Coliformes Fecales se encuentran en su mayoría por debajo del límite permisible por el Decreto Único Reglamentario para el Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico y Criterios de calidad para uso agrícola, por lo que la cantidad de bacterias encontradas en aguas superficiales no afectan la calidad del agua para dichos usos, sin embargo, las muestras AS23-Quebrada Las Zunias y AS25-Quebrada Afluente Directa del Rio Bogotá superan el límite permisible para criterios de uso agrícola por la comunidad, haciendo necesario que el que desee dar este tipo de uso al recurso hídrico realice tratamiento previo, mientras que los coliformes totales presentan incumplimiento en la mayoría de las muestras de agua analizadas, con valores desde 41 a >241960 NMP/100mL (AS21-Quebrada Agua Blanca), evidenciando que el tipo de tratamiento a realizar es convencional si se desea dar uso doméstico, como se observa en la Figura 5-10.

Mientras que en la época seca los Coliformes Fecales en su mayoría se encuentran por debajo del límite normativo, para el tratamiento convencional y Criterios de calidad para consumo humano y doméstico y Criterios de calidad para uso agrícola, los cuerpos de agua superficiales monitoreados para el tramo comprendido entre Aranzazu, Caldas hasta Armero, Tolima, reportan concentraciones de <10 NMP/100 ml, por lo que la cantidad de bacterias encontradas en aguas superficiales no afectan la calidad del agua para dichos usos, a excepción de la muestra recolectada en el cuerpo de agua AS2-Quebrada Guasimo, el cual reporto, 1790 NMP/100 ml, superando el límite para Criterios de Calidad para uso agrícola, por lo que para dicho uso es necesario realizar tratamiento previo, en cuanto a los coliformes totales 15 de los 24 cuerpos de agua evaluados evidencia un total cumplimiento con lo estipulado en los tres (3) artículos que presenta límites. Sin embargo, los demás cuerpos de agua monitoreados presentan entre 1246 NMP/100 ml a 19863 NMP/100 ml, sobrepasando uno o varios artículos del Decreto 1076/15, este último valor se registra para la Quebrada La Florida en Manzanares, Caldas sobrepasando todos los usos descritos en la normatividad anteriormente mencionada (Figura 5-11), se observa una leve disminución para esta última época con respecto a la época de lluvias lo cual puede estar relacionado a la disminución de lluvias, lo cual evita que por lavado y escorrentía estos microorganismos lleguen a los cuerpos de agua, los cuerpos donde se evidencian mayor cantidad de estas comunidades se encuentran relacionados con actividades agropecuarias.

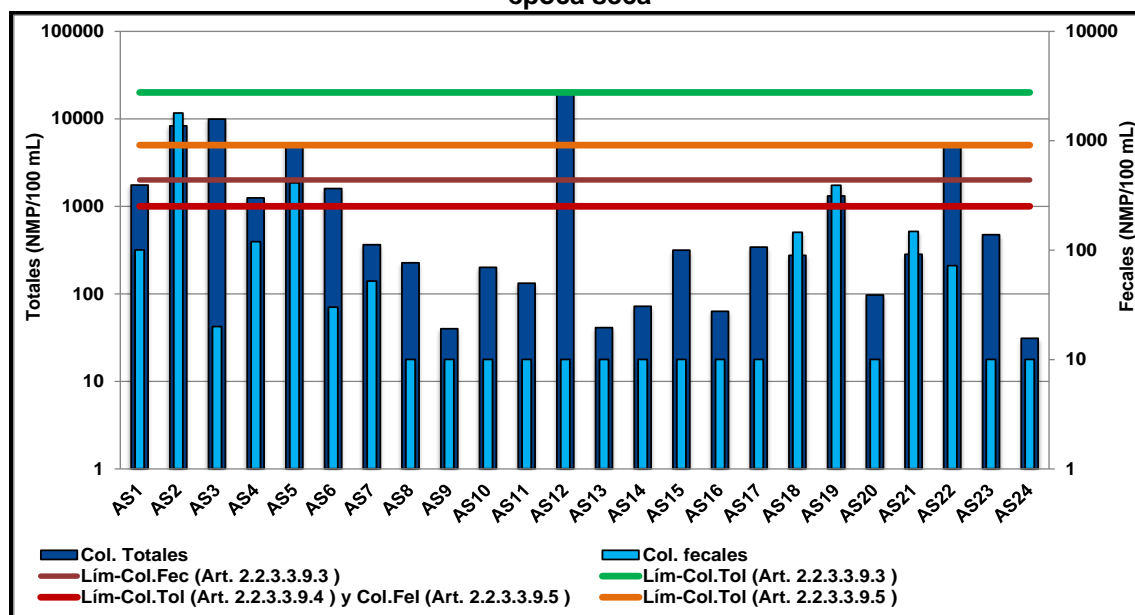
**Figura 5-10 Valores de coliformes fecales y totales registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia**





Fuente: SGI S.A.S., 2018.

**Figura 5-11 Valores de coliformes fecales y totales registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### 5.1.7.1.5 Resultados Índices de Calidad de Agua Superficial

Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo. Para aplicar dicho índice es necesario utilizar datos obtenidos a partir del seguimiento de parámetros de importancia como son: Coliformes fecales, oxígeno disuelto, pH, demanda biológica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y otros como nitratos, fosfatos, variación térmica, turbidez y sólidos totales. A cada una de estas variables se le asignaron unos factores de acuerdo con su importancia. Según Canter (1998), estos factores tienen un claro sesgo de salud pública, pues están basados en el uso del agua para consumo humano.

##### a. Índice de calidad del agua (WQI)

Este índice es de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo.

El índice de calidad del agua (WQI) fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de los Estados Unidos con el objeto de establecer el comportamiento óptimo de las variables identificadas en los estudios de calidad del agua. Para aplicar dicho índice es necesario utilizar datos obtenidos a partir del seguimiento de parámetros de importancia como son: Coliformes fecales, oxígeno disuelto, pH, demanda biológica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y otros como, variación térmica, turbidez y sólidos totales.



A cada variable se le asignaron unos factores de acuerdo con su importancia (Tabla 5-16). Según Canter (1998), estos factores tienen un claro sesgo de salud pública, pues están basados en el uso del agua para consumo humano.

**Tabla 5-16 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas y bacteriológicas del agua**

VARIABLE	(Wi)
Oxígeno Disuelto (O.D.)	0,19
Coliformes Fecales	0,17
pH	0,13
DBO5	0,11
Nitratos	0,11
Desviación Temperatura	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos totales*	0,09

\*Calculado a partir de la sumatoria de sólidos disueltos y sólidos suspendidos totales.

Fuente: Canter, 1998

Cada una de las variables anteriores presenta una curva de comportamiento funcional donde el eje “x” corresponde al valor de la variable y el eje “y”, que representa el valor de calidad del agua (el rango es de 0-100). De esta manera, el valor de cada variable se lleva a su respectiva curva para obtener el valor de calidad (I), el cual se multiplica por su correspondiente Wi.

Para calcular el índice WQI agregado se suman todas las variables luego de hallar el “I” y multiplicarlo por su W. La fórmula es la siguiente:

$$WQI = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Los resultados del WQI para una constante hídrica pueden ser interpretados de acuerdo con lo presentado en la Tabla 5-17.

**Tabla 5-17 Interpretación del índice WQI = ICA**

RANGO	INTERPRETACIÓN
0-25	Muy Malo
26-50	Malo
51-70	Medio
71-90	Bueno
91-100	Excelente

Fuente: Canter, 1998.

En el presente estudio se calculó el Índice de Calidad de Aguas (WQI) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (Canter, 1998), el cual es una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las fuentes presentes en el área del estudio en mención. En la Tabla 5-18, se presenta la asignación de los valores de WQI para cada una de las fuentes hídricas analizadas, se debe tener en cuenta que para los parámetros que presentaron valores menores al límite de detección de la técnica analítica utilizada para el análisis, este fue el valor menor de asignación en las estaciones que se observaron.

El Índice de Calidad del agua permite caracterizar en forma general la calidad de las aguas superficiales, de tal forma que los procesos físicos, químicos o biológicos que indican alta contaminación de las aguas pueden ser descubiertos por otros que no sugieren contaminación alguna. De acuerdo con los resultados obtenidos para cada punto de monitoreo, el índice de calidad se encuentra entre los rangos “bueno” y “medio” para las dos épocas monitoreadas.

La clasificación del índice de calidad del agua para los cuerpos de agua monitoreados se ve ligada al comportamiento parámetros fisicoquímicos, a partir de esto los rangos obtenidos para este indicador presentan calidad entre “Media” y “Buena” para los cuerpos de agua evaluados en la época de lluvia (59,82 en el punto AS5 y 77,96 en AS16) y época seca (55,23 para la estación AS2 y 81,74 en AS24), evidenciando que la relación entre parámetros como DBO<sub>5</sub>, pH, SST, Conductividad y %OD, caracterizada por que estos se encuentran en rangos permisibles según la norma sea el caso y acordes con las condiciones presentadas en cada uno de los cuerpos de agua, sin embargo el punto AS22-Quebrada Cauchera evidencia calidad fisicoquímica “buena” para la época lluvia y en la época seca pasa a media, condición dada por que muestran un leve aumento en los parámetros anteriormente mencionados, caso contrario ocurre con el punto AS24, el cual presenta un aumento en la calidad del agua pasando de un valor de 62,71 a 81,74, se observa mejores condiciones en estos parámetros, pero el cambio de calidad del agua depende más de las características propias de cada cuerpo de agua y de las actividades antrópicas que se generen alrededor de cada uno, que de la época climática (Tabla 5-18).

**Tabla 5-18 Índice de calidad de agua (WQI)**

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	ÉPOCA LLUVIA		ÉPOCA SECA	
		WQI	Calidad	WQI	Calidad
AS 1	Quebrada Grande - Ocupación Cauce	61,7	Media	61,37	Media
AS 2	Quebrada El Guásimo - DRMI Guásimo	68,9	Media	55,23	Media
AS 3	Quebrada Montevideo - Caracterización AI	63,62	Media	55,54	Media
AS 4	Quebrada de La Habana - caracterización AI	62,31	Media	56,32	Media
AS 5	Quebrada Carminales - Caracterización AI	59,82	Media	56,4	Media
AS 6	Quebrada Hoyo Frío - Caracterización AI	62,33	Media	62,45	Media
AS 7	Quebrada Santa Rita - Caracterización AI	72,46	Buena	73,19	Buena
AS 8	Quebrada La Honda - RFN Ley 2da 59	62,27	Media	76,47	Buena
AS 9	Quebrada Poplapó - RFN Ley 2da 59	69,35	Media	75,74	Buena
AS 10	Quebrada La Lira - RFN Ley 2da 59	60,79	Media	74,34	Buena
AS 11	Quebrada El Salado - RFN Ley 2da 59	72,88	Buena	72,32	Buena
AS 12	Quebrada La Florida - Caracterización AI	75,98	Buena	71,03	Buena
AS 13	Quebrada Cruz Gorda - Caracterización AI	70,46	Buena	81,58	Buena
AS 14	Quebrada Zancuderal - Caracterización AI	65,77	Media	77,25	Buena
AS 15	Quebrada Santa Rosa - Caracterización AI	71,47	Buena	69,69	Media
AS 16	Quebrada El Placer - Caracterización AI	77,96	Buena	73,77	Buena
AS 17	Quebrada García - Caracterización AI	66,73	Media	69,92	Media
AS 18	Quebrada Las Palmas - Caracterización AI	71,88	Buena	75,97	Buena
AS 19	Quebrada La Garrapata - Caracterización AI	70,56	Buena	69,29	Media
AS 20	Quebrada La Honda Pequeña - Caracterización AI	71,21	Buena	77,7	Buena
AS 21	Quebrada Agua Blanca - Caracterización AI	65,91	Media	75,1	Buena
AS22	Quebrada Cauchera - Caracterización AI	73,6	Buena	68,86	Media
AS23	Quebrada Las Zunias - Caracterización AI	65,19	Media	73,93	Buena
AS24	Quebrada NN1 – RFPP Cuenca Alta Río Bogotá	62,71	Media	81,74	Buena
AS25	Quebrada directa Río Bogotá – DMI Tequendama	70,42	Buena	Punto Seco	

Fuente: SGI S.A.S., 2018.

### b. Índices de contaminación del agua (ICO)

Se efectuó una interpretación del estado de los cuerpos de agua a partir del cálculo de los índices de contaminación del agua (ICO) sobre los puntos de muestreo tenidos en cuenta (Ramírez et al., 1997). Para esto se tuvo en cuenta los resultados físicos-químicos y bacteriológicos obtenidos para cada uno de los puntos de monitoreo. Para el presente estudio se incluyen los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), por Mineralización (ICOMI) Y por sólidos suspendidos (ICOSUS), los cuales relacionan las variables descritas en la Tabla 5-19.

**Tabla 5-19 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)**

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMO	DBO <sub>5</sub>	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	Oxígeno Disuelto	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	
ICOMI	Alcalinidad	
	Dureza	
	Conductividad	
ICOTRO	Fósforo Total	Oligotrófico <0,01 mg/l Mesotrófico 0,01 – 0,02 mg/l Eutrófico 0,02 – 1 mg/l Hipereutrófico >1 mg/l

Fuente: Ramírez et al., 1997.

El ICOMO comprende la relación entre tres (3) variables fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno), las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, el ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, el ICOMI involucra la conductividad, Dureza Total y Alcalinidad y finalmente el ICOTRO se fundamenta en la concentración del fósforo total, a diferencia de los índices anteriores, en los cuales se determina un valor particular entre 0 y 1, la concentración del fósforo total define por sí misma una categoría discreta a saber (Ramírez et al., 1997). Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación:

$$ICOMO = 1/3 (IDBO + IColiformes\ totales + IOxígeno\%)$$

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003\ Sólidos\ suspendidos\ (mg/L)$$

$$ICOMI = 1/3 (IConductividad + IDureza + IAlcalinidad)$$

$$ICOTRO = \begin{matrix} \text{Oligotrófico} < 0,01 \frac{mg}{l}, \\ \text{Mesotrófico} 0,01 - 0,02 \frac{mg}{l}, \\ \text{Eutrófico} 0,02 - 1 \frac{mg}{l}, \\ \text{Hipereutrófico} > 1 \frac{mg}{l}. \end{matrix}$$

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes que se encuentran en el área de interés, se estimaron en el presente estudio los siguientes índices de contaminación

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

del agua (ICO): Índices de contaminación por mineralización (ICOMI), el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), índice de contaminación trófica (ICOTRO) y el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) los cuales, relacionan diferentes variables, tales como: la alcalinidad, dureza y conductividad para el ICOMI, los sólidos suspendidos para el ICOSUS y la DBO<sub>5</sub>, Coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno para el ICOMO; fósforo total para el ICOTRO. En la Tabla 5-20, se presentan los resultados de los valores de ICO para cada uno de los puntos monitoreados.

