



Agencia Nacional de
Infraestructura



**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDO**

CONTRATO DE CONCESIÓN APP 013 DE 2015

CONSULTOR

CAPITULO 5.1.6 CALIDAD DE AGUA

BOGOTÁ

Agosto 2016

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA	No. DE COPIAS
INTERVENTORÍA	ORIGINAL
CONCESIONARIO	COPIA

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Título Documento		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO		
Documento No.		AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CÓDIGO CONCESIÓN- CONTRATO -ESPECIALIDAD- VERSIÓN		
A P R O B A C I Ó N	Número de Revisión			
	Responsables por elaboración	NOMBRE	Liliana Bolívar	
		FIRMA		
		MAT:		
		FECHA		
	Responsable por revisión y aprobación	NOMBRE	Nicolas Suescun	
		FIRMA		
		MAT:		
		FECHA		

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

CONTROL DE MODIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
CAPITULO 5.1.6 CALIDAD DE AGUA -ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1.6 Calidad Del Agua	1

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
CAPITULO 5.1.6 CALIDAD DE AGUA -ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5-1 Sitios de monitoreo de calidad del agua	1
Tabla 5-2 Parámetros analizados en la caracterización fisicoquímica y biológica del agua	3
Tabla 5-3 Métodos de análisis	5
Tabla 5-4 Descripción de puntos de monitoreo	7
Tabla 5-5 Resultados de análisis de metales y metaloides en puntos de monitoreo	31
Tabla 5-6 Valores de las indicaciones para el índice de saturación de Langelier	38
Tabla 5-7 Índice de Saturación de Langelier para los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	38
Tabla 5-8 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados	40
Tabla 5-9. Clasificación de los valores del Índice de Calidad del Agua ICA	41
Tabla 5-10 Índice de Calidad de Agua ICA de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	42
Tabla 5-11 Categoría y descriptos del IACAL	44
Tabla 5-12 Estaciones de Muestreo puntos de agua vertimientos	45

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
CAPITULO 5.1.6 CALIDAD DE AGUA ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5-1 Ubicación GeoFigura – Puntos de Monitoreo	2
Figura 5-2 Temperatura de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	17
Figura 5-3 Temperatura de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	18
Figura 5-4 Oxígeno disuelto de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	19
Figura 5-5 DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	20
Figura 5-6 Conductividad y diferentes formas de sólidos de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	22
Figura 5-7 Turbiedad de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	23
Figura 5-8 Color verdadero de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	24
Figura 5-9 Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	26
Figura 5-10 Fósforo total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	27
Figura 5-11 Nitrógeno total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	28
Figura 5-12 Fenoles totales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	29
Figura 5-13 Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	30
Figura 5-14 Arsénico de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	30
Figura 5-15 Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	35
Figura 5-16 Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA	36
Figura 5-17 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes	44

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1.6 Calidad Del Agua

5.1.6.1 Cuerpos de agua continentales

Dando cumplimiento a los términos de referencia M-M-INA-02 y teniendo en cuenta las características técnicas del proyecto vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó, el estudio de calidad del agua se realizó para las fuentes hídricas susceptibles de intervención en donde se prevé solicitar permiso de concesión de agua, permiso de vertimiento de aguas industriales y en aquellas donde se construirán puentes.

La evaluación de la calidad del agua (físicoquímica y bacteriológica) que se presenta a continuación se realizó con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales sobre la responsabilidad de conservar y proteger el recurso hídrico, y como herramienta fundamental para establecer una línea base ambiental del proyecto.

Para la ejecución de esta actividad, se tuvo en cuenta los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia M-M-INA-02 de 2015 y la metodología para la presentación de Estudios Ambientales del 2010; de acuerdo con esto, se estableció la toma de muestras en las corrientes del área de influencia del proyecto vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó.

La campaña se realizó durante los días 2 al 9 de marzo de 2016, (época seca) en los municipios de Lebrija, San Vicente del Chucurí, Betulia y Barrancabermeja. Los puntos de toma de muestras y las fuentes hídricas analizadas se presentan en la Tabla 5-1 y Figura 5-1. En general, se realizó análisis físicoquímico a 19 puntos de agua superficial, resaltando que en 3 de ellos no se logró llevar a cabo la toma de muestras hidrobiológicas debido a que correspondían a aguas negras (En la Tabla 5-4 se detallan los puntos mencionados). La campaña fue ejecutada por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA., el cual se encuentra con acreditación del IDEAM vigente para el desarrollo de esta actividad.

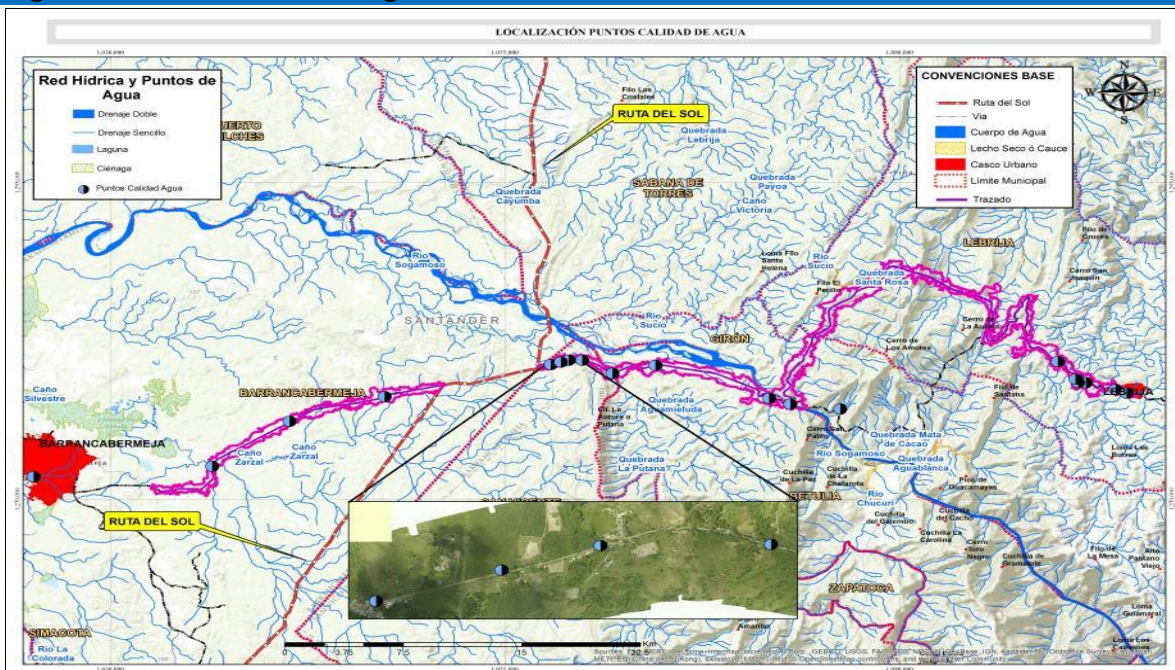
Tabla 5-1 Sitios de monitoreo de calidad del agua

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá	
	Norte	Este
1. UF 2 EIA Quebrada NN	7° 03'13.8"	73°50'59.1"
3. UF 2 EIA Quebrada Zarzal	7° 03'40.3"	73°44'50.8"
14. UF 2 EIA Quebrada Tapazón	7° 06'38.7"	73°38'54.8"
4. UF 3 - 4 Quebrada La Lizama II	7° 08'12.1"	73°32'34.6"
5. UF 3 – 4 Quebrada La Putana	7° 07'38.1"	73°31'04.2"
6. UF 3 – 4 Santa Helena (Quebrada)	7° 07'58.6"	73°29'35.4"

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá	
	Norte	Este
7. UF 3 – 4 Puente la Paz Río Sogamoso	7° 06'18.91"	73°24'57.6"
8. UF 3 – 4 Quebrada La Lizama I	7° 08'00.8"	73°33'11.3"
9UF 3 – 4 Quebrada La Lizama III	7° 08'12.2"	73°32'06.6"
11. UF 3 – 4 Quebrada La Cabezona	7° 06'35.5"	73°25'40.5"
13. UF 3 – 4 Quebrada N.N.	7° 08'07.1"	73°32'50.8"
18. UF 6 Quebrada Canoas	7°12'03.5"	73°20'09.6"
19. UF 6 Quebrada La Caimana	7°12'19.7"	73°21'35.1"
17. UF 7 Quebrada El Trapiche o la Sonda (Sorda)	7°10'19.7"	73°18'5.76"
10. UF 9 Quebrada Angula	7° 6'55.4"	73°13'45.9"
12. UF 9 Caño Raíces	7° 6'45.9"	73°13'23.3"
15. UF 9 Quebrada San Nicolás	7° 7'24.4"	73°14'56.7"
A. UF 6 Quebrada Caimana aguas arriba	7°12'12.69"	73°21'24.6"
B. UF 7 Río Sucio	7°11'13.8"	73°19'25.9"

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

Figura 5-1 Ubicación GeoFigura – Puntos de Monitoreo



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

Adicionalmente y con el fin de dar cumplimiento a los términos de referencia, en el cual se señala que se debe realizar la caracterización *“considerando los dos periodos climáticos (época de lluvia y época seca), presentando en el EIA la correspondiente al período de elaboración del mismo y presentando estimaciones para el otro periodo a través de herramientas técnicas debidamente validadas”* (Resolución 751, 2015). Se realizó la estimación de la calidad del agua de las corrientes antes mencionadas durante la época de lluvia mediante un modelo matemático integrado de calidad del agua, empleando un conjunto de ecuaciones diferenciales, las cuales se programaron en el software de simulación dinámica ITHINK\STELLA®, ampliamente usado para la obtención de soluciones numéricas de ecuaciones diferenciales relacionadas con los modelos ecológicos de cuerpos de agua.

Para la definición de la época de lluvia y la época seca se tuvo en cuenta la precipitación en las estaciones localizadas en el área de estudio, las cuales presentan un régimen bimodal, con mayores precipitaciones en los meses de abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre. La época seca se da entre los meses de junio, julio y agosto, al igual que en diciembre, enero y febrero; siendo ésta la época simulada. De acuerdo a los términos de referencia *“Antes de iniciar la construcción se deberá realizar la verificación de la estimación presentada, por medio de información primaria (muestreos y caracterizaciones), siendo objeto de evaluación por parte de la autoridad ambiental”*.

- **Parámetros analizados en la caracterización fisicoquímica y biológica del agua**

Los parámetros analizados para realizar la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las corrientes hídricas se listan en la Tabla 5-2

Tabla 5-2 Parámetros analizados en la caracterización fisicoquímica y biológica del agua

Parámetros Analizados
Temperatura (°C)
Sólidos suspendidos
Sólidos totales
Sólidos disueltos
Sólidos sedimentables
Conductividad eléctrica (µS/cm)
Potencial de hidrógeno – pH (unidades de pH)
Turbiedad (UNT)
Color Real (m ⁻¹)
Oxígeno disuelto (OD) (mg/L O ₂)
Demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L O ₂)
Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅) (mg/L O ₂)

Parámetros Analizados
Nitrógeno total Kjeldahl (NTK)
Fosforo total (mg/L)
Grasas y aceites (mg/L)
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)
Acidez total (mg/L CaCO ₃)
Dureza Cálcica (mg/L CaCO ₃)
Dureza total (mg/L CaCO ₃)
Fenoles totales (mg/L)
Arsénico (mg/L)
Bario (mg/L)
Cadmio (mg/L)
Cinc (mg/L)
Cromo (mg/L)
Cobre (mg/L)
Mercurio (mg/L)
Níquel (mg/L)
Plata (mg/L)
Plomo (mg/L)
Selenio(mg/L)
Coliformes totales (NMP/100 MI)
Coliformes fecales
Perifiton
Plancton
Bentos
Macrófitas
Fauna íctica

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

- **Métodos de análisis para la caracterización fisicoquímica y biológica del agua**

Los métodos utilizados para el desarrollo de estas actividades corresponden a los definidos en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 22^a edición, 2012 y en el “U.S. EPA”. Los métodos de análisis de cada parámetro se presentan en Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Métodos de análisis

Parámetros	Método
Acidez Total, mg CaCO ₃ /L	Volumétrico SM 2310 B
Alcalinidad Total, mg CaCO ₃ /L	Volumétrico SM 2320 B
Arsénico Total, mg/L	S.M 3500 - As B
Bario (mg/L)	SM 3111 D
Cadmio (mg/L)	SM 3111 B
Cobre (mg/L)	SM 3111 B
Coliformes Fecales, NMP/100 MI	Sustrato Definido SM 9221E
Coliformes Totales, NMP/100 MI	Sustrato Definido SM 9223B
Color Verdadero, UPC	SM 2120 C
Conductividad, uS/cm	Electrométrico SM 2510 B
Cromo Total (mg/L)	SM 3111B
DBO ₅ , mg O ₂ /L	Electrométrico SM 5210 B - 4500 - OG
DQO, mg O ₂ /L	Colorimétrico SM 5220 D
Dureza Cálctica, mg CaCO ₃ /L	Volumétrico SM 3500 Ca-B
Dureza Total mg CaCO ₃ /L	Volumétrico SM 2340 C
Fósforo Total, mg P/L	Colorimétrico SM 4500 P B-D
Grasas y Aceites, mg GyA/L	SM 5520 B
Mercurio (mg/L)	SM 3112 B
Níquel (mg/L)	SM 3111 B
Nitrógeno Total, mg N/L	Volumétrico SM 4500 NORG B
Oxígeno Disuelto, mg/L	SM 4500 O G
pH, unidades	Electrométrico SM 4500-H+B
Plata Total (mg/L)	SM 3111 B
Plomo Total (mg/L)	SM 3111 B
Selenio Total (mg/L)	SM 3114 B
Sólidos Disueltos Totales, mg/L	SM 2510 B
Sólidos Sedimentables, ml/L	SM 2540 F
Sólidos Totales, mg ST/L	Gravimétrico SM 2540 D
Temperatura, °C	Termométrico SM 2550 B
Turbiedad, NTU	Nefelométrico SM 3111 B
Zinc, mg/L	SM 3111B

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

En el Anexo C, se presenta el informe detallado de los resultados y los soportes correspondientes, entregados por Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA.

