

--	--	--	--	--	--	--



UPME 04-2014

**REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
NUMERAL 3.2.5 CALIDAD DEL AGUA**



ESCALA SIN	FORMATO CARTA	CÓDIGO GEB EEB-U414-CT101223-L390-EST-1003_2.5	CÓDIGO CONTRATISTA EEB-U414-CT101223-L390-EST-1003_2.5	HOJA Página 1 de 29	REV 0
----------------------	-------------------------	---	---	----------------------------------	-----------------

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	4
3.2 MEDIO ABIÓTICO	4
3.2.5 Calidad del agua	4
3.2.5.1 Inventario de fuentes contaminantes	4
15	
3.2.5.2 Caracterización físico-química, bacteriológica e hidrobiológica	16

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.5-1 Inventario Fuentes Contaminantes en el área de influencia del Proyecto.....	5
Tabla 3.2.5-2 Permisos de Vertimiento Otorgados por la Corporación Autónoma Regional del valle (CVC).....	13
Tabla 3.2.5-4 Sitios de Muestreo para Análisis Físico-químico de cuerpos de agua Superficial.....	16
Tabla 3.2.5-5 Técnicas de muestreo de análisis en laboratorio.....	19
Tabla 3.2.5-6 Marco Normativo aplicable al análisis de Calidad de agua.....	20
Tabla 3.2.5-7 Escalas de pH y su relación con la calidad del agua.....	22
Tabla 3.2.5-8 Relación de la Conductividad con el tipo de mineralización	24
Tabla 3.2.5-9 Escalas de OD y su relación con la calidad del agua	25

**UPME 04-2014
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.5–1 Localización Fuentes Contaminantes en el área de influencia del proyecto.	6
Figura 3.2.5–2 Localización Permisos de Vertimiento CVC.	15
Figura 3.2.5–3 Localización puntos de Monitoreo	18
Figura 3.2.5–4 Valores de Temperatura	21
Figura 3.2.5–5 pH de los cuerpos de agua superficial	23
Figura 3.2.5–6 Valores de Conductividad y Solidos Disueltos	24
Figura 3.2.5–7 Valores de Solidos Suspendidos Totales	25
Figura 3.2.5–8 Valores de Oxígeno Disuelto	26
Figura 3.2.5–9 Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno	27
Figura 3.2.5–10 Valores Nitrógeno y Fosforo Total	28

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.5 Calidad del agua

La contaminación hídrica constituye uno de los problemas ambientales de mayor gravedad para la comunidad, impone costos y perjuicios enormes a consumidores y productores que utilizan las aguas superficiales, incluyendo impactos sobre la salud humana, incrementos de los costos de tratamiento de aguas, desvalorización de tierras aledañas a ríos contaminados, disminución de la actividad pesquera, degradación de áreas de recreación y turísticas, deterioro de equipos de hidroeléctricas y reducción de la productividad agrícola, entre otros (IGAC et al., 2007).

Es importante mencionar que, de acuerdo a las características constructivas y operativas del proyecto no se contempla la intervención de ninguna fuente hídrica para captación de agua, puesto que la demanda hídrica se suplirá mediante la compra de agua en bloque a empresas que cuenten con los respectivos permisos por parte de la autoridad ambiental competente para el suministro del recurso, para uso tanto doméstico como industrial, y será transportada en carrotanques a medida que avance la construcción de la obra desde las empresas autorizadas.

Por otro lado, se considera que durante el proceso constructivo de las líneas de transmisión no se intervendrán cauces naturales, debido a que el cruce en cuerpos de agua será de tipo aéreo generando un vano entre dos estructuras de soporte, sin que se genere alteración de su régimen natural. Tampoco se intervendrán cauces de cuerpos de agua por ubicación de torres.

3.2.5.1 Inventario de fuentes contaminantes

En atención a la solicitud de información adicional requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el día 17 de agosto de 2018, en el marco del trámite de licencia ambiental, iniciado mediante auto 03652 de 04 de julio de 2018, referente al requerimiento diez (10) “*Complementar la caracterización calidad del agua, en el sentido de especificar y ubicar geográficamente, el inventario de las fuentes contaminantes en el área de influencia del proyecto.*”

Con base al trabajo realizado en campo en el mes de agosto de 2018, se identificó y georreferenció, las fuentes contaminantes evidenciando vertimientos en el área de influencia del proyecto, el origen de estos proviene principalmente de actividades domésticas y de origen agrícola (Ver Tabla 3.2.5-1) los cuales son dispuestos directamente en las corrientes hídricas de la zona (Fotografía 3.2.5-1), su localización se observa en la Figura 3.2.5-1.

Fotografía 3.2.5-1 Vertimiento en Cuerpos Hídricos.



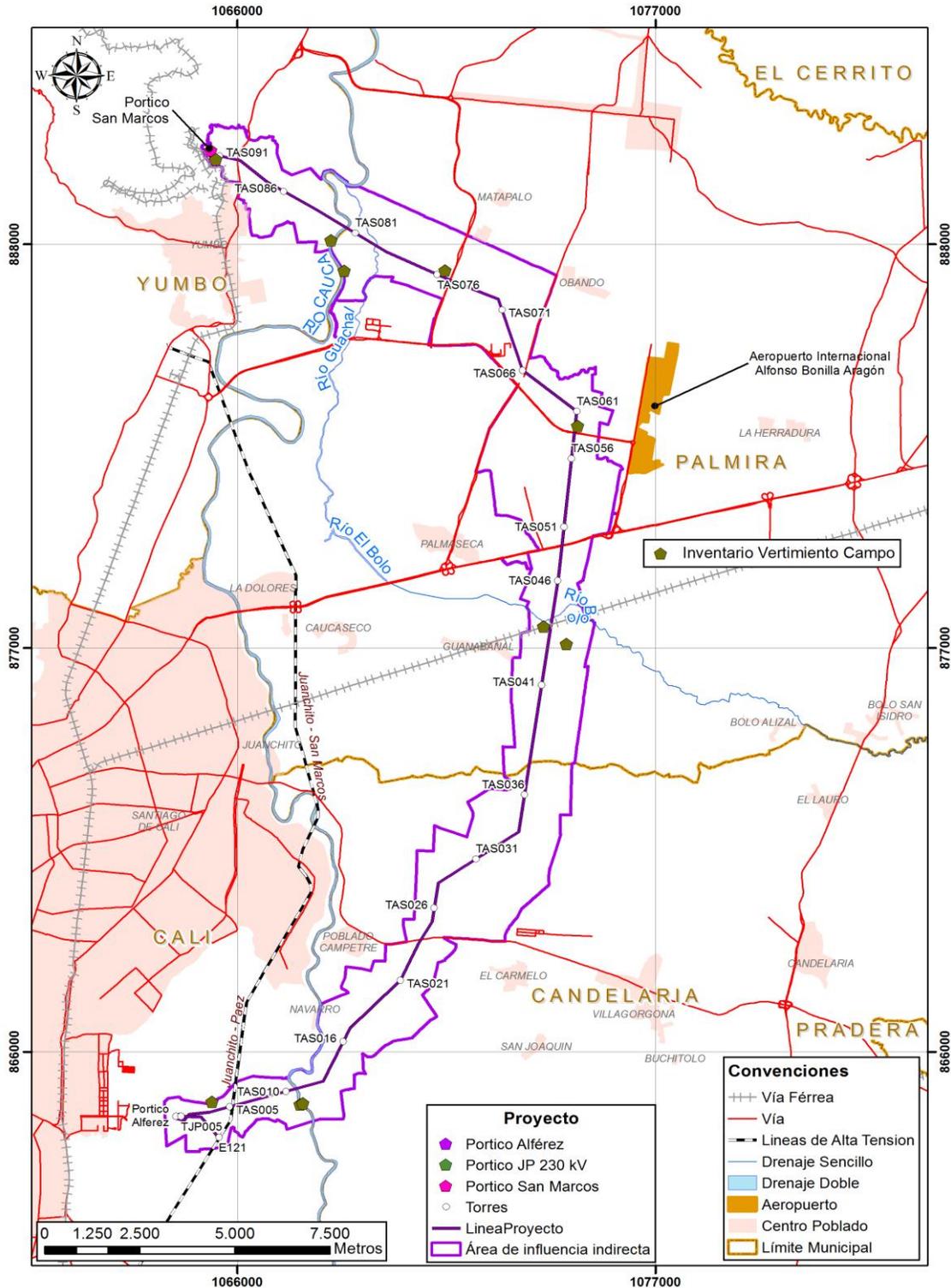
Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Tabla 3.2.5-1 Inventario Fuentes Contaminantes en el área de influencia del Proyecto.