**Tabla 5-20 Índice de contaminación del agua (ICO)**

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	ÉPOCA LLUVIA				ÉPOCA SECA			
		ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
AS 1	Quebrada Grande - Ocupación Cauce	0,16	0,37	0,01	0,20	0,43	0,19	0,01	0,20
AS 2	Quebrada El Guásimo - DRMI Guásimo	0,20	0,18	0,01	0,20	0,73	0,33	0,01	0,20
AS 3	Quebrada Montevideo - Caracterización AI	0,43	0,71	0,01	0,20	0,59	0,77	0,01	0,20
AS 4	Quebrada de La Habana - caracterización AI	0,18	0,36	0,01	0,20	0,61	0,46	0,01	0,20
AS 5	Quebrada Carminales - Caracterización AI	0,54	0,28	0,18	0,20	0,60	0,26	0,01	0,20
AS 6	Quebrada Hoyo Frio - Caracterización AI	0,47	0,35	0,09	0,20	0,52	0,76	0,01	0,20
AS 7	Quebrada Santa Rita - Caracterización AI	0,19	0,12	0,01	0,20	0,17	0,78	0,01	0,20
AS 8	Quebrada La Honda - RFN Ley 2da 59	0,50	0,07	0,01	0,20	0,43	0,33	0,01	0,20
AS 9	Quebrada Poplapó - RFN Ley 2da 59	0,53	0,33	0,01	0,20	0,43	0,34	0,01	0,20
AS 10	Quebrada La Lira - RFN Ley 2da 59	0,30	0,14	0,01	0,20	0,10	0,33	0,01	0,20
AS 11	Quebrada El Salado - RFN Ley 2da 59	0,23	0,33	0,01	0,20	0,17	0,09	0,01	0,20
AS 12	Quebrada La Florida - Caracterización AI	0,43	0,03	0,01	0,20	0,43	0,04	0,01	0,20
AS 13	Quebrada Cruz Gorda - Caracterización AI	0,10	0,05	0,05	0,20	0,43	0,02	0,02	0,20
AS 14	Quebrada Zancuderal - Caracterización AI	0,18	0,05	0,01	0,20	0,16	0,04	0,01	0,20
AS 15	Quebrada Santa Rosa - Caracterización AI	0,12	0,02	0,01	0,20	0,43	0,28	0,01	0,20
AS 16	Quebrada El Placer - Caracterización AI	0,12	0,03	0,01	0,20	0,21	0,33	0,01	0,20
AS 17	Quebrada García - Caracterización AI	0,20	0,28	0,01	0,20	0,21	0,35	0,01	0,20
AS 18	Quebrada Las Palmas - Caracterización AI	0,10	0,54	0,02	0,20	0,10	0,49	0,06	0,20
AS 19	Quebrada La Garrapata - Caracterización AI	0,10	0,51	0,15	0,20	0,43	0,33	0,01	0,20
AS 20	Quebrada La Honda Pequeña - Caracterización AI	0,14	0,33	0,04	0,20	0,43	0,51	0,01	0,20
AS 21	Quebrada Agua Blanca - Caracterización AI	0,17	0,88	0,24	0,20	0,43	0,96	0,02	0,20
AS22	Quebrada Cauchera - Caracterización AI	0,17	0,86	0,20	0,20	0,17	0,93	0,58	0,20
AS23	Quebrada Las Zunias - Caracterización AI	0,62	0,74	0,02	0,20	0,14	0,78	0,06	0,20
AS24	Quebrada NN1 – RFPP Cuenca Alta Río Bogotá	0,53	0,38	0,03	0,38	0,11	0,35	0,03	0,20
AS25	Quebrada directa Río Bogotá - DMI Tequendama	0,54	0,42	0,05	0,30	Punto Seco			

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	ÉPOCA LLUVIA				ÉPOCA SECA			
		ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
INDICACIÓN		0,8-1,0	Contaminación muy alta			Para el ICOTRO: Oligotrófico (<0,01) Mesotrófico (0,01 – 0,02) Eutrófico (0,02 – 1) Hipereutrófico (>1)			
		0,6-0,8	Contaminación alta						
		0,4-0,6	Contaminación media						
		0,2-0,4	Contaminación baja						
		0,0-0,2	Contaminación muy baja						

Fuente: SGI S.A.S., 2018

#### ▪ Índice de contaminación por minerales (ICOMI)

Conocer el ICOMI de una fuente superficial es importante para conocer la capacidad que tiene el cuerpo hídrico en resistir mayores cambios de pH y el mantenimiento de los procesos biológicos, además de conocer el tipo de formación rocosa que caracteriza la geomorfología de los cuerpos hídricos.

En los puntos monitoreados para la época de lluvias, se observó que el índice de contaminación por mineralización ICOMI, presentó en nueve (9) de los 25 cuerpos de agua contaminación muy baja, nueve (9) contaminación baja, AS18, AS19 y AS25 cuerpos de agua con una contaminación media, AS3 y AS23 con un grado alto de contaminación, finalmente los puntos AS21 y AS22 con una contaminación muy alta, como se evidencia en la Figura 5-12. Mientras que para la época seca se observa que el ICOMI, para cinco (5) cuerpos de agua presento una contaminación muy baja, 10 puntos con una contaminación baja, AS4, AS18 y AS20 con contaminación media, AS3, AS6, AS7 y AS23 contaminación alta, finalmente AS21 y AS22 con un grado de contaminación alto (Figura 5-13).

Lo que representa que la mayoría de los cuerpos de agua presentan buen sistema de amortiguación para contaminación, a su vez se registran las muestras AS18, AS19, AS20 y AS25 contaminación media por mineralización. Los puntos AS3 y AS23 registran un índice de conductividad de uno (1) y dureza de 0,78 y 1 respectivamente lo que indica un grado un alto grado de contaminación, además de que se observa que el tramo de Caldas para los puntos AS21 y AS22 una contaminación muy alta, lo cual se relaciona con aguas muy duras, alta alcalinidad y conductividad.

#### ▪ Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

El índice de contaminación por materia orgánica en la época de lluvias para las diferentes muestras se encuentra en grado de contaminación muy baja y baja en 17 de los puntos evaluados, distribuidas en los departamentos de Caldas, Tolima, Cundinamarca, indicando que la cantidad de materia orgánica degradada es acorde a la cantidad de oxígeno disuelto, sin ser capaz de agotarlo. Sin embargo, los puntos AS3, AS5, AS6, AS8, AS9, AS12, AS23, AS24 y AS25, presentan un grado de contaminación de media a alta, que se asocia con los altos valores obtenidos en el índice de coliformes totales, presentando un rango del ICOMO entre 0,43 a 0,62 (Figura 5-12).

Para la época seca se presenta un comportamiento distinto donde solo 10 cuerpos de agua muestran un nivel de contaminación muy bajo, mientras que los 14 puntos restantes evidencian un rango de contaminación de medio a alto (0,43 a 0,73), donde la mayor contaminación se evidencia en el punto AS2, en cuanto a este índice se observa una variación la cual está definida por las características propias de cada cuerpo de agua, las actividades antropogénicas llevadas alrededor de estos y a la época climática.

#### ▪ Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

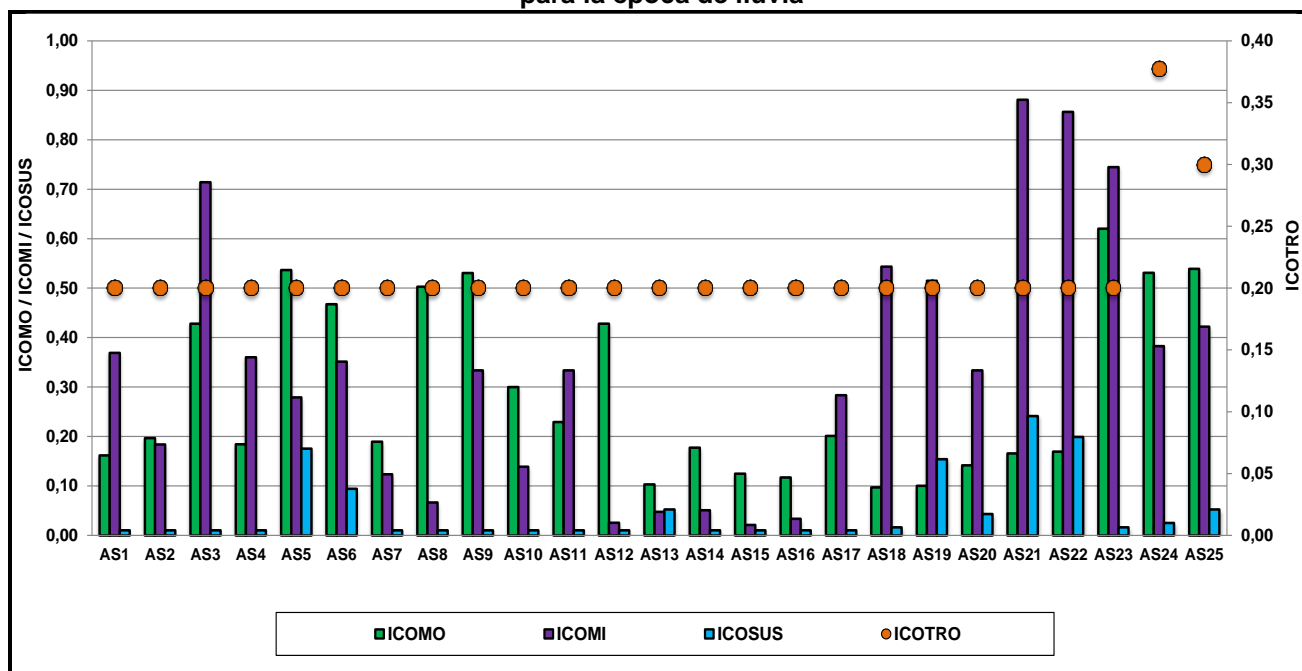
Los sólidos suspendidos, son un parámetro que está asociado con las sales inorgánicas contenidas en el agua superficial, con el material proveniente de la materia orgánica aportada por las aguas residuales y con material de arrastre propio de la geomorfología de la quebrada.

De acuerdo con los resultados obtenidos para cada punto de monitoreo, el índice de ICOSUS se clasificó en grado de contaminación “muy baja” en la mayoría de los puntos indicando que estos cuerpos de agua no se encuentran afectados por sedimentación generada por actividades de origen antrópico, encontrando valores entre el rango de 0,00 a 0,20. Sin embargo, el punto AS21 para la época de lluvias, indica un grado de contaminación “bajo” con un valor de 0,24 y el punto AS22 para la época seca con un valor de 58 que indica una contaminación media por este parámetro (Figura 5-12 y Figura 5-13), indicando que estos no pueden ser sedimentados por efecto de la gravedad, por lo que se hace necesario el uso de sistemas de tratamiento terciario que remuevan partículas en suspensión si se requiere dar uso al recurso del agua de estas dos (2) fuentes.

#### ▪ Índice de contaminación trófico (ICOTRO)

El fósforo es una sustancia soluble en agua que las especies acuáticas necesitan para subsistir siempre y cuando sea en términos de concentración balanceada. Sin embargo, el equilibrio puede romperse con el aumento descontrolado de este nutriente por intervención antrópica sobresaturando las aguas por el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos que provocan la eutrofización de las aguas. Se puede observar que en la totalidad de puntos para las dos épocas evaluadas se clasificó el fósforo en eutrofización (eutrófico), que indica la condición de un cuerpo de agua que se encuentra en la etapa de máxima capacidad productiva con gran cantidad de nutrientes (Figura 5-12 y Figura 5-13).

**Figura 5-12 Valores del índice de contaminación del agua registrados en los puntos de agua evaluados para la época de lluvia**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

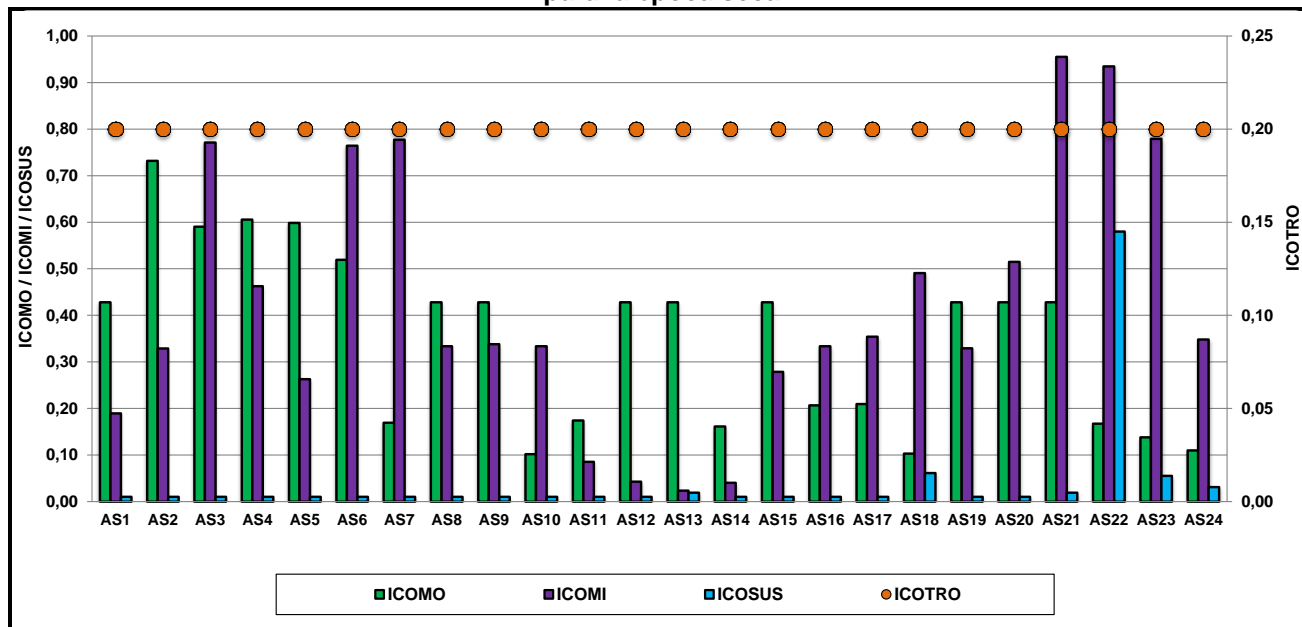
Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.



**Figura 5-13 Valores del índice de contaminación del agua registrados en los puntos de agua evaluados para la época seca**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Finalmente, la calidad del agua para los sistemas analizados es en términos generales de condición media, lo cual se ve reflejado en una alteración leve en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados para las dos épocas climáticas, los cuales cumplen mayoritariamente con la normatividad ambiental vigente (Decreto 1076 de 2015). No obstante, si el recurso es destinado para consumo humano y/o uso doméstico se requiere un proceso de desinfección previo a su utilización con el fin de disminuir la concentración de coliformes totales, implementando análogamente desinfección y tratamientos específicos para la remoción de otros parámetros con el fin de neutralizar el pH.

Todo lo anterior es sustentado por los valores de los índices de calidad y de contaminación estimados a partir de los resultados de los análisis fisicoquímicos, los cuales evidenciaron aguas de calidad media, con significativa presencia de materia orgánica, alcalinidad y dureza, lo que facilitó la contaminación trófica del recurso hídrico.