- **Resultados**

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas obtenidos por el laboratorio en la campaña de monitoreo se analizaron según la variación en cada punto y se compararon con el decreto 1594 de 1984, en el cual se establecen los criterios de calidad que debe tener el agua superficial que se destinará para uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario.

Por otra parte, los análisis hidrobiológicos se presentan en el numeral de Ecosistemas Acuáticos.

Como complemento al análisis se incluye la comparación entre los resultados de los monitoreos en época de sequía con los resultados de la simulación en época de lluvia. Dicha comparación se realiza para los parámetros de Oxígeno disuelto, Fosforo total, Sólidos suspendidos totales, Sólidos sedimentables, Coliformes totales y Coliformes fecales.

- **Panorámica de los puntos evaluados**

A continuación, en la Tabla 5-4 se presenta una descripción puntual de las condiciones climáticas y generales de cada uno de los 19 puntos donde se realizaron la toma de muestras.

Tabla 5-4 Descripción de puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 2 EIA Quebrada NN	N:	7° 03'13.8"	Climático	Día opaco, sin presencia de lluvia.	Cuerpo de aguas residuales, que se encuentra a la entrada de la ciudad de Barrancabermeja. Presenta fuerte olor a descomposición y sulfuro de hidrógeno. No se realizó la toma de muestras hidrobiológicas debido a que corresponde a aguas negras	
	E:	73°50'59.1"	Paisajístico	Geomorfología: El cuerpo de agua pasa por una zona de valle. Cobertura: Abundante vegetación herbácea, se encuentran algunos árboles sin continuidad.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Negro grisáceo, Semitransparente SISTRATO: Arcillo-limoso OLOR: Sulfuro		
UF 2 EIA Quebrada Zarzal	N:	7° 03'40.3"	Climático	Día nublado, no se evidencian lluvias recientes.	Cuerpo de agua de aproximadamente 50 m de ancho, y de más de 3 m de profundidad aproximada, de tipología sinuosa, en el punto de muestreo se encuentra un puente que pasa sobre el cauce, como actividades antrópicas presentes se observan la ganadería y la agricultura; zona rural influenciada por la producción petrolera.	
	E:	73°44'50.8"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Se evidencia una franja de vegetación arbórea a cada lado del cuerpo de agua caracterizando un bosque con fuertes alteraciones y continuidad esporádica.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Pardo SISTRATO: Areno-arcilloso OLOR: Ninguno		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 2 EIA Quebrada Tapazón	N:	7° 06'38.7"	Climático	Día Soleado, sin evidencia de lluvias recientes	Cuerpo de agua de aproximadamente 4 metros de ancho, una profundidad máxima de 1.5m, de tipología sinuosa; como actividades antrópicas presentes en la zona se encuentra la ganadería y la agricultura.	
	E:	73°38'54.8"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: abundante vegetación herbácea, cubierta por hojarasca, se presentan algunos árboles que denotan un bosque con fuertes alteraciones y continuidad esporádica.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Pardo oscuro SUSTRATO: Arcilloso OLOR: Ninguno, hasta que se remueve el sustrato.		
UF 3 - 4 Quebrada La Lizama II	N:	7° 08'12.1"	Climático	Día soleado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua lótico, de aproximadamente 3 metros de ancho, y una profundidad máxima de 0,5 metros, se encuentra un puente vehicular que pasa sobre este, tipología sinuosa. Como actividades antrópicas presentes se observa que hay un caserío cercano que hace sus descargas en la quebrada; se observa ganadería y agricultura en la zona.	
	E:	73°32'34.6"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Se observa a cada lado del cuerpo de agua una franja de vegetación que denota un bosque con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Aguas de color pardo oscuro transparente. SUSTRATO: Areno-limoso OLOR: Desagradable, por vertimientos de viviendas y negocios cercanos		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 3 – 4 Quebrada La Putana	N:	7° 07'38.1"	Climático	Día, soleado sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 15 metros de ancho y una profundidad media aproximada de 1metro, de tipología sinuosa. Como coriotopos presentes. Se encuentra piedra en corriente rápida y arena. En el tipo de actividad antrópica presente en el área se observa la agricultura y la ganadería.	
	E:	73°31'04.2"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: El cuerpo de agua se encuentra rodeado por una franja de bosque secundario, ligeramente perturbado con continuidad poco interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo claro. SUSTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: Sin olores.		
UF 3 – 4 Santa Helena (Quebrada)	N:	7° 07'58.6"	Climático	Día, nublado	Cuerpo de agua de aproximadamente 5 metros de ancho, y una profundidad máxima de 0,15 metros, de tipología sinuosa. Se encuentra como coriotopos presentes hojarasca y piedra en corriente lenta. Se encuentra en esta zona rural como actividades antrópicas presentes la agricultura y la ganadería.	
	E:	73°29'35.4"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Sobre los bordes del cuerpo de agua se observan franjas de bosque secundario con un inicio de alteración importante debido a que la continuidad se ve frecuentemente interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua café-rojizo, transparentosa. SUSTRATO: Rocoso-limoso OLOR: Sin olores		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 3 – 4 Puente la Paz Río Sogamoso	N:	7° 06'18.91"	Climático	Día, Nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de aproximadamente 100 metros de ancho, y más de 3 metros de profundidad máxima, en el tramo de estudio la tipología es rectilínea. Zona rural influenciada por la generación de energía eléctrica, donde se desarrollan actividades antrópicas como la agricultura y la pesca	
	E:	73°24'57.6"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Se encuentran franjas de bosque secundario, que presentan inicio de alteración importante cuya continuidad se está viendo constantemente interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente, ligeramente verdosa. SISTRATO: Arenoso OLOR: No se perciben olores		
UF 3 – 4 Quebrada La Lizama I	N:	7° 08'00.8"	Climático	Día, Nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 1,2 metros de ancho y una profundidad máxima de 0,3 metros, de tipología sinuosa, donde se encuentran como coriotopos presentes: Hojarasca, piedra en corriente lenta, y arena.	
	E:	73°33'11.3"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Se encuentra poca vegetación, lo cual denota una degradación extrema del bosque con continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua café rojizo. SISTRATO: Rocoso-Arenoso OLOR: Desagradable por los vertimientos del caserío cercano		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 3 – 4 Quebrada La Lizama III	N:	7° 08'12.2"	Climático	Día, Nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de aproximadamente 2 m de ancho, y 0,3 m de profundidad máxima, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopos hojarasca, piedra en corriente rápida y arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura.	
	E:	73°32'06.6"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Bosque secundario ligeramente perturbado, cuya continuidad ha sido poco interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo ligeramente turbia. SISTRATO: Rocoso arenoso. OLOR: No se perciben olores.		
UF 3 – 4 Quebrada La Cabezonera	N:	7° 06'35.5"	Climático	Día despejado, tiempo seco.	Cuerpo de agua de 6 a 7 m de ancho, y 2 m de profundidad máxima aproximada, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopos hojarasca y arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura y la ganadería.	
	E:	73°25'40.5"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo ligeramente turbia. SISTRATO: Arenoso. OLOR: No se perciben olores.		

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 3 – 4 Quebrada N.N.	N:	7° 08'07.1"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 1 m de ancho, y 0,4 m de profundidad máxima aproximada, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopo arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura en la que se destaca el cultivo de palma de aceite y se aprecia también ganadería en las proximidades; corriente lenta.	
	E:	73°32'50.8"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque con degradación extrema, continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo rojizo fuerte. SISTRATO: Arcilloso OLOR: No se perciben olores.		
UF 6 Quebrada Canoas	N:	7°12'03.5"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 1,5 m de ancho, y 0,5 m de profundidad máxima aproximada, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopos, hojarasca y arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura y la ganadería; corriente lenta.	
	E:	73°20'09.6"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Bosque con degradación extrema, continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua color pardo. SISTRATO: Arenoso OLOR: No se perciben olores.		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 6 Quebrada La Caimana	N:	7°12'19.7"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 3 m de ancho, y 0,5 m de profundidad máxima aproximada, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopos hojarasca, piedra en corriente lenta y arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura y la ganadería, en la que se destaca el cultivo de palma de aceite y se aprecia también ganadería en las proximidades; corriente lenta.	
	E:	73°21'35.1"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario donde se observa una ligera perturbación, por lo cual su continuidad se ve poco interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SISTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: No se perciben olores.		
UF 6 Quebrada Caimana aguas arriba	N:	7°12'12.69"	Climático	Día parcialmente nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 4 metros de ancho y una profundidad 0,3 metros aproximadamente, de tipología sinuosa. Como coriotopos presentes se encuentra hojarasca piedra en corriente rápida y piedra en corriente lenta. El punto se encuentra en una zona rural, donde se encuentran como actividades antrópicas la ganadería y la agricultura; corriente media.	
	E:	73°21'24.6"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario ligeramente perturbado, cuya continuidad se ve poco interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Transparente. SISTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: No se perciben olores		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 7 Río Sucio	N:	7°11'13.8"	Climático	Día despejado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de aproximadamente 4 metros de ancho, y una profundidad 0,5 metros, de tipología sinuosa. Como coriotopos presentes se encuentra piedra en corriente rápida y arena. El punto se encuentra en una zona rural, donde se encuentran como actividades antrópicas la ganadería y la agricultura; corriente media.	
	E:	73°19'25.9"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Bosque secundario ligeramente perturbado, cuya continuidad se ve poco interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Transparente. SISTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: No se perciben olores		
UF 7 Quebrada El Trapiche o la Sonda (Sorda)	N:	7°10'19.7"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 3 m de ancho, y 0,3 m de profundidad máxima aproximada, de tipología sinuosa, en el cual se presentan como coriotopos, hojarasca, piedra en corriente lenta y arena. Zona rural en la que como actividades antrópicas presentes se encuentra la agricultura y la ganadería; corriente lenta.	
	E:	73°18'5.76"	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Bosque con degradación extrema, continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SISTRATO: Arenoso OLOR: No se perciben olores.		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 9 Quebrada Angula	N:	7° 6'55.4"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 8 m de ancho y profundidad mayor a 1 metro aproximadamente, de tipología sinuosa. Se encuentra en la zona urbana de Lebrija, y recoge las aguas residuales de las zonas cercanas; corriente lenta. No se realizó la toma de muestras hidrobiológicas debido a que corresponde a aguas negras	
	E:	73°13'45.9"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Abundante vegetación herbácea; se denota una degradación extrema del bosque primario con continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua negra SUSTRATO: Arcilloso OLOR: Muy desagradable		
UF 9 Caño Raíces	N:	7° 6'45.9"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de 1m de ancho, y una profundidad de 0,3 metros aproximadamente, de tipología sinuosa. El cuerpo de agua se encuentra en la zona urbana de Lebrija, y recoge las aguas residuales de las zonas cercanas; corriente lenta. No se realizó la toma de muestras hidrobiológicas debido a que corresponde a aguas negras	
	E:	73°13'23.3"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Abundante vegetación herbácea, se denota una degradación extrema del bosque primario, continuidad nula.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua negra SUSTRATO: Arcilloso OLOR: Muy desagradable		

Puntos de monitoreo	Coordenadas:Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Observaciones	Registro fotográfico
UF 9 Quebrada San Nicolás	N:	7° 7'24.4"	Climático	Día nublado, sin evidencia de lluvias recientes.	Cuerpo de agua de aproximadamente 0,4 metros de ancho y una profundidad de 0,1 metros, de tipología sinuosa. Como coriotopos presentes se encuentra hojarasca y arena. El punto se encuentra en una zona rural, donde aparte de la vía no se observan otras actividades antrópicas; corriente lenta.	
	E:	73°14'56.7"	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario con inicio de alteración importante, cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.		
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Tonalidad rojiza transparentosa. SUSTRATO: Arcilloso-limoso OLOR: No se perciben olores		

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

– Resultados Fisicoquímicos Y Bacteriológicos

A continuación se especifican cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se midieron para caracterizar los cuerpos de agua.

