

**REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE TRANSPORTE
AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA**

CONTRATO DE CONCESION BAJO EL ESQUEMA DE APP No 004 DEL 18 DE OCTUBRE DE 2016

ESTUDIOS, DISEÑOS, CONSTRUCCION, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, GESTION SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA AMPLIACION DEL TERCER CARRIL – DOBLE CALZADA BOGOTÁ- GIRARDOT

Interventoría



CONSORCIO SEG-INCOPLAN



Concesionario



Visa:

Diseño y Construcción



Visa:

Emisor



Visa:

**G-CSM-000-GENE-XXXXX-A-INF-INGET-10305-A1 CAPITULO
11.2.3 PLAN DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA**

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión
A1	2017-12-07	Primera Emisión

Elaboró: Angelica CUBILLOS Fecha: 2017-12-07	Revisó y Aprobó: Margarita CARRASCO Fecha: 2017-12-07	Verificó: Mauricio MUÑOZ Fecha: 2017-12-07
Formato: Carta	Escala: N/A	Páginas: 1 / 47

Documento N°

Fase	Disciplina	Obra	Zona UF	PM	Sentido	Tipo	Emisor	Numero	Rev.
G	CSM	000	UF2E	XXXXX	A	INF	INGET	10305	A1

DOCUMENTO PRELIMINAR SUSCEPTIBLE DE MODIFICACIÓN

PRELIMINAR

INDICE DE MODIFICACIONES

SECCIÓN MODIFICADA	OBSERVACIONES

PRELIMINAR

**CAPITULO 11.2.3 PLAN DE USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA
CONCESIONARIA VÍA 40 EXPRESS S.AS.
CONTRATO DE CONCESIÓN APP No. 4 DEL 18 DE OCTUBRE DE 2016**



Fuente: Concesionario Vía 40 Express

OBJETO: Ampliación Tercer Carril - Doble Calzada Bogotá – Girardot.

ALCANCE DEL PROYECTO: Estudios, Diseños, Construcción, Operación, Mantenimiento, Gestión Social, Predial y Ambiental de la Ampliación Tercer Carril – Doble Calzada Bogotá - Girardot, de acuerdo con el Apéndice Técnico 1 y demás Apéndices del Contrato.

TABLA DE CONTENIDO

11.2.3. Programa de ahorro y uso eficiente del agua	8
11.2.3.1. Introducción	8
11.2.3.2. Objetivos	8
11.2.3.2.1. Objetivo general.....	8
11.2.3.2.2. Objetivos específicos.....	8
11.2.3.3. Normativa técnica y legal aplicable	9
11.2.3.4. Antecedentes	11
11.2.3.4.1. Localización	11
11.2.3.4.2. Instalaciones asociadas al proyecto.....	12
11.2.3.5. Diagnóstico ambiental	12
11.2.3.5.1. Hidrología	12
11.2.3.5.2. Red Hidrográfica y áreas de cuencas hidrológicas	13
11.2.3.5.3. Caudales Medios	18
11.2.3.5.4. Calidad de agua.....	19
11.2.3.5.5. Usos y usuarios de agua aguas abajo de las captaciones de agua	36
11.2.3.5.6. Zonas de vida y ecosistemas	39
11.2.3.5.7. Coberturas de la tierra y uso actual del suelo	41
11.2.3.6. Formulación de programas para el uso eficiente y ahorro de agua	42
11.2.3.6.1. Programa N° 1. Sensibilización y educación ambiental.....	43
11.2.3.6.2. Programa N° 2. Reducción de consumo	44
11.2.3.7. Implementación Y Seguimiento	45
11.2.3.8. Bibliografía.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normativa técnica y legal aplicable	9
Tabla 2 Localización político administrativa obras UF2	11
Tabla 3. Dimensionamiento de la red de agua por frente de trabajo	12
Tabla 4 Características de las cuencas.....	15
Tabla 5 Características de las estaciones de caudales	18
Tabla 6 Caudales medios de las cuencas de la zona de estudio	18
Tabla 7 Localización de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial UF2	20
Tabla 8 Caudales concedidos por cuerpos de agua	36
Tabla 9 Puntos de vertimiento autorizados ante CORTOLIMA.....	37
Tabla 10 Objetivos de calidad para la cuenca del río bajo Sumapaz.	39
Tabla 11 Ecosistemas identificados para el Área de influencia biótica terrestre	41
Tabla 12 Coberturas de la tierra identificadas para el Área de influencia biótica terrestre.....	41
Tabla 13 Cronograma de actividades Programa N° 1.....	44
Tabla 14 Cronograma de actividades programa N° 2.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización de estaciones en la zona de estudio	14
Figura 2 Localización Red Hidrográfica.....	16
Figura 3 Cuencas interceptadas por la vía.....	17
Figura 4 Distribución temporal de caudales medios	19
Figura 5 Valores de temperatura registrados EIA UF2	20
Figura 6 Valores de Oxígeno Disuelto (OD) registrados EIA UF2	21
Figura 7 Valores de DBO ₅ registrados EIA UF2.....	22
Figura 8 Valores de DQO registrados EIA UF2	23
Figura 9 Valores de Color Real registrados EIA UF2.....	23
Figura 10 Valores de Grasas y Aceites registrados EIA UF2	24
Figura 11 Valores de Coliformes fecales registrados EIA UF2.....	25
Figura 12 Valores de Coliformes totales registrados EIA UF2.....	25
Figura 13 Valores de Nitrógeno total registrados EIA UF2	26
Figura 14 Valores de Fósforo total registrados EIA UF2.....	27
Figura 15 Valores de Sólidos suspendidos totales registrados EIA UF2.....	27
Figura 16 Valores de Sólidos disueltos registrados EIA UF2.....	28
Figura 17 Valores de Sólidos sedimentables registrados EIA UF2	28
Figura 18 Valores de Turbidez registrados EIA UF2.....	29
Figura 19 Valores de Conductividad registrados EIA UF2.....	30
Figura 20 Valores de pH registrados EIA UF2	30
Figura 21 Valores de Alcalinidad total registrados EIA UF2	31
Figura 22 Valores de Acidez total registrados EIA UF2.....	32
Figura 23 Valores de Dureza cálcica total registrados EIA UF2	32
Figura 24 Valores de Dureza total registrados EIA UF2	33
Figura 25 Valores de Fenoles Totales registrados EIA UF2.....	33
Figura 26 Valores de Arsénico Total registrados EIA UF2.....	34
Figura 27 Valores de Bario Total egistrados EIA UF2	34
Figura 28 Valores de Cadmio Total registrados EIA UF2	34
Figura 29 Valores de Cobre Total registrados EIA UF2.....	34
Figura 30 Valores de Cromo Total registrados EIA UF2.....	35
Figura 31 Valores de Mercurio Total registrados EIA UF2.....	35
Figura 32 Valores de Niquel Total registrados EIA UF2	35
Figura 33 Valores de Plata Total registrados EIA UF2	35
Figura 34 Valores de Plomo Total registrados EIA UF2	35
Figura 35 Valores de Selenio Total registrados EIA UF2.....	35

Figura 36 Valores de Zinc Total registrados EIA UF2..... 36
Figura 37 Usuarios registrados en CORTOLIMA Vs Área de Influencia del proyecto..... 38

PRELIMINAR

11.2.3. Programa de ahorro y uso eficiente del agua

11.2.3.1. Introducción

En el presente documento se presenta la Formulación del Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua - PUEAA, para el proyecto *“Construcción de túneles cortos y ampliación de vía existente, para tercer carril en ambos sentidos (Sentido Girardot – Bogotá, y sentido Bogotá – Girardot) por el paso de la Nariz del Diablo desde el Acceso Túnel Sumapaz (Costado Melgar) (PR37+0000) hasta el Acceso Túnel Sumapaz (Costado Bogotá) (PR42+0000); incluyendo la Construcción, Rehabilitación, Operación y Mantenimiento de la carretera existente”*.

De acuerdo con lo solicitado en los términos de referencia expedidos mediante Resolución 0751 de 2015, en el capítulo 7 Demanda, Uso y aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales; se presenta la formulación del Plan de Uso Eficiente y Ahorro del agua para las instalaciones temporales asociadas a la etapa de construcción del proyecto.

El informe está dividido en diez capítulos abarcando las siguientes temáticas: Objetivos, normatividad bajo la cual se realiza la formulación del plan y antecedentes que preceden el presente Plan Quinquenal.

Se presenta un diagnóstico ambiental de las microcuencas abastecedoras, en el capítulo 6 se realiza en diagnóstico del uso del agua para cada instalación.

Posterior al diagnóstico se realiza la formulación de programas para el uso eficiente y manejo del agua y las actividades necesarias para su implementación y seguimiento.