ID	MUNICIPIO	VEREDA	GENERADOR	TIPO VERTIMIENTO		
					X	Y
1	YUMBO	BERMEJAL	Viñedo Los Aromos	Pozo Séptico	1065440,2	890316,11
8	YUMBO	EL HIGUERON	Agrícola La Ceiba	Pozo Séptico	1068475,61	888112,21
12	PALMIRA	MATAPALO	Finca Miraflores	Pozo Séptico	1071464,79	887287,18
16	PALMIRA	LA HERRADURA	Hacienda La Magdalena	Pozo Séptico	1074959,73	883051,20
25	PALMIRA	MATAPALO	Hacienda El Higuerón	Pozo Séptico	1068816,34	887278,66
30	PALMIRA	GUANABANAL	Cañaduzal	Vertimiento - Tubería - Campo Abierto - Rio Bolo	1074061,62	877583,47
31	PALMIRA	GUANABANAL	Hacienda Yundecito	Pozo Séptico	1074662,06	877102,39
32	CALI	VALLE DEL LILI	Hacienda Guadalajara	Vertimiento - Tubería - Campo Abierto - Canal Navarro	1065344,55	864617,24
33	CALI	EL ESTERO	Hacienda La Primavera	Pozo Séptico	1067656,07	864549,52
42	CANDELARIA	SAN JOAQUIN	Hacienda Navarro	Vertimiento - Tubería - Rio Cauca	1067732,71	864585,54

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Figura 3.2.5-1 Localización Fuentes Contaminantes en el área de influencia del proyecto.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Adicionalmente de acuerdo con las fichas veredales levantadas en campo, se evidenció que en la mayoría de las viviendas de los municipios que hacen parte del área de influencia indirecta del proyecto existe una deficiencia en el saneamiento básico y tiene que ver con la inadecuada disposición de aguas residuales y residuos sólidos domiciliarios.

De esta forma, son pocas las viviendas que cuentan con baño y en ninguna de ellas existe un sistema adecuado para la disposición final de aguas negras, utilizando para su eliminación tuberías que van directamente al suelo o fosas subterráneas construidas de manera artesanal que no cumplen ninguna finalidad de tipo ambiental. Asimismo, las aguas residuales grises son vertidas directamente o mediante tubería al suelo para su posterior infiltración, y en algunos casos se observó su disposición en fuentes hídricas.

En las viviendas donde no existe sanitario, las personas utilizan áreas aledañas a las viviendas para depositar sus residuos, por lo cual no fue posible georreferenciar un punto de vertimiento y se consideran fuentes de contaminación difusas¹. Respecto a esta situación, los habitantes manifestaron que desde hace varios años las alcaldías no han realizado ningún proyecto de saneamiento básico y así poder construir el alcantarillado.

Según el Informe Anual sobre el Estado de los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente en el Valle del Cauca – vigencia 2016 (Contraloría General del Valle del Cauca, 2016), los municipios de Candelaria, Palmira, Yumbo y Cali se observa deficiente gestión ambiental a nivel Municipal frente al manejo de aguas residuales, presentándose baja cobertura de alcantarillado en las zonas rurales.

Adicionalmente de acuerdo con las fichas veredales levantadas en campo, se evidenció que en la mayoría de las viviendas de los municipios que hacen parte del área de influencia indirecta del proyecto existe una deficiencia en el saneamiento básico y tiene que ver con la inadecuada disposición de aguas residuales y residuos sólidos domiciliarios.

De esta forma, son pocas las viviendas que cuentan con baño y en ninguna de ellas existe un sistema adecuado para la disposición final de aguas negras, utilizando para su eliminación tuberías que van directamente al suelo o fosas subterráneas construidas de manera artesanal que no cumplen ninguna finalidad de tipo ambiental. Asimismo, las aguas residuales grises son vertidas directamente o mediante tubería al suelo para su posterior infiltración, y en algunos casos se observó su disposición en fuentes hídricas.

En las viviendas donde no existe sanitario, las personas utilizan áreas aledañas a las viviendas para depositar sus residuos, por lo cual no fue posible georreferenciar un punto de vertimiento y se consideran fuentes de contaminación difusas². Respecto a esta situación, los habitantes manifestaron que desde hace varios años las alcaldías no han realizado ningún proyecto de saneamiento básico y así poder construir el alcantarillado.

¹ La contaminación difusa se define como la introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o subterráneo, a través de vías indirectas y desde fuentes que no es posible establecer con exactitud y puntualmente, siendo difícil encontrar responsables directos (Loaiza & Osorio, 2009).

Según el Informe Anual sobre el Estado de los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente en el Valle del Cauca – vigencia 2016 (Contraloría General del Valle del Cauca, 2016), los municipios de Candelaria, Palmira, Yumbo y Cali Se observa deficiente gestión ambiental a nivel Municipal frente al manejo de aguas residuales, presentándose baja cobertura de alcantarillado en las zonas rurales.

A continuación, se describe la situación de saneamiento básico (vertimientos) en los municipios que hacen parte del área de influencia del proyecto de acuerdo con los Planes de ordenamiento territorial de cada uno de ellos.

Yumbo

Según el Diagnostico del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2016. el servicio de alcantarillado solo se encuentra en los corregimientos de Mulaló, San Marcos y Arroyohondo; siendo San Marcos el único que realiza un tratamiento preliminar a estas aguas residuales. En el resto del área rural es tradicional la utilización de los pozos sépticos para el tratamiento de todas las aguas servidas, generando así problemáticas ambientales, principalmente la contaminación de aguas superficiales.

Palmira

De acuerdo con el Diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial, 2012. En la zona rural del Municipio de Palmira, el sistema de alcantarillado tiene una cobertura del 54%, en relación con las redes instaladas. En algunas zonas, donde a raíz de condiciones topográficas no se puede realizar la conexión al sistema de alcantarillado, la disposición de las aguas residuales se debe efectuar mediante la utilización de sistemas individuales o pozos sépticos. En la actualidad se cuenta aproximadamente 6.100 pozos sépticos construidos o instalados y 9 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, como herramientas que evitan las descargas directas a las quebradas y ríos sin tratamiento previo.

Candelaria

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del año 2005-2015. El municipio de Candelaria se encuentra en una situación delicada en este aspecto puesto que por un lado sus corrientes de agua superficial vienen ya contaminadas por el uso que se les da en los municipios ubicados en la parte alta de las cuencas adicionalmente la mayoría de los centros poblados del municipio descargan sus aguas servidas sin ningún tratamiento contribuyendo de manera significativa al deterioro de los ríos y quebradas, tampoco existe un plan maestro de acueducto y alcantarillado, que permita tener un ordenamiento y planeación de los sistemas hacia el futuro.

En Candelaria y demás cabeceras corregimentales se depositan escombros y residuos orgánicos e inorgánicos en forma indiscriminada en los bordes de las fuentes hídricas generando así contaminación de corrientes de aguas superficiales con el lixiviado producto del mismo efecto de descomposición de la materia orgánica.

Cali

De acuerdo con el Documento técnico de soporte del POT, 2014. La cobertura de los Sistemas de Disposición en el área rural llega hasta el 45%, en la actualidad. Por ende, se requiere adelantar acciones para dotar de alcantarillado y sistemas de remoción de tipo colectivo e individual de las aguas servidas.