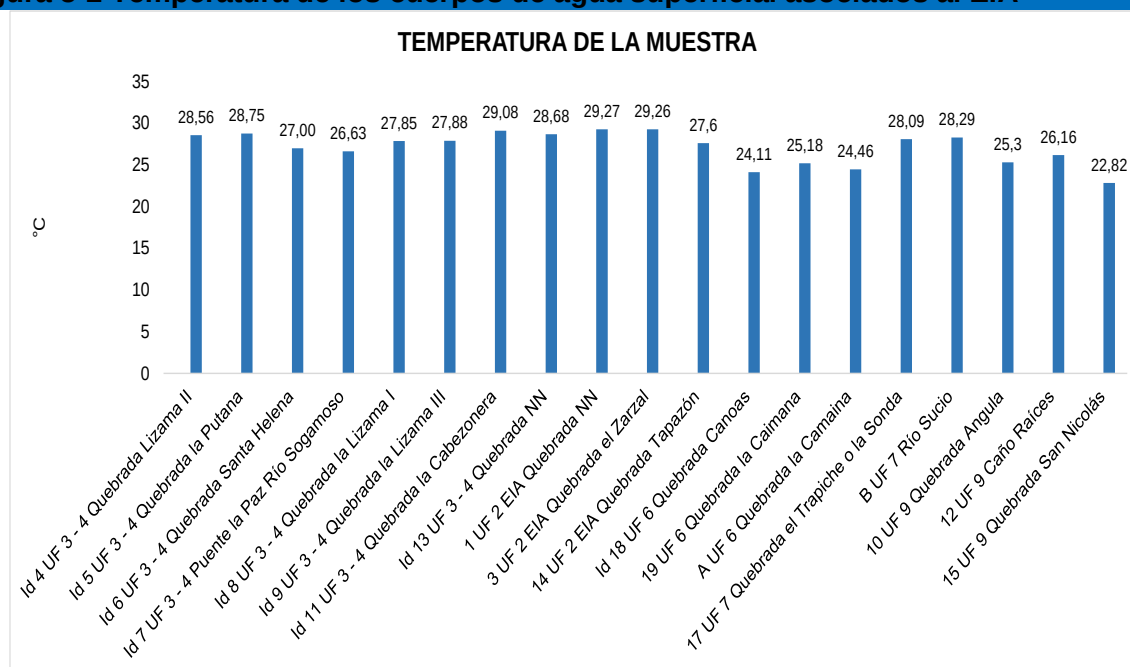
Los parámetros evaluados en los cuerpos de agua a causa de la infiltración de los túneles, correspondientes a las unidades funcionales 6 y 7 se encuentran descritos en el capítulo 7 de demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales.

➤ Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema como la cinética de ciertos compuestos o la actividad enzimática en reacciones bioquímicas. (Fuentes, 2002)

En relación a este parámetro se reportaron valores acordes a las condiciones climatológicas de la zona, presentando un comportamiento similar en los 19 puntos de monitoreo (Figura 5-2), presentando temperaturas entre los 22,82 °C y los 29,27 °C.

Figura 5-2 Temperatura de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

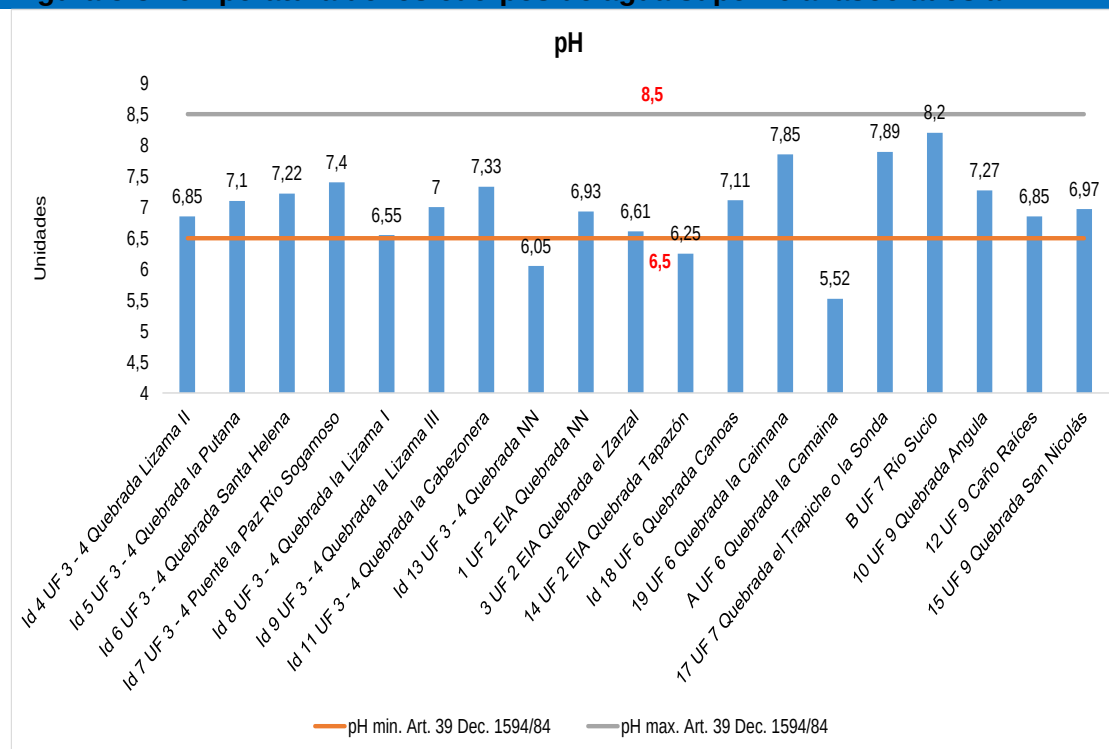


Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

➤ pH

El potencial de hidrogeno (pH) permite determinar las características básicas o alcalinas del agua, condición que influye en el desarrollo de la vida acuática y en la solubilidad de sustancias en el recurso hídrico (Rodier, Legube, & Merlet , 2010). En relación a este parámetro en la Figura 5-3 es posible evidenciar un comportamiento similar en los 19 puntos de monitoreo, resultados que permiten determinar características neutras a los cuerpos de agua evaluados, exceptuando la Quebrada NN, Quebrada Tapazón y Quebrada la Caimana que tienden a ser ácidos. En relación a la normatividad vigente es posible determinar que los valores de pH obtenidos en la mayoría de puntos, excepto la Quebrada NN, Quebrada Tapazón y Quebrada la Caimana, se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, lo que permite afirmar que el agua es apta para consumo humano (tratamiento previo), uso agrícola y con fines recreativos.

Figura 5-3 Temperatura de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



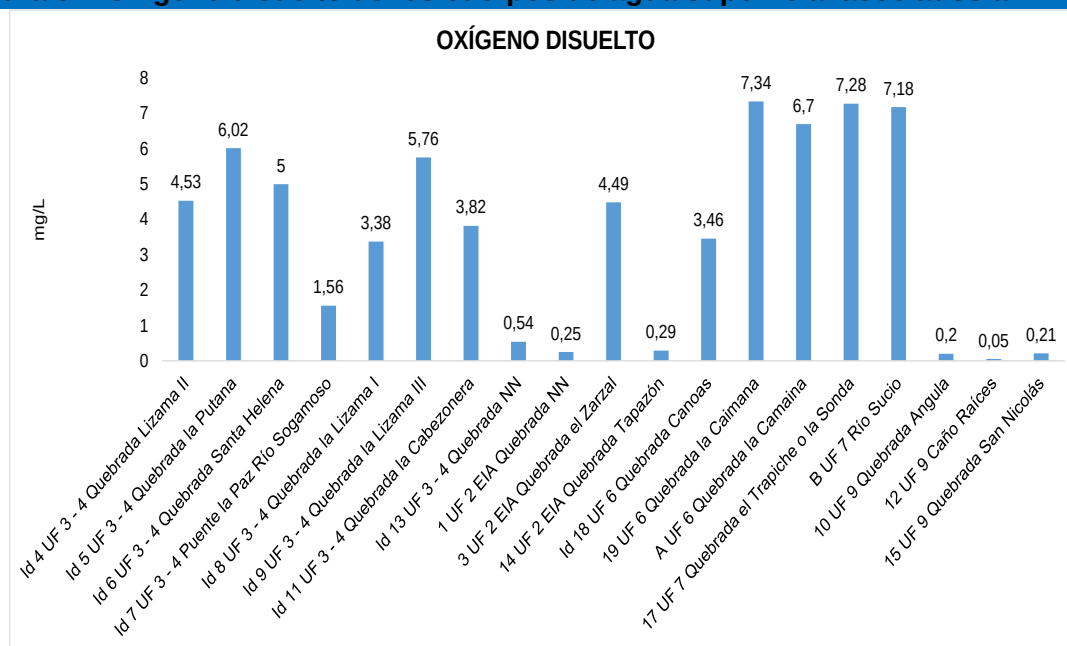
Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

➤ Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un indicador de gran importancia en la evaluación de la calidad del recurso hídrico, debido a que permite determinar el grado de contaminación y las condiciones aerobias o anaerobias del cuerpo de agua evaluado (Rodier, Legube, & Merlet , 2010). En relación a este parámetro es posible evidenciar una variación significativa entre los puntos de monitoreo, registrando valores que oscilan entre 0,05

mg/L O₂ y 7,34 mg/L O₂ (Figura 5-4), registrándose la menor concentración de Oxígeno en el río Sogamoso, Quebrada NN, quebrada Tapazón, quebrada Angula, caño Raíces y quebrada San Nicolás, así como, la mayor aireación en la Quebrada Caimana, quebrada el Trapiche y río Sucio.

Figura 5-4 Oxígeno disuelto de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

➤ DBO y DQO

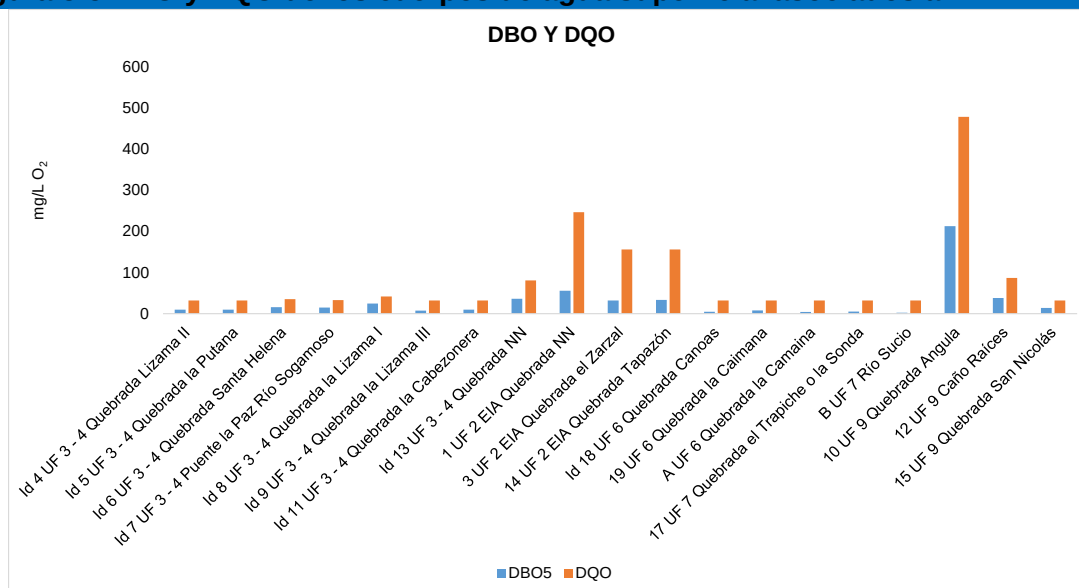
La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO) permiten determinar el consumo de oxígeno durante la degradación de materia orgánica en el agua (Rodier, Legube, & Merlet, 2010). En relación al primer parámetro se registraron valores entre 2,0 mg/L O₂ y 212,7 mg/L O₂ en los 19 puntos de monitoreo (Figura 5-5), evidenciando mayor carga orgánica en la Quebrada Angula, resultado posiblemente asociado a la presencia de material vegetal proveniente del cultivo de palma por el cual pasan estos cuerpos de agua.

En relación a la demanda química de oxígeno (DQO), se reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<40 mg/L O₂) en los puntos de monitoreo Quebrada Lizama II, Quebrada La Putana, Quebrada La Lizama III, Quebrada La Cabezona, quebrada Canoas, quebrada la Caimana, quebrada el Trapiche, río Sucio y quebrada San Nicolás, mientras que los demás cuerpos de agua presentaron concentraciones entre 33 mg/L O₂ y 478,7 mg/L O₂ (Figura 5-5), correspondiendo la mayor concentración de este parámetro a la quebrada Angula.

Los resultados obtenidos en relación a estos dos (2) parámetros son acordes al contenido de oxígeno disuelto reportado en cada uno los cuerpos de agua evaluados, debido a que,

a menor contenido de materia orgánica aumenta la disponibilidad de oxígeno en el recurso hídrico (Rodier, Legube, & Merlet , 2010).

Figura 5-5 DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016)

- Conductividad y diferentes formas de sólidos**

La conductividad es un parámetro que permite determinar la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica, condición asociada al contenido de sales disueltas y al grado de mineralización que posee el recurso hídrico (Rodier, Legube, & Merlet , 2010). En relación a este parámetro se reportaron valores que oscilan entre 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3112 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los 19 cuerpos de agua, resultados que según la Figura 5-6 permiten clasificar al agua procedente de los puntos de monitoreo Quebrada Caimana, Quebrada Tapazón, Quebrada La Putana y el punto 13 Quebrada NN con “*mineralización muy débil*”; la Quebrada Cabezonera presenta un tipo de mineralización “*media acentuada*”; el punto 1 Quebrada NN, Quebrada San Nicolás y el río Suncio poseen “*mineralización media*”; la Quebrada Canoas y la Quebrada el Trapiche, poseen un grado de “*mineralización importante*” y; la Quebrada Angula y Caño Raíces presentan “*mineralización excesiva*”, mientras que los demás puntos de muestreo, poseen un grado de “*mineralización débil*” indicando que el agua procedente de estos cuerpos hídricos no posee condiciones de salinidad que alteren sus características fisicoquímicas, resultados posiblemente asociados a las características morfológicas y a las condiciones climatológicas de la zona, factores que según Rodier (2010) influyen en el arrastre de sales en el recurso hídrico (Figura 5-6).