11.2.3.2. Objetivos

11.2.3.2.1. Objetivo general

Elaborar el Plan de Uso eficiente y Ahorro del agua – PUEAA para el Proyecto, aplicable en la etapa de construcción, de acuerdo con lo establecido en la normatividad ambiental vigente.

11.2.3.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar el diagnóstico de la oferta hídrica del área de influencia del proyecto y las demandas de agua a ser requeridas en las instalaciones del proyecto en la etapa de construcción..
- Establecer metas anuales de reducción de consumo de agua en las instalaciones del proyecto, mediante campañas educativas a los trabajadores y comunidad aledaña y aprovechamiento de aguas lluvias.
- Implementar medidas de uso eficiente y ahorro a través de los programas que harán parte del pueaa en las instalaciones del proyecto.

11.2.3.3. Normativa técnica y legal aplicable

En la Tabla 1 se presenta la normativa técnica y legal aplicable para la elaboración e implementación el plan de Uso eficiente y Ahorro del agua – PUEAA para el Proyecto.

Tabla 1 Normativa técnica y legal aplicable

NORMATIVA	CONTENIDO
Constitución Política de Colombia de 1991	<p><u>Artículo 79</u>: Derecho a un ambiente sano.</p> <p><u>Artículo 80</u>: Planificación por parte del Estado del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.</p> <p><u>Artículo 98</u>: numeral 8, deber ciudadano de proteger los recursos culturales y naturales del país.</p> <p><u>Artículo 334</u>: intervención del Estado en la explotación de los recursos naturales</p>
Decreto – Ley 2811 de 1974 (Presidencia de la República)	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de la protección del medio ambiente.
Ley 99 de 1993 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público – Ministro de Agricultura)	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones
Ley 373 de 1997 (Ministerio de Desarrollo Económico)	Por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua
Ley 1333 de 2009 (Congreso de la República – Ministerio de Minas y Energía- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Ley 1437 de 2011 (Congreso de la República – Ministerio del interior y de Justicia)	Por la cual se expide Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo
Decreto 1729 de 2002 (Ministerio de Medio Ambiente)	<p>Por medio del cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 sobre cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Establece los lineamientos y fases para la ordenación de cuencas hidrográficas y define el proceso de ordenación de una cuenca.</p>
Decreto 1575 de 2007 (Ministerio de la Protección Social – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)	Por el cual se establece el Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
Decreto 1323 de 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).	Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico SIRH
Decreto 1324 de 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).	Por el cual se crea el registro de usuarios del recurso hídrico y se dictan otras disposiciones
Decreto 1480 de 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)	Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.

NORMATIVA	CONTENIDO
Resolución 1508 de 2010 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)	Por la cual se establece el procedimiento para el recaudo de los recursos provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desestimular su excesivo y su respectivo giro al Fondo Nacional Ambiental
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).	Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país y está orientada a 12 años.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

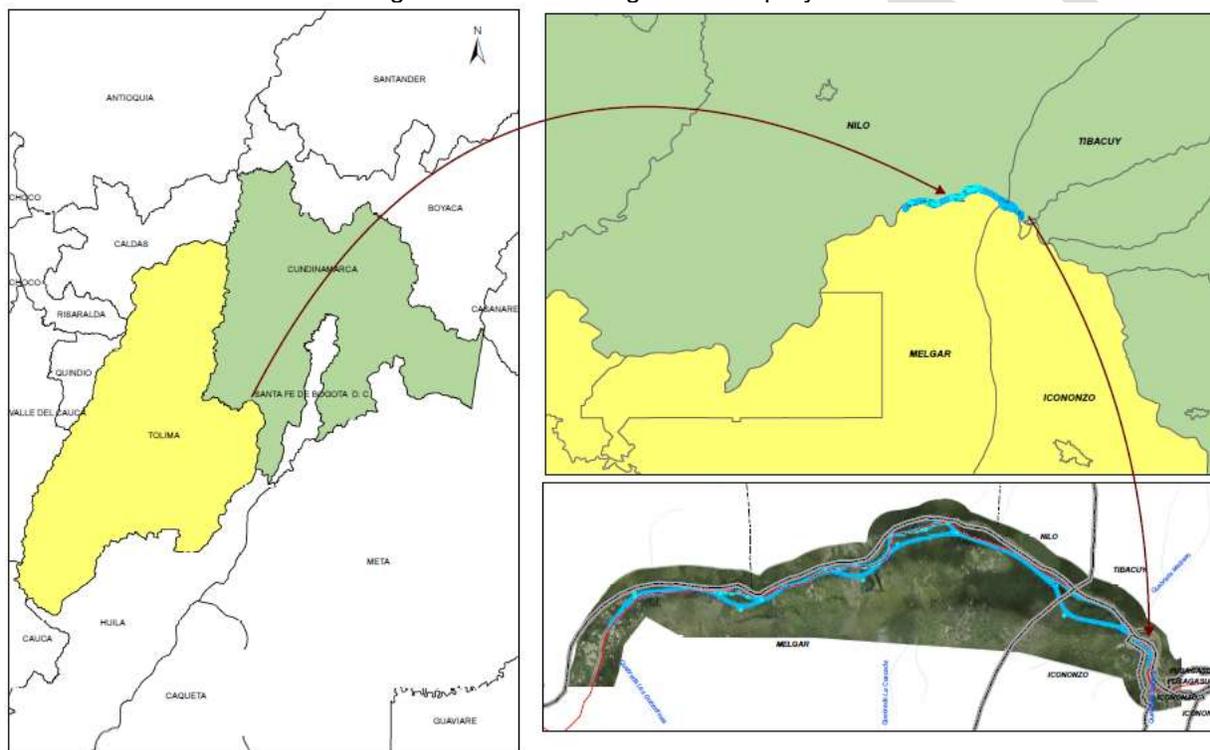
PRELIMINAR

11.2.3.4. Antecedentes

11.2.3.4.1. Localización

Las obras previstas para la construcción de túneles cortos y ampliación de vía existente para tercer carril en ambos sentidos (Sentido Girardot – Bogotá, y sentido Bogotá – Girardot) por el paso de la Nariz del Diablo desde el Acceso Túnel Sumapaz (Costado Melgar) (PR37+0000) hasta el Acceso Túnel Sumapaz (Costado Bogotá) (PR42+0000); incluyendo la Construcción, Rehabilitación, Operación y Mantenimiento de la carretera existente se encuentran localizadas en los municipios de Melgar e Icononzo del departamento del Tolima. (Véase Figura 1).

Figura 1 Localización general del proyecto



Fuente: INGETEC. 2017

Adicionalmente como infraestructura de apoyo para el desarrollo del proyecto se requiere la destinación de zonas para la disposición de material estéril producto de las excavaciones a ejecutar. Para esta actividad, se presenta una zona localizada en la UF1, municipio de Nilo jurisdicción del departamento de Cundinamarca.

Tabla 2 Localización político administrativa obras UF2

Obra	Vereda	Municipio	Departamento
Área de obras del proyecto (túnel, vía superficial, zodme).	Malachí	Melgar	Tolima
	Tokio		
	La Reforma		
	Boquerón	Icononzo	
Área de zodme predio Luis Parada	La Esmeralda	Nilo	Cundinamarca

11.2.3.4.2. Instalaciones asociadas al proyecto

A continuación se describen las instalaciones asociadas al Proyecto en su etapa de construcción donde se requerirá demanda de agua para uso doméstico e industrial.

Durante las excavaciones es necesario disponer de agua limpia en el frente de excavación y en las instalaciones exteriores por lo que será necesario buscar una fuente de suministro con capacidad suficiente para abastecer las necesidades de los equipos seleccionados.

Esta agua se acopia en un depósito regulador a pie de obra que permite absorber las puntas máximas de consumo sin necesidad de sobredimensionar el caudal de captación, ya que las necesidades de los equipos de excavación son muy variables en función de los trabajos que se estén desarrollando en el frente.

El agua se bombea hasta los puntos de consumo mediante tubería, principalmente hasta el frente de excavación y las instalaciones de exterior. tras su utilización debe ser recogida y dirigida hasta la planta de tratamiento exterior.

El agua necesaria en las obras no tiene por qué ser potable si bien debe cumplir unos requisitos mínimos de calidad con el objeto de no dañar equipos y tuberías a través de los que circula cuando se emplean en refrigeración de equipos, ya que a altas temperaturas se potencia el poder corrosivo del agua ácida o básica, no debe transportar partículas en suspensión que pueden obstruir tanto tuberías como filtros y no debe transportar determinadas bacterias.