Por otra parte, la cobertura en el tratamiento de aguas residuales es del 21% en la zona rural, Las comunidades restantes no tienen sistemas colectivos de tratamiento de aguas residuales, lo cual ha generado impactos negativos en el ecosistema por el arrastre de contaminantes y aguas residuales a las fuentes superficiales y cauces de agua, además de la desestabilización de los terrenos e infiltración de las aguas que propician derrumbes, asentamientos diferenciales y, agrietamiento de las estructuras y viviendas existentes.

- **Tipos de Vertimientos**

A continuación, se describen los tipos de vertimientos identificados en el área de influencia del proyecto.

Vertimientos Centro Poblados

De acuerdo con los Objetivos de la Calidad del Rio Cauca 2010 – 2015. En el tramo de la cuenca del Cauca, departamento del Valle del Cauca se encuentran 33 de los 42 municipios del Departamento, se encuentra asentada una población de 4.127.294 Habitantes, las redes de alcantarillado de las cabeceras municipales están bajo la administración de diferentes empresas prestadoras del servicio de alcantarillado, a quienes corresponde realizar la formulación y desarrollo de los PSMV. En la actualidad 7 de las 33 cabeceras municipales de la cuenca cuentan con algún sistema de tratamiento de las aguas residuales. Las cargas aportadas por los municipios son del orden de: 141.551 kg/día de DBO5 (año 2005), que corresponden al 73% de la carga total Vertida medida como la DBO5 y en SST (año 2005) del orden de 109Tn/d, que corresponden al 75% de los SST vertidos por las fuentes puntuales consideradas en el presente informe.

Los aportes de carga del municipio de Santiago de Cali equiparan las cargas vertidas en la cuenca por los demás municipios. (Ver Fotografía 3.2.5-2).

Fotografía 3.2.5-2 Vertimientos Domesticos Sobre el Rio Cauca.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Vertimientos Industriales

En los municipios de Cali, Palmira y Yumbo principalmente se encuentra concentrados un gran número de industrias que generan aguas residuales las cuales son vertidas a través de tributarios, mediante colectores o por descargas directas a los ríos.

En la cuenca se realizan actividades que impactan con los vertimientos la calidad de los cuerpos de agua, como los ingenios azucareros, industrias papeleras, curtiembres y de productos alimenticios entre otras. (Ver Fotografía 3.2.5-3).

Fotografía 3.2.5-3 Industria Productos Alimenticios.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Vertimientos Agrícolas y Pecuarios

Los efluentes agrícolas poseen una alta concentración de sustancias orgánicas y compuestos de nitrógeno, los cuales fluctúan considerablemente en cantidad, dependiendo de las sustancias químicas utilizadas en los cultivos. En la zona plana del Valle del Cauca predomina el cultivo de la Caña de azúcar, que ha contribuido notablemente en el valor agregado a las exportaciones del Valle del Cauca.

El cultivo de la caña genera impactos sobre los cuerpos de agua donde se realiza su cultivo. Los efectos se dan en diversas maneras: los altos volúmenes de agua que se requieren para su riego, el impacto sobre el suelo y el agua debido a las grandes cantidades de agroquímicos que se emplean (fertilizantes, herbicidas y pesticidas) y, finalmente, en el proceso industrial de lavado de los equipos y las descargas de residuos en cuerpos de agua (Guzmán, 1997).

De otra parte, el cultivo, procesamiento y comercialización del café, que se lleva a cabo en la zona de ladera del departamento, tanto en la cordillera occidental como central ha jugado un papel importante en el desarrollo económico del Valle del Cauca, especialmente en la zona norte del departamento. El proceso de beneficio por vía húmeda genera presión sobre la calidad de las aguas de la región, lo cuales son mayores en las temporadas de alta producción entre los meses de abril a junio y septiembre a noviembre.

Adicionalmente los Vertimientos generados en el mantenimiento de establos y galpones que vierten las aguas residuales a los ríos tributarios, con un alto contenido de materia orgánica.

Dentro de los tributarios del río Cauca, la red hídrica de río Guachal es la más afectada en su calidad, pues recibe los vertimientos indirectos y directos de industrias metalmecánica, alcoquímica, ingenios azucareros, zonas francas, además de vertimientos de los centros poblados. (Ver Fotografía 3.2.5-4).

Fotografía 3.2.5-4 Vertimientos Cultivos de Caña de Azúcar.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

- **Permisos de Vertimientos autorizadas por la Corporación Autónoma Regional del valle del Cauca (CVC).**

En atención a la solicitud de información adicional requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el día 17 de agosto de 2018, en el marco del trámite de licencia ambiental, iniciado mediante auto 03652 de 04 de julio de 2018, referente al requerimiento diez (10) *“Complementar la caracterización calidad del agua, en el sentido de especificar y ubicar geográficamente, el inventario de las fuentes contaminantes en el área de influencia del proyecto”*.

Para dar cumplimiento a esto, se solicitó nuevamente la información a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) de Permisos Ambientales (Concesiones Superficiales, Subterráneas y Vertimientos mediante el radicado 638142018 y 639552018 del 3 de septiembre de 2018 (Ver Anexo C – Correspondencia), con base en la información suministrada en la Tabla 3.2.5-2 se puede evidenciar los permisos de vertimientos otorgados por la Corporación que se encuentran dentro del área de influencia indirecta del proyecto y cercanos con sus respectivas características.

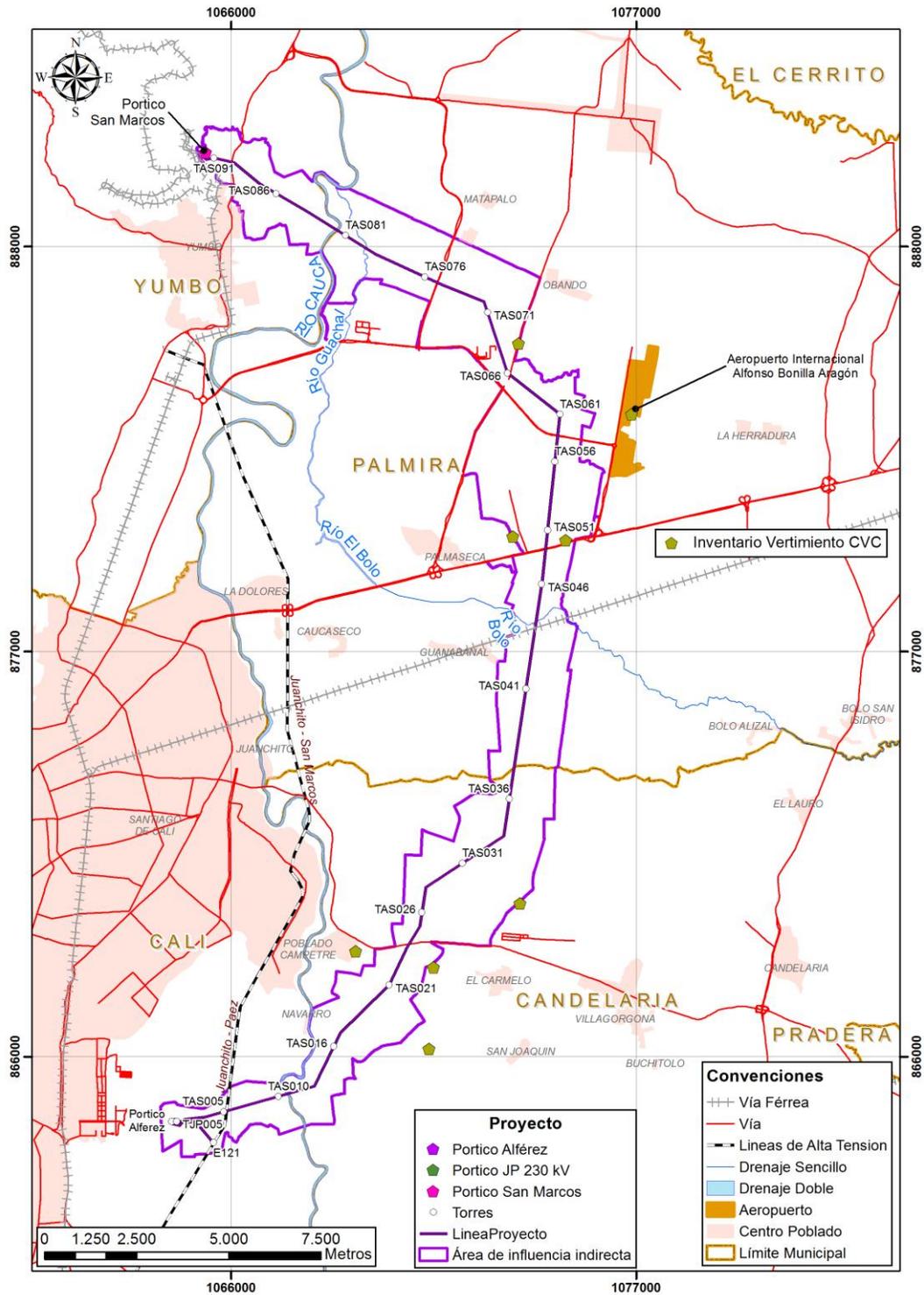
Tabla 3.2.5-2 Permisos de Vertimiento Otorgados por la Corporación Autónoma Regional del valle (CVC).