#### 5.1.7.2 Calidad del Agua Subterránea

##### 5.1.7.2.1 Caracterización fisicoquímica y bacteriológica

Se realizó inicialmente un reconocimiento previo en campo, con el fin de definir los cuerpos de agua a monitorear teniendo en cuenta la cartografía base, la hidrología de la zona, y la importancia ambiental de los puntos de agua subterráneos, su condición de estacionalidad (permanentes o intermitentes), su afectación o intervención actual (captaciones o vertimientos) y su aprovechamiento en la zona por parte de la comunidad residente (uso del recurso para cultivos, ganadería, doméstico etc.).

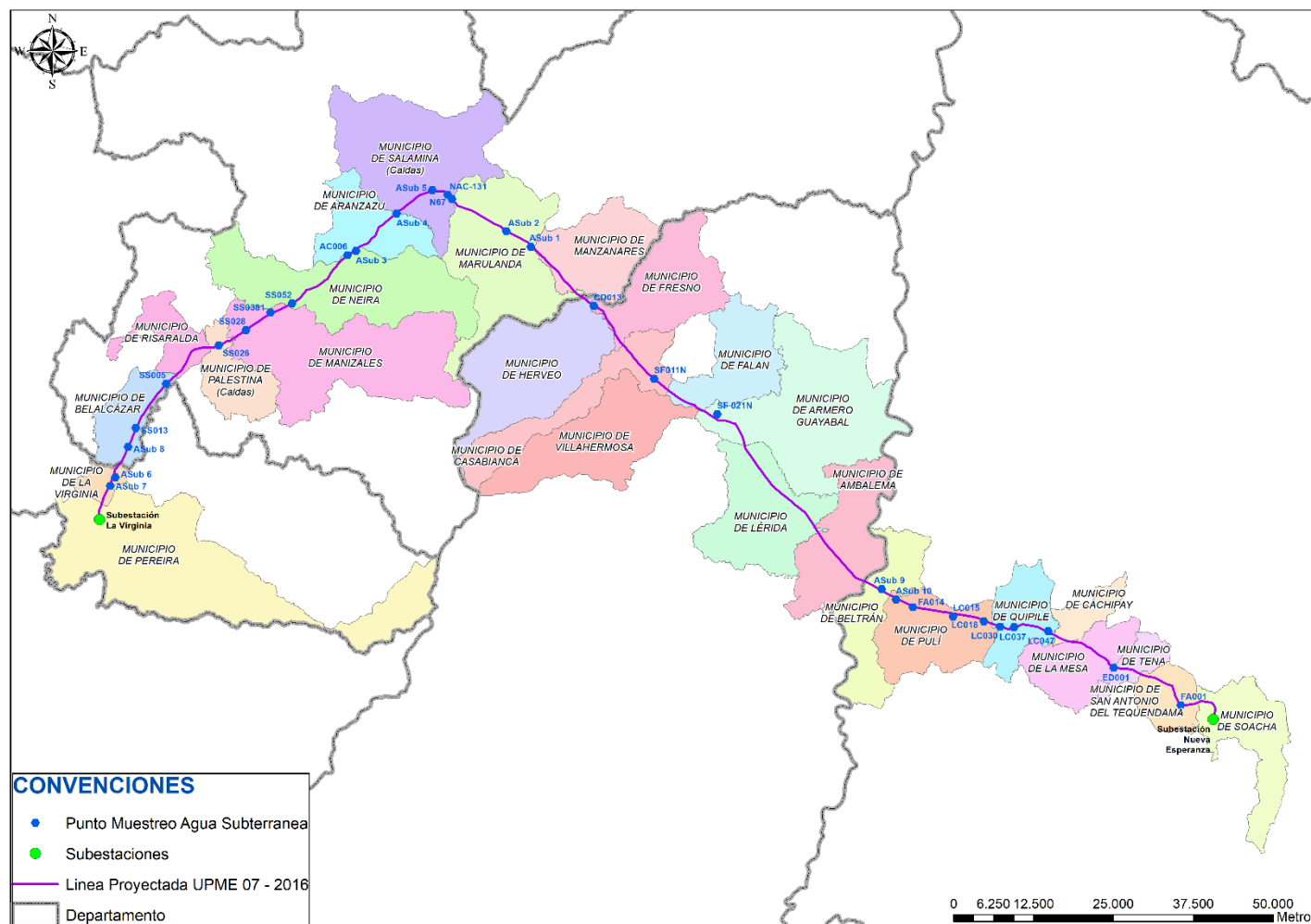
En la Tabla 5-21, se resume la información de fecha, hora, coordenadas y ubicación geográfica del muestreo de calidad de agua en los puntos seleccionados.

**Tabla 5-21 Ubicación geográfica de las estaciones monitoreadas en campo para análisis físico-químico y bacteriológico de aguas subterráneas**

PUNTO DE MONITOREO	FECHA	HORA	COORDENADAS PLANAS MAGNA-SIRGAS	
			ESTE	NORTE
A.SUB 1/NAC1	23/02/2018	11:50	870464	1071187
A.SUB 2/NAC15	26/02/2018	13:14	866634	1073629
A.SUB 3/NAC26	04/03/2018	09:50	843121	1070552
A.SUB 4/NAC103	02/03/2018	09:30	849476	1076403
A.SUB 5/NAC137	25/02/2018	12:29	855052	1080049
A.SUB 6/NAC161	12/03/2018	14:50	805468	1035164
A.SUB 7/NAC 162	12/03/2018	13:28	804672	1033813
A.SUB 8/Predio la Rica	08/04/2018	12:40	807449	1039916
A.SUB 9/Hacienda la Pirámide	08/04/2018	14:49	925368	1017682
A.SUB 10/Finca la Golondrina	08/04/2018	23:30	927600	1016029
A.SUB11/LC047	25/08/2018	12:00	951398	1011091
A.SUB12/LC037	26/08/2018	12:00	946071	1011702
A.SUB13/LC018	27/08/2018	15:00	941371	1012609
A.SUB14/FA014	27/08/2018	09:30	930246	1014819
A.SUB15/LC015	27/08/2018	12:45	936533	1013373
A.SUB16/SF021N	28/08/2018	17:00	899646	1045005
A.SUB17/SF011N	29/08/2018	17:00	889776	1050546
A.SUB18/CD013	30/08/2018	13:45	880328	1061909
A.SUB19/AC006	31/08/2018	13:00	841766	1069876
A.SUB20/SS052	01/09/2018	11:10	833110	1062324
A.SUB21/SS0381	01/09/2018	15:15	829737	1060902
A.SUB22/SS028	01/09/2018	11:00	825883	1058156
A.SUB23/SS026	01/09/2018	01:00	821651	1055802
A.SUB24/SS005	03/09/2018	16:40	813418	1049762
A.SUB25/SS013	04/09/2018	10:00	808649	1042871
A.SUB26/N67	05/09/2018	13:10	858126	1078648
A.SUB27/NAC-131	05/09/2018	16:00	857440	1079328

Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Figura 5-14 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas

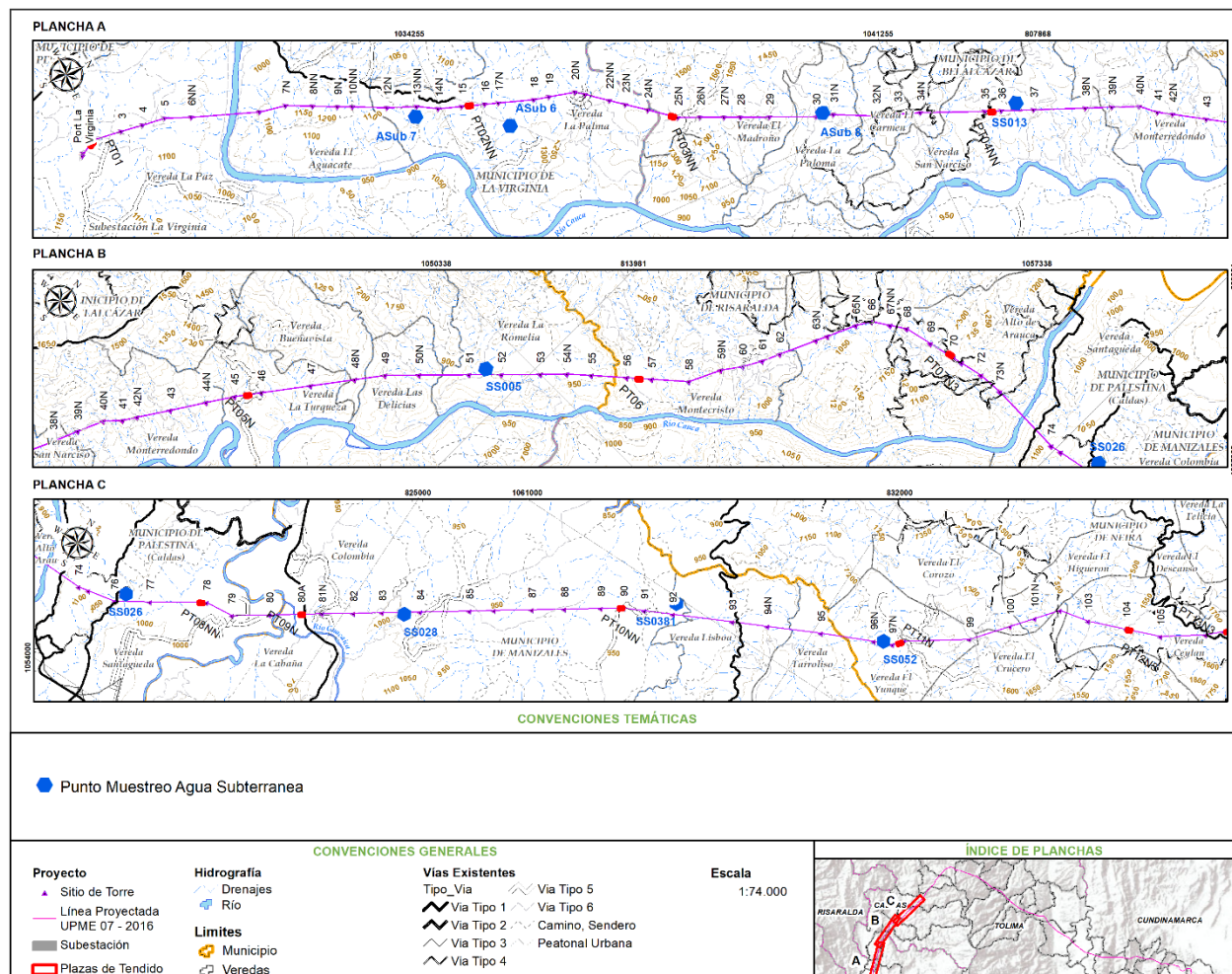


Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

**Figura 5-15 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha A, B y C)**



Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.

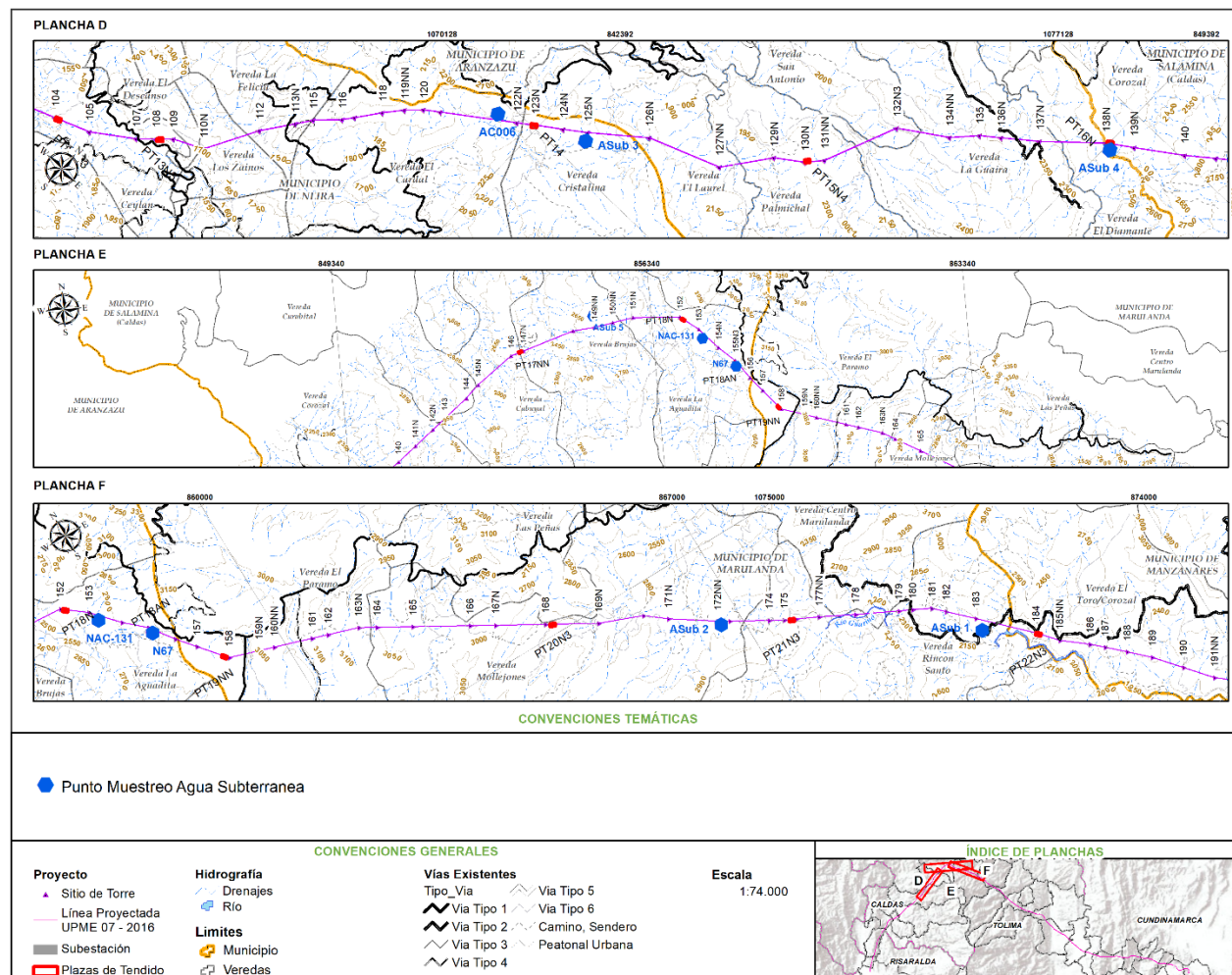
## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016



Transmisora Colombiana  
de Energía S.A.S. E.S.P.