En relación a los sólidos disueltos totales es posible evidenciar una relación entre el 34,6% y el 67,7% de los valores reportados para conductividad, siendo coherente con el grado de mineralización que poseen estos cuerpos de agua, correspondiendo a concentraciones acordes a las condiciones climatológicas de la zona y al régimen fluvial

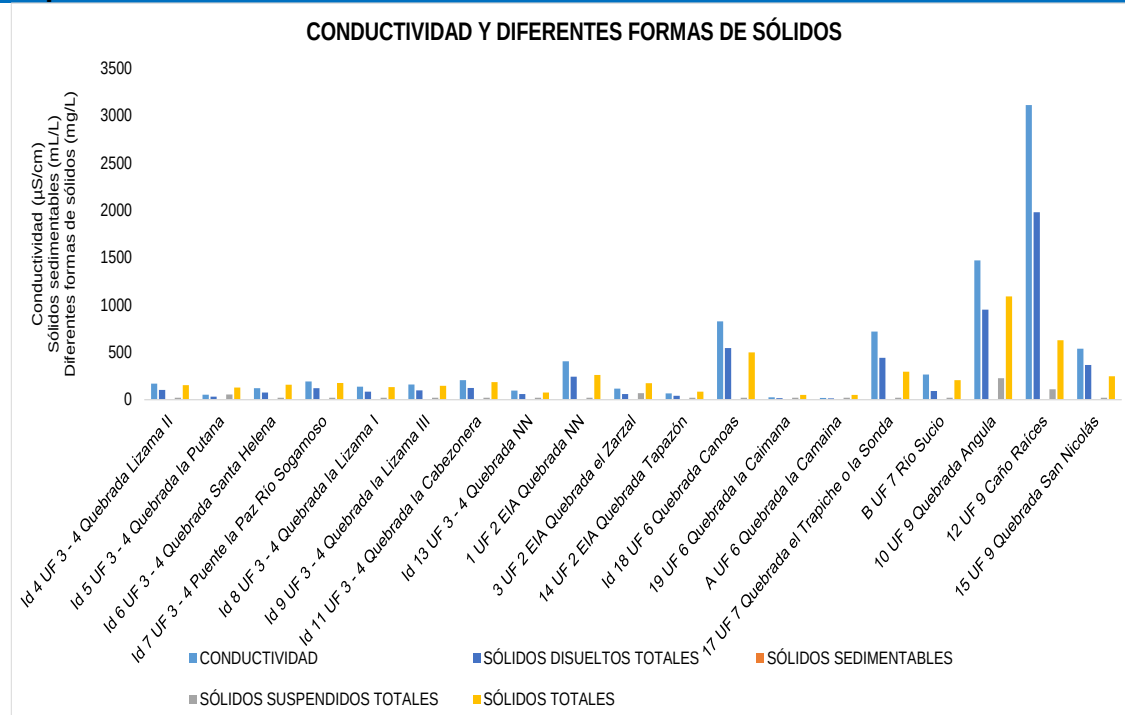
del recurso, lo cual influye en el arrastre de sólidos en estos cuerpos de agua (Figura 5-6).

Los sólidos sedimentables se midieron *in situ* por medio de un cono Imhoff, reportando valores inferiores al límite de la técnica empleada en campo ($<0,1$ mL/L) en la totalidad de puntos de monitoreo (Figura 5-6), correspondiendo a un valor acorde a las condiciones naturales de las aguas superficiales y al nivel de turbiedad que posee el recurso, por lo tanto no altera la calidad estética del mismo.

Los sólidos suspendidos totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<20 mg/L), en todos los puntos de monitoreo a excepción de la Quebrada La Putana, Quebrada La Cabezona, quebrada el Zarzal, quebrada Angula y caño Raíces, que presentaron concentraciones entre 20,4 mg/L y 227 mg/L, resultados favorables para la calidad estética del recurso hídrico. Es importante mencionar que la normatividad vigente no establece límites permisibles en relación a este parámetro, sin embargo los resultados obtenidos en el monitoreo correspondiente al mes de marzo son acordes a las condiciones naturales de las aguas superficiales (Figura 5-6).

Por otra parte, los sólidos totales reportaron valores que oscilan entre los 50 mg/L y 1090 mg/L, resultados acordes al material en disolución, en suspensión y en sedimentación obtenidos en el monitoreo, siendo favorable para la calidad del recurso hídrico (Figura 5-6).

Figura 5-6 Conductividad y diferentes formas de sólidos de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

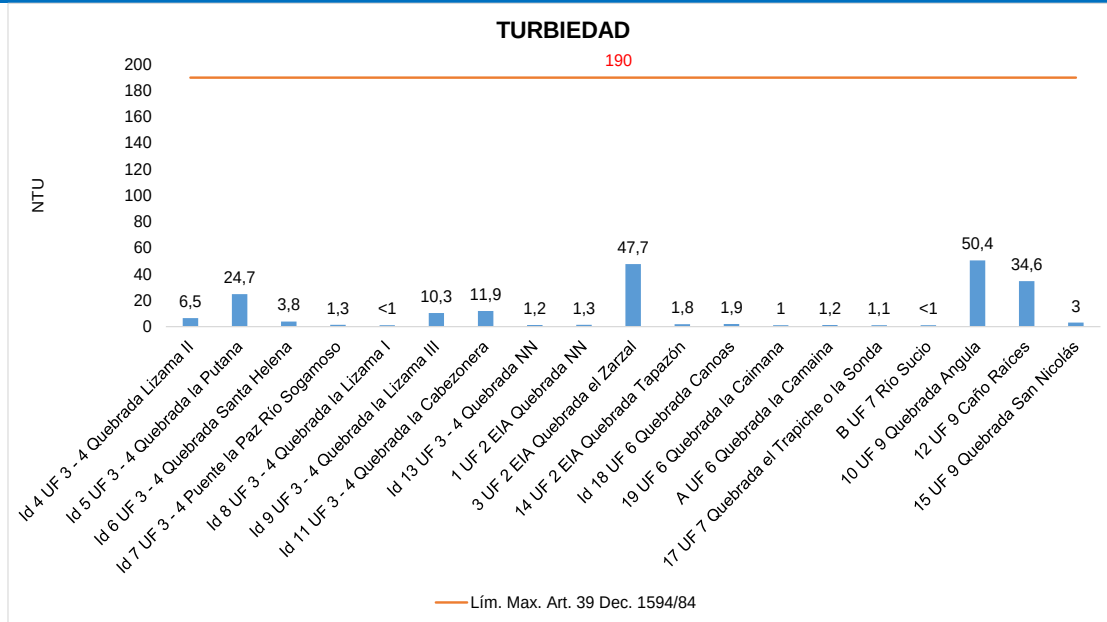


Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- Turbiedad**

La turbiedad es un parámetro que permite determinar el grado de transparencia del recurso hídrico, condición asociada al material orgánico, inorgánico y partículas en suspensión presentes en el agua (Rodier, Legube, & Merlet , 2010). En relación a este parámetro se reportó un valor por debajo del límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<1) en la Quebrada Lizama I y río Sucio, mientras que en los demás puntos de muestreo osciló entre 1 NTU y 50,4 NTU, cumpliendo con los 190 NTU establecidos como límite máximo permisible en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984. Por tal motivo las concentraciones de este parámetro en todos los cuerpos de agua evaluados son favorables para la calidad estética del recurso hídrico (Figura 5-7).

Figura 5-7 Turbiedad de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

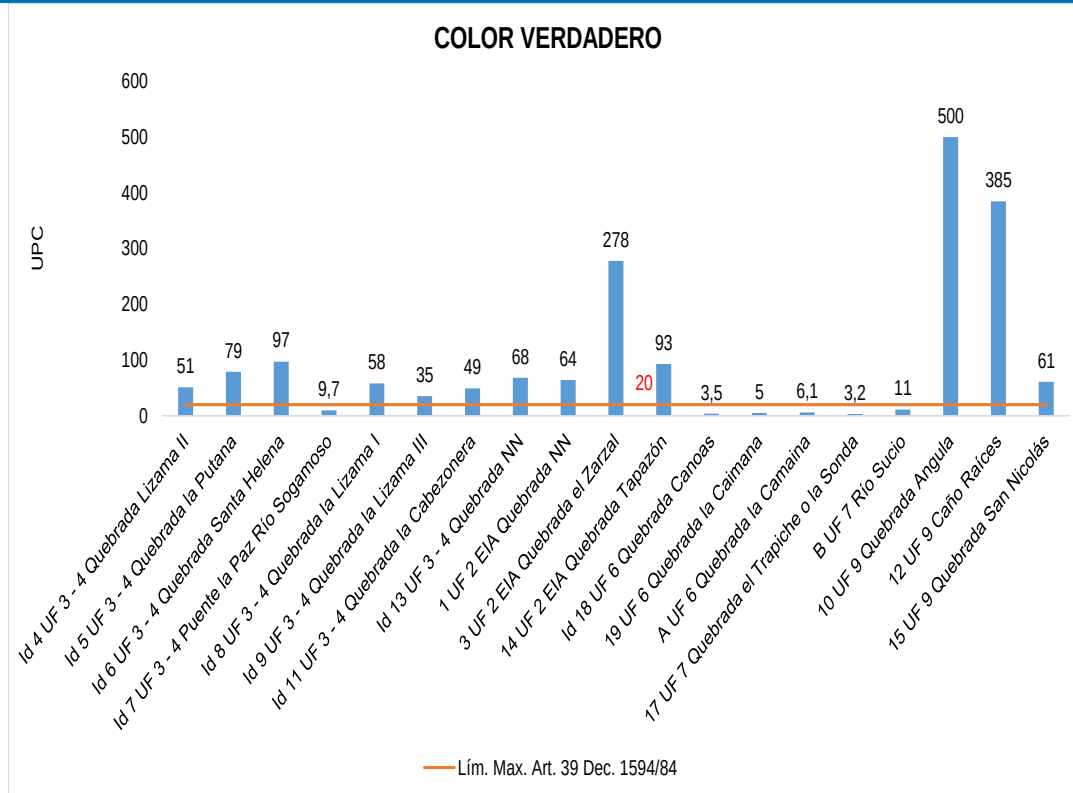


Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- **Color verdadero**

El color verdadero es un parámetro que hace referencia al color que posee el agua posterior a remover su turbiedad, en relación a este parámetro, el Río Sogamoso, quebrada Canoas, quebrada la Camaina, quebrada el Trapiche y el río Sucio, presentan concentraciones por debajo de los 20 UPC, dando cumplimiento al límite máximo permisible establecido en el Artículo 39 del Decreto 1594 de 1984; por otra parte, la quebrada la Lizama, quebrada la Cabezonera, quebrada NN y la quebrada San Nicolás, aunque no están en cumplimiento del Artículo 39, si lo están para el Artículo 38 de la mencionada norma, al estar por debajo de los 75 UPC, resultados favorables para la calidad estética de estos cuerpos de agua. Finalmente, los demás cuerpos de agua se encuentran en total incumplimiento de lo establecido en la norma base de referencia, resultado posiblemente asociado a las condiciones climatológicas de la zona y a la dinámica fluvial de estos cuerpos de agua, factores que influyen en el arrastre de sólidos en suspensión y consecuentemente en el color del recurso (Figura 5-8).

Figura 5-8 Color verdadero de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- Acidez total, Alcalinidad total, Dureza cálcica y Dureza total**

La acidez total es la capacidad del agua de neutralizar iones hidróxido, generalmente el recurso hídrico posee de manera natural ácidos procedentes de la presencia de dióxido de carbono (CO_2) (Rodier, Legube, & Merlet, 2010). En relación a este parámetro para la quebrada Lizama, quebrada la Putana, río Sogamoso, quebrada la Cabezonera y quebrada la Caminana, se registraron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio ($<5 \text{ mg/L CaCO}_3$), los demás cuerpos de agua presentaron concentraciones entre $5,13 \text{ mg/L CaCO}_3$ y $113,88 \text{ mg/L CaCO}_3$ (Figura 5-8), indicando bajo contenido ácido en el agua procedente de los cuerpos de agua evaluados, siendo acordes al pH obtenido previamente.