Municipio	Generador	Solicitante	Expediente	Coordenadas Magnas origen Oeste		Actividad que Genera el Vertimiento	Tratamiento	Fuente Receptora	Tipo de Vertimiento	Permiso de Vertimiento
				Este	Norte					
Candelaria	Agropanela El Carmelo	Diego Fernando Bolaños	0721 - 036 - 014 - 0134 - 2014	1073845,503	870155,751	Lavado de Tanques de proceso productivo	Un sedimentador, Dos Tanques Sépticos, Dos Filtros y Un Humedal de Flujo Subsuperficial	Canal de Aguas Residuales CAVASA, Esta descarga al Rio Fraile	Agua Residual Domestica e Industrial	Resolución 0720 No 0721 - 000068 del 06 de febrero de 2015
Candelaria	AquaServicios S. A ESP	Carlos Alberto Montaña	0721 - 036 - 014 - 076 - 2012	1069383,174	868845,204	Residencial	Tratamiento Secundario (Lodos Activos)	Zanjón Tortugas	Agua Residual Domestica	Sin Información
Palmira	Estación de Servicio - El Paraíso de Roza S.A.S	Asnorald Escandón Ruiz	0721 - 036 - 014 - 285 - 2013	1073804,48	885368,468	Lavado de vehículos	Rejillas Gruesas, Canal Recolector, Desarenador, Trampa de Grasa, Neutralización	Canal Interceptor Sur	Agua Residual Domestica e Industrial	Resolución 0720 No 0721 - 000011 del 07 de enero de 2014
Palmira	Industrias Lehner S. A	Hermes Lemos Homes	0721 - 036 - 014 - 163 - 2013	1073657,947	880117,558	Oficinas Administrativas	Lodos Activados	Zanjón Chimbique	Agua Residual Domestica e Industrial	Sin Información
Palmira	MGM Visión Internacional S.A.S	Alberto Muños Zapata	0721 - 036 - 014 - 211 - 2014	1076874,103	883448,515	Descarga Domestica de Baños	Pozo Séptico	Suelo	Agua Residual Domestica	Resolución 0720 No 0721 - 000841 del 24 de Julio de 2015
Candelaria	Trapiche El Triangulo	Nelly Méndez de García	0721 - 036 - 014 - 145 - 2012	1071382,603	866199,118	Actividades Industriales	Pozo Séptico	Zanjón San Juan	Agua Residual Domestica e Industrial	Sin Información

Municipio	Generador	Solicitante	Expediente	Coordenadas Magnas origen Oeste		Actividad que Genera el Vertimiento	Tratamiento	Fuente Receptora	Tipo de Vertimiento	Permiso de Vertimiento
				Este	Norte					
Palmira	Pizza Salerno	Giovanni Aronne la Padula	0721 - 036 - 014 - 0166-2014	1075083,434	880019,665	Actividades Domesticas	Pozo Séptico	Zanjón Tamborero	Agua Residual Domestica	Resolución 0720 No 0722 - 000197 del 06 de abril de 2015
Candelaria	Productos Alimenticios Nápoles S. A	Fernando de francisco Reyes	0721 - 036 - 014 - 0273-2019	1071501,524	868413,358	Avícola (Planta Beneficio)	Trampa de grasas Laguna Facultativa	Zanjón Tortugas	Agua Residual Domestica e Industrial	Resolución 0720 No 0721 - 00049 del 29 de enero de 2010

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Figura 3.2.5–2 Localización Permisos de Vertimiento CVC.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

3.2.5.2 Caracterización físico-química, bacteriológica e hidrobiológica

El estado ambiental en que se encuentra el recurso hídrico en cuanto a sus condiciones físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, permite establecer el tipo de uso que se le puede dar a este bajo ciertos estándares de calidad, que, de no ser cumplidos, requerirían de tratamientos específicos para su posterior aprovechamiento, Estos estándares de calidad, pueden ser alterados de diferente forma, tanto directa como indirectamente, por aporte de diferentes agentes provenientes de la dinámica natural del entorno (aportes de materia orgánica. arrastre de sedimentos. etc.) o por actividades antrópicas que modifican las condiciones normales del recurso.

Para el caso del Proyecto Alférez – San Marcos no se realizará aprovechamiento del recurso hídrico, ni ocupación de cauces; sin embargo, se realizó monitoreo de los cuerpos de agua de mayor relevancia dentro del AID del proyecto, con el fin de contar con una línea base de las condiciones físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, en las que estos drenajes se encuentran actualmente.

- **Selección de los Puntos de Monitoreo**

La selección de los cuerpos de agua se realizó con base en su importancia desde el punto de vista ambiental (presencia de ecosistemas estratégicos o condiciones especiales de interés ambiental), su dinámica fluvial (Cuerpos de agua no estacionarios y representatividad de las cuencas que enmarcan el área de influencia del proyecto) y los usos que se dan actualmente (importancia a nivel local o regional); esto con el fin de tener una caracterización general del recurso. (Ver Tabla 3.2.5-3).

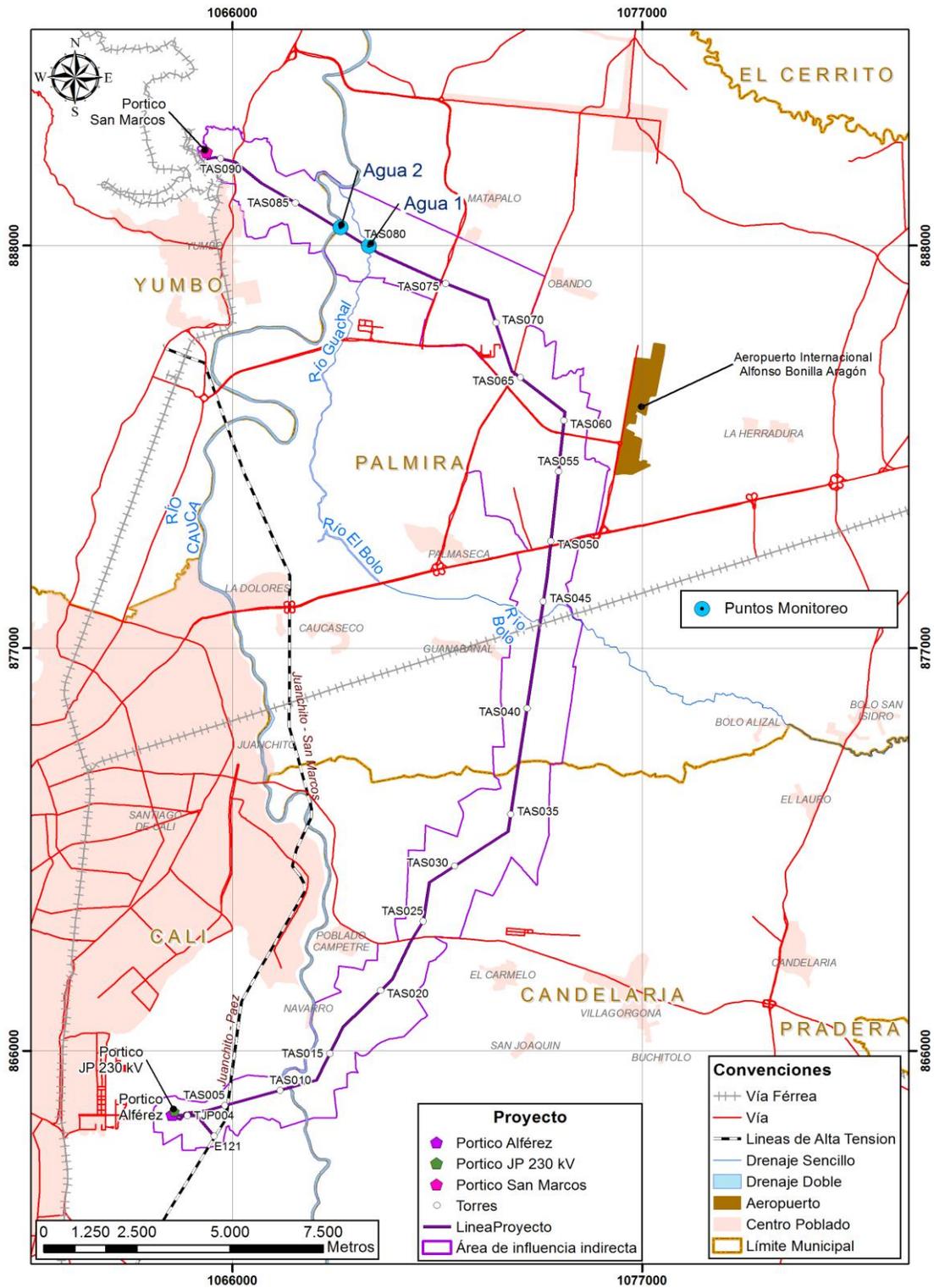
Tabla 3.2.5-3 Sitios de Muestreo para Análisis Físico-químico de cuerpos de agua Superficial.