Figura 5-16 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha D, E y F)



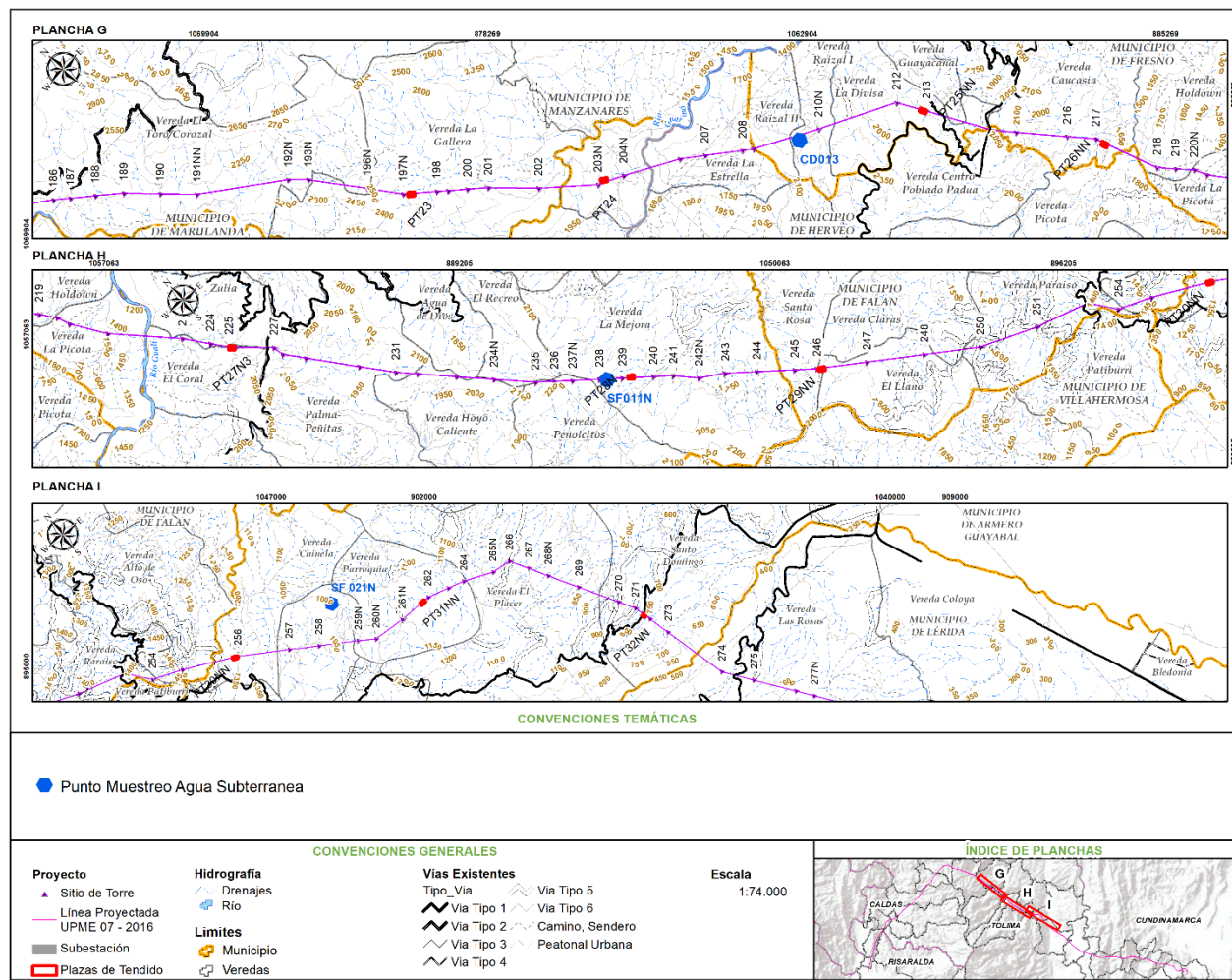
Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

Figura 5-17 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha G, H y I)

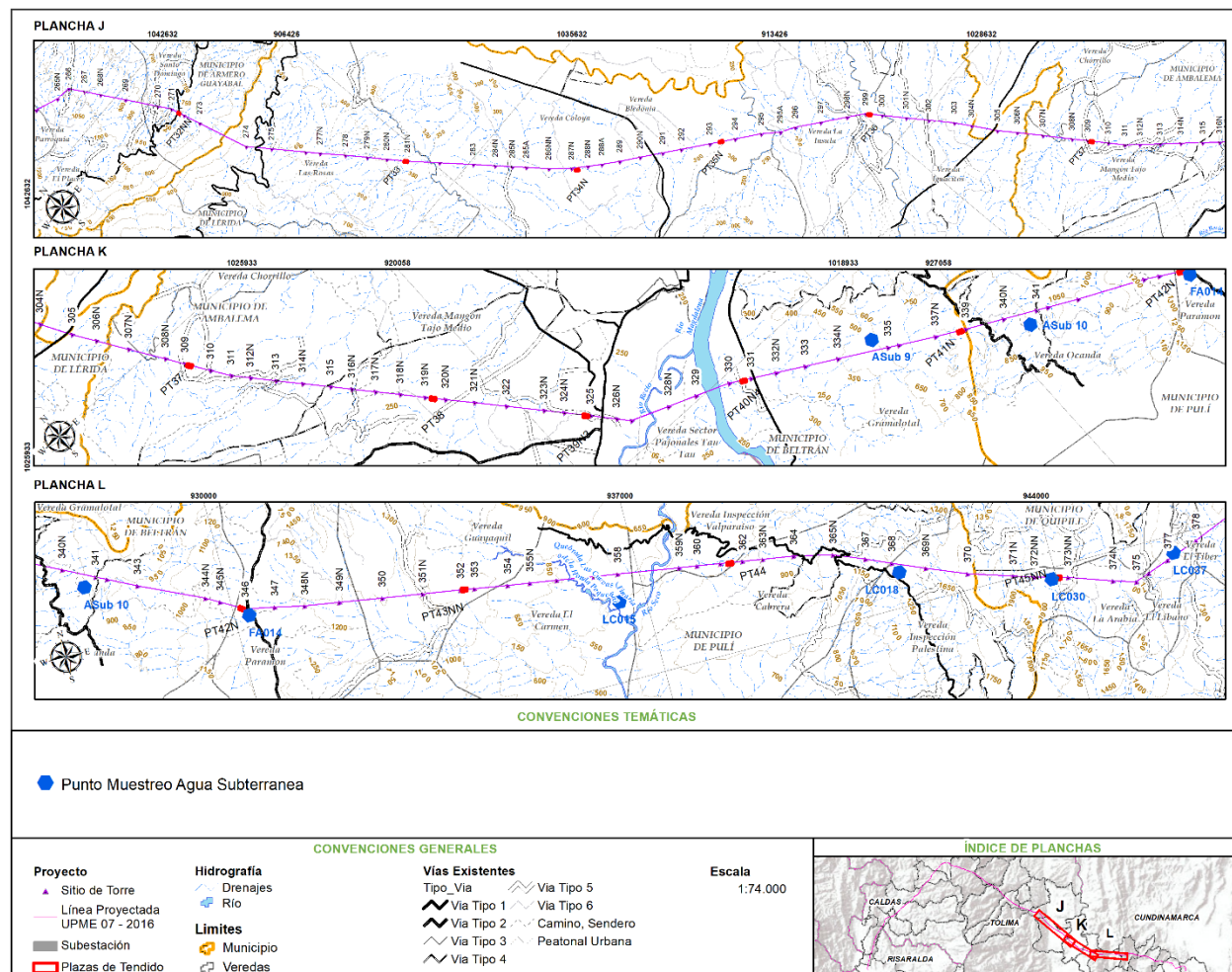


Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

Figura 5-18 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha J, K y L)

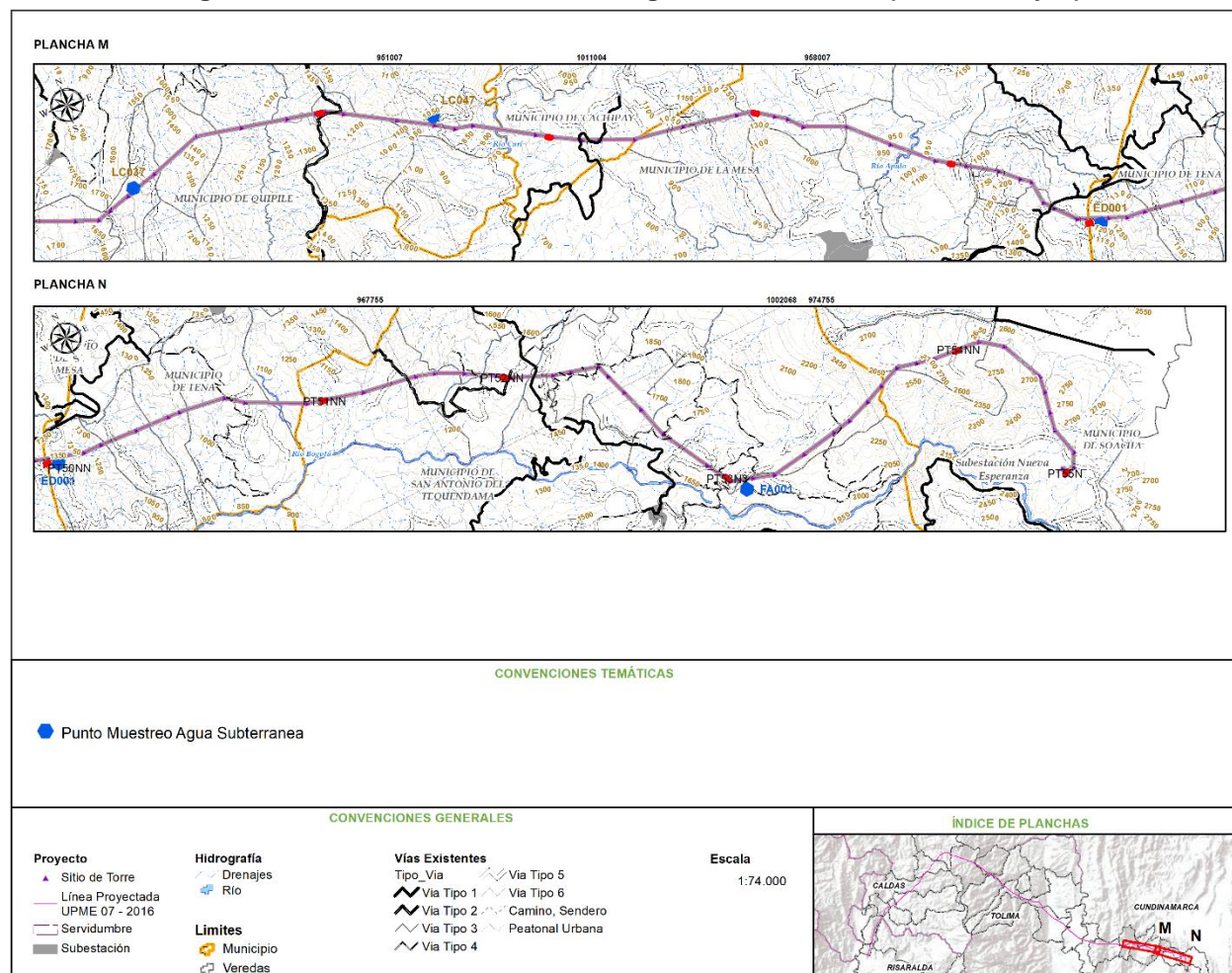


Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

**Figura 5-19 Puntos de monitoreo de aguas subterráneas (Plancha M y N)**



Fuente: GEOMA S.A.S., 2019.




El monitoreo se desarrolló en los municipios de Soacha, San Antonio del Tequendama, La Mesa, Quipile, Pulí, que corresponden al departamento de Cundinamarca; los municipios de Ambalema, Lérída, Armero Guayabal, Casabianca, Herveo, en el Departamento del Tolima; en los municipios del Departamento de Caldas; Manzanares, Marulanda, Salamina, Aranzazu, Neira, Manizales, Palestina, Belalcázar y por último el departamento de Risaralda Municipio La Virginia.

A continuación se realiza una descripción de los puntos monitoreados, registrando las principales características morfológicas e hidrológicas, las coordenadas planas de ubicación del punto de monitoreo, el municipio, el departamento, el código de identificación de muestra y el tipo de muestra, adicionalmente se presenta un registro fotográfico del estado de cada punto de muestreo (Tabla 5-22 a la Tabla 5-30).


**Tabla 5-22 Descripción puntos de muestreo A.SUB1 y A.SUB2**

NOMBRE:		A.SUB1 / NAC 1	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1071187	
	Este	870464	
	Municipio	Marulanda	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de toma de muestra corresponde a un nacimiento de agua. No se evidencian intervenciones antrópicas o captación directa. El punto de monitoreo está provisto de abundante vegetación.		

NOMBRE		A.SUB2 / NAC 15	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1073629	
	Este	866634	
	Municipio	Marulanda	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un nacimiento de agua, en su trayectoria de drenaje se evidencia poca cobertura vegetal; el nacimiento drena a un canal de origen antrópico del cual se infiere se realiza captación por la comunidad de la zona. La toma de muestra se realizó en una pequeña caída previa al canal.		






Fuente: SGI S.A.S.



Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018

**Tabla 5-23 Descripción puntos de muestreo A.SUB3, A.SUB4 y A.SUB5**

NOMBRE		A.SUB3 / NAC 26	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1070552	
	Este	843121	
	Municipio	Neira	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de toma de muestra corresponde a un nacimiento. La toma de muestra se realizó en una caída de agua formada por una roca. La zona esta provista de abundante vegetación y árboles de gran porte. No se evidencia intervención antrópica o puntos de captación cercanos.		
Fotografía de la muestra			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE:		A.SUB4 / NAC 103	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1076403	
	Este	849476	
	Municipio	Salamina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de toma de muestra corresponde al drenaje de un nacimiento. El nacimiento del drenaje no es evidente sin embargo en la zona se evidencia su trayecto. La toma de muestra se realiza de una caída de agua formada por la geomorfología de la zona y la presencia de rocas. No se evidencian obras para la captación del recurso hídrico o actividades antrópicas cercanas.		
Fotografía de la muestra			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		A.SUB5 / NAC 137	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1080048	
	Este	855052	
	Municipio	Salamina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	La toma de muestra corresponde a un nacimiento de agua. El muestreo se realizó en una caída de agua generada por el flujo del recurso sobre por un lecho rocoso. No se evidenciaron obras antrópicas de captación del recurso o actividades de origen antrópico cercanas. La zona esta provista de vegetación de alto porte.		
Fotografía de la muestra			
Fuente: SGI S.A.S.			

Fuente: SGI S.A.S., 2018



**Tabla 5-24 Descripción puntos de muestreo A.SUB6, A.SUB7 y A.SUB8**

NOMBRE		A.SUB6 / NAC 161	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1035164	
	Este	805468	
	Municipio	La Virginia	
	Departamento	Risaralda	
Descripción del punto de monitoreo		El punto de toma de muestra corresponde a drenaje de un nacimiento, este se encuentra sobre abundante vegetación, no se evidencia actividad antrópica o captación cercana. La zona presenta fango.	
NOMBRE:		A.SUB7 / NAC 162	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1033813	
	Este	804672	
	Municipio	La Virginia	
	Departamento	Risaralda	
Descripción del punto de monitoreo		El punto de toma de muestra corresponde a un drenaje de un nacimiento rodeado por vegetación, tal como helechos, musgos y de amplio follaje, a su vez se presenta hojarasca en el lugar del monitoreo. No se evidencia actividad antrópica a lo largo del tramo monitoreado.	
NOMBRE		A.SUB8 / PREDIO LA RICA – VEREDA LA PALOMA	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1039916	
	Este	807449	
	Municipio	Belalcázar	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo		El punto de toma de muestra presenta abundante vegetación por lo que no se visibiliza el drenaje del nacimiento de agua, el tipo de vegetación presentado en este punto es de altura media. No se evidencian actividades antrópicas o captaciones cercanas al punto de monitoreo.	