A continuación se muestran las necesidades de agua para cada frente de trabajo en túnel

<i>Perforación con Jumbo de 3 brazos, 3 martillos x 50 l/martillo-min x 10 h funcionamiento</i>	<i>90 m³/día</i>
<i>Vestuarios 75 l/día x 75 hombres</i>	<i>5,5 m³/día</i>
<i>Agua para gunitado</i>	<i>20 m³/día</i>
<i>Taller</i>	<i>15 m³/día</i>
<i>Varios</i>	<i>3 m³/día</i>
TOTAL	133,5 m³/día

Tabla 3. Dimensionamiento de la red de agua por frente de trabajo

De acuerdo con estas estimaciones el depósito a instalar en las bocas de ataque para cubrir el abastecimiento de agua por día para cada frente de trabajo teniendo en cuenta posibles imprevistos o problemas en el suministro de agua se ha considerado de 300 m³.

11.2.3.5. Diagnóstico ambiental

11.2.3.5.1. Hidrología

Para realizar el análisis hidrológico del área de estudio (Unidad Funcional 2) se identificaron los cauces principales ubicados en el alineamiento de la vía o de la infraestructura asociada. Una vez identificados estos cauces, se localizaron las estaciones hidrométricas más cercanas para determinar el régimen hidrológico, y los caudales característicos de las corrientes a la altura del proyecto Tercer Carril.

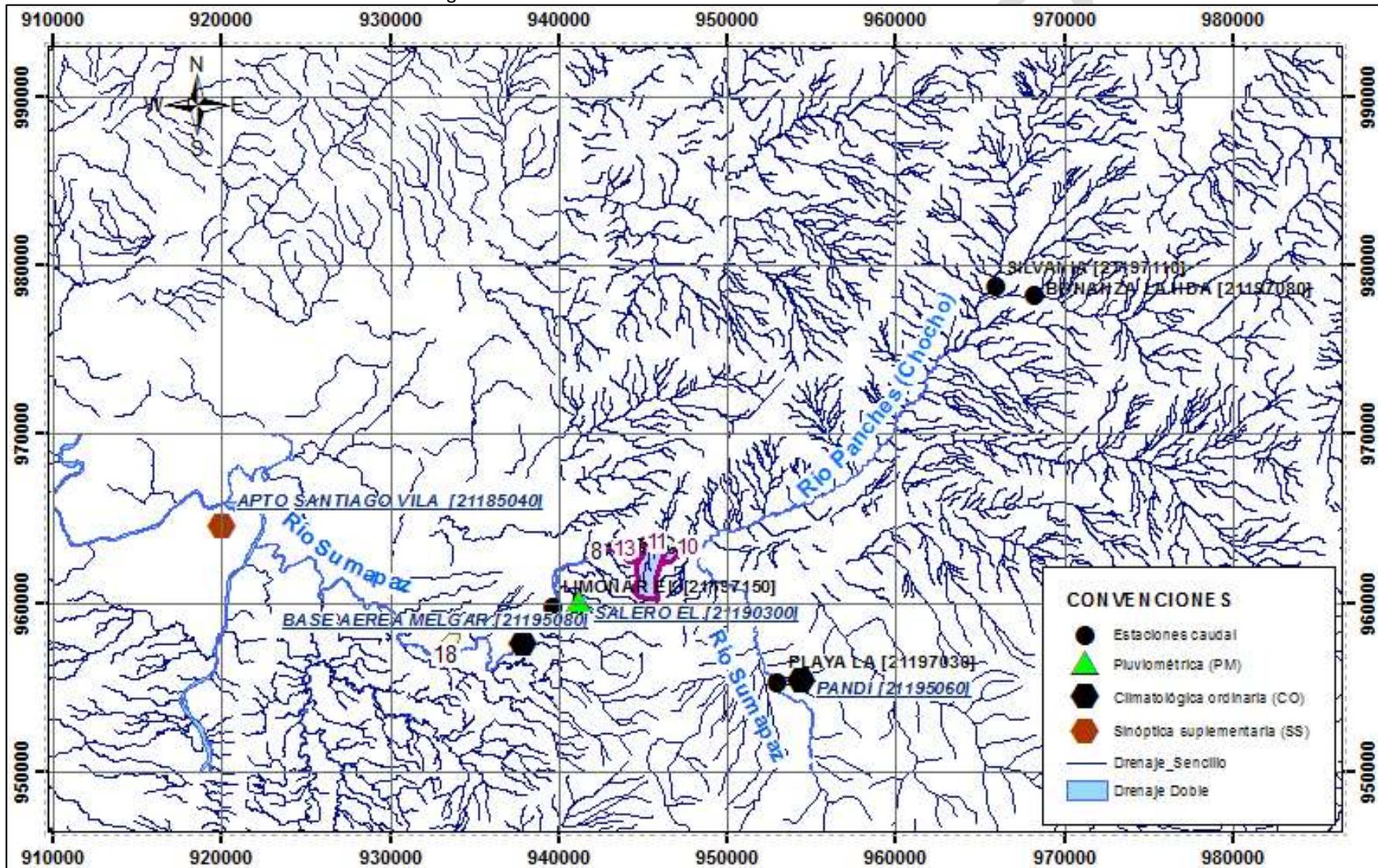
11.2.3.5.2. Red Hidrográfica y áreas de cuencas hidrológicas

La zona de estudio se localiza entre los municipios de Melgar e Icononzo en el departamento del Tolima, el cauce principal corresponde al Río Sumapaz cuya cuenca hidrográfica hace parte de la hoya hidrográfica del Río Magdalena, se ubica al sur-occidente del departamento de Cundinamarca, su extensión es de 2532.14 km² y ocupa el 13.5% del área de jurisdicción CAR.

A partir de la cartografía IGAC escala 1:25000, se realizó la delimitación de las cuencas hidrográficas sobre las que el alineamiento de la vía o del túnel presenta cruces, y se evidencia a nivel general en la Figura 1.

PRELIMINAR

Figura 1 Localización de estaciones en la zona de estudio



Fuente: INGETEC,2017

Para cada una de las cuencas se realizó la identificación de los sistemas lenticos y loticos que conforman la red hidrográfica del área de estudio, los cuales se describen a continuación:

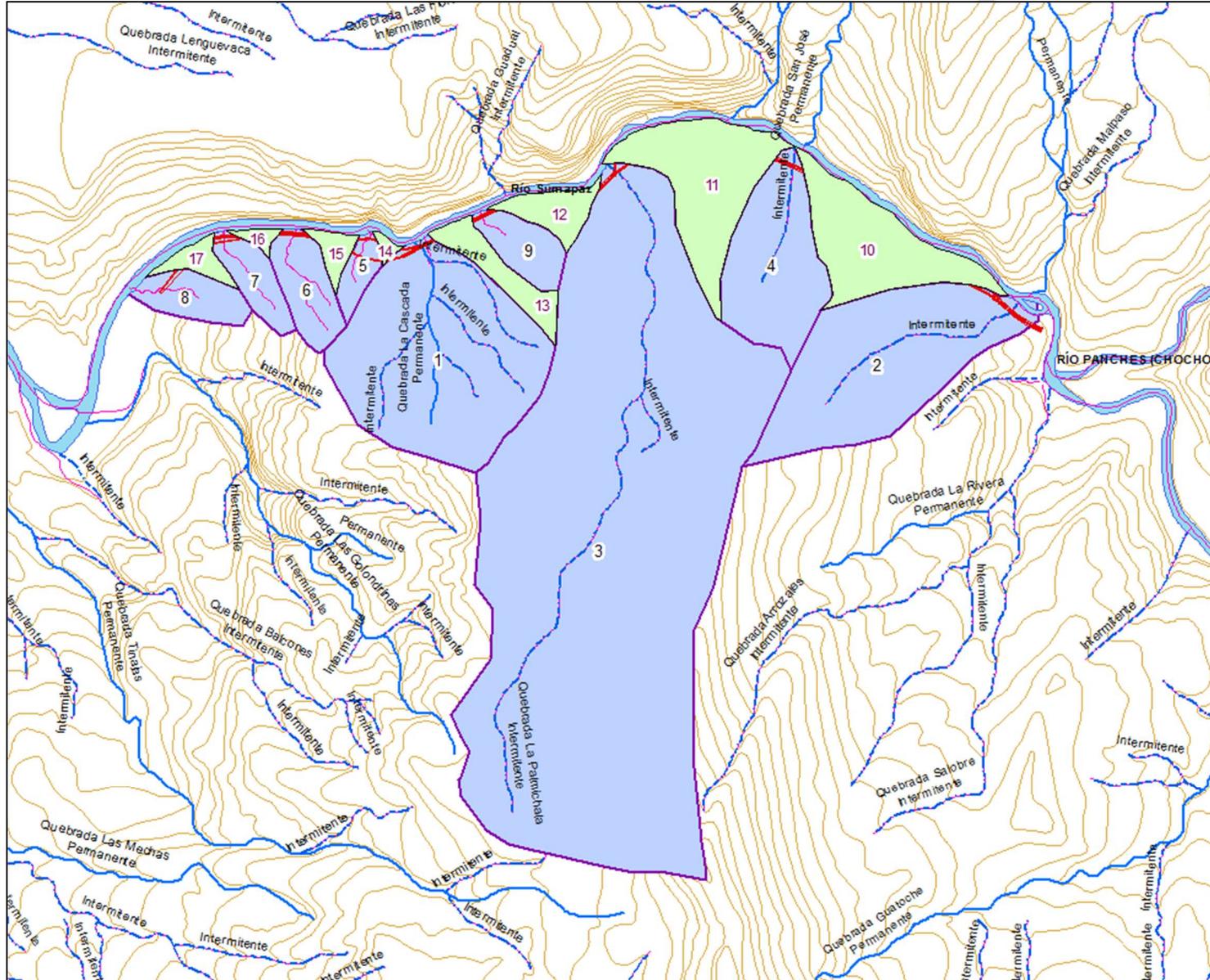
- **Sistemas Lenticos:** Son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir como ciénagas, lagos, lagunas o pantanos. Teniendo en cuenta esta definición, en la cartografía IGAC escala 1:25000 no se evidencia la existencia de estos sistemas.
- **Sistemas Lóticos:** Son todas las masas de agua que se mueven continuamente en una misma dirección, es decir, tienen un movimiento definido y un avance irreversible, estas pueden ser de flujo permanente o intermitente. Dentro de este sistema presente en el área de estudio se encuentran la Qda. La Cascada, Qda. La Palmichala y otros cauces sin nombre registrado que drenan sobre la margen Izquierda del Río Sumapaz.