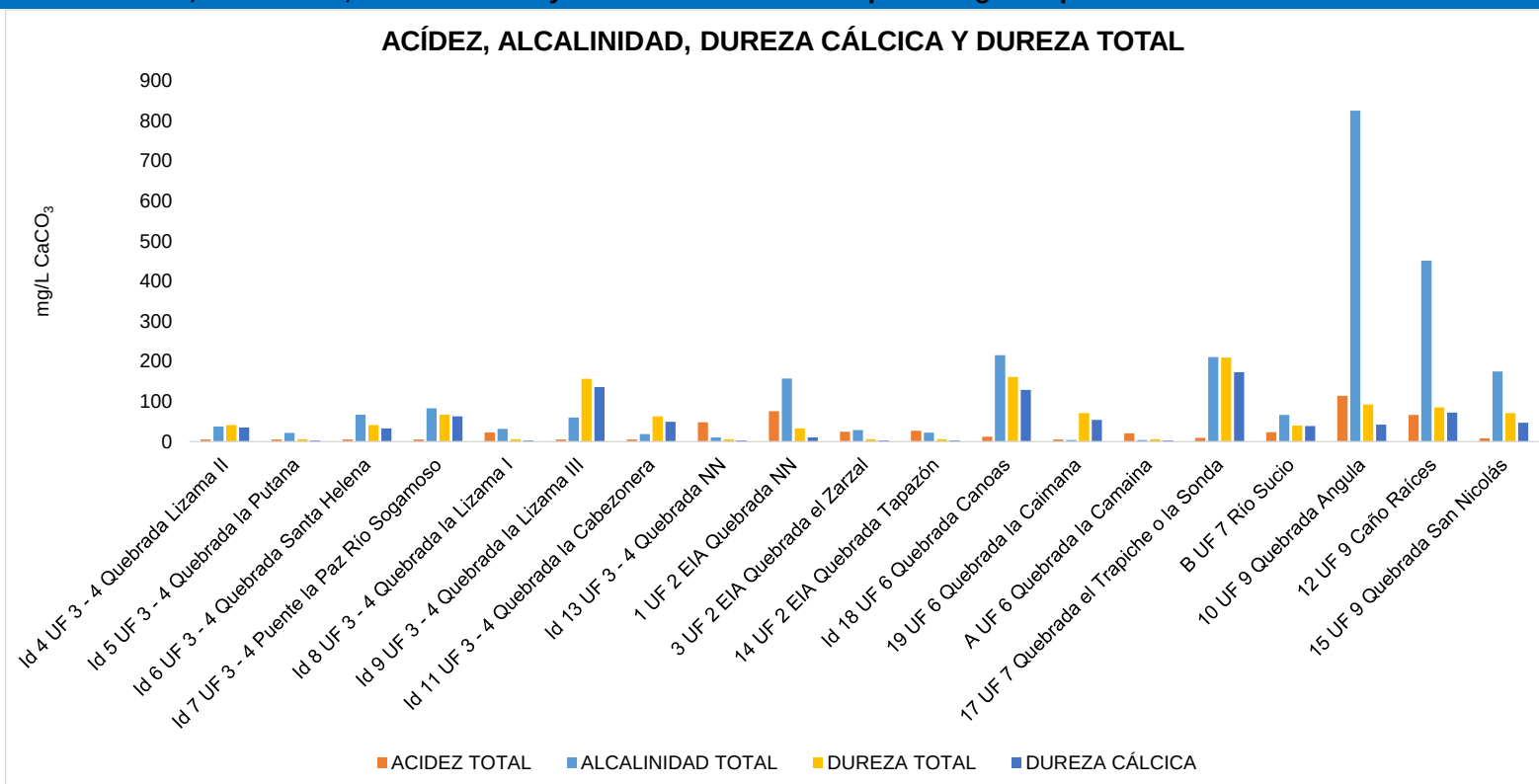
La Alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, para reaccionar con iones hidrogeno, para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas OH^- . La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua. En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos. (Romero, 2009)

De acuerdo a los resultados obtenidos en el monitoreo correspondiente al mes de marzo es posible evidenciar todos los cuerpos de agua, con excepción del río Sogamoso,

presentan una alcalinidad baja al exhibir concentraciones por debajo de los 75 mg/L CaCO_3 , contrario al río Sogamoso que presentó una alcalinidad media con 82,94 mg/L CaCO_3 (Figura 5-8), asociado posiblemente a la presencia de carbonatos, producto del poco arrastre de sedimentos en el suelo, resultados acordes al pH obtenido.

La dureza total reportó valores por debajo de la técnica analítica implementada por el laboratorio (<6 mg/L CaCO_3) en los puntos de muestreo Quebrada La Putana, Quebrada La Lizama I, quebrada el Zarzal, quebrada Tapazón y Quebrada NN, mientras que en los demás puntos evaluados su concentración varió entre los 32,76 mg/L CaCO_3 y 209,43 mg/L CaCO_3 , resultados posiblemente asociados a las condiciones geomorfológicas del suelo, al tipo de material parental por el cual pasan los cuerpos de agua y a pocas precipitaciones días previos, lo cual disminuye el arrastre de sales (incluidas el calcio y magnesio) en los cuerpos de agua (Figura 5-9)

Figura 5-9 Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



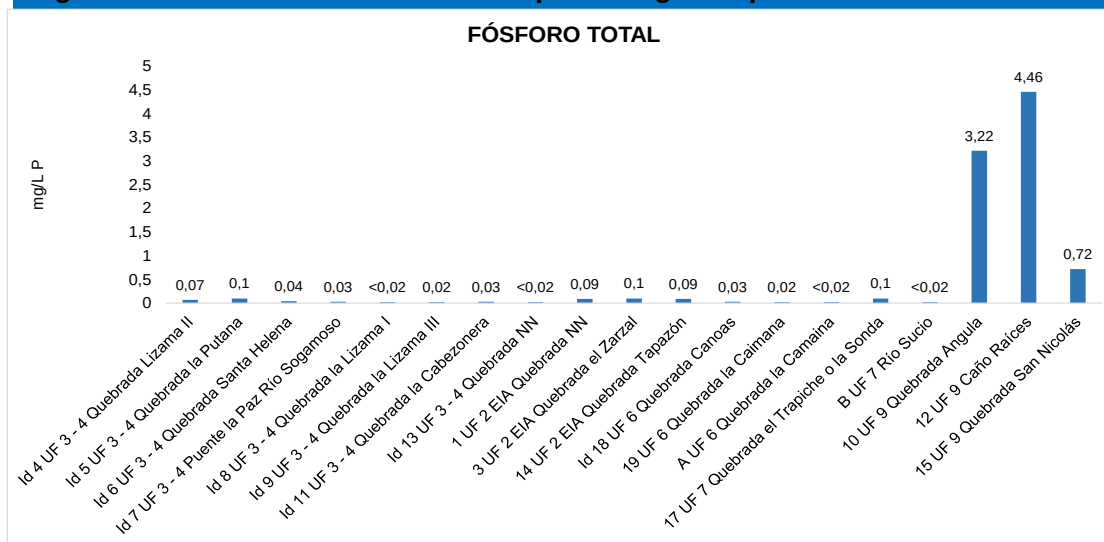
Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- **Fósforo total y Nitrógeno total**

El fósforo es un elemento que se encuentra de forma natural en los cuerpos de agua, siendo un factor clave en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo en cantidades considerables contribuye junto al nitrógeno a la eutrofización del recurso hídrico (**Rodier, Legube, & Merlet , 2010**). En relación al parámetro fósforo total, se reportaron en la Quebrada La Lizama I, quebrada la Caima, río Sucio y Quebrada NN, valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio ($<0,02$ mg/L P), mientras que en los demás puntos de monitoreo se reportaron concentraciones entre los 0,02 mg/L P y 4,46 mg/L P, respectivamente, indicando que los cuerpos de agua no poseen condiciones de eutrofización considerable que alteren las características fisicoquímicas del recurso hídrico, excepto en la quebrada Angula y caño Raices que reportaron 3,22 mg/L P y 4,46 mg/L P, respectivamente (**Figura 5-10**).

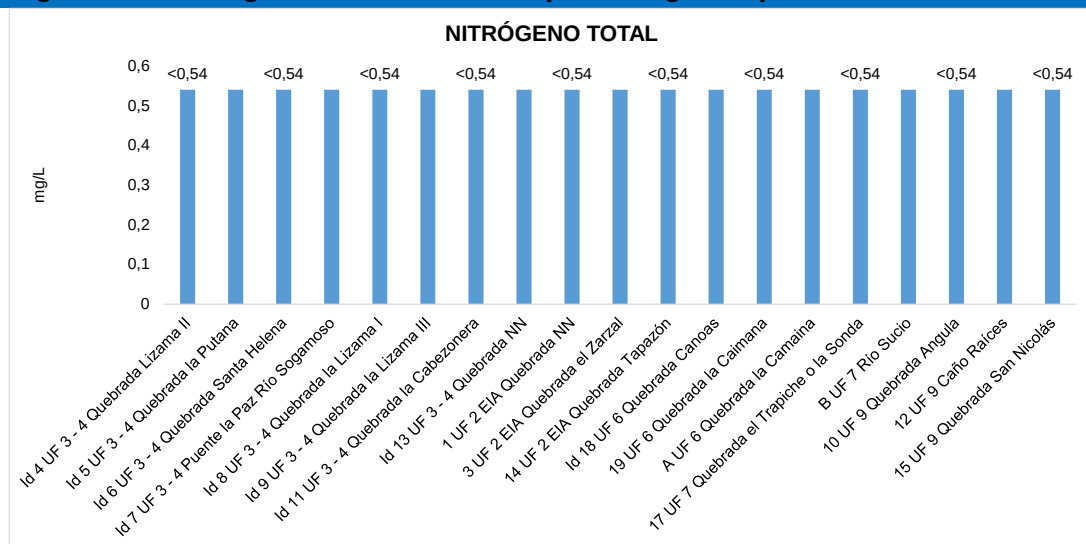
Por otra parte, el nitrógeno total presentó concentraciones por debajo del límite mínimo cuantificable por las técnicas analíticas implementadas en el laboratorio ($<0,54$ mg/L N) en la totalidad de puntos de monitoreo Figura 5-11, indicando poca presencia de materia orgánica y material vegetal que incrementa la concentración de este parámetro.

Figura 5-10 Fósforo total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

Figura 5-11 Nitrógeno total de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



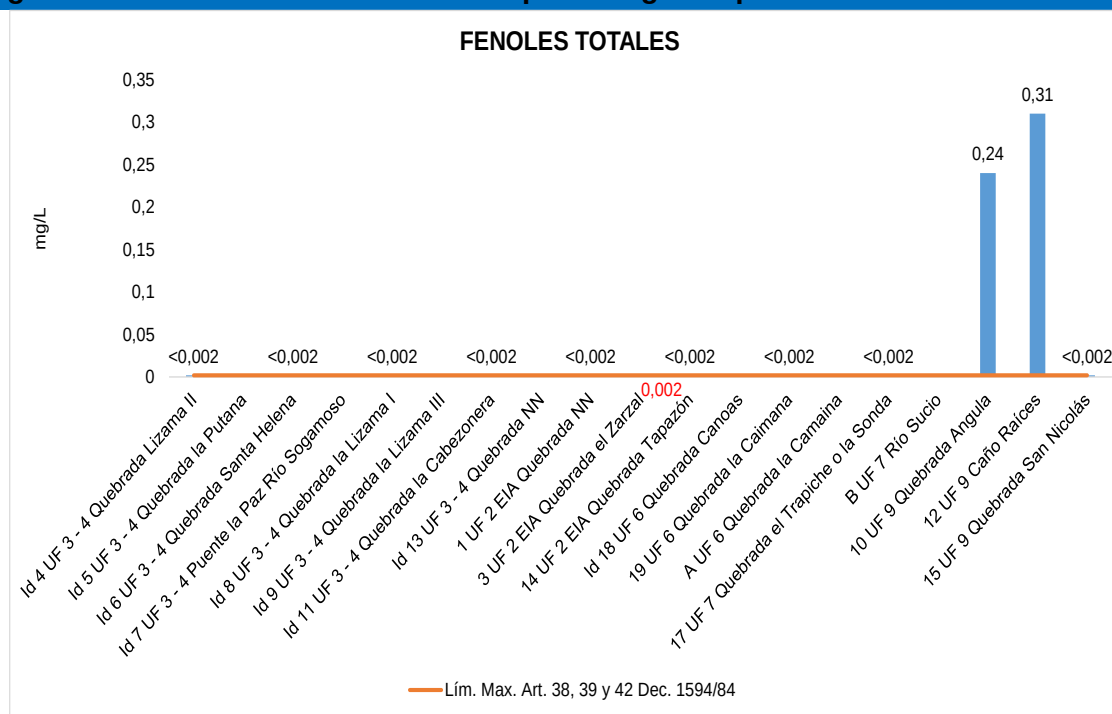
Fuente:

Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- **Fenoles totales**

Los fenoles totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<0,002 mg/L) en la totalidad de puntos de monitoreo, encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido de 0,002 mg/L en los Artículos 38, 39 y 42 del Decreto 1594 de 1984, excepto en la quebrada Angula y caño Raíces, que registraron 0,24 mg/L y 0,31 mg/L, respectivamente, observándose que la mayoría de los cuerpos de agua superficial monitoreados se encuentra en cumplimiento de la mencionada norma, y por tanto, en lo que se refiere a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos, siendo favorable para la calidad del recurso hídrico (Figura 5-12).