Fuente: SGI S.A.S.






Fuente: SGI S.A.S.



Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018




**Tabla 5-25 Descripción puntos de muestreo A.SUB9, A.SUB10 y A.SUB11**

NOMBRE		A.SUB9 / HACIENDA LA PIRÁMIDE	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1017682	
	Este	925368	
	Municipio	Beltrán	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de toma de muestra se encuentra sobre un lecho rocoso, este corresponde a un drenaje de un nacimiento. En este punto se presenta vegetación tipo arbóreo. Cerca al punto de monitoreo se observa un tanque de almacenamiento el cual capta agua del drenaje.		
			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE:		A.SUB10 / FINCA LA GOLONDRINA	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1016029	
	Este	927600	
	Municipio	Pulí	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de toma de muestra se encuentra rodeado de abundante vegetación, corresponde a un drenaje de un nacimiento, con una capa de hojas secas sobre esta. No se evidencia captación o actividades antrópicas sobre el drenaje.		
			
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		A.SUB11 / LC047	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1011091	
	Este	951398	
	Municipio	Quipile	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un nacimiento de agua, el cual se encuentra canalizado mediante palos de caña de azúcar, este presenta tonalidad grisácea, con abundante vegetación en el punto de monitoreo.		
			
Fuente: SGI S.A.S.			

Fuente: SGI S.A.S.,2018






**Tabla 5-26 Descripción puntos de muestreo A.SUB12, A.SUB13 y A.SUB14**

NOMBRE		A.SUB12 / LC037	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1011701	
	Este	946071	
	Municipio	Quipile	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo se encuentra rodeado por abundante vegetación, con amplio follaje, hojarasca, el agua sale a exterior mediante una manguera, el agua tiene tonalidad translúcida.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE:		A.SUB13 / LC018	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1012609	
	Este	941371	
	Municipio	Pulí	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo se encuentra seco, este se encuentra cerca de viviendas y rodeado por vegetación de tipo arbórea y pastizal.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		A.SUB14 / FA014	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1014819	
	Este	930246	
	Municipio	Pulí	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo se encuentra rodeado de abundante vegetación, este corresponde a un cuerpo de agua con tonalidad verdosa a amarilla, a las orillas de este cuerpo se encuentra vegetación tipo pastizal.		Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018




**Tabla 5-27 Descripción puntos de muestreo A.SUB15, A.SUB16 y A.SUB17**

NOMBRE		A.SUB15 / LC015	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1013373	
	Este	936533	
	Municipio	Pulí	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo		El punto de monitoreo se encuentra canalizado mediante una estructura la cual contiene el agua, en esta se evidencia hojarasca y sedimentos en el fondo, el agua es translúcida.	
		 <p>Fuente: SGI S.A.S.</p>	
NOMBRE:		A.SUB16 / SF021N	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1045005	
	Este	899646	
	Municipio	Armero Guayabal	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo		El cuerpo de agua corresponde a un drenaje, el cual se encuentra rodeado por vegetación de amplio follaje, lianas y plantaciones de plátano, en la toma de la muestra esta se recolecta en una pequeña caída que pasa por una hoja de plátano. El suelo presenta gran capacidad de retención de agua al ser bastante húmedo y se observa musgo.	
		 <p>Fuente: SGI S.A.S.</p>	
NOMBRE		A.SUB17 / SF011N	
Tipo de muestra		Subterránea	
Coordenadas	Norte	1050546	
	Este	889776	
	Municipio	Casabianca	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo		El punto de monitoreo corresponde a un nacimiento proveniente de rocas, que presentan helechos, musgos y hojas secas, el agua es translúcida. Se observa cerca al punto de monitoreo vegetación arbórea de gran tamaño, se encuentra en zona de pendiente.	
		 <p>Fuente: SGI S.A.S.</p>	

Fuente: SGI S.A.S.,2018



**Tabla 5-28 Descripción puntos de muestreo A.SUB18, A.SUB19 y A.SUB20**

NOMBRE		A.SUB18 / CD013	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1061909	
	Este	880328	
	Municipio	Fresno	
	Departamento	Tolima	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un aljibe que capta el agua de un drenaje, el agua es conducida a través una tubería hasta una bomba que impulsa el agua hasta el aljibe. Este lugar se encuentra rodeado por abundante vegetación dentro de la que se encuentra principalmente plantaciones de guadua, además de vegetación de amplio follaje. Cerca al punto de toma de muestra se observa un centro vacacional el cual cuenta con piscina.		
NOMBRE:		A.SUB19 / AC006	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1069876	
	Este	841766	
	Municipio	Neira	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un drenaje el cual se encuentra rodeado de abundante vegetación, observando helechos y vegetación tipo arbórea. En este punto se observa un suelo húmedo cubierto por hojas secas.		
NOMBRE		A.SUB20 / SS052	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1062324	
	Este	833110	
	Municipio	Neira	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un nacimiento proveniente de rocas, que presentan helechos, musgos y hojas secas, el agua es translúcida. Se observa cerca al punto de monitoreo vegetación arbórea de gran tamaño, se encuentra en zona de pendiente.		
		Fuente: SGI S.A.S.	

Fuente: SGI S.A.S., 2018

Tabla 5-29 Descripción puntos de muestreo A.SUB21, A.SUB22 y A.SUB23

NOMBRE		A.SUB21 / SS0381	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1060902	
	Este	829737	
	Municipio	Manizales	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un drenaje que se encuentra rodeado de pasto presentando muy baja velocidad. Se observa cerca al punto de monitoreo plantaciones de naranjos, limoneros, guadua.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE:		A.SUB22 / SS028	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1058156	
	Este	825883	
	Municipio	Manizales	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Se observan plantaciones de plátano en el punto de monitoreo, en este se identifica drenaje de agua estancada con tonalidad grisácea rodeada por vegetación, se observa acumulación de sedimentos en el fondo del drenaje.		Fuente: SGI S.A.S.
NOMBRE		A.SUB23 / SS026	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1055802	
	Este	821651	
	Municipio	Palestina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde a un aljibe que capta el agua de un drenaje, el agua es conducida a través una tubería hasta una bomba que impulsa el agua hasta el aljibe. Este lugar se encuentra rodeado por abundante vegetación dentro de la que se encuentra principalmente plantaciones de guadua, además de vegetación de amplio follaje. Cerca al punto de toma de muestra se observa un centro vacacional el cual cuenta con piscina.		Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S., 2018



**Tabla 5-30 Descripción puntos de muestreo A.SUB24, A.SUB25 y A.SUB26**

NOMBRE		A.SUB24 / SS005	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1049762	
	Este	813418	
	Municipio	Belalcázar	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	Se observa un drenaje con acumulación de sedimentos en el fondo y hojas, este proviene de un nacimiento de rocas con coloración naranja. Se identifica vegetación riparia cercana al drenaje de amplio follaje.		
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE:		A.SUB25 / SS013	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1042871	
	Este	808649	
	Municipio	Belalcázar	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	El punto de monitoreo corresponde un drenaje con baja velocidad, presenta abundante vegetación en entre la que se encuentra guadua y helechos, en el suelo se observa hojas secas. El agua presenta tonalidad grisácea y se observa una película de grasa y espuma.		
Fuente: SGI S.A.S.			
NOMBRE		A.SUB26 / N67	
Tipo de muestra	Subterránea		
Coordenadas	Norte	1078648	
	Este	858126	
	Municipio	Salamina	
	Departamento	Caldas	
Descripción del punto de monitoreo	En el punto de monitoreo se presenta un drenaje el cual se encuentra rodeado de abundante vegetación tipo pastizal y helechos, Se observa cercas en este lugar.		
Fuente: SGI S.A.S.			

Fuente: SGI S.A.S., 2018

Tabla 5-31 Descripción puntos de muestreo A.SUB27

NOMBRE	A.SUB27 / NAC-131	
Tipo de muestra	Subterránea	
Coordenadas	Norte	1079328
	Este	857440
	Municipio	Salamina
	Departamento	Caldas
Descripción del punto de monitoreo	El lugar de monitoreo corresponde a un nacimiento el cual se encuentra dentro de una cueva, que presenta caída de agua, se observa vegetación tipo pastizal cercana a nacimiento. El agua es translúcida.	



Fuente: SGI S.A.S.

Fuente: SGI S.A.S.,2018

El monitoreo correspondió a la toma de muestras de aguas para análisis físicos-químicos y bacteriológicos. El trabajo de campo para la toma de muestras en los cuerpos de agua subterráneos se realizó por el laboratorio Servicios Geológicos Integrados (SGI) S.A.S, el cual se encuentra acreditados ante el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025 para la toma de muestras de aguas.

#### 5.1.7.2.2 Trabajo de campo y de laboratorio muestreo fisicoquímico y bacteriológico

Durante el trabajo de campo se realizaron tomas de muestras puntuales de agua subterránea, teniendo en cuenta los requerimientos de preservación y transporte que se requieren en cada parámetro a analizar. Así mismo, se llevaron a cabo mediciones in situ de parámetros como: temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos y oxígeno disuelto. En la Tabla 5-32, se resume la información correspondiente al trabajo de campo realizado, indicando la preservación, envase utilizado y tiempo máximo de análisis para los parámetros a caracterizar.

Tabla 5-32 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	VOLUMEN MÍNIMO (ML)	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	200	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Sólidos totales	Plástico o vidrio	1000	Refrigerar	7 días
Temperatura	N/A	-	Analizar de inmediato	15 minutos
pH	Plástico o vidrio	50	Analizar de inmediato	2 horas
Cloruro	Plástico o vidrio	50	No requerida	28 días
Sulfato	Plástico o vidrio	100	Refrigera	28 días
Aceites y Grasas	Vidrio de boca ancha	1000	Agregar HCl hasta pH<2 y refrigerar	28 días
Alcalinidad total	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	24 horas

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	VOLUMEN MÍNIMO (ML)	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS
Acidez total	Plástico o vidrio	500	Refrigerar	24 horas
Dureza total	Plástico o vidrio	100	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2	6 meses
Oxígeno disuelto	Vidrio, botella Winkler	300	Analizar de inmediato	30 minutos
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	500	Refrigerar	28 días
Coliformes Totales	Vidrio	250	Material estéril Refrigerar ≤ 6°C	6 horas
Coliformes Fecales	Vidrio	250	Material estéril Refrigerar ≤ 6°C	6 horas
Nitratos	Plástico o Vidrio	200	Refrigerar ≤ 6°C	7 días
Nitritos	Plástico o Vidrio	200	Refrigerar ≤ 6°C	48 horas
Turbidez	Plástico	1000	Refrigerar	7 días
Metales	Plástico	100	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2 y refrigerar	28 días a 6 meses

Fuente: SGI S.A.S., 2018

Posterior a la toma y envío de muestras al laboratorio, se procedió al análisis de las mismas, para cada uno de los parámetros físicos-químicos y bacteriológicos de interés, a partir de los métodos y técnicas analíticas que se indican en la Tabla 5-33.

**Tabla 5-33 Técnica analítica utilizada en la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	<i>in-situ</i>	LABORATORIO
Unidades de pH	pH	SM 4500-H+ B	X	
°C	Temperatura	SM 2550 B	X	
mg/L - O <sub>2</sub>	Oxígeno disuelto, electrode	EPA 360-3	X	
μS/cm	Conductividad Eléctrica a 25 °C	SM 2510 B	X	
mg/L	Sólidos Disueltos Totales	SM 2540 C	X	
mg/L	Sólidos Totales	SM 2540 B		X
mg Cl-/L	Cloruros	SM 400 –Cl B		X
mg SO <sub>4</sub> -2/L	Sulfatos	SM 4500 –SO <sub>4</sub> -2 E		X
mg/L	Hierro	EPA 3015A, SM 3120 B		X
mg/L	Calcio	EPA 3015A, SM 3120 B		X
mg Na+/L	Sodio	EPA 3015A, SM 3120 B		X
mg K+/L	Potasio	EPA 3015A, SM 3120 B		X
mg N-NO <sub>2</sub> /L	Nitrito	SM 4500-NO <sub>2</sub> - B		X
mg N-NO <sub>3</sub> /L	Nitrato	SM 4500-NO <sub>3</sub> - E		X
mg/L	Aceites y Grasas	SM 5520 C		X

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:  
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV  
UPME 07 2016

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	<i>in-situ</i>	LABORATORIO
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Alcalinidad Total	SM 2320 B		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Acidez Total	SM 2310 B		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Bicarbonatos	SM 2320 B		X
mg CaCO <sub>3</sub> /L	Dureza total	SM 2340 C		X
NTU	Turbidez	SM 2130 B		X
NMP/100 ml	Coliformes Totales	SM 9223 B		X
NMP/100 ml	Coliformes Fecales	SM 9223 B		X

Fuente: SGI S.A.S., 2018

#### 5.1.7.2.3 Resultados muestreo fisicoquímico y bacteriológico

En el Anexo 5.1.7 se indican los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas evaluadas en las estaciones dispuestas en el área de estudio, ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Tolima, Caldas y Risaralda, efectuando su comparación con los criterios de calidad permisibles del recurso hídrico de acuerdo con el uso (consumo humano y/o doméstico, uso agropecuario), estipulado en la normatividad ambiental vigente Decreto 1076 del 26 de Mayo de 2015, en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, En la Tabla 5-34, se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas analizadas en las aguas subterráneas, incluyendo su comparación con los artículos en mención del Decreto 1076/15. El punto A. SUB13/LC018 se encontraba seco en el momento del monitoreo.

El uso del agua para consumo humano y doméstico se refiere, según lo estipulado por dicho Decreto, a su uso en actividades como fabricación o procesamiento de alimentos, bebida directa y satisfacción de necesidades domésticas, tales como higiene personal y limpieza. Por uso agrícola, se entiende su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias y finalmente el uso pecuario está relacionado con la utilización del recurso para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como otras actividades conexas y complementarias.