Se identifican diecisiete zonas en el área de la unidad funcional analizada y uno en el área del Zodme (ver Figura 2 y Figura 3). Las características de estas zonas se relacionan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4 Características de las cuencas

Identificador de cuenca	Zona de estudio	Red Hidrográfica	Área de la cuenca (km ²)	Perímetro de la cuenca (km)
1	Vía	Qda. La Cascada	0,98	3,68
2	Vía	Intermitente	0,77	4,04
3	Vía	Qda. La Palmichala	3,97	9,56
4	Vía	Intermitente	0,42	2,82
5	Vía	Intermitente	0,06	1,17
6	Vía	Intermitente	0,16	1,65
7	Vía	Intermitente	0,11	1,52
8	Vía	Intermitente	0,13	1,55
9	Vía	Intermitente	0,12	1,45
10	Vía	Unidad Hidrográfica	0,35	3,34
11	Vía	Unidad Hidrográfica	0,39	3,38
12	Vía	Unidad Hidrográfica	0,09	1,61
13	Vía	Unidad Hidrográfica	0,11	2,10
14	Vía	Unidad Hidrográfica	0,01	0,54
15	Vía	Unidad Hidrográfica	0,04	1,06
16	Vía	Unidad Hidrográfica	0,02	0,76
17	Vía	Unidad Hidrográfica	0,05	1,30
18	Zodme	Intermitente	1,15	4,22

Figura 3 Cuencas interceptadas por la vía



Fuente: INGETEC, 2017

11.2.3.5.3. Caudales Medios

Para los análisis de caudales medios se utilizaron los registros de caudal medio mensual de cinco estaciones del IDEAM cercanas a la zona de estudio, las cuales son: (21197010) El Profundo, (21197030) La Playa, (21197150) El Limonar, (21197080) Hda La Bonanza y (21197110) Silvania.

Con esta información se determinó el caudal medio mensual multianual y con el área de drenaje aferente a cada estación se calculó el rendimiento hídrico. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Características de las estaciones de caudales

Código	Estación	Área (km ²)	Q (l/s)	R (l/s km ²)	Corriente	Periodo
21197010	El Profundo	993	19354	19	Río Sumapaz	1959-2015
21197030	La Playa	1167	26542	23	Río Sumapaz	1965-2014
21197150	El Limonar	2435	43536	18	Río Sumapaz	1965-2014
21197080	Hda La Bonanza	109	1926	18	Río Barro Blanco	1994-2014
21197110	Silvania	159	3376	21	Río Subia	1952-2012
Promedio=				20		

En términos regionales se observa que el rendimiento hídrico en condiciones medias varía entre 18-23l/s km², siendo el promedio 20 l/s km². Para la zona en estudio se adopta un valor de 21 l/s km² tomando como referencia los registros de la estación Silvania bajo el criterio de menor área de drenaje y mayor longitud en el periodo de registro (60 años).

En la Tabla 6 se presentan los caudales medios de las cuencas en estudio, calculadas a partir de sus áreas aferentes y el promedio del rendimiento hídrico (relación de caudal medio y área de drenaje) de las estaciones de caudales (ver Tabla 5), debido a que no se dispone de información hidrológica directamente registrada. Los números de cuenca se relacionan en la Tabla 6.

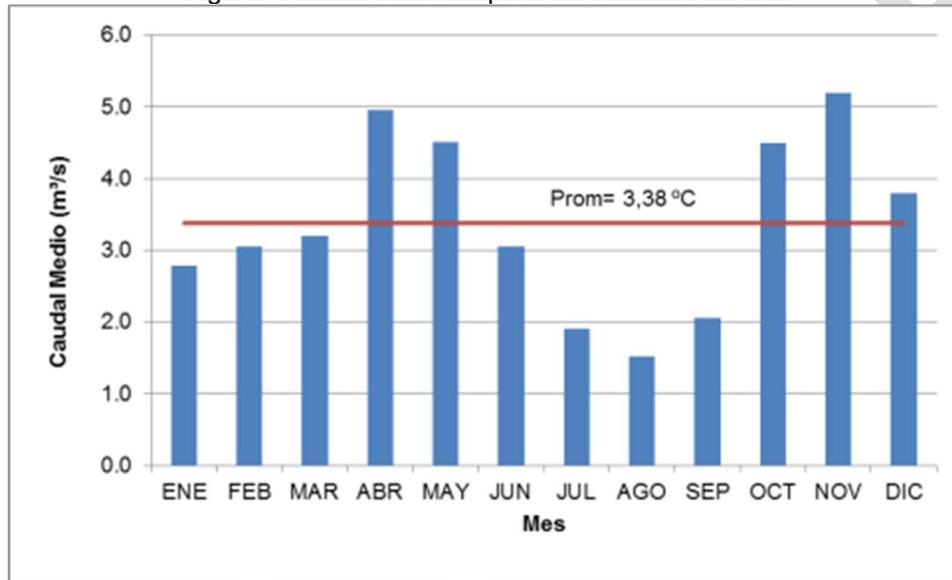
Tabla 6 Caudales medios de las cuencas de la zona de estudio

Cuenca Hidrográfica	Área (km ²)	Q medios (l/s)
cuenca 1	0,98	20.51
cuenca 2	0,77	16.23
cuenca 3	3,97	83.41
cuenca 4	0,42	8.85
cuenca 5	0,06	1.34
cuenca 6	0,16	3.29
cuenca 7	0,11	2.32
cuenca 8	0,13	2.66
cuenca 9	0,12	2.62
cuenca 10	0,35	7.29
cuenca 11	0,39	8.28
cuenca 12	0,09	1.90
cuenca 13	0,11	2.34
cuenca 14	0,01	0.22
cuenca 15	0,04	0.82

Cuenca Hidrográfica	Área (km ²)	Q medios (l/s)
cuenca 16	0,02	0.36
cuenca 17	0,05	1.01
cuenca 18 (Zodme)	1,15	24.09

Tomando como referencia los registros de la estación Silvania se determinó el caudal medio mensual multianual que presenta la distribución temporal presentada en la Figura 4.

Figura 4 Distribución temporal de caudales medios



De acuerdo con esta distribución el régimen de caudales es de tipo bimodal dado que presenta dos periodos por encima del promedio y dos periodos por debajo. El periodo con caudales superiores está comprendido entre abril y mayo y octubre a diciembre, siendo noviembre y abril los meses más húmedos. El periodo con caudales inferiores está comprendido entre enero a marzo y junio a septiembre, siendo agosto el mes más seco.

11.2.3.5.4. Calidad de agua

Con el propósito de evaluar la calidad del agua en el área de influencia del Proyecto y estimar los potenciales impactos sobre la misma por su desarrollo, se realizaron monitoreos y análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos a partir de muestreos en puntos localizados sobre el río Sumapaz y quebradas tributarias ubicadas en el área del proyecto.