Área Hidrográfica	Nombre del Cauce	Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá		Registro Fotográfico
		Norte	Este	
Magdalena Cauca	Rio Cauca	888493,05	1068905,45	

Área Hidrográfica	Nombre del Cauce	Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá		Registro Fotográfico
		Norte	Este	
Magdalena Cauca	Rio Fraile (Guachal)	887984,17	1069667,15	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Figura 3.2.5–3 Localización puntos de Monitoreo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

- **Metodología de Muestreo y Análisis de laboratorio**

En las actividades de campo se realizó la medición de aquellos parámetros que son desde el punto de vista de análisis, dependientes de las condiciones del entorno y modificables al momento de realizar la toma de una muestra. Estos parámetros son: Temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto.

Las muestras puntuales para el análisis de los demás parámetros fueron tomadas en envases sin ningún tipo de residuo y acondicionadas para la preservación de las muestras según los requerimientos de las técnicas analíticas implementadas para la detección de los agentes o compuestos en laboratorio (Tabla 3.2.5-4). Estas fueron selladas y posteriormente refrigeradas hasta su llegada al laboratorio. Finalmente, el análisis de las muestras para cada uno de los parámetros se llevó a cabo por medio de procedimientos analíticos en laboratorio, teniendo como referencia los American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Waste water, utilizadas por APHA & AWWA (2005).

Tabla 3.2.5-4 Técnicas de muestreo de análisis en laboratorio.

Parámetro	Técnica
Físicos	
Conductividad en campo	S.M. 2510-B - Electrométrico - NA
Medición en Campo Temperatura -	S.M 2550 B
Químicos	
DBO₅	SM 5210 B Incubación a 5 días a 20°C y electrodo de luminiscencia - Modificado. EPA 360.3 ASTM D 888-05
Fósforo	Digestión - Ácido Ascórbico. SM 4500 – P B. E
Nitrógeno Total	Semi – Micro – Kjeldahal – Destilación – Volumétrico. SM 4500 – Norg C. 4500 – NH ₃ B. C
Oxígeno Disuelto	S.M 4500 - O C
Ph	S.M 4500 – H ⁺ B
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico – Secado a 103°C – 105°C. S.M. 2540-D

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

- **Marco Normativo y Condiciones de Referencia**

El marco normativo aplicable a la evaluación de calidad del agua está dado por lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, 2.2.3.3.9.7 y 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 de 2015, en los cuales se fijan los valores límites para cada uno de los parámetros de calidad de agua que deben ser cumplidos, dependiendo del uso que se le vaya a dar al recurso. Estos límites se presentan a continuación en la Tabla 3.2.5-5.

Tabla 3.2.5-5 Marco Normativo aplicable al análisis de Calidad de agua

PARÁMETRO	DECRETO 1076 DE 2015, CAPÍTULO 3, SECCION 9, DISPOSICIONES TRANSITORIAS.					
	Artículo 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional I y criterios para consumo humano y doméstico	Artículo 2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Artículo 2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola	Artículo 2.2.3.3.9.6. Criterios de calidad para uso pecuario.	Artículo 2.2.3.3.9.7. Criterios de calidad con fines recreativos mediante contacto primario	Artículo 2.2.3.3.9.8. Criterios de calidad con fines recreativos mediante contacto secundario.
Temperatura ambiente	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Temperatura de la muestra	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0
Conductividad	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	70%
DBO5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno amoniacal	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos suspendidos totales	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018.

- **Análisis de la Información**

El análisis de la información se presenta teniendo como punto de partida la comparación de los límites establecidos en el Decreto 1076 de 2015 para cada uno de los parámetros de análisis y que limitan, según su valor, los usos potenciales del agua de los cuerpos o fuentes potencialmente aprovechables, además de la comparación de valores establecidos o de referencia específicos en la literatura para otros parámetros, no considerados en esta normativa, que pueden dar un indicio sobre las condiciones de calidad de agua.

- **Resultados**

Las características de los cuerpos de agua pueden variar dependiendo de las condiciones propias de cada corriente, los procesos erosivos del agua, el régimen de flujo y los procesos de transporte, que pueden llevar a la conducción de compuestos disueltos (Compuestos inorgánicos – minerales), en suspensión (compuestos principalmente orgánicos en forma de flóculos o matrices con presencia de microorganismos) o sedimentables cambiando las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas. Las formaciones geológicas, los suelos ricos en minerales, la presencia o no de cobertura vegetal protectora y las actividades antrópicas sobre las márgenes de las corrientes y/o las masas de agua pueden influir de igual forma en la composición y calidad del agua, propiciando hábitats específicos para el recurso hidrobiológico.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, a continuación, se presentan los resultados de calidad del agua para los cuerpos de agua monitoreados; partiendo del análisis de los

parámetros fisicoquímicos y posteriormente el análisis de los parámetros hidrobiológicos para el caso de los cuerpos de agua superficial.

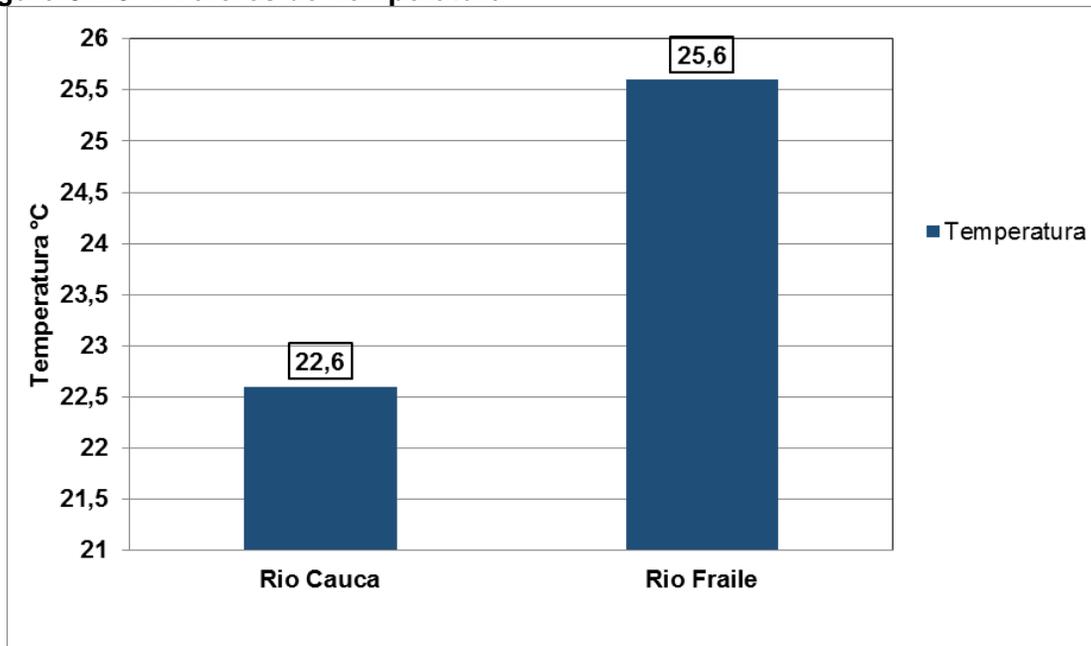
A continuación, se presentan los resultados de los principales parámetros físicos monitoreados en las corrientes que presentaron espejo de agua.

Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes, ya que determina el comportamiento de los procesos en el agua, y por tanto influye en los demás parámetros de calidad, como son el pH y el oxígeno disuelto (por alteración en la absorción y por catálisis de actividades biológicas); condicionando entre otras cosas, la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Adicionalmente, puede afectar la precipitación o la solubilidad de ciertos compuestos como las sales (Salamanca, y otros, 2005), limitando la presencia de los sólidos disueltos o agregados en el agua.

Los registros de temperatura en los puntos de agua superficial monitoreados no presentan variaciones significativas entre sí, los valores determinados oscilan entre 22,6 y 25,6 °C. Para el caso de los cuerpos de agua superficial monitoreados se reportaron valores acordes a las condiciones climatológicas de la zona. A continuación, en la Figura 3.2.5–4 se presentan las temperaturas registradas para los diferentes puntos monitoreados.

Figura 3.2.5–4 Valores de Temperatura



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

pH

Medida de las propiedades ácido-base de una solución, del grado de concentración del ión H⁺, ó de la relación entre los iones H⁺ y OH⁻, que se da a una temperatura específica por disociación de sustancias ácidas (H⁺) o básicas (OH⁻). Los cambios en este parámetro

naturalmente se dan por procesos de degradación de materia orgánica proveniente de vegetación en descomposición que promueven la generación de ácido carbónico (H_2CO_3) debido a la interacción del CO_2 con el agua, se puede dar por la presencia de minerales de calcio y de magnesio que provienen de la roca caliza o por la presencia de sales ácidas. Otras fuentes externas pueden ser la lluvia ácida o fuentes de agua con alto contenido de sustancias ácidas o alcalinas.

El pH del agua potable natural debe estar entre 6.5 y 8.5. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5.0 o mayor a 9.5 no soportan vida vegetal ni especies animales.

Las industrias y los vehículos con motor emiten óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre al ambiente. Cuando estas emisiones se combinan con vapor de agua en la atmósfera, forman ácidos. Estos ácidos se acumulan en las nubes y caen a la tierra como lluvia ácida o nieve ácida. La lluvia ácida daña los árboles, cosechas y edificios. Puede formar lagos y ríos tan ácidos que los peces y otros organismos acuáticos no pueden sobrevivir (Ver Tabla 3.2.5-6).

Tabla 3.2.5-6 Escalas de pH y su relación con la calidad del agua

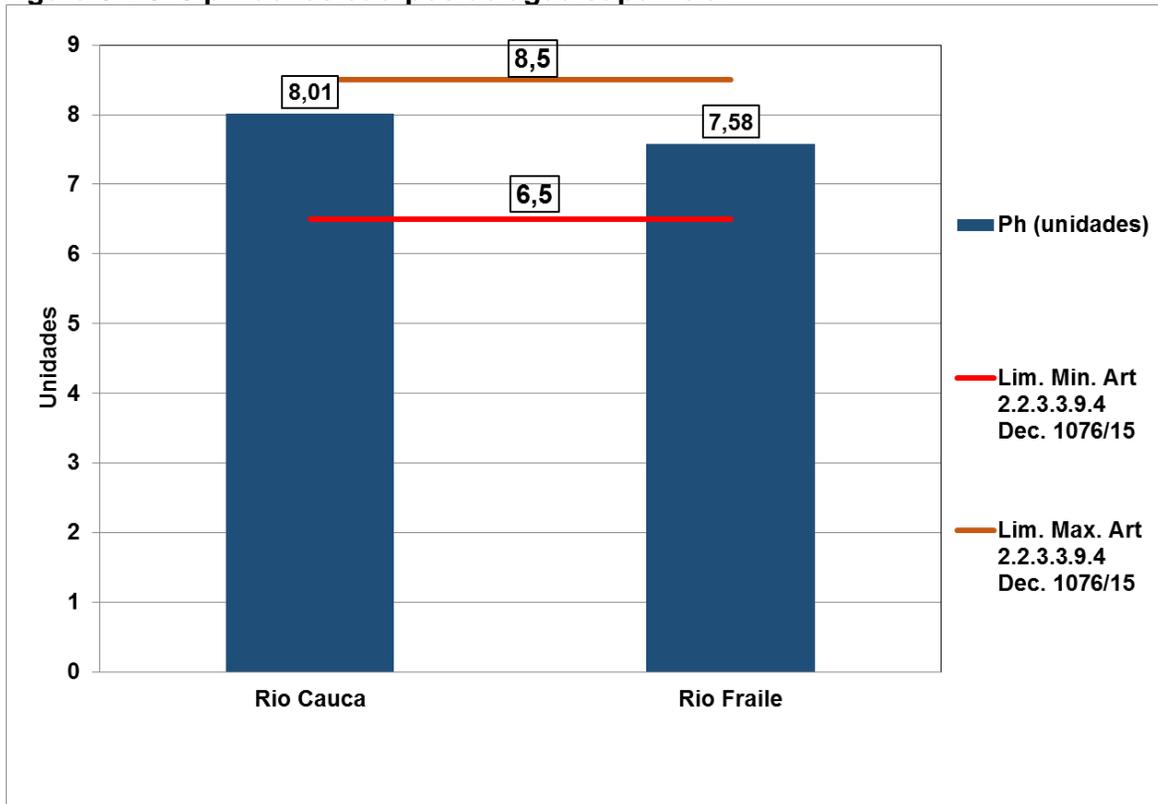
pH	Calidad de Agua
< 5.5	Mala: Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5.0 o mayor a 9.5 no soportan vida vegetal ni especies animales.
5.5 - 5.9	Aceptable
6-6.4	Buena
6.5 - 7.5	Excelente
7.6 - 8	Buena
8.1-8.5	Aceptable
>8.6	Mala: Muy Alcalina los peces y otros organismos se ven drásticamente disminuidos

Fuente: Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) 2006

A continuación, en la Figura 3.2.5–5 se presenta el comportamiento del pH para los diferentes puntos de agua monitoreados, concluyendo que los valores determinados oscilan entre 7,58 unidades y 8.11 unidades. En base a la tabla podemos identificar que la calidad del agua para el Rio Cauca y el Rio Fraile es Buena.

En relación con la normatividad vigente es posible determinar que los valores de pH obtenidos en todos los puntos se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos del Decreto 1076 de 2015, lo que permite que el agua sea apta para consumo humano (tratamiento previo), uso agrícola y con fines recreativos, no obstante, se deberá tener en cuenta los resultados que se obtengan en los demás parámetros medidos.