**Tabla 5-34 Resultados de los Parámetros fisicoquímicos- bacteriológicos analizados y comparación con los criterios de calidad permisibles (Decreto 1076/2015) en los puntos de aguas subterráneos evaluados**

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-03103	M18-03106	M18-03233	M18-03232	M18-03105	M18-03543	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		23/02/2018	26/02/2018	04/03/2018	02/03/2018	25/02/2018	12/03/2018			
HORA DE TOMA DE MUESTRA		11:50	13:14	09:50	09:30	12:29	14:50			
COORDENADA		E: 870963	E: 866634	E: 843120	E: 849476	E: 855052	E: 805468	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1071187	N: 1073629	N: 1070551	N: 1076403	N: 1080048	N: 1035164	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.
PARÁMETRO	UNIDADES	A.SUB1/NAC1	A.SUB2/NAC15	A.SUB3/NAC26	A.SUB4/NAC103	A.SUB5/NAC137	A.SUB6/NAC161	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.
Temperatura	°C	17	15,2	13,5	14,2	14,9	27,8	N.A	N.A	N.A
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	54	65	38	23	79	132	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L	73	135	89	101	146	206	N.A	N.A	N.A
Conductividad Eléctrica 25 °C	µS/cm	1002	143,4	80	535	1002	229	N.A	N.A	N.A
pH	unidades	6,78	7,1	8,2	8,26	7,42	7,67	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0
Turbidez	NTU	9,67	9,85	24,8	0,74	5,24	4,12	N.A	190	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	5,4	5,7	5,1	5,2	5,3	5,4	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	42	55	25	20	54	85	N.A	N.A	N.A
Cloruro	mg Cl-/L	<4	<4	<4	<4	<4	7	250	250	N.A
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> -2/L	<2	<2	<2	<2	5,21	<2	400	400	N.A
Hierro	mg/L	<0,085	0,240773	0,222	<0,085	0,087	<0,085	N.A	N.A	N.A
Calcio	mg/L	7,62	5,68	2,83	1,97	8,61	14,42	N.A	N.A	N.A
Sodio	mg Na+/L	5,25	5,7	4,51	2,83	4,64	3,02	N.A	N.A	N.A
Potasio	mg K+/L	<0,95	4,07	<0,95	1,79	1,14	<0,95	N.A	N.A	N.A
Nitrito	mg N-NO <sub>2</sub> /L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1	1	N.A
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub> /L	0,11	0,76	2,97	0,46	1,44	2,85	10	10	N.A
Aceites y Grasas	mg/L	<1	1,67	<1	2,41	6,69	<1	N.A	N.A	N.A
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	42,92	54,68	18,4	14,31	54,17	96,07	N.A	N.A	N.A
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	16,52	7,68	<5	8,04	<5	<5	N.A	N.A	N.A
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	23,21	25,23	10,09	7,06	12,108	80,72	N.A	N.A	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<10	<10	<10	<10	<10	<10	2000	N.A	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	546	1162	4360	4880	744	30	20000**	1000*	5000



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-03542	M18-04116	M18-04067	M18-04068	M18-08037	M18-08038	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector- Ambiental-1076-Mayo-2015		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		12/03/2018	08/04/2018	08/04/2018	08/04/2018	25/08/2018	26/08/2018			
HORA DE TOMA DE MUESTRA		13:28	12:40	14:49	23:30	12:00	12:00			
COORDENADA		E: 804672	E: 807449	E: 925368	E: 927600	E: 951398	E: 906110	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1033813	N: 1039916	N: 1017682	N: 1016029	N: 1011091	N: 1011733	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.
PARÁMETRO	UNIDADES	A.SUB7/NAC162	A.SUB 8/PREDIO LA RICA- VEREDA LA PALOMA	A.SUB9/HACIENDA LA PIRÁMIDE	A.SUB10/FINCA GOLONDRINA	A.SUB11/LC047	A.SUB12/LC037	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.
Temperatura	°C	25,5	23,5	25	24,4	24,7	20,6	N.A	N.A	N.A
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	131	148	16	236	1198	220	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L	150	1080	47	245	1210	230	N.A	N.A	N.A
Conductividad Eléctrica a 25 °C	µS/cm	218	316	39,4	453	2460	451	N.A	N.A	N.A
pH	unidades	7,36	7,86	7,83	6,77	6,9	7,62	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0
Turbidez	NTU	5,58	3,41	15,3	0,44	13,8	7,45	N.A	190	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	2,8	3,63	3,1	3,9	6,08	6,4	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	102	114	11	225	420	205	N.A	N.A	N.A
Cloruro	mg Cl-/L	<4	17,838	<4	8,19604	18,08	18,8	250	250	N.A
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> -2/L	<2	<2	<2	<2	<11	<11	400	400	N.A
Hierro	mg/L	0,0974774	0,279	1,3310629	0,091	<0.085	<0.085	N.A	N.A	N.A
Calcio	mg/L	23,87	18,69	<0,94	36,13	336,778	53,468	N.A	N.A	N.A
Sodio	mg Na+/L	10,39	5,58	1,34	19,88	56,643	15,12	N.A	N.A	N.A
Potasio	mg K+/L	1,1	<0,95	<0,95	1,34	3,23	<0.950	N.A	N.A	N.A
Nitrito	mg N-NO <sub>2</sub> /L	<0,02	0,0521	0,1538578	0,15079356	<0,02	<0,02	1	1	N.A
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub> /L	0,29	4,3	0,55	0,15	1,08	<0,10	10	10	N.A
Aceites y Grasas	mg/L	2,22	3,35	1,17	1,48	<1	<1	N.A	N.A	N.A
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	110,38	123,53	<10	248,61	399,58	198,28	N.A	N.A	N.A
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	7,68	7,83	8,62	9,107025	67,89	15,07	N.A	N.A	N.A
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	69,62	127,74	<7	150,698	1185,24	164,34	N.A	N.A	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2 160	300	<10	10	<10	153	2000	N.A	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>241 960	15 150	131	1 187	2419,6	>2419,6	20000**	1000*	5000



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-09554	M18-08039	M18-08040	M18-08096	M18-08097	M18-08098	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector- Ambiental-1076-Mayo-2015		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		27/08/2018	27/08/2018	27/08/2018	28/08/2018	29/08/2018	30/08/2018			
HORA DE TOMA DE MUESTRA		15:00	09:30	12:45	17:00	17:00	13:45			
COORDENADA		E: 94137	E: 930246	E: 956522	E: 899646	E: 899775	E: 880321	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1012609	N: 1014420	N: 1013376	N: 1011005	N: 1050335	N: 1061908	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.
PARÁMETRO	UNIDADES	A.SUB13/LC018	A.SUB14/FA014	A.SUB15/LC015	A.SUB16/SF021N	A.SUB17/SF011N	A.SUB18/CD013	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.
Temperatura	°C	Punto Seco	24,7	24,4	23,2	18,6	16,6	N.A	N.A	N.A
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		30	387	69	12	18	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L		87	389	142	18	30	N.A	N.A	N.A
Conductividad Eléctrica a 25 °C	µS/cm		66,7	770	136	25	31	N.A	N.A	N.A
pH	unidades		8,94	7,18	7,28	8,08	7,33	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0
Turbidez	NTU		42,2	14,1	6,95	1,1	5,3	N.A	190	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>		6,25	7,69	6,26	7,28	3,58	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L		40	275	62	20	23	N.A	N.A	N.A
Cloruro	mg Cl-/L		7,71	29,89	4,79	5,74	<4	250	250	N.A
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> -2/L		<11	<11	<11	<11	<11	400	400	N.A
Hierro	mg/L		1,792	<0.085	0,305	<0.085	<0.085	N.A	N.A	N.A
Calcio	mg/L		2,987	111,814	10,515	3,391	4,211	N.A	N.A	N.A
Sodio	mg Na+/L		5,786	35,273	6,18	8,359	12,556	N.A	N.A	N.A
Potasio	mg K+/L		2,272	5,544	<0.950	<0.950	1,714	N.A	N.A	N.A
Nitrito	mg N- NO <sub>2</sub> /L		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1	1	N.A
Nitrato	mg N- NO <sub>3</sub> /L		0,25	<0,10	0,26	0,13	0,6	10	10	N.A
Aceites y Grasas	mg/L		<1	<1	1,98	2,13	1,78	N.A	N.A	N.A
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L		28,18	269,74	45,12	<10	11,28	N.A	N.A	N.A
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L		6,77	14,59	7,98	7,98	<5	N.A	N.A	N.A
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L		13,94	358,56	49,3	11,45	13,45	N.A	N.A	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		52	10	10	<10	201	2000	N.A	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml		>24196	228	63	1860	457	20000**	1000*	5000

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08099	M18-08100	M18-08101	M18-08102	M18-08103	M18-08499	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector- Ambiental-1076-Mayo-2015		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		31/08/2018	01/09/2018	01/09/2018	01/09/2018	01/09/2018	03/09/2018			
HORA DE TOMA DE MUESTRA		13:00	11:10	15:15	11:00	14:00	16:40			
COORDENADA		E: 847760	E: 833064	E: 829571	E: 825855	E: 821650	E: 813421	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1069870	N: 1062299	N: 1060839	N: 1058151	N: 1055802	N: 1049757	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.
PARÁMETRO	UNIDADES	A.SUB19/AC006	A.SUB20/SS052	A.SUB21/SS0381	A.SUB22/SS028	A.SUB23/SS026	A.SUB24/SS005	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.
Temperatura	°C	17	23,1	26,9	24,3	24	23,4	N.A	N.A	N.A
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	47	120	138	75	153	61	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L	48	182	149	80	156	77	N.A	N.A	N.A
Conductividad Eléctrica a 25 °C	µS/cm	72	231	269	146	282	133	N.A	N.A	N.A
pH	unidades	6,78	6,21	6,92	6,4	6,38	7,47	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0
Turbidez	NTU	8,36	90	14,7	14,2	5,28	7,55	N.A	190	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	3,2	6,11	6,62	6,53	6,21	4,31	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	50	20	80	62	132	70	N.A	N.A	N.A
Cloruro	mg Cl-/L	5,5	7,18	27,28	5,26	6,7	4,07	250	250	N.A
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> -2/L	<11	<11	<11	<11	<11	<11	400	400	N.A
Hierro	mg/L	<0.085	5,03	0,525	0,944	0,337	0,411	N.A	N.A	N.A
Calcio	mg/L	7,085	15,906	17,231	12,326	40,169	12,804	N.A	N.A	N.A
Sodio	mg Na+/L	14,962	17,443	26,722	17,488	21,27	11,551	N.A	N.A	N.A
Potasio	mg K+/L	4,168	2,88	3,273	1,072	3,776	1,834	N.A	N.A	N.A
Nitrito	mg N- NO <sub>2</sub> /L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1	1	N.A
Nitrato	mg N- NO <sub>3</sub> /L	0,26	0,13	0,36	<0,10	0,97	<0,1	10	10	N.A
Aceites y Grasas	mg/L	1,63	1,42	2,08	1,49	2,3	3,92	N.A	N.A	N.A
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	33,33	92,3	77,94	55,38	123,06	58,45	N.A	N.A	N.A
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	7,48	38,38	7,98	35,89	6,48	<5	N.A	N.A	N.A
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	25,9	80,68	80,18	50,3	129,48	58,76	N.A	N.A	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	310	<10	<10	<10	84	41	2000	N.A	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	4480	145	94	142	14136	2613	20000**	1000*	5000

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA		M18-08500	M18-08501	M18-08502	Decreto-Unico-Reglamentario-Sector- Ambiental-1076-Mayo-2015		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		04/09/2018	05/09/2018	05/09/2018			
HORA DE TOMA DE MUESTRA		10:00	13:10	16:00			
COORDENADA		E: 808638	E: 858121	E: 857428	ARTICULO	ARTICULO	ARTICULO
		N: 1042865	N: 1098645	N: 1078347	2.2.3.3.9.3.	2.2.3.3.9.4.	2.2.3.3.9.5.
PARÁMETRO	UNIDADES	A.SUB25/SS013	A.SUB26/N67	A.SUB27/NAC-131	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Criterios de calidad para uso agrícola.
Temperatura	°C	21,8	21,1	17,4	N.A	N.A	N.A
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	156	33	42	N.A	N.A	N.A
Sólidos Totales	mg/L	198	35	60	N.A	N.A	N.A
Conductividad Eléctrica a 25 °C	µS/cm	286	36	56	N.A	N.A	N.A
pH	unidades de pH	6,89	7,64	7,67	5_9	6,5_8,5	4,5_9,0
Turbidez	NTU	39,1	5,28	9,61	N.A	190	NA
Oxígeno Disuelto	mg/L - O <sub>2</sub>	4,73	4,39	5,39	N.A	N.A	N.A
Bicarbonatos	mg CaCO <sub>3</sub> /L	147	46	62	N.A	N.A	N.A
Cloruro	mg Cl-/L	<4	<4	<4	250	250	N.A
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> -2/L	<11	<11	<11	400	400	N.A
Hierro	mg/L	0,509	2,517	1,568	N.A	N.A	5.0
Calcio	mg/L	26,552	7,747	7,892	N.A	N.A	N.A
Sodio	mg Na+/L	6,711	9,206	8,218	N.A	N.A	N.A
Potasio	mg K+/L	<0.950	4,07	1,219	N.A	N.A	N.A
Nitrito	mg N- NO <sub>2</sub> /L	<0,02	<0,02	0,0398	1	1	N.A
Nitrato	mg N- NO <sub>3</sub> /L	0,62	<0,1	<0,1	10	10	N.A
Aceites y Grasas	mg/L	3,88	<1	1,47	N.A	N.A	N.A
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	155,88	27,18	34,35	N.A	N.A	N.A
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	6,48	<5	<5	N.A	N.A	N.A
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	184,26	33,86	26,89	N.A	N.A	N.A
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	20	40	342	2000	N.A	1000
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1376	12997	7701	20000**	1000*	5000

**N.E.:** No establecido. **\*\*Requiere tratamiento convencional.** **\*Requiere desinfección.**

Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### 5.1.7.2.4 Análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados

Para los diferentes niveles de concentraciones obtenidas a partir de análisis de laboratorio para cada parámetro se expresaron en las unidades de medida respectivas y se presentaron en tablas incluyendo la norma aplicable respectiva. Posteriormente se efectuó una interpretación de los valores obtenidos y se realizó una comparación con los criterios establecidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; así como la relación existente entre parámetros. Igualmente se compararon los resultados obtenidos entre los cuerpos hídricos evaluados con los usos potenciales del agua.