Figura 5-12 Fenoles totales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

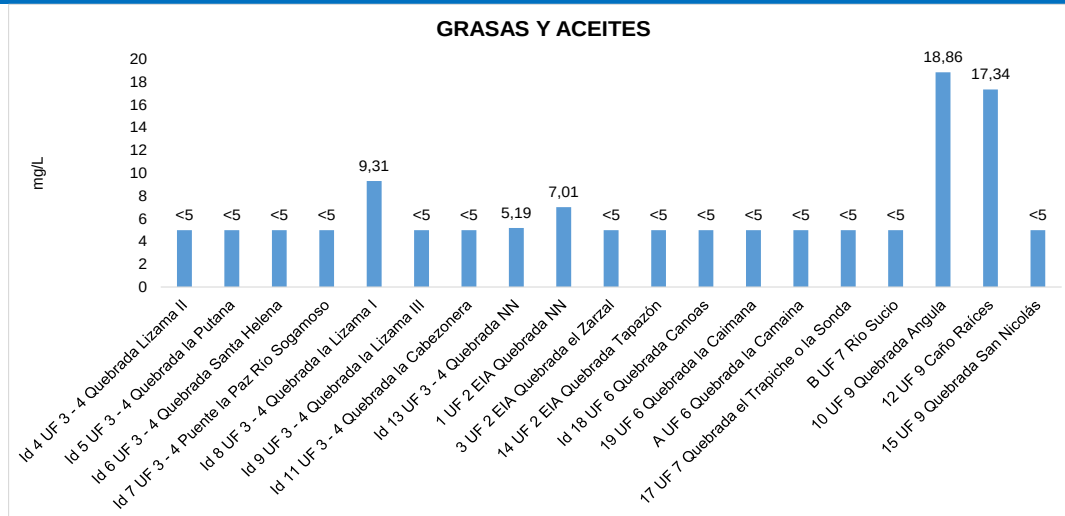


Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- **Grasas y Aceites**

Las grasas y aceites reportaron en la mayoría de puntos de monitoreo valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<5 mg/L), con excepción de la Quebrada NN, quebrada Angula, caño Raíces y Quebrada La Lizama I, que reportaron concentraciones entre 7,01 mg/L y 18,86 mg/L, respectivamente, indicando que los cuerpos de agua evaluados poseen trazas mínimas de estos compuestos orgánicos, y por lo tanto, no forman películas que alteren la oxigenación y la calidad estética del recurso hídrico. En relación a la normatividad vigente, es posible determinar que los valores registrados en los 19 cuerpos de agua cumplen las condiciones establecidas en los artículos 38, 39, 42 y 43 del Decreto 1594 de 1984, resultado que permite determinar que en relación a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos (Figura 5-13).

Figura 5-13 Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

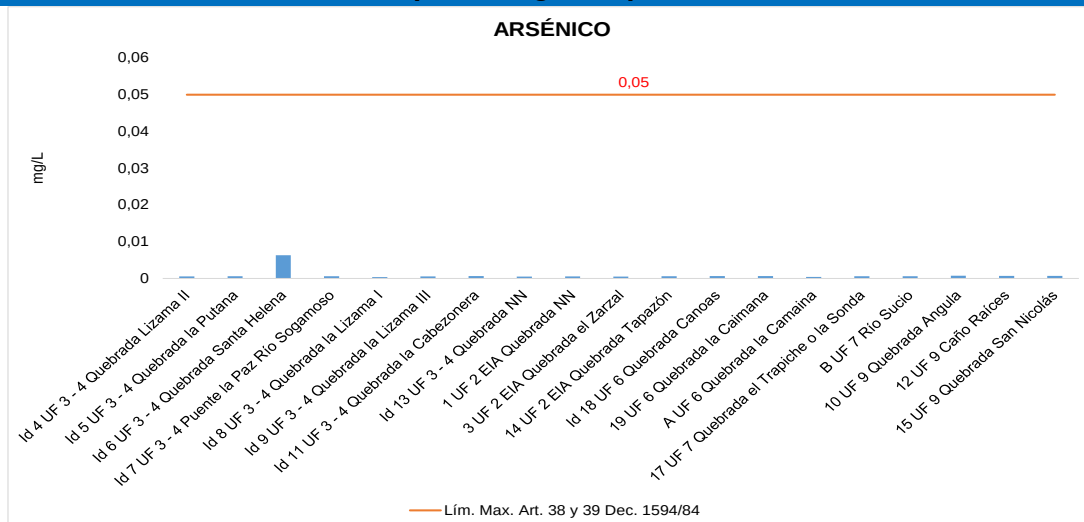


Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- Arsénico**

La contaminación por Arsénico aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza la reproducción celular y los tejidos de muchos organismos los acumulan, por tanto sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal. En la Figura 5-14 se puede observar que la concentración de Arsénico estuvo entre 0,00035 mg/L y 0,00063 mg/L, encontrándose por debajo de la concentración máxima permitida para este parámetro según los Artículos 38 a 43 del Decreto 1594 de 1984.

Figura 5-14 Arsénico de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

- **Metales y Metaloides**

La presencia de los metales en los cuerpos de agua se da principalmente por aportes del suelo y procesos de contaminación generados por el hombre, de los cuales algunos son necesarios para los humanos como son el Fe, Zn, Cu, pero otros pueden causar un efecto toxico al bioacumularse en el cuerpo como son el Cr, Cd, Hg, Pb, As, Ba, etc. La presencia de estos agentes tóxicos está básicamente relacionada con las actividades antrópicas que generan una acumulación en la cadena trófica hasta llegar al cuerpo humano por consumo de algún alimento contaminado.

Los elementos analizados Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo y Selenio no reportaron concentraciones significativas, reportándose los límites de las técnicas analíticas empleadas, descartándose afectación por los mismos además de encontrarse en cumplimiento normativo. En la Tabla 5-5, se presentan los resultados obtenidos para los metales y metaloides analizados, encontrándose todos los elementos, a excepción del Cinc, en cumplimiento de los máximos permisibles establecidos en los artículos 38, 39, 40 y 41 del decreto 1594 de 1984.

Tabla 5-5 Resultados de análisis de metales y metaloides en puntos de monitoreo

Parámetros	Resultados	
	Cantidad en mg/L establecida como admisible en el Decreto 1594 de 1984	Resultados de todas las fuentes de agua analizadas
Bario	<1 mg/L	<1 mg/L
Cadmio	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L
Cobre	<0,1 mg/L	<0,1 mg/L
Cromo	<0,05 mg/L	<0,05 mg/L
Mercurio	<0,002 mg/L	<0,0019 mg/L
Níquel	<0,2 mg/L	<0,1 mg/L
Plata	<0,05 mg/L	<0,05 mg/L
Plomo	<0,05 mg/L	<0,05 mg/L
Selenio	<0,01 mg/L	<0,005 mg/L
Cinc	<0,03 mg/L	Todos los cuerpos de agua presentaron una concentración menor a 0,03 mg/L; exceptuando la Quebrada NN, Quebrada Angula y Caño Raíces, con concentraciones de 0,07; 0,42 y 0,05 respectivamente.

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

A continuación se detallan las implicaciones de cada uno de los elementos y el resultado de su análisis.

- **Bario**

Entre los diversos efluentes generados por diversas industrias, se encuentran las aguas de producción, que son mezclas complejas de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos y disueltos, cuya composición varía con el origen y el tiempo de explotación del yacimiento al cual pertenecen. Dentro de dichos componentes se encuentra el Bario, metal pesado cuya concentración en estos efluentes puede exceder los límites permisibles exigidos por la legislación vigente, constituyéndose en un problema de gran importancia ambiental (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016), pero para los cuerpos de agua estudiados, este metal no presenta ningún conflicto debido a que las concentraciones reportadas para la totalidad de puntos de muestreo se encuentra por debajo del límite mínimo cuantificable por las técnicas analíticas empleadas en el laboratorio (<1 mg/L), encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

- **Cadmio**

Es especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas; afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha); produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. La concentración de Cadmio fue menor a 0,01 mg/L en todos los puntos de monitoreo, cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, valor que cumple con la norma al ser inferior a lo establecido en los Artículos 38 a 43 del Decreto 1594 de 1984.

- **Cobre**

Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO_2 . Para todos los puntos sus valores fueron inferiores a 0,1 mg/L, cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

- **Cromo**

Su toxicidad varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación. La concentración de Cromo fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica empleada por el laboratorio (0,05 mg/L) en todos los puntos de monitoreo (Tabla 5-5), encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido de 0,05 mg/L en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984, pudiéndose observar que todos los cuerpos de agua superficial monitoreados se encuentran en cumplimiento de la mencionada norma.

- **Mercurio**

Cuando está presente en agua de consumo de una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida preparada con dicha agua. Debilita progresivamente los músculos, pérdida de la visión, deteriora otras funciones cerebrales, genera parálisis eventual, estado de coma o muerte. En su totalidad los puntos evaluados presentaron concentraciones por debajo del límite mínimo de cuantificación (0,0019 mg/L), cumpliendo con el límite máximo permisible de 0,002 mg/L establecido en los Artículos 38, 39 y 41 del Decreto 1594 de 1984.

- **Níquel**

En bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana. Todos los cuerpos de agua presentaron concentraciones menores al límite inferior de la técnica analítica implementada por el laboratorio ($<0,1$ mg/L), cumpliendo con el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, al no superar los 0,2 mg/L establecidos.

- **Plata**

Las emisiones de plata se encuentran tradicionalmente ligadas a vertidos industriales y mineros, y en particular relacionadas con la industria de la fotografía. La plata es uno de los elementos más nocivos para la comunidad microbiana y los invertebrados que viven en los ecosistemas acuáticos, a pesar de la baja toxicidad para los seres humanos. En los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 se encuentra estipulado como límite máximo 0,05 mg/L, valor que no es superado en ninguno de los cuerpos de agua muestreados, debido a que todos presentaron una concentración menor al límite mínimo cuantificable ($<0,05$ mg/L).

- **Plomo**

Compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano. Produce una variedad de síntomas en los tejidos vulnerables. Cuando el agua está contaminada con sales de Plomo, se le forma a los peces una película mucosa coagulante, primero sobre las branquias y luego sobre todo el cuerpo, causándoles sofocación. En todos los puntos de muestreo su concentración fue menor al límite mínimo cuantificable ($<0,05$ mg/L), observándose que cumplen con el límite máximo permitido de 0,05 mg/L establecido en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

- **Selenio**

El selenio es un elemento que, dependiendo de su concentración y forma química, puede ser un elemento esencial o un agente tóxico poderoso para la gente, el ganado, aves acuáticas, peces y ciertas bacterias (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016). Las concentraciones de Selenio en todos los puntos evaluados estuvo por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada en el laboratorio ($<0,005$ mg/L), cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 38 a 40 del Decreto 1594 de

1984, al no sobrepasar el límite máximo permisible de 0,01 mg/L.

- **Zinc**

Es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar opalescencia en concentraciones de 5 mg/L. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales. Todos los cuerpos de agua presentaron una concentración por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio ($<0,03$ mg/L) exceptuando la Quebrada NN, quebrada Angula y caño Raíces, que presentaron una concentración de Zinc entre 0,05 mg/L y 0,42 mg/L.

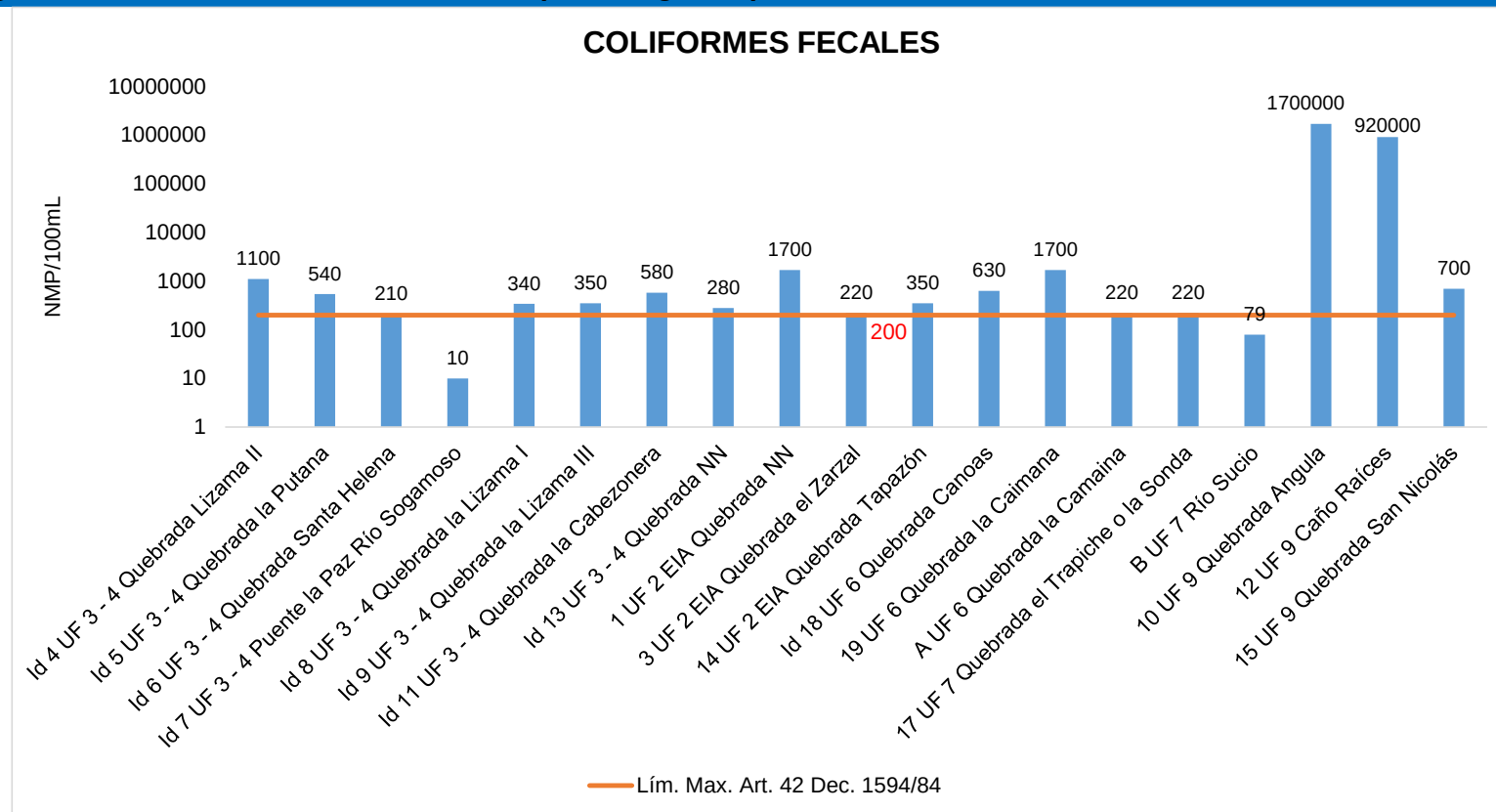
- **Coliformes Fecales**

En relación a los parámetros bacteriológicos, los coliformes fecales reportaron valores que oscilan entre 10 NMP/100 mL y 1700000 NMP/100 mL en los 19 puntos de monitoreo, evidenciándose que el Río Sogamoso y el río Sucio presentan una carga bacteriológica baja, cumpliendo los límites establecidos en los Artículos 38, 40 y 42 del Decreto 1594 de 1984, indicando que en lo que se refiere a este parámetro el agua es apta para consumo humano, uso agrícola y fines recreativos. En relación a los demás puntos evaluados, la Quebrada Lizama II, quebrada NN y quebrada la Caimana, cumplen con lo establecido en el Artículos 38 de la normatividad vigente al no exceder los 2000 NMP/100 mL, sin embargo exceden lo establecido en el Artículo 42 del decreto en mención, indicando que el agua es apta para uso agrícola y consumo humano y domestico únicamente (tratamiento previo). Por otra parte, el valor reportado en la quebrada Angula y caño Raíces incumplen con lo estipulado en la norma base de referencia (Figura 5-15).