Figura 3.2.5–5 pH de los cuerpos de agua superficial



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Conductividad y Sólidos Disueltos Totales

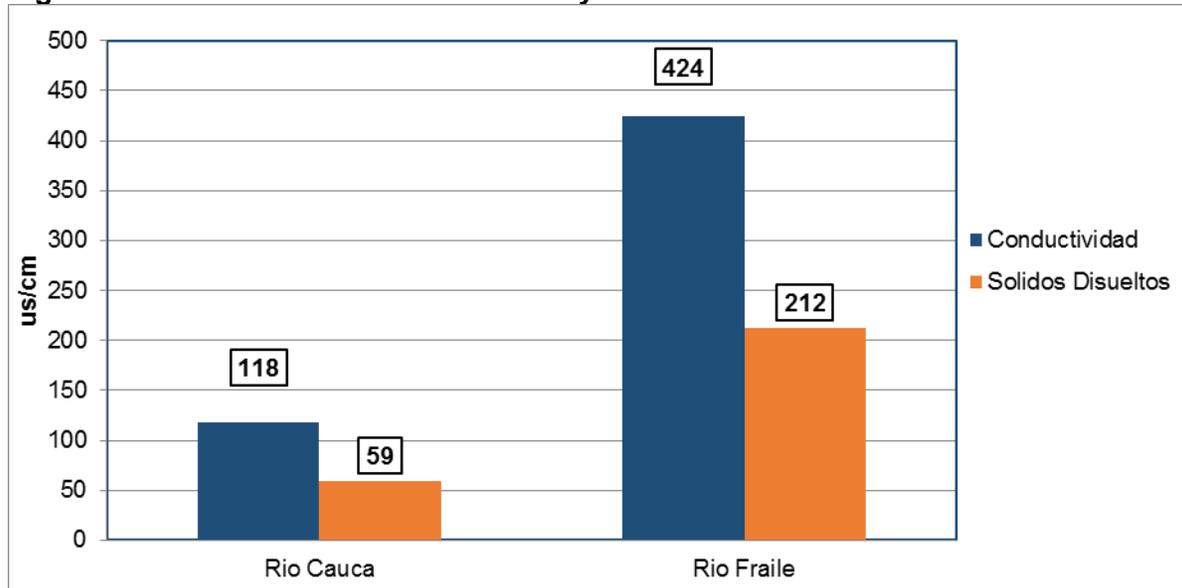
La conductividad eléctrica es la capacidad que el agua tiene de conducir la corriente eléctrica, esta tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Esta es consecuencia de los electrolitos que lleva disuelto un agua y presenta, un valor muy bajo en agua pura (unas pocas centésimas de $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica del agua, la cual está influida por el terreno y la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperaturas, gases disueltos, pH y otros factores (Marín Galvín, 2003).

Los Sólidos disueltos están constituidos por las sales minerales que el agua disuelve cuando conecta los minerales de la corteza terrestre. Estos sólidos incrementan la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Generalmente se correlaciona un aumento de sólidos disueltos con el incremento de la conductividad, esto solo es válido en aguas naturales.

De acuerdo a la Figura 3.2.5–6 se puede concluir que la conductividad para los cuerpos de agua monitoreados registro valores que oscilaron entre $118 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $424 \mu\text{S}/\text{cm}$, este parámetro permite clasificar los sistemas hídricos monitoreados, según su mineralización como lo indica la Tabla 3.2.5-7, de esta forma se puede evidenciar que para el Rio Cauca el tipo de Mineralización Débil y el Rio Fraile el tipo de mineralización Media. Adicionalmente

respecto a los resultados obtenidos para los sólidos disueltos fluctúan entre 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 212 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciándose que existe una relación directamente proporcional entre ambos parámetros con una tendencia que indica que la relación entre ellos es aproximadamente 2:1 siendo la conductividad el mayor valor. Además, los valores determinados para cada uno de los drenajes estudiados no generan restricciones de uso ni indican contaminación por iones disueltos.

Figura 3.2.5–6 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Tabla 3.2.5-7 Relación de la Conductividad con el tipo de mineralización

CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$	TIPO DE MINERALIZACIÓN
< 100	Muy débil
100 - < 200	Débil
200 - < 333	Media acentuada
333 - < 666	Media
666 - < 1000	Importante
> 1000	Excesiva

Fuente: (Rodier, 1996).

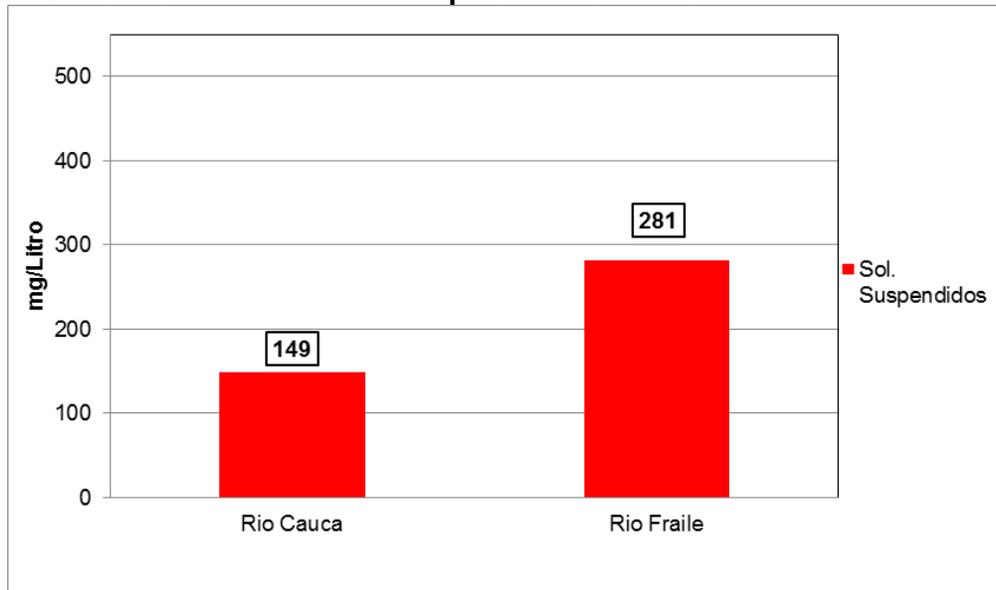
Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos suspendidos, están compuestos por partículas de origen orgánico e inorgánico; así como líquidos inmiscibles (Gómez, 2003). Las principales características de estas partículas, además de estar influenciadas por la turbidez, es que generan un aspecto al agua no tan agradable a la vista, proveen un refugio para el transporte de agentes químicos que pueden ser tóxicos y agentes biológicamente activos precursores de enfermedades.

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) tienen una relación directa con la turbiedad. El agua toma una apariencia oscura debido a una alta concentración de

partículas en suspensión. Es decir, una alta turbiedad. De acuerdo a los resultados presentados en la Figura 3.2.5–7 para el Río Cauca 149 mg/l y para el Río Fraile 281 mg/l se puede observar una tendencia creciente en las concentraciones de SST, posiblemente debido a las descargas de aguas residuales domésticas, industriales, en especial los cultivos de caña presentes en la zona y adicionalmente debido al mayor arrastre de partículas del suelo generado por la escorrentía superficial ocasionada por la precipitación y a una mayor suspensión de sólidos del lecho del río.

Figura 3.2.5–7 Valores de Sólidos Suspendidos Totales.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (OD), como su nombre lo dice, corresponde al oxígeno que se encuentra disponible en el agua, este parámetro es uno de los indicadores más importantes de calidad de agua debido a que provee el desarrollo de vida en los cuerpos de agua. La principal fuente de oxígeno es la interacción aire-líquido, este se da por turbulencia en los cuerpos lóticos, mientras que en los cuerpos lénticos la principal fuente son los procesos de fotosíntesis. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Ver Tabla 3.2.5-8).