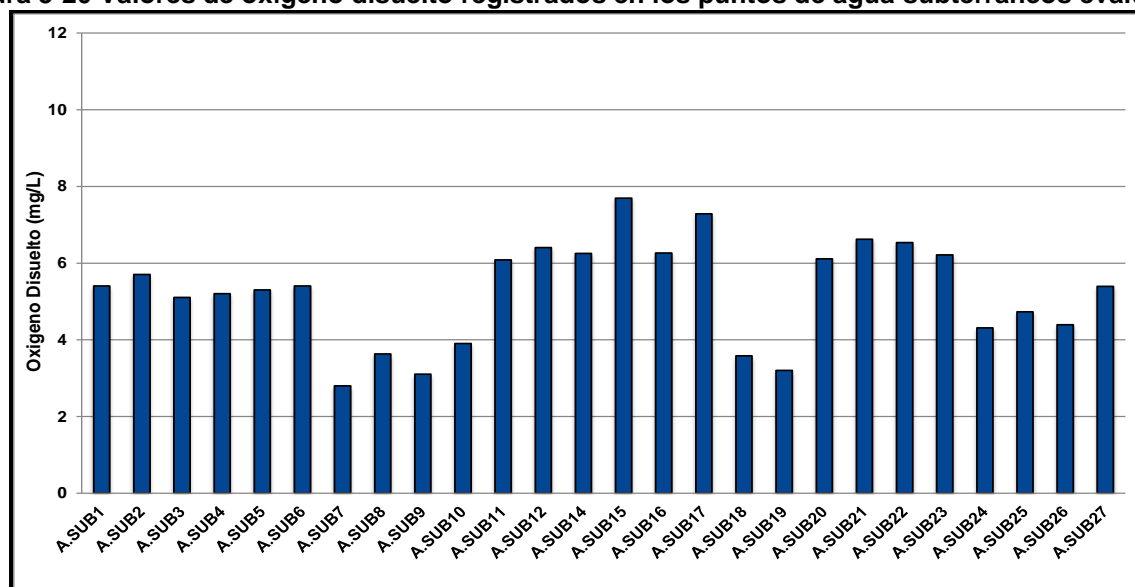
##### a. Parámetros *in situ*

##### ▪ Oxígeno disuelto, Temperatura y pH

El Oxígeno Disuelto (O.D.) es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. La fuente principal de O.D. es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua superficial por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003). En el caso de las aguas subterráneas la presencia de oxígeno disuelto tiende a reducirse notoriamente como resultado de oxidaciones químicas, respiración bacteriana y presencia de materia orgánica que se acumula a medida que el agua pasa a través del suelo (Wetzel, 2001).

Los valores para este parámetro, variaron entre 2,8 y 7,69 mg/L (Figura 5-20), la menor concentración de este elemento se registró en el agua procedente del punto A.SUB7/NAC162, Sin embargo, a partir de los resultados, es posible concluir que la concentración de oxígeno en el agua de los nacederos evaluados fue alta, ya que generalmente las aguas subterráneas presentan concentraciones inferiores a 2 mg/L y sus valores varían dependiendo de las características geológicas de la ubicación del punto de muestreo (Cabrera et al., 2000), debido a la falta de contacto con el oxígeno atmosférico, lo cual genera un campo anóxico en el agua. No obstante, la disposición estructural de los nacederos monitoreados habría favorecido el intercambio con la atmosfera de este elemento químico.

**Figura 5-20 Valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

### Temperatura

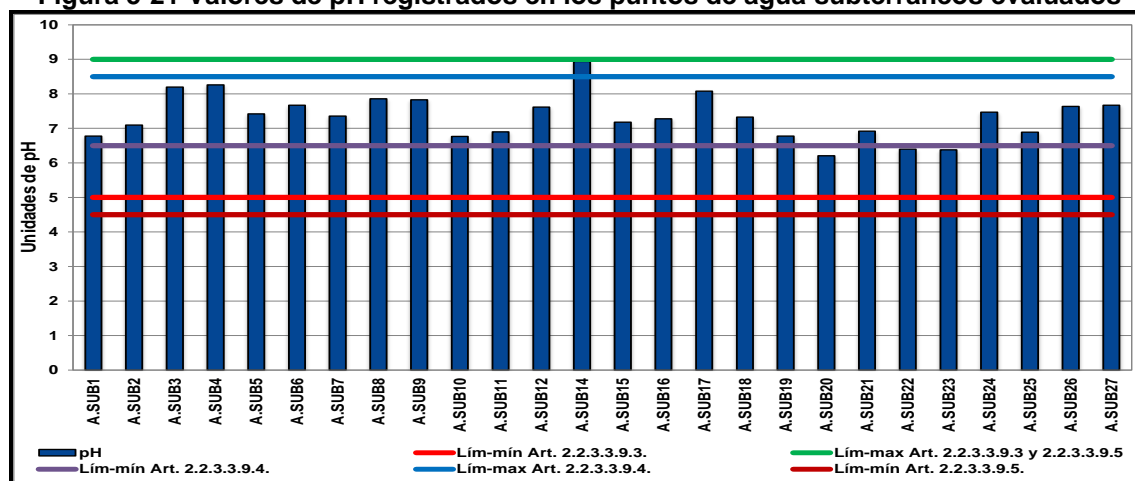
La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y su valor depende de la profundidad y hora de toma (Roldan, 1992). En general este parámetro tiene incidencia sobre todos los procesos biológicos, así como en el comportamiento de otras variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, pH y conductividad. Igualmente, incrementos en la temperatura aumentan la solubilidad de ciertos compuestos químicos, y en general disminuye la solubilidad de gases, especialmente la del oxígeno disuelto (Justic *et al.*, 1996). Este parámetro en los 26 cuerpos de agua subterránea evaluados osciló entre 13,5 °C y 27,8 °C (Tabla 5-34), el mayor registro para esta variable se apreció en el punto A.SUB6/NAC161. Sin embargo, es posible afirmar que estos datos de temperatura fueron normales, acordes a las condiciones de la región de monitoreo y las pequeñas variaciones entre las estaciones pueden estar dadas principalmente por la hora de la toma de la medición. De manera general, aunque la norma no especifica valores para esta variable, los datos obtenidos proponen que no existe ningún tipo de restricción para uso en actividades agrícolas, pecuarias y consumo humano.

### pH

El pH es una abreviatura para representar el potencial de hidrogeniones del agua, estando íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. Es de mencionar que en general este parámetro puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio de CO<sub>2</sub> con el aire (Roldán, 2003). Así, las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. En cuanto al pH, la presencia de carbonatos, fosfatos y de iones similares confieren al agua un efecto tampón, de modo que, si se adiciona un ácido o una base en tales condiciones, no causa mayor efecto en el pH (Londoño, 2006).

Se reportó un pH entre 6,21 unidades (A.SUB20/SS052) y de 8,94 (A.SUB14/FA014) para los 26 puntos evaluados, valores que presentan tendencia a la alcalinidad (Figura 5-21). En términos generales los resultados obtenidos son típicos de este tipo de aguas, en donde el pH puede oscilar entre 3 a 11 y pueden igualmente estar influenciados por las características litológicas de la zona (Ayala *et al.*, 2001; Huerta, 2009). La comparación con la normatividad indica que los valores obtenidos para este parámetro en el punto A.SUB20/SS052 no está dentro de la misma, específicamente para el artículo 2.2.3.3.9.4, indicando que si la comunidad desea dar uso de consumo humano o domestico debe realizar un tratamiento de desinfección, determinando así que los 25 puntos restantes no representan riesgo para la salud humana.

**Figura 5-21 Valores de pH registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

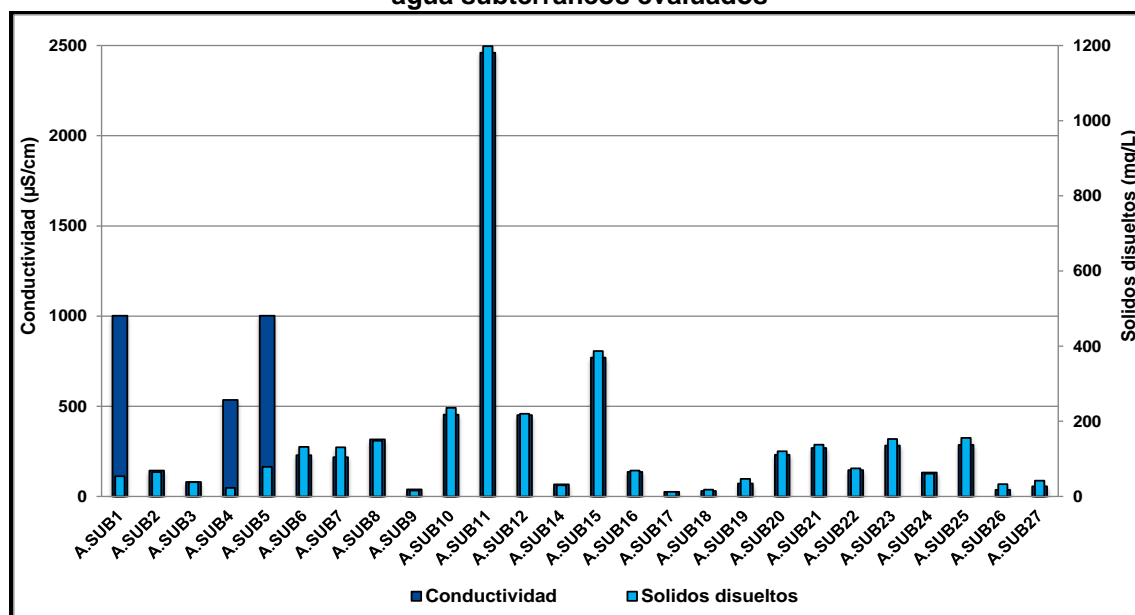
Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

#### Conductividad

Se detectaron valores desde muy bajos hasta altos de conductividad para los 26 puntos evaluados, con concentraciones que van desde 25  $\mu\text{S/cm}$  (A.SUB17/SF011N) y 2460  $\mu\text{S/cm}$  (A.SUB11/LC047) (Figura 5-22), valores que han sido reportados en monitoreos similares de agua subterráneas e indican la presencia de sales en el agua, lo cual le puede conferir sabor (Pérez et al., 2003). De manera general, los valores son acordes a lo reportado en otros estudios subterráneos como el de Pérez et al., 2003, el cual reporta valores entre 383 y 639  $\mu\text{S/cm}$ . Por otro lado, Ayala et al., 2001, exponen que las aguas subterráneas pueden presentar niveles entre 1 y 2000  $\mu\text{S/cm}$  y que estos están influenciados por las características geológicas de la zona en donde se presente el acuífero.

El comportamiento observado en la conductividad, está muy relacionado con la concentración de sólidos disueltos detectados en las muestras, los cuales exhibieron el mismo comportamiento, reportando la concentración más alta en el punto A.SUB11/LC047 (1198 mg/L) y la menor concentración en A.SUB17/SF011N (12 mg/L); (Figura 5-22). Este parámetro no tiene un valor especificado en la normatividad; sin embargo, tomando como referencia los rangos de conductividad propuestos por la CVC (2013) y Cabrera et al. (2000), se puede afirmar que las aguas en 11 puntos exhibieron características salobres, condición que puede estar dada por las condiciones geológicas del lugar (Hidrología de las aguas subterráneas, 2014).

**Figura 5-22 Valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### b. Parámetros de laboratorio

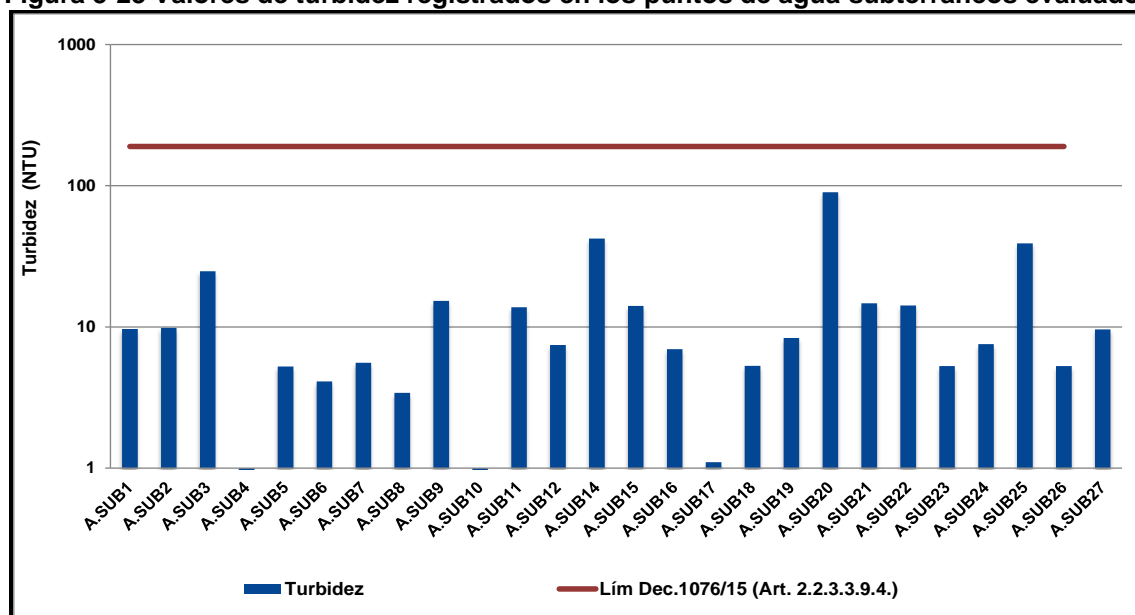
##### Turbiedad, sólidos suspendidos y sólidos totales

Para el caso de la turbidez, los valores reportados oscilaron entre 0,44 y 90 NTU (Figura 5-23), por lo tanto es posible afirmar que los 26 puntos evaluados de agua subterránea, ninguno, sobrepasó el límite máximo de 190 NTU (10 UJT) establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, que establece las condiciones óptima del recurso hídrico cuando este se va a destinar para su uso o consumo humano o doméstico.



En cuanto a los sólidos totales, las concentraciones para este parámetro oscilaron entre 18 mg/L (A.SUB17/SF011N) y 1210 mg/L (A.SUB11/LC047), indicando cambios entre los puntos subterráneos evaluados (Tabla 5-34), que están dados a su vez por las variaciones observadas en los sólidos disueltos, la mayor cantidad de este parámetro en general se registró en el punto A.SUB11, lo que habría favorecido la acumulación de sólidos. Estos valores son producto de la presencia de los diferentes tipos de sólidos, de los cuales el mayor aporte fue generado por la presencia de sólidos disueltos en comparación con las partículas suspendidas, indicando que la mayoría de los puntos evaluados no exhiben ningún tipo de arrastre de sedimentos que aumente la carga sólida de los mismos. Aunque éste parámetro no contiene un límite sugerido en la norma ambiental, es considerado como un estándar secundario de salubridad (según parámetros y características de las aguas naturales (2009, p.22)), pues no representa daño alguno a las personas que lo consumen, pero si puede afectar el sabor del agua, generando inconformidad por la misma.