- Puntos de Monitoreo

La ubicación de los puntos de monitoreo fue producto de un trabajo integrado entre INGETEC y CR40, estos puntos se definieron inicialmente por este consultor y se verificaron en la salida pre campo, finalmente los puntos definidos para el análisis fueron: tres (3) puntos sobre el río Sumapaz, 9 en cuerpos de agua en la afluentes del río, ocho (8) lóticos y se incluyó un (1) punto léntico, en laTabla 7 se muestran las coordenadas de ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial:

Tabla 7 Localización de los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial UF2

ID	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS PLANAS		LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA
		ESTE	NORTE	(MUNICIPIO / DEPARTAMENTO)
AGUAS SUPERFICIALES				
PAS1	Río Sumapaz aguas arriba	947607	962992	Boquerón /Tolima
PAS26	Río Sumapaz-Túnel	945233	963976	
PAS27	Río Sumapaz aguas abajo	942642	963179	
PAS3	Quebrada la Palmichala	945323	963947	
PAS10	Drenaje NN3	943267	963591	
PAS13	Qda. La Cascada	944313	963585	
CASCADA 1	Qda. La Cascada 1	944499	963176	
CASCADA 2	Qda. La Cascada 2	944351	963148	
SumBoq	Río Sumapaz Boquerón	947956	962709	
PALAGAR	La Palmichala aguas arriba	945321	962251	
Aljibe	Aljibe	945680	963732	Melgar / Tolima
ZODME	Río Sumapaz Zodme	932740	956712	

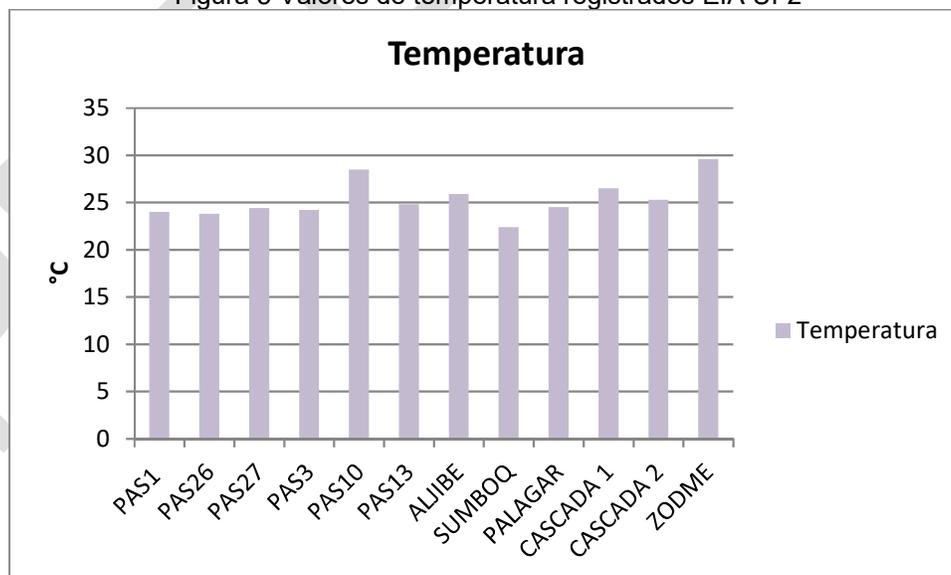
Fuente: Ambius S.A.S., 2017

- Resultados y Análisis

Características físicas

Temperatura

Figura 5 Valores de temperatura registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

La temperatura, está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y su valor depende de la profundidad y hora de toma (Roldan, 1992). Los sistemas fluviales muestran generalmente, frente a otros sistemas acuáticos como los lagos, notables fluctuaciones diarias en la temperatura del agua debido a su menor profundidad e inercia térmica (Margalef, 1983). En general este parámetro tiene incidencia sobre todos los procesos biológicos, así como en el comportamiento de otras variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, pH, conductividad. Igualmente, incrementos en la temperatura aumentan la solubilidad de ciertos compuestos químicos, y en general disminuye la solubilidad de gases, especialmente la del oxígeno disuelto (Justic et al., 1996).

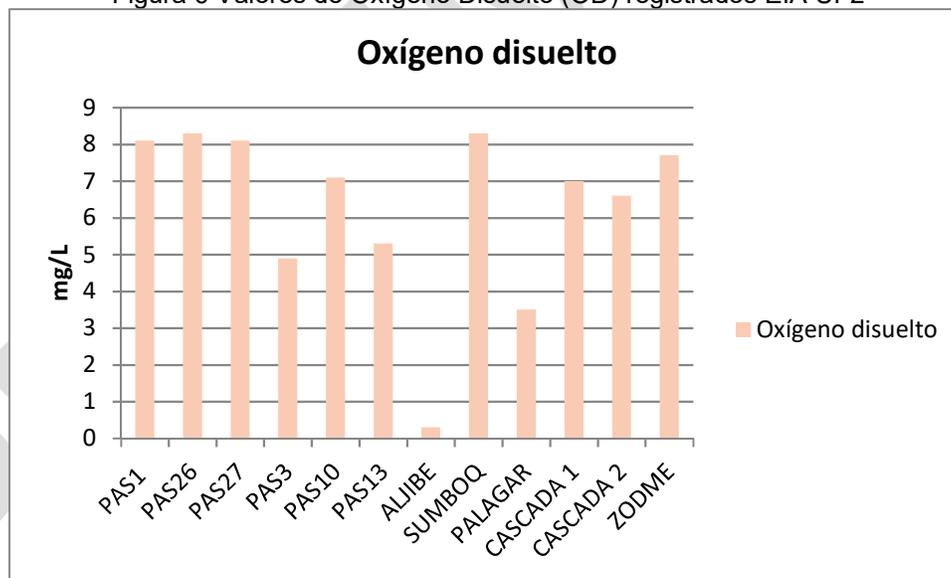
En las estaciones evaluadas se registraron valores entre 22,4°C y 29,6°C, acorde con el clima cálido de la región en donde se realizaron los monitoreos. Como se puede observar en Figura 5, la estación ZODME fue la que registró el mayor valor de todas, esto probablemente es debido a las condiciones de luz y poca sombra a las que se ve expuesto este punto en el día, así como por la hora de toma de la muestra la cual se realizó en horas de la tarde, donde la masa de agua ha recibido mayor energía calórica durante el día.

Indicadores de contaminación orgánica

Oxígeno disuelto (OD)

El Oxígeno Disuelto (O.D.) es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. La fuente principal de O.D. es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003). Otras fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008). En general las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Figura 6 Valores de Oxígeno Disuelto (OD) registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Como se puede observar en la Figura 6 las concentraciones de oxígeno disuelto que se reportaron en los cuerpos de agua, se encuentra en un rango de 0,3 a 8,3 mgO₂/L. De acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, los valores obtenidos en las estaciones (PAS1, PAS 26, PAS 27, PAS3, PAS 10, PAS 13, SUMBOQ, CASCADA 1, CASCADA 2 Y ZODME) dan cumplimiento a lo establecido en la normatividad ambiental vigente definida para la preservación de flora y fauna (OD ≥ 4 mg/L). Considerando lo anterior, la disponibilidad de oxígeno en estos cuerpos de agua monitoreados es suficiente para el adecuado desarrollo de la vida acuática en dichos ecosistemas. Por otra parte, en las estaciones PALAGAR Y ALJIBE los valores

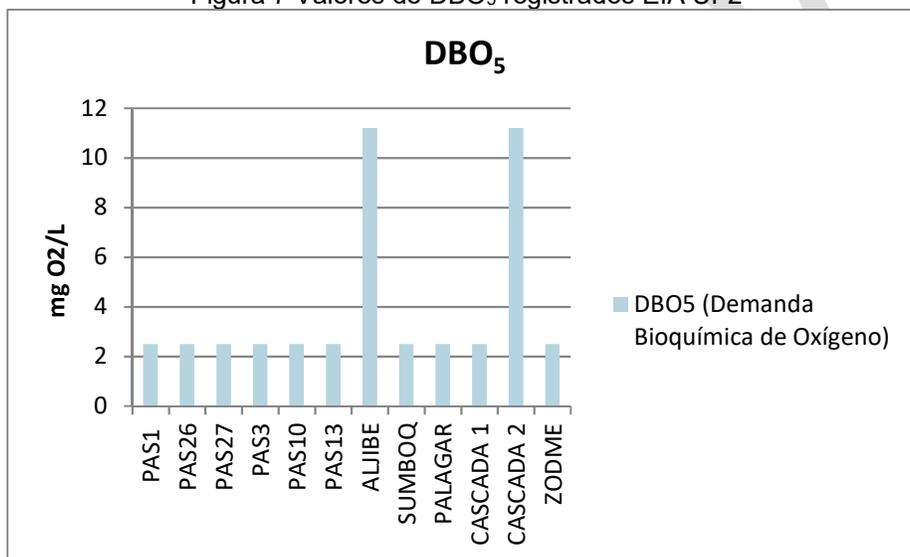
registrados para este parámetro no presentan las condiciones óptimas para el uso del recurso, presentando indicios de contaminación.