- **Coliformes totales**

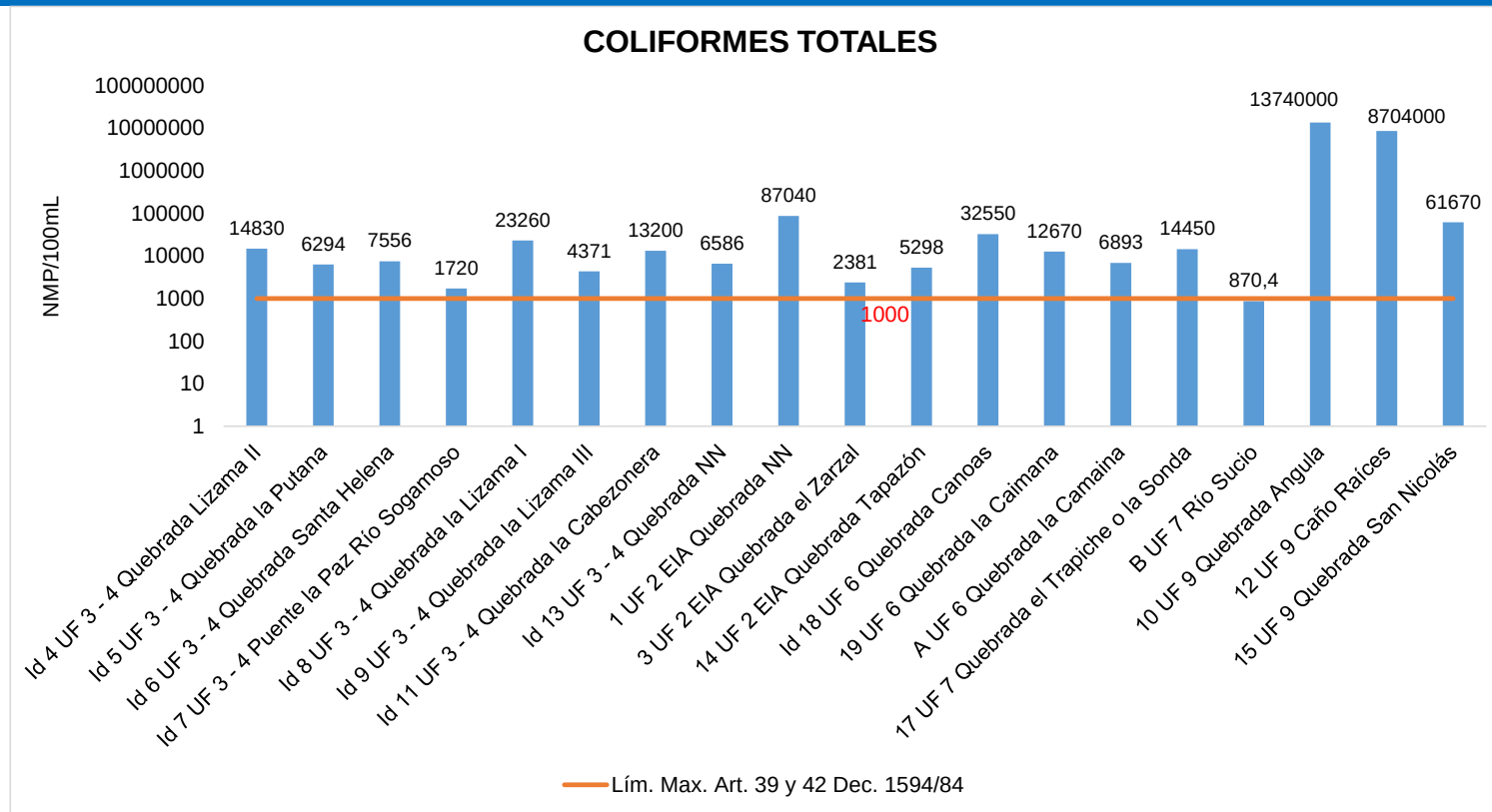
De acuerdo a los resultados obtenidos de coliformes totales es posible determinar que el valor registrado para el Río Sucio cumple con lo estipulado en los Artículos 38, 39, 40, 42 y 43 del Decreto 1594, a diferencia de los demás cuerpo de agua que incumplen con lo establecido en la norma en mención, al presentar concentraciones por encima de los 1000 NMP/100 mL, resaltando que las concentraciones más elevadas fueran las presentadas en la quebrada Angula y caño Raíces con 13740000 NMP/100 mL y 8704000 NMP/100 mL (Figura 5-16)

Figura 5-15 Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

Figura 5-16 Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA



Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016

– Resultados De Índices De Calidad Ambiental Del Agua

La aplicación de índices para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales, son una herramienta fundamental para determinar las presiones que éstas sufren por las acciones que desarrollan las poblaciones asentadas a su alrededor, ya que combinan ciertos parámetros que determinan susceptibilidades a tipos de contaminación y transmiten de una manera más clara y fácil de interpretar.

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación se presenta el índice de Langelier, Capacidad Buffer (Tampón), el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) para las fuentes hídricas que se consideraron susceptibles de intervención por el proyecto, y el índice de alteración de la calidad del agua de la subzona hidrográfica a la cual corresponden dichas fuentes hídricas.

• Índice de Langelier

De acuerdo con la publicación del sitio web de la empresa Sumio Water System, el Índice de Langelier se define como:

El Índice de Saturación de Langelier (LSI) es un modelo de equilibrio derivado del concepto teórico de saturación y proporciona un indicador del grado de saturación del agua con respecto al carbonato de calcio. Se puede mostrar que el Índice de Saturación de Langelier (LSI) se aproxima al logaritmo en base 10 del nivel de saturación de calcita. El nivel de saturación de Langelier usa el concepto de saturación basado en el pH como variable principal. El LSI puede ser interpretado como el cambio requerido para llevar el agua a equilibrio.

Agua con Índice de Saturación de Langelier (LSI) de 1.0 es una unidad por encima de la saturación. Reduciendo el pH por 1 unidad llevará el agua a equilibrio. Esto ocurre porque la porción de alcalinidad total presente como CO₃²⁻ disminuye con el pH, de acuerdo a las reacciones de equilibrio que describen la disociación del ácido carbónico.

Si el LSI es negativo: No hay potencial de incrustaciones, el agua disolverá CaCO₃. Si el LSI es positivo: Se pueden formar incrustaciones y puede ocurrir precipitación de CaCO₃. Si LSI es cercano a cero: Línea Límite Potencial de Incrustación. Cambio en la Calidad del agua o la temperatura, o evaporación pueden cambiar este índice (Sumio Water System, 2015).

El LSI se define así:

$$LSI = pH - pH_s$$

Dónde:

pH es el valor medido del pH del Agua

pH_s es el pH a saturación en calcita o carbonato de calcio definido como:

Para calcular el pHs se tiene que:

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Dónde:

$$A = (\text{Log}_{10} [\text{STD}] - 1) / 10$$

$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10} (^{\circ}\text{C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{2+} \text{ como } \text{CaCO}_3] - 0.4$$

$$D = \text{Log}_{10} [\text{alcalinidad como } \text{CaCO}_3]$$

Posteriormente los datos son interpretados según lo referenciada en la Tabla 5-6, en donde se establecen los rangos para determinar por medio del índice de Langelier si las aguas estudiadas corresponden a aguas corrosivas o incrustantes.

Tabla 5-6 Valores de las indicaciones para el índice de saturación de Langelier

ISL	Indicación
ISL<0	Agua no saturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO_3). El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de carbonato cálcico (CaCO_3) presente que protegen las tuberías y equipos.
ISL=0	Agua considerada neutral. No existe formación de incrustaciones ni eliminación de las mismas.
ISL>0	Agua supersaturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO_3). Posible formación de incrustaciones.
ISL (Carrier)	Indicación
-2<ISL<0,5	Corrosión severa
-0,5<ISL<0	Corrosión leve pero sin formación de incrustaciones
ISL=0,0	Equilibrada pero posible corrosión leve
0,0<ISL<0,5	Formación leve de incrustaciones y corrosiva
0,5<ISL<2	Formación de incrustaciones pero no corrosiva

Fuente: (LENNTech, 2016)

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 5-7 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo del Índice de Saturación de Langelier.

Tabla 5-7 Índice de Saturación de Langelier para los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

Fuente Hídrica	Índice de -saturación de Langelier (ISL)
Id 4 UF 3 - 4 Quebrada Lizama II	-1.5
Id 5 UF 3 - 4 Quebrada la Putana	-2.6
Id 6 UF 3 - 4 Quebrada Santa Helena	-0.92
Id 7 UF 3 - 4 Puente la Paz Río Sogamoso	-0.40

Fuente Hídrica	Indice de -saturación de Langelier (ISL)
Id 8 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama I	-3.0
Id 9 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama III	-0.57
Id 11 UF 3 - 4 Quebrada la Cabezonera	-1.2
Id 13 UF 3 - 4 Quebrada NN	-4.0
1 UF 2 EIA Quebrada NN	-1.4
3 UF 2 EIA Quebrada el Zarzal	-3.0
14 UF 2 EIA Quebrada Tapazón	-3.4
Id 18 UF 6 Quebrada Canoas	-0.17
19 UF 6 Quebrada la Caimana	-1.3
A UF 6 Quebrada la Camaina	-4.9
17 UF 7 Quebrada el Trapiche o la Sonda	0.83
B UF 7 Río Sucio	0.093
10 UF 9 Quebrada Angula	0.022
12 UF 9 Caño Raíces2	-0.55
15 UF 9 Quebrada San Nicolás	-0.82

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016)

La interpretación del índice por medio de la Tabla 5-7 permite clasificar los puntos de muestreo quebrada Trapiche y río Sucio con características incrustantes pero no corrosivas, mientras que la quebrada Angula presenta características con formación leve de incrustaciones y es corrosiva. Por otra parte, el río Sogamoso y la quebrada Canoas presenta características de corrosión leve pero sin formación de incrustaciones y finalmente, los demás puntos de monitoreo tenidos en cuenta en este estudio presentan características de corrosión severa.

– Capacidad Buffer

Se define como la resistencia del agua al cambio de pH. Convencionalmente, la capacidad tampón (β) se expresa como la cantidad de ácido o base fuerte, en equivalentes-gramo, que debe ser añadido a un (1) litro de la solución para cambiar su pH en una unidad (Singhal, 2011)

Esta se calcula con la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\Delta B}{\Delta pH}$$

Donde:

ΔB = Gramo equivalente de ácido fuerte / base para cambiar el pH de 1 litro de solución tampón

ΔpH =Cambio de pH causado por la adición de ácido fuerte/ base

En la Tabla 5-8 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer. La interpretación de esta característica debe hacerse a partir del concepto de capacidad Buffer, en este contexto a mayor capacidad buffer mayor es la resistencia del cuerpo de agua a cambios en su pH ante el vertimiento de un ácido o una base, de esta forma se identificó que las quebradas Canoas, Angulas, Trapiche y Río Sucio presentan las mayores capacidades buffer dentro del grupo de fuentes analizadas.