**Figura 5-23 Valores de turbidez registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018.

#### ■ Dureza, Alcalinidad, Bicarbonatos y Acidez

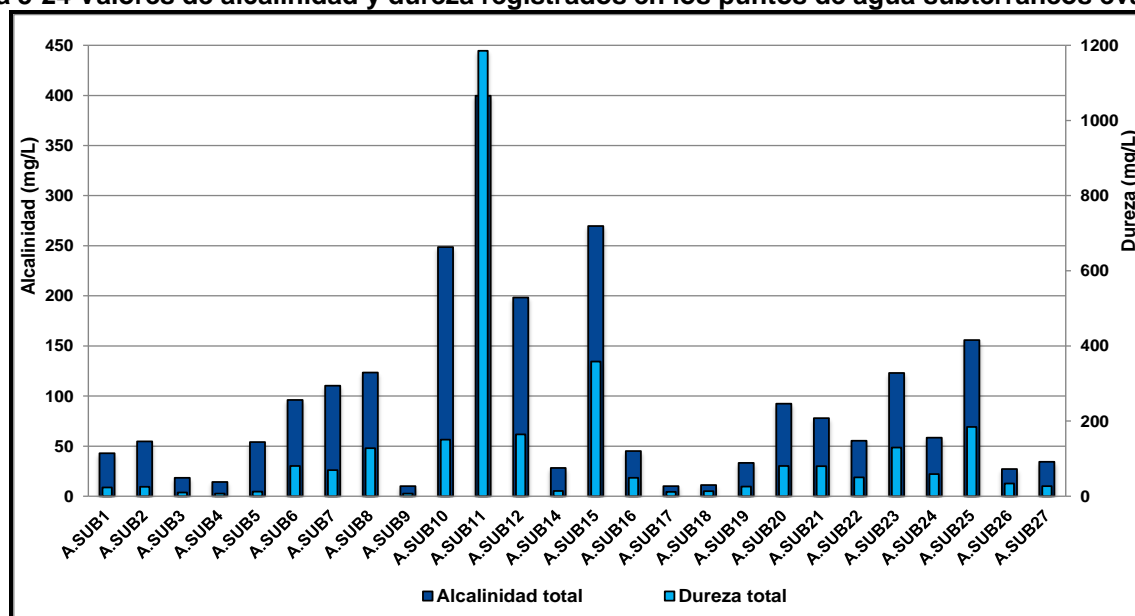
La alcalinidad presentó valores que oscilaron entre el límite de detección de la técnica analítica <10 mg/L (A.SUB9 y A.SUB17) y 399,58 mg/L en el punto A:SUB11/LC047 (Figura 5-24), el mayor nivel registrado para este parámetro se observó en este último cuerpo de agua subterráneo, es necesario resaltar que aunque este parámetro no se encuentre regulado en la normatividad ambiental vigente, es posible considerar que el agua del nacedero LC047 para el momento del monitoreo fue muy alcalina, superando el rango de 10 a 360 mg/L (Hidrogeología de las aguas subterráneas, 2012). Las alcalinidades bajas se pueden explicar por efectos de la respiración de los organismos heterótrofos que degradan la materia orgánica, consumiendo de esta manera oxígeno y liberando ácido carbónico (CO<sub>2</sub>) a través de la respiración, razón por la cual se observan valores de pH cercanos a siete (7) (Roldan y Ramírez, 2008).

La acidez del agua es su capacidad cuantitativa para neutralizar una base hasta pH de 8,5 expresada en equivalente de carbonato de calcio en mg/L. El número de átomos de hidrógeno que están presentes determina esto, es decir depende directamente del pH. Se mide generalmente por medio de una valoración con una

solución de hidróxido sódico estándar (Vargas, 2004); este parámetro reportó concentraciones desde menores al límite de detección <5 mg/L (A.SUB3, A.SUB5, A.SUB6, A.SUB18, A.SUB24, A.SUB26 y A.SUB27) hasta 67,89 mg/L (A.SUB11), indicando una mayor presencia de aniones en este punto de monitoreo (Tabla 5-34).

En los puntos monitoreados la dureza presentó variaciones entre valores menores al límite de detección de la técnica analítica usada <7 mg/L (A.SUB9/Hacienda la Pirámide) y 1185,24 mg/L (A.SUB11/LC047) (Figura 5-24), valores que indican que el agua de las estaciones varía de muy blanda (A.SUB4 y A.SUB9) a muy dura (A.SUB11, A.SUB15 y A.SUB25), las aguas blandas se caracterizan por presentar valores de dureza menores a 75 mg/L (Roldán, 2003).

**Figura 5-24 Valores de alcalinidad y dureza registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018

Algunas sales disueltas como los bicarbonatos reportaron concentraciones desde 11 mg/L (A.SUB9/Hacienda La Pirámide) hasta 420 mg/L (A.SUB11/LC047) (Tabla 5-34), valores que se ven influenciados por las características fisicoquímicas del suelo donde se ubica cada punto evaluado.

#### ■ Cloruros y Sulfatos

Teniendo en cuenta los compuestos comúnmente presentes en aguas subterráneas, se tiene los cloruros, los cuales se encuentran relacionados con la naturaleza geoquímica de las cuencas, siendo a su vez indicadores de contaminación por actividad agrícola y puede llegar a incrementarse por influencia humana debido a la generación de excrementos. Este parámetro en general evalúa la concentración de aniones de cloruro disueltos en el agua, siendo una medida indirecta de la contaminación de origen orgánico humano, así como la presencia de sales ionizables (Sierra, 2011).

Estos exhibieron valores bajos, siendo indetectable por la técnica analítica empleada (<4 mg/L) para 11 de los puntos hasta 29,89 mg/L (A.SUB15/LC015) (Tabla 5-34), estableciendo que no hay afectación por el exceso de este tipo de sustancias en las muestras evaluadas. La comparación con la normatividad indica que este parámetro presenta cumplimiento, ya que no superó los 250 mg/L en ninguno de los puntos monitoreados.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016.

Para el caso de los sulfatos, las concentraciones obtenidas en los 26 puntos se encontraron entre <2 mg/L (9 puntos) hasta <11 mg/L (16 puntos) (Tabla 5-34). Los niveles en los cuerpos de agua subterránea se encuentran dentro del rango reportado para este tipo de aguas (entre 2 y 150 mg/L) (Hidrología de las aguas subterráneas, 2014). Por otro lado, estos no pueden estar influenciando los valores de conductividad y sólidos disueltos obtenidos, ya que Martel (2004), propone que en la mayoría de las ocasiones son los sulfatos los responsables de la salinidad, evidenciando de esta manera que no influyen para este monitoreo en estos dos parámetros, ya que se reportan concentraciones muy bajas. La comparación con la norma indica que este parámetro cumple con lo estipulado en esta (400 mg/L).

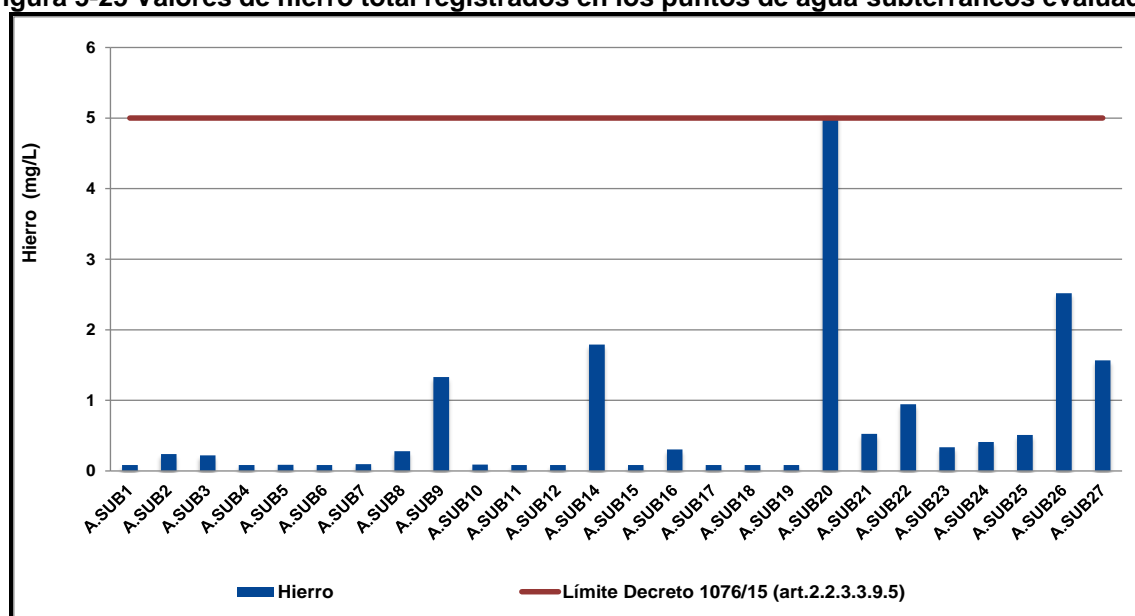
#### ■ Nitratos y Nitritos

En lo que respecta a los compuestos de tipo nitrogenado, los nitratos reportaron niveles que van desde el límite de la técnica analítica utilizada para su evaluación <0,1 mg/L (A.SUB12, A.SUB15, A.SUB22, A.SUB24, A.SUB26 y A.SUB27) hasta 4,3 mg/L (A.SUB 8/Predio La Rica) (Tabla 5-34). Por otra parte, el parámetro nitrito, arrojó valores menores al límite de detección en 22 de los puntos analizados hasta 0,1538578 mg/L en el punto A.SUB9/Hacienda La Pirámide (Tabla 5-34). Resultados que muestran que estos dos parámetros dan cumplimiento a los límites estipulados por la normativa ambiental (1 mg/L nitritos y 10 mg/L nitratos). Estos valores dan evidencia de la baja influencia de estos compuestos en los cuerpos de agua monitoreados.

#### ■ Hierro

Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas. El hierro reportó concentraciones entre <0,085 mg/L hasta 5,03 mg/L (A. SUB20/SS052), siendo este último punto el único que no cumple con la normatividad, los 25 puntos restantes cumplen con lo estipulado en el artículo 2.2.3.3.9.5 (5 mg/L), indicando que las aguas son aptas para su destinación en actividades agrícolas.

**Figura 5-25 Valores de hierro total registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018

### ■ Aceites y grasas

Estas sustancias químicas son compuestos orgánicos. Muchos de ellos son aportados naturalmente a los cuerpos de agua como productos de desecho y descomposición de los seres vivos; sin embargo, pueden llegar a los ecosistemas a través de actividades antrópicas y en altas concentraciones pueden eliminar la vida acuática y humana. Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.

Los valores correspondientes a grasas y aceites, fueron desde niveles indetectables ( $<1,0$  mg/L) hasta 6,69 mg/L (A.SUB5/NAC137) (Tabla 5-34), sugiriendo que en la cercanía de 18 de los 26 puntos evaluados existen actividades antrópicas generadoras de contaminación por este parámetro, lo que sugiere que la calidad del agua subterránea del área del proyecto ha sido afectada en una proporción leve por dicho parámetro.

### ■ Calcio, Sodio y Potasio

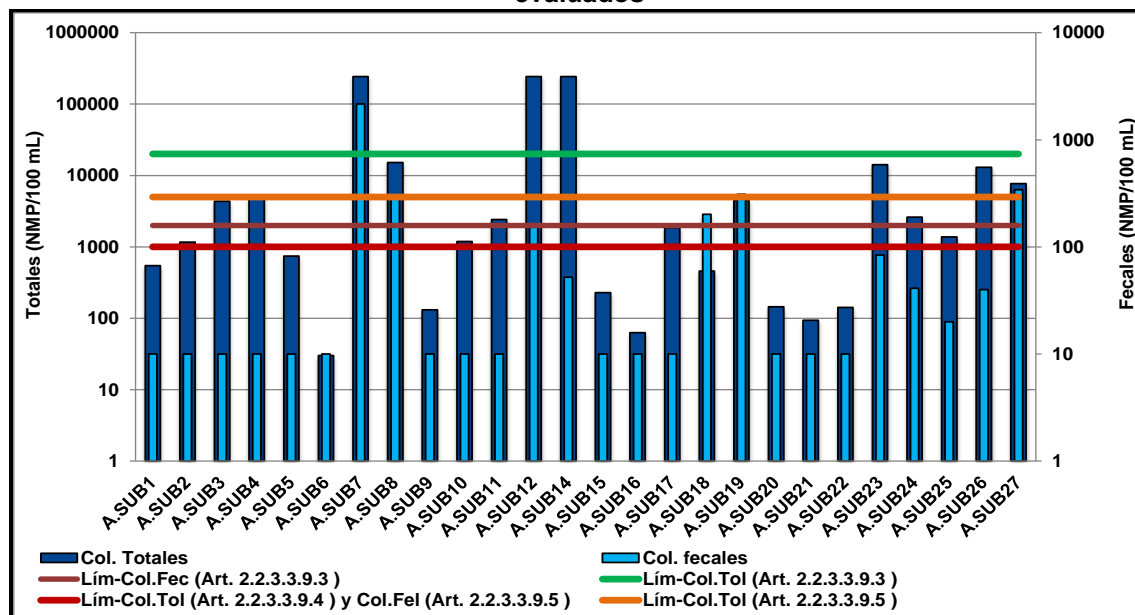
Así mismo, las concentraciones de otros iones que no presentan límites de referencia en la normativa, como el calcio, registraron concentraciones desde menores al límite de detección ( $<0,94$  mg/L) para el punto A. SUB9/Hacienda La Pirámide hasta 336,778 mg/L para A. SUB11/LC047. Mientras que el sodio evidenció niveles desde 1,34 mg/L (A.SUB9/Hacienda La Pirámide) a 56,643 mg/L (A.SUB11/LC047), finalmente el potasio mostro valores desde  $<0,95$  mg/L para nueve (9) puntos de los evaluados hasta 5,544 mg/L (A.SUB15/LC015) (Tabla 5-34), lo cual corrobora los valores de conductividad hallados en el presente monitoreo, además de mostrar que los valores fluctúan según la unidad geológica donde se ubican.

### ■ Coliformes totales y fecales

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Su presencia en el agua es indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Los coliformes fecales, que se encuentran en los intestinos de los humanos y otros animales de sangre caliente, son un tipo de estas bacterias, y su presencia en el agua también es un indicador de contaminación por aguas negras. Se pueden hacer pruebas específicamente para coliformes fecales o para el total de coliformes que incluye todos los tipos de esta familia de bacterias (Vargas, 2004).

A nivel bacteriológico, las muestras reportaron concentraciones de coliformes totales desde 30 NMP/100mL (A. SUB6/NAC161) hasta 241960 NMP/100mL (A. SUB7, A. SUB12 y A. SUB14), indicando la necesidad de efectuar tratamiento convencional al recurso de los puntos A. SUB7, A. SUB12 y A. SUB14 antes del uso en actividades de consumo humano, proceso que debe ser realizados por las personas que requieran la utilización de estas aguas. En cuanto a las coliformes fecales, se reportó concentraciones de  $<10$  NMP/100mL (para 12 puntos) a 2160 NMP/100mL para el punto A.SUB7/NAC162 (Figura 5-26), en este último cuerpo de agua subterráneo no se cumple con la normatividad, por lo que se recomienda realizar un tratamiento previo si se desea destinar para consumo y uso doméstico.

**Figura 5-26 Valores de coliformes totales y fecales registrados en los puntos de agua subterráneos evaluados**



Fuente: SGI S.A.S., 2018

En términos generales, para el presente monitoreo se observaron variaciones en las concentraciones de las variables monitoreadas en los puntos de agua subterránea evaluadas dentro del área directa del proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016, en donde los parámetros evaluados y contemplados en la normatividad dan cumplimiento parcial a la misma, sin embargo para reducir la carga de coliformes se sugiere un tratamiento previo al uso en actividades de consumo humano.

Las características a nivel de concentración de iones y metales en las aguas subterráneas evaluadas están dentro de lo reportando en otras investigaciones y están directamente relacionadas con las características litológicas del área, evidenciando que las actividades antrópicas realizadas alrededor de los puntos evaluados ejercen una leve presión sobre dichos cuerpos de agua.