DBO₅ y DQO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es la medida de la concentración de oxígeno requerido por los microorganismos para degradar y estabilizar la materia orgánica biodegradable o carbonácea en condiciones aeróbicas. Se mide en cinco (5) días a 20 °C y es en general una indicación indirecta del carbono orgánico biodegradable presente en una masa de agua, por lo que da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Roldan y Ramírez, 2008).

En el caso de la demanda química de oxígeno (DQO), este es un parámetro analítico de contaminación, que mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua mediante oxidación química, representando así el contenido de materia orgánica total del agua (Roldan y Ramírez, 2008). Esta es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico.

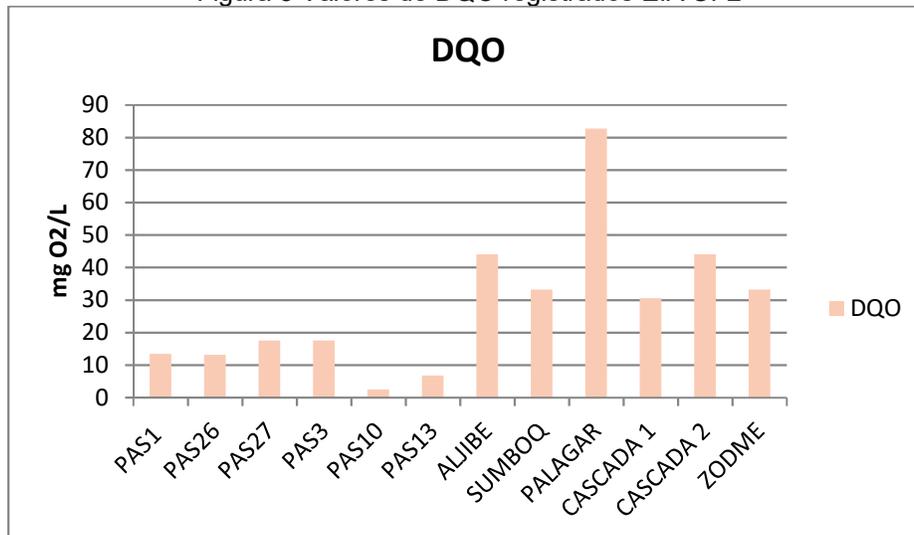
Figura 7 Valores de DBO₅ registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Como se observa en la Figura 7 en las estaciones (PAS1, PAS 26, PAS27, PAS3, PAS10, PAS13, SUMBOQ, PALAGAR, CASCADA 1 Y ZODME) se presenta para el periodo seco concentraciones de DBO menores a 3 mg/L, lo que indica baja concentración de materia orgánica. Sin embargo, las estaciones (ALJIBE y CASCADA2) se registran concentraciones de DBO mayores de 11 mg/L, valores que reflejan una actividad por descomposición de materia orgánica. De acuerdo con lo anterior, se puede considerar indicio de contaminación por descarga momentánea de aguas residuales domésticas que probablemente está asociada a las comunidades presentes en el área de estudio.

Figura 8 Valores de DQO registrados EIA UF2



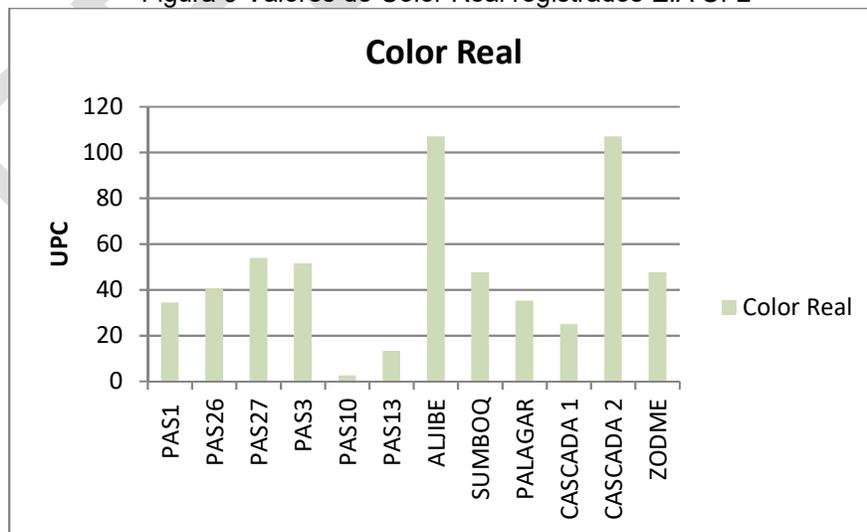
Fuente: INGETEC, 2017.

Los registros de DQO estuvieron entre 2,5 y 82,7 mg/L siendo el valor más bajo para PAS10, mientras que el más alto se obtuvo en PALAGAR (Figura 8). De acuerdo con esto se puede considerar indicio de contaminación por descarga momentánea de aguas residuales domésticas que probablemente está asociada a las comunidades presentes en el área de estudio.

Color real

Aunque el color y la turbidez difieren entre sí, se tratan conjuntamente ya que ambos interfieren en la transmisión de la luz en las aguas naturales y, por consiguiente, regulan los procesos biológicos que en ella se realizan. El color de un cuerpo está constituido por la luz no absorbida (Roldán, 2003), diferenciándose el color causado por la materia en suspensión que es llamado color aparente, del color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real o verdadero (Clair et al., 2000).

Figura 9 Valores de Color Real registrados EIA UF2

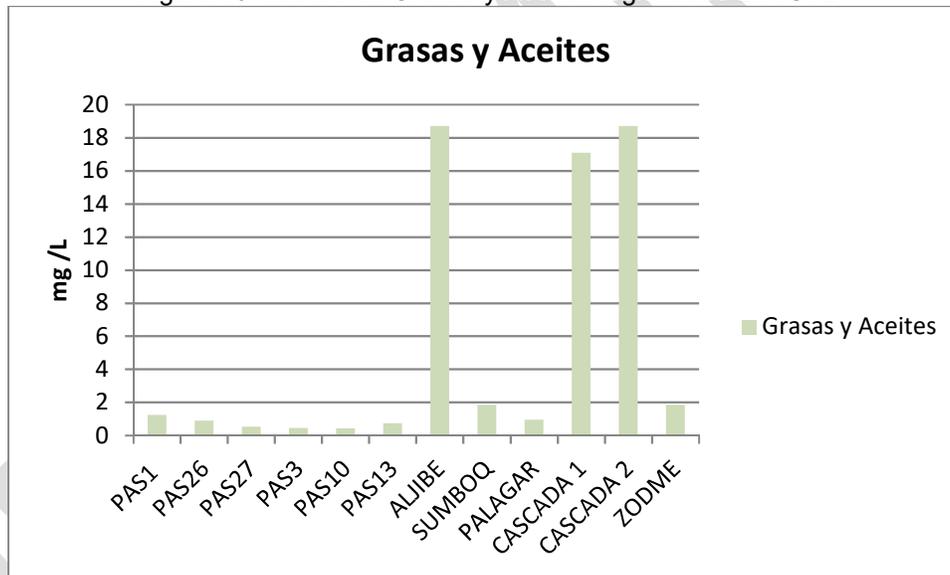


Fuente: INGETEC, 2017.

Para el color real (Figura 9) el máximo registro lo exhibió los puntos ALJIBE Y CASCADA 2 con 107UPC, excediendo el valor normativo. En general el agua de la mayoría de puntos están con concentraciones por debajo de los límites establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015, para el consumo humano y uso doméstico previo tratamiento convencional (<75 UPC). Esto a excepción de los puntos (PAS 10 y PAS 13) donde este parámetro fue indetectable (<5 UPC y 13,3 UPC) estaciones para las cuales solo sería necesario una desinfección previa de acuerdo con el límite de 20 UPC que establece la normatividad. **Grasas y Aceites**

La presencia de grasas y aceites puede ser consecuencia de una condición natural asociada a la descomposición de materia orgánica de origen vegetal que se da en los cuerpos hídricos. En este caso particular la presencia de estos parámetros los valores registrados se encontraron niveles en un rango de 0,426 a 1,86 mg/L para la las estaciones (PAS 1, PAS 26, PAS 27, PAS3, PAS10, PAS13, PALAGAR y ZODME).En los puntos (ALJIBE, CASCADA 1 y CASCADA 2) este parámetro presentó valores superiores hallándose muy por encima del rango anteriormente descrito. Para este parámetro no se tiene restricción respecto al uso del recurso hídrico con fines de consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora, según la normatividad ambiental. En general al momento del monitoreo, no se observó capa visible de grasas sobre los cuerpos de agua, sin embargo los valores detectados en las pruebas realizadas por el laboratorio pueden deberse a una condición natural del medio gracias a la degradación natural de material vegetal y animal en la cual algunos ácidos grasos y lipídicos son liberados al medio incrementando el contenido de estos compuestos orgánicos; esto se asocia a lo hallado en estas estaciones de monitoreo donde fue evidente el alto contenido de material vegetal en descomposición (Figura 10).