Tabla 5-8 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados

Puntos de análisis	Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)
Id 4 UF 3 - 4 Quebrada Lizama II	0,01
Id 5 UF 3 - 4 Quebrada la Putana	0,02
Id 6 UF 3 - 4 Quebrada Santa Helena	0.05
Id 7 UF 3 - 4 Puente la Paz Río Sogamoso	0.06
Id 8 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama I	0.03
Id 9 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama III	0.00
Id 11 UF 3 - 4 Quebrada la Cabezona	0.01
Id 13 UF 3 - 4 Quebrada NN	0.04
1 UF 2 EIA Quebrada NN	0.05
3 UF 2 EIA Quebrada el Zarzal	0.03
14 UF 2 EIA Quebrada Tapazón	0.03
Id 18 UF 6 Quebrada Canoas	1.85
19 UF 6 Quebrada la Caimana	0.00
A UF 6 Quebrada la Camaina	0.01
17 UF 7 Quebrada el Trapiche o la Sonda	0.12
B UF 7 Río Sucio	0.47
10 UF 9 Quebrada Angula	0.60
12 UF 9 Caño Raíces2	0.09
15 UF 9 Quebrada San Nicolás	0.01

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016)

– Índice de calidad del agua ICA

Los criterios de la calidad del agua se refieren a las concentraciones de los constituyentes que, si no son excedidos, permitirán concluir que el ecosistema acuático es apropiado para los múltiples usos del agua. Estos criterios se derivan de investigaciones y hechos científicos obtenidos de la experimentación o de observaciones sobre la respuesta de organismos sometidos a estímulos definidos bajo condiciones ambientales reguladas en un período de tiempo específico. (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016)

El indicador de calidad llamado “Índice de Calidad del Agua ICA-NSF” propuesto por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos en el año de 1981. Este es uno de los índices más usados para determinar la calidad de los cuerpos de agua superficial, el cual contempla los siguientes aspectos fisicoquímicos del agua:

- % de Saturación de Oxígeno Disuelto - Coliformes Fecales
- pH - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Temperatura - Nitratos
- Fosfatos - Turbiedad
- Sólidos Totales

Cada una de estas variables tiene un peso específico de acuerdo con su importancia, relacionada con la calidad del agua. La estructura de los subíndices que se construyen, asociados con cada una de las variables seleccionadas, involucra de manera bastante plausible, las condiciones ambientales específicas, para determinar una medida de aquello que sería lo máximo asignable, considerando la factibilidad. Así por ejemplo, el nivel de Oxígeno Disuelto que merecería una calificación del 100% (óptimo), depende, entre otras, de la temperatura del sitio y de su altura sobre el nivel del mar; por esta razón, el óptimo no puede corresponder a una cifra absoluta de concentración de Oxígeno Disuelto, sino que lo relaciona con la concentración de oxígeno de saturación para las condiciones especiales del sitio que se muestre. En forma similar se definen los otros subíndices.

Si denotamos por I_i al subíndice correspondiente a la variable “i” y por “w”, su ponderación respectiva, entonces el índice de calidad de Agua que en adelante se llamara ICA, queda expresado por la fórmula:

$$ICA = \sum I_i w_i$$

Dónde:

w_i : Peso o influencia del parámetro i en el valor total del índice

I_i : Valor del subíndice, calculado para cada parámetro

Tabla 5-9. Clasificación de los valores del Índice de Calidad del Agua ICA

Valor del índice	Clasificación
91 – 100	Calidad Buena
71 - 90	Calidad Aceptable
51 – 70	Calidad Regular
26 – 50	Calidad Mala
0 – 25	Calidad Muy Mala

Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2011)

En la Tabla 5-10 se presentan los resultados del índice de calidad del agua – ICA para los puntos monitoreados.

Tabla 5-10 Índice de Calidad de Agua ICA de los cuerpos de agua superficial asociados al EIA

PARÁMETRO	% SATURACIÓN DE OXÍGENO	DBO (mg/L)	COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	TURBIEDAD (UJT)	pH	ICA FINAL
Id 4 UF 3 - 4 Quebrada Lizama II	13,01	5,48	4,67	9,38	0,65	13,56	46,75
Id 5 UF 3 - 4 Quebrada la Putana	18,97	5,54	5,82	9,76	0,65	14,49	55,23
Id 6 UF 3 - 4 Quebrada Santa Helena	19,05	3,06	7,6	9,27	0,65	14,78	54,42
Id 7 UF 3 - 4 Puente la Paz Río Sogamoso	3,51	3,4	14,97	8,93	0,65	14,97	46,43
Id 8 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama I	11,39	1,28	6,66	9,7	0,65	12,07	41,75
Id 9 UF 3 - 4 Quebrada la Lizama III	21,32	6,99	6,6	9,48	0,65	14,16	59,2
Id 11 UF 3 - 4 Quebrada la Cabezona	14,21	5,54	5,7	8,73	0,65	14,94	49,76
Id 13 UF 3 - 4 Quebrada NN	1,38	0,32	7,03	10,28	0,65	9,27	28,93
1 Uf 2 Eia Quebrada Nn	0,78	0,32	4,05	7,08	0,65	13,9	26,78
3 Uf 2 Eia Quebrada El Zarzal	17,69	0,32	7,51	8,97	0,65	12,39	47,53
14 Uf 2 Eia Quebrada Tapazón	0,85	0,32	6,6	10,23	0,65	10,4	29,05
Id 18 UF 6 Quebrada Canoas	10,62	9,49	5,56	-1,06	0,65	14,52	39,77
19 UF 6 Quebrada la Caimana	20,81	6,91	4,05	10,29	0,65	14,17	56,89
A UF 6 Quebrada la Camaina	21,66	10,26	7,51	10,29	0,65	6,51	56,87
17 UF 7 Quebrada el Trapiche o la Sonda	20,06	9,39	7,51	6,21	0,65	14,03	57,84
B UF 7 Río Sucio	20,26	12,82	9,75	8,31	0,65	12,66	64,44
10 UF 9 Quebrada Angula	0,63	0,32	0,42	2,4	0,65	14,87	19,29
12 UF 9 Caño Raíces2	0,28	0,32	0,42	2,4	0,65	13,56	17,63
15 UF 9 Quebrada San Nicolás	0,63	3,64	5,38	7,36	0,65	14,05	31,72

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente-CIMA, 2016)

Respecto al índice de calidad de agua ICA, la quebrada Putana, quebrada Santa Helena, quebrada Lizama III, quebrada La Camaina, quebrada Trapiche y el río Sucio, presentaron una calidad de agua “REGULAR”, debido a que los resultados del cálculo arrojaron valores que se encuentran en el rango comprendido entre 51 y 70; mientras que la quebrada Lizama I, quebrada Lizama II, río Sogamoso, quebrada Cabezona, quebrada NN, quebrada Zarzal, quebrada Tapazón, quebrada Canoas y quebrada San Nicolás, presentaron una calidad de agua “MALA”, debido a que presentan una mayor concentración en los parámetros analizados para el cálculo del índice ICA. Por otra parte la quebrada Angula y caño Raíces, reportan una calidad de agua “MUY MALA”, debido a la elevada concentración de algunos parámetros como los bacteriológicos principalmente.

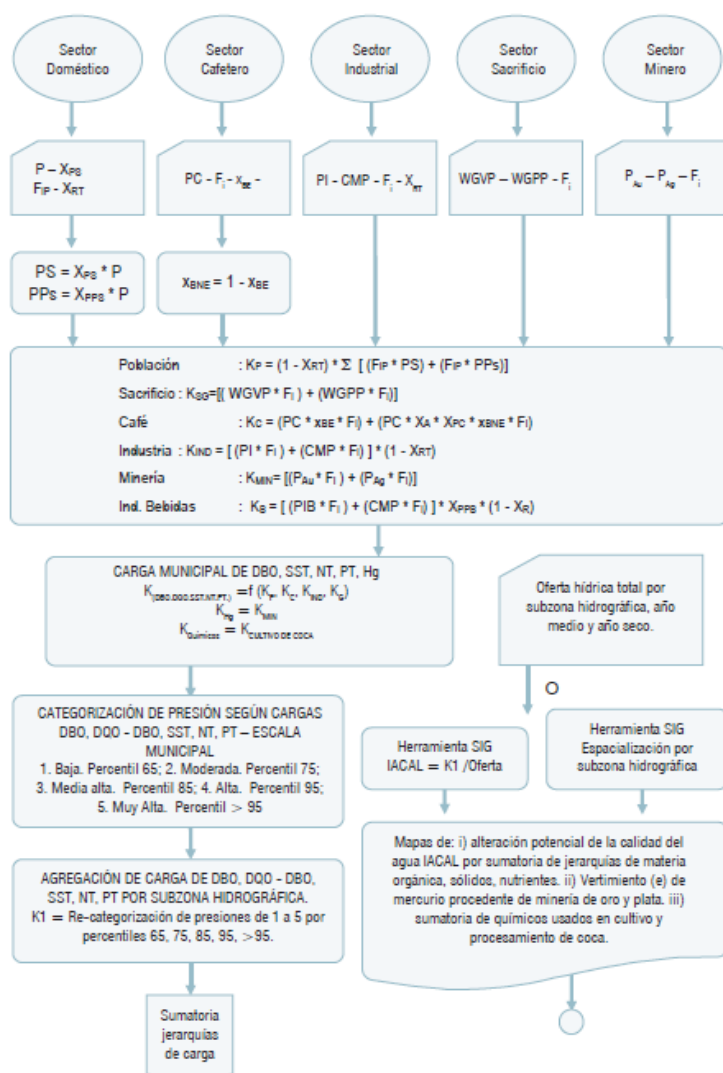
- **Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL**

El IACAL permite identificar la razón existente entre la carga contaminante que en estimativos recibe una subzona hidrográfica en un periodo de tiempo y la oferta hídrica superficial para año medio y año seco. Este índice establece una calificación entre cinco categorías: baja, moderada, media alta, alta y muy alta; refiriéndose al nivel de afectación potencial de una subzona hidrográfica. (IDEAM, 2013)

El indicador se calcula a partir de las estimaciones de las cargas que de cada una de cinco (5) variables fisicoquímicas (DBO, DQO, SST, NT y PT) se pueden estar vertiendo a las corrientes superficiales de una subzona (IDEAM, 2013).

En la Figura 5-17 se presenta el esquema que sintetiza el proceso para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes

Figura 5-17 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes



P: Población municipal (número de personas)¹⁰
 XPS: Fracción de la población conectada al alcantarillado
 PS: Población conectada al alcantarillado (Nro. personas)
 PPS: Población conectada a pozo séptico (Nro. personas)
 FIP: Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico (18,1 y 6,9 kg/persona-año, respectivamente)
 XRT: Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual municipal
 PC: Producción municipal de café como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco
 XBE: Fracción de beneficio ecológico nacional de café
 XBNE: Fracción de beneficio no ecológico nacional de café
 PI: Producción industrial como volumen (cantidad) de producción para 43 actividades económicas de interés
 CMP: Consumo de materias primas para una industria determinada
 XRT: Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector
 Fi: Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida
 WGVP: Tonelada de animal (vacuno) en pie
 WGPP: Tonelada de animal (porcino) en pie
 KP: Carga de DBO5 proveniente de la población en ton/año
 KC: Carga de DBO5 proveniente del beneficio del café en ton/año
 KIND: Carga de DBO5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año
 KSG: Carga de DBO5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año
 KMIN: Carga de mercurio vertida al agua proveniente del beneficio del oro y de la plata en ton/año
 K: Carga municipal de DBO5 en ton/año
 Kquímicos: Carga de químicos usados en la transformación de coca en toneladas y miles de litros /año

Fuente: (IDEAM, 2013)

La categorización de las presiones y la clasificación final se presenta en la Tabla 5-11

Tabla 5-11 Categoría y descriptos del IACAL

Valor del indicador	Calificación de la presión	Señal de alerta
1	Baja	
2	Moderada	
3	Media Alta	
4	Alta	
5	Muy Alta	

Fuente: (IDEAM, 2013)

Teniendo en cuenta lo anterior, en condiciones de año medio se puede observar que la quebrada Angula y el caño Raíces se encuentran ubicados dentro de la zona en donde el índice de alteración potencial de la calidad de agua se encuentra dentro de la categoría de afectación “MUY MALA”, justificándose el porqué de los resultados obtenidos para estos dos ecosistemas acuáticos que presentaron la mayor contaminación por materia orgánica, por mineralización y por sólidos suspendidos, adicional a que presentaron una calidad de agua muy mala respecto al índice - ICA. Por otro lado los demás cuerpos de agua se encuentran ubicados dentro de la zona de afectación “BAJA”, correspondiendo a resultados acordes a lo obtenido para cada uno de los ecosistemas muestreados.

Por otra parte, el IACAL en condiciones de año seco refleja que la quebrada Angula y el caño Raíces igualmente se encuentran ubicados dentro de la zona en donde el índice de alteración potencial de la calidad de agua se encuentra dentro de la categoría de afectación “MUY MALA”, justificándose el porqué de los resultados obtenidos para estos dos ecosistemas acuáticos que presentaron la mayor contaminación por materia orgánica, por mineralización y por sólidos suspendidos, adicional a que presentaron una calidad de agua muy mala respecto al índice - ICA. Mientras que, los demás cuerpos de agua se encuentran ubicados dentro de la zona de afectación “MODERADA”, para esta época del año, correspondiendo a resultados acordes a lo obtenido para cada uno de los ecosistemas muestreados.

De acuerdo a los términos de Referencia M-M-INA-02 para los puntos de vertimiento de aguas de infiltración se realizó el muestreo fisicoquímico, bacteriológico y de sedimentos para la Quebrada Caima y el Río Sucio.

Tabla 5-12 Estaciones de Muestreo puntos de agua vertimientos

Punto	Definición del punto	Nombre del punto en monitoreo	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas	
			N	W	N	W
1	Unidad funcional 6	Quebrada Caimana	7° 12'12,64"	73°21'32.1"	1288394,984	1079368,033
2	Unidad funcional 7	Río Sucio	7° 11'13.80"	73°19'25,9"	1286595,968	1083243,088

Fuente: C.I.M.A., 2015

En el Anexo C del Estudio se presenta el informe de resultados de análisis para los dos puntos de vertimientos de aguas de infiltración, donde se relaciona la información de los análisis de sedimentos.