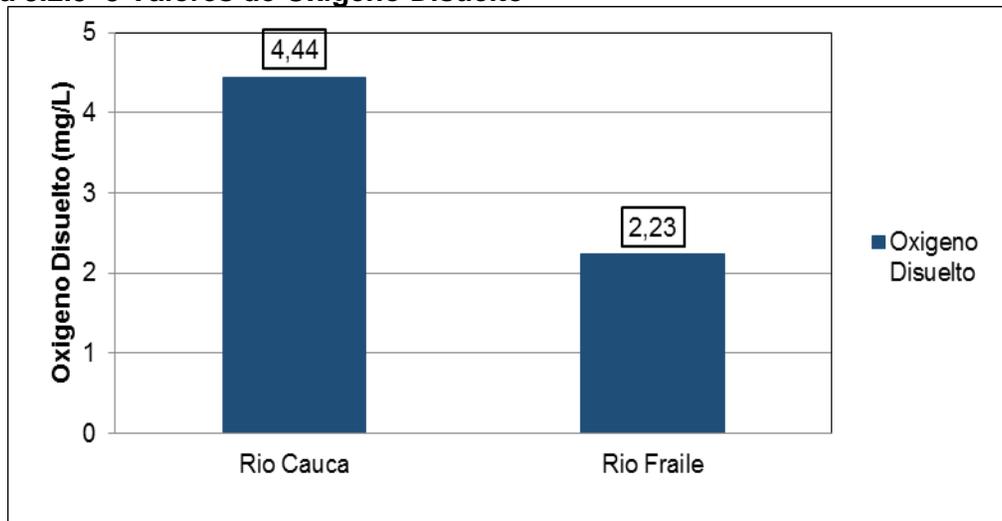
Tabla 3.2.5-8 Escalas de OD y su relación con la calidad del agua

Nivel de OD (mg/L)	Calidad del Agua
0.0 – 4.0	MALA: Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar
4.1 – 7.9	ACEPTABLE: Preservación de flora y fauna aguas cálidas.
8.0 – 12.0	BUENA
>12.0	El agua presenta aireación asistida (aireación artificial o en caso de no presentar. inconsistencia en el muestreo o análisis de la muestra)

Fuente: Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) 2006

La Concentración de oxígeno disuelto en cada punto de monitoreo se observa en la Figura 3.2.5–8, donde se evidencian valores de 4,44 mg/L O₂ para el Rio Cauca y 2,23 mg/L O₂ para el Rio Frayle lo que indica que los cuerpos de agua monitoreados presentan condiciones de calidad mala a aceptable debido a que presentan mayores aportes de carga orgánica vertidas directamente a los ríos por vertimientos Domésticos, Industriales, Agrícolas. Vale la pena resaltar la importancia de este parámetro en estudios de calidad de agua, ya que permite determinar el grado de contaminación y las condiciones aerobias o anaerobias del sistema hídrico; así mismo, el oxígeno disuelto es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica (Rodier et al., 2010). (Ver Figura 3.2.5–8).

Figura 3.2.5–8 Valores de Oxígeno Disuelto



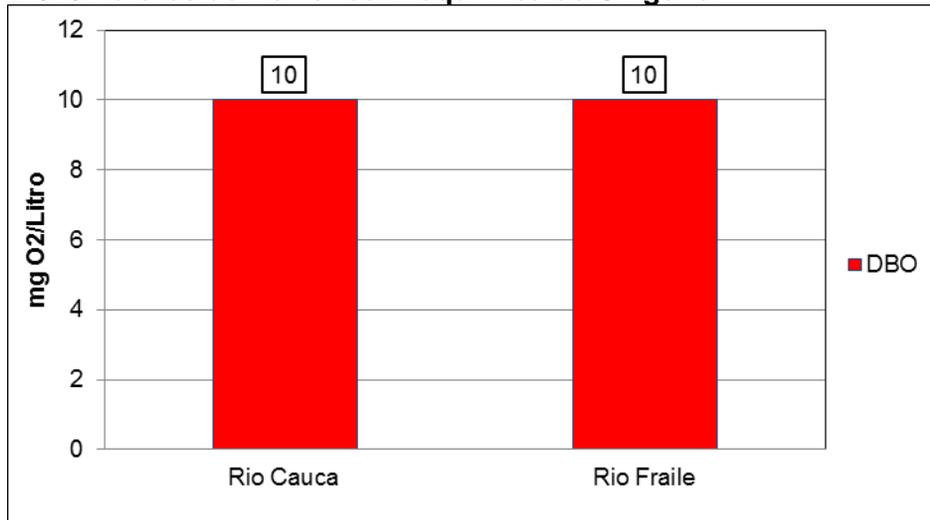
Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO está definida como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Esta prueba sirve para cuantificar la contaminación de aguas domésticas e industriales con materia orgánica en términos de requerimiento de oxígeno. (Roldán Pérez. 1992; Sawyer et al. 2003).

Adicionalmente, la DBO₅ que mide la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en una muestra, normalmente mide el periodo de oxidación durante un periodo de cinco días, encontrándose por lo general en aguas sin contaminación valores entre 1 a 5 mg/l, cuanto mayor sea la DBO, mayor es la cantidad de materia orgánica degradable. Este parámetro es utilizado como indicador de la carga orgánica vertida por efluentes de aguas residuales o efluentes industriales. Para el presente monitoreo como se puede observar en la Figura 3.2.5–9 se registró el valor de 10 mg/L O₂ tanto para el Rio Cauca como para el rio Fraile evidenciando igual carga orgánica para los dos cuerpos hídricos.

Figura 3.2.5–9 Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018

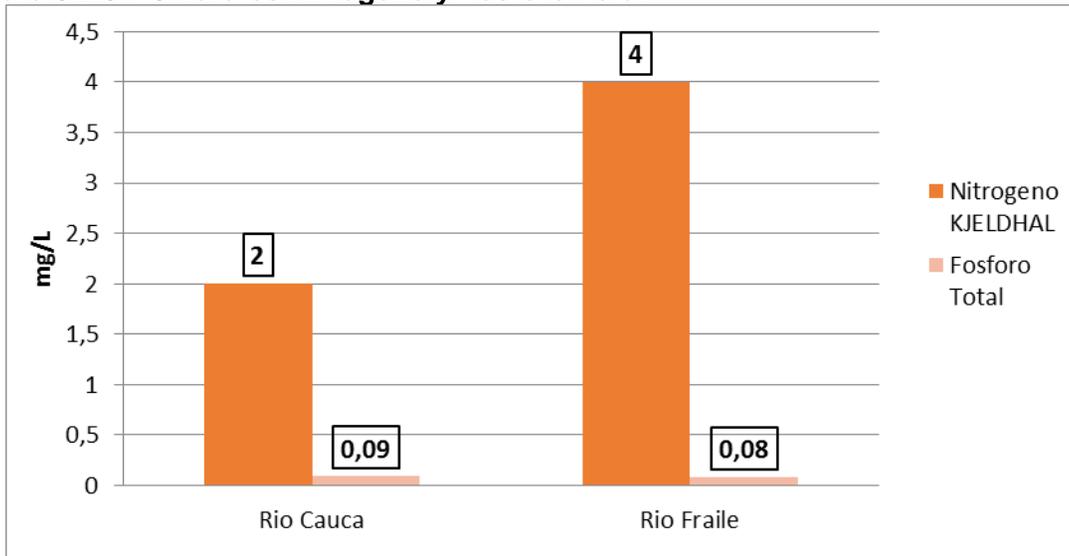
Fosforo Total y Nitrógeno

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 et al., 2010). En relación con el parámetro fósforo total en todos los puntos de muestreo se reportaron valores superiores a (0,02 mg/L P); indicando posiblemente que los cuerpos de agua poseen condiciones de eutrofización las cuales están alterando las características fisicoquímicas del recurso hídrico (Figura 3.2.5–10).

En el caso del nitrógeno se da como resultado de los procesos de nitrificación catalizados por los microorganismos, el amoníaco (NH₃) y el ión amonio (NH₄⁺) se oxidan a nitrato (NO₃⁻) en ambientes aerobios, ya que es el estado de oxidación más alto, por otro lado en ambientes anaerobios, el nitrógeno se encuentra como amoníaco, amonio y nitrito (NO₂), siendo este último presente generalmente en ambientes reducidos donde el nitrógeno no se convierte completamente a amoníaco. La presencia de compuestos nitrogenados se puede dar por la escorrentía de ríos y cursos de agua de las tierras agrícolas (Baird, 2004) así como vertimientos generados a los cuerpos de agua.

Por otra parte, el nitrógeno total presentó en todos los puntos de muestreo concentraciones inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (5 mg N/L), lo cual indica que existe una mínima presencia de materia orgánica y material vegetal.

Figura 3.2.5–10 Valores Nitrógeno y Fosforo Total



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2018