Figura 10 Valores de Grasas y Aceites registrados EIA UF2

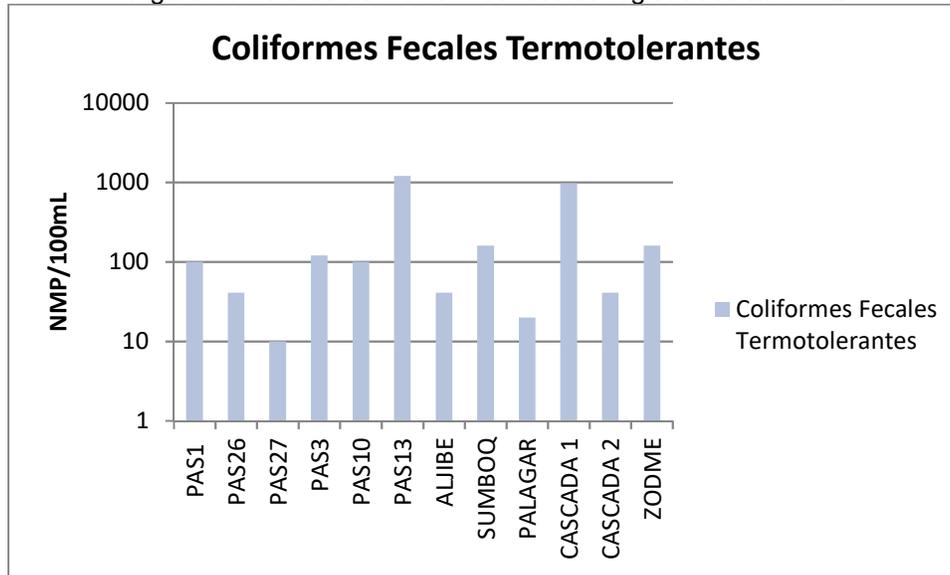


Fuente: INGETEC, 2017.

Coliformes fecales y coliformes totales

Respecto a la carga bacteriológica del agua, se encuentran los análisis de coliformes fecales y totales. Los coliformes son un grupo de bacterias que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero se monitorean porque se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en indicadores de contaminación fecal en las fuentes de agua. Estas bacterias viven comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente, y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana.

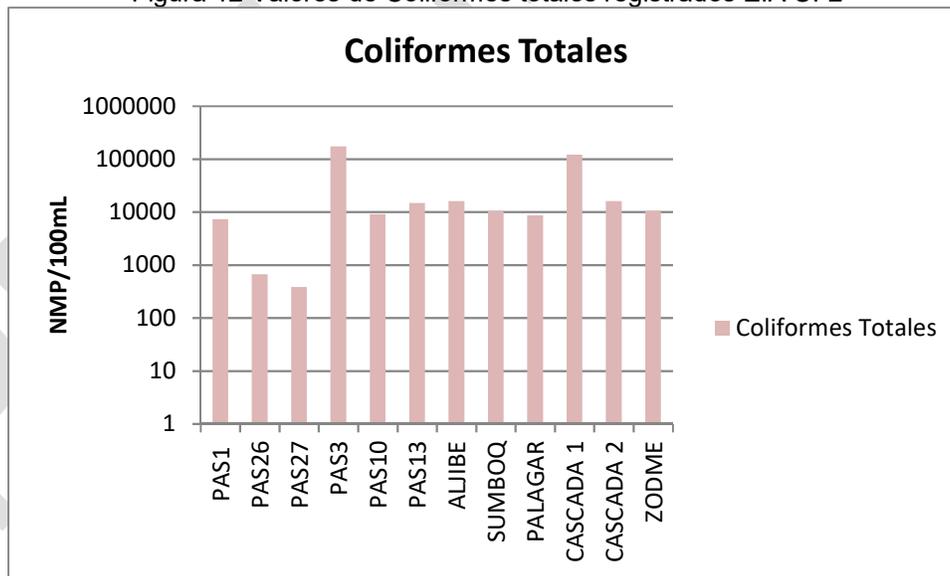
Figura 11 Valores de Coliformes fecales registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Para este tipo de grupo coliformes se encontró con valores entre 10 NMP/100 mL y 1204 NMP/100mL siendo la estación PAS 13 la que presentó una mayor carga de este tipo de microorganismos y la estación Cascada 1 con 980 NMP/100 mL lo que se relaciona con el drenaje de aguas del túnel Sumapaz (Figura 11). Con referencia a la normatividad ambiental vigente el uso del recurso proveniente de las distintas fuentes evaluadas con fines de consumo humano y/o uso doméstico se restringe, ya que la presencia de este tipo de coliformes hace necesario un tratamiento más activo que uno convencional si se quiere hacer uso del recurso con los fines antes descritos.

Figura 12 Valores de Coliformes totales registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Con relación a los coliformes totales (Figura 12), las concentraciones halladas en las distintas estaciones de monitoreo estuvieron en una escala de 384 NMP/100mL a 173290 NMP/100mL siendo para este caso la estación PAS3 la que registró un mayor contenido de este tipo de microorganismos. La presencia de coliformes de tipo total es aceptable para la mayoría de las estaciones, teniendo en cuenta que la normatividad ambiental

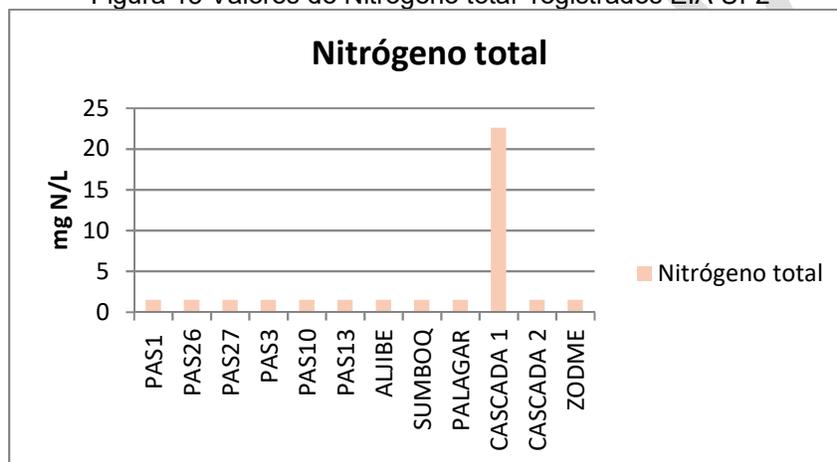
vigente define un valor de 20000 NMP/100mL como máximo permitido para uso del recurso con fines de consumo humano previo a un tratamiento convencional, en el caso de PAS 3 y CASCADA 1 se requiere de desinfección. Para el uso del recurso con fines domésticos se requiere tratamiento convencional en la mayoría de las estaciones ya que sobrepasan el límite de 1000NMP/mL, exceptuando el caso de PAS27 y PAS26 donde se encontraron los valores más bajos.

Nutrientes

Nitrógeno Total

Los nitritos (NO₂), nitratos (NO₃) y el nitrógeno total son formas inorgánicas que presenta el nitrógeno en las aguas naturales. Algunos organismos como microalgas, macrófitas y bacterias, toman estos nutrientes y los reincorporan en forma de aminoácidos, bases nitrogenadas, carbohidratos, etc. El nitrato es una de las formas solubles del nitrógeno de mayor asimilación por parte de las plantas y algas. Adicionalmente, los nitratos son indicadores de la actividad bacteriológica. Por otro lado, los nitritos indican presencia de detergentes y fertilizantes.

Figura 13 Valores de Nitrógeno total registrados EIA UF2



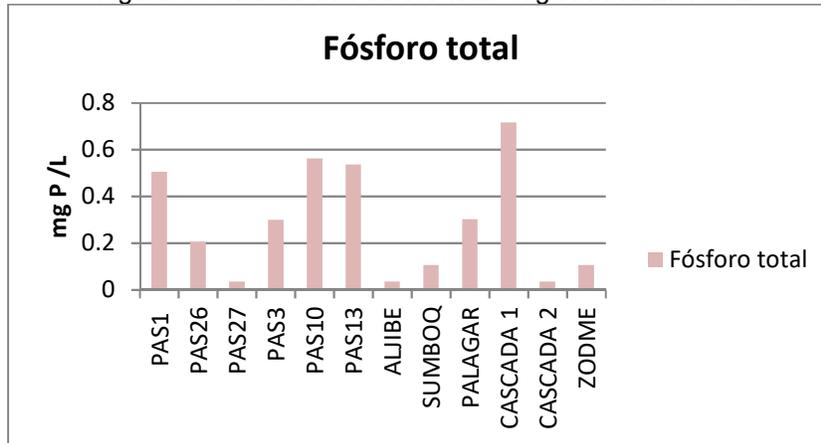
Fuente: INGETEC, 2017.

El nitrógeno total está compuesto de nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato (Sierra, 2011). Como generalidad en el caso del nitrógeno total, se registraron valores (<3 mg/L) de para las estaciones (PAS1, PAS26, PAS27, PAS3, PAS10, PAS13, ALJIBE, SUMBOQ, PALAGAR CASCADA 2 Y ZODME). El mayor valor se presentó en Cascada 1 con 22,6 mg/L, siendo este valor lo que podría atribuirse a aportes a este cuerpo de agua de tipo agrícola o aportes naturales por la vegetación asociada a los cauces de estos ecosistemas. Para este parámetro no se tiene restricción respecto al uso del recurso hídrico con fines de consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora, según la normatividad ambiental.

Fosforo total

El fósforo total encierra todas las formas de fósforo presentes: fósforo orgánico, inorgánico y los fosfatos. Son elementos que se encuentran comúnmente en los sistemas acuáticos, el fósforo inorgánico y los fosfatos son considerados macronutrientes y su presencia en los sistemas acuáticos es importante para la productividad primaria del fitoplancton y plantas, sin embargo, cuando se encuentra en gran abundancia es indicativo de condiciones eutróficas.

Figura 14 Valores de Fósforo total registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

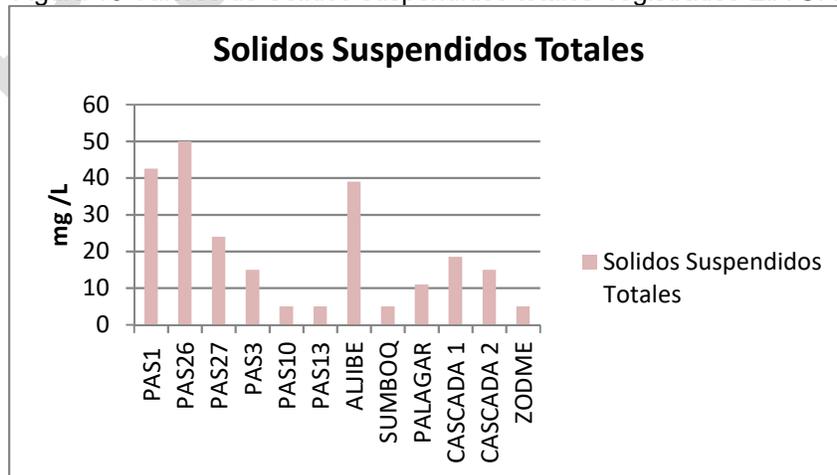
En los puntos monitoreados, tres se registraron valores para el fósforo total (<0.07 mg/L) estaciones PAS27, ALJIBE Y CASCADA 2; el punto CASCADA 1 registró el valor más alto con una concentración de 0,717 mg/L, seguido del punto PAS 10 con un valor de 0,562 mg/L, evidenciando en estos dos puntos una afectación por fósforo, pudiéndose presentar para estos puntos posibles procesos de eutrofización ya que se reportan valores superiores a 0.1 mg/L (CEPIS, 2001). Este parámetro no tiene restricción para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la legislación ambiental.

Cabe aclarar que el estado eutrófico en el punto de monitoreado en el CASCADA 1, se refiere a la susceptibilidad por acumulación de nutrientes. Se determina que solo se puede hablar de eutrofización propiamente dicha en sistemas lénticos, ya que el estado natural del sistema lótico no permite el establecimiento en masa de micro biota acuática.

Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos totales, Sólidos sedimentables y Turbidez

Teniendo en cuenta la presencia de los diferentes tipos de sólidos en las aguas superficiales, es importante indicar que los sólidos disueltos totales representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales, mientras que los sólidos suspendidos corresponden al material particulado que se mantiene en suspensión en el agua. Por su parte, los sólidos sedimentables comprenden los sólidos suspendidos que se precipitan, y los sólidos totales comprenden la sumatoria de los diferentes tipos de sólidos en el agua.

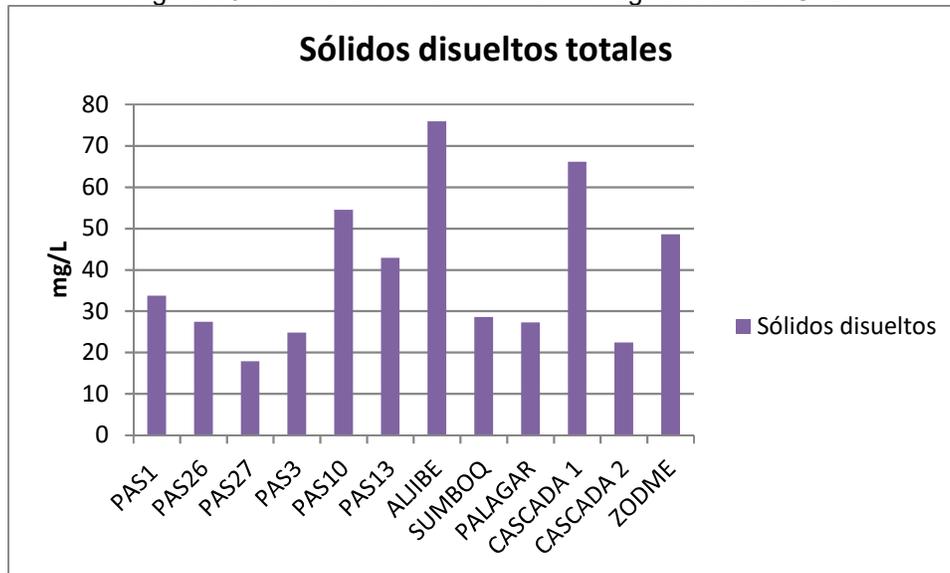
Figura 15 Valores de Sólidos suspendidos totales registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Para el parámetro Sólidos suspendidos totales se encontraron valores indetectables (<10 mg/L) para las estaciones PAS 10, PAS 13, SUMBOQ Y ZODME, las estaciones con los valores más altos fueron: PAS 1, PAS 26 y ALJIBE. Este parámetro no tiene restricción para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la legislación ambiental.

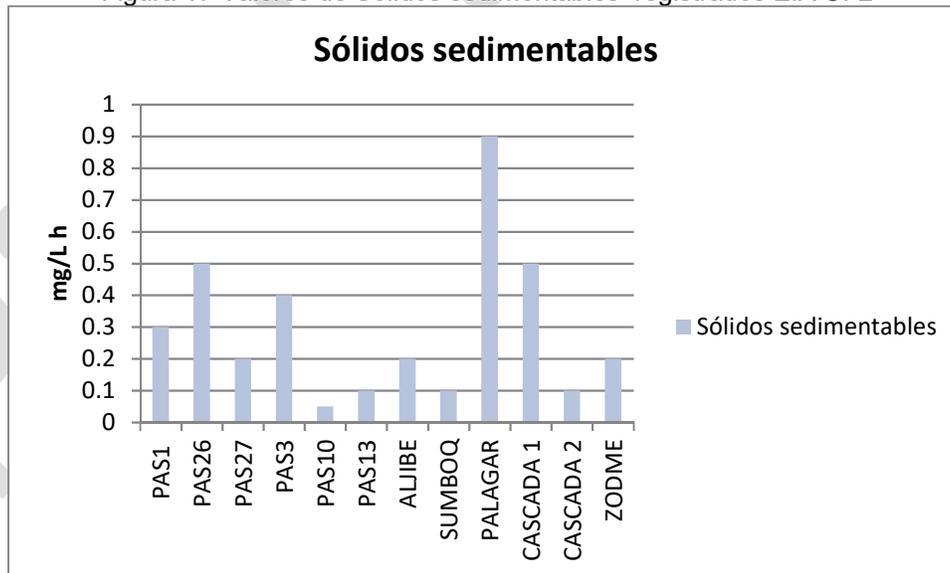
Figura 16 Valores de Sólidos disueltos registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

El parámetro sólidos disueltos totales registró valores entre 17,9 y 75,9 mg/L, presentándose el mayor valor en el Aljibe. Este parámetro no tiene restricción para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la legislación ambiental.

Figura 17 Valores de Sólidos sedimentables registrados EIA UF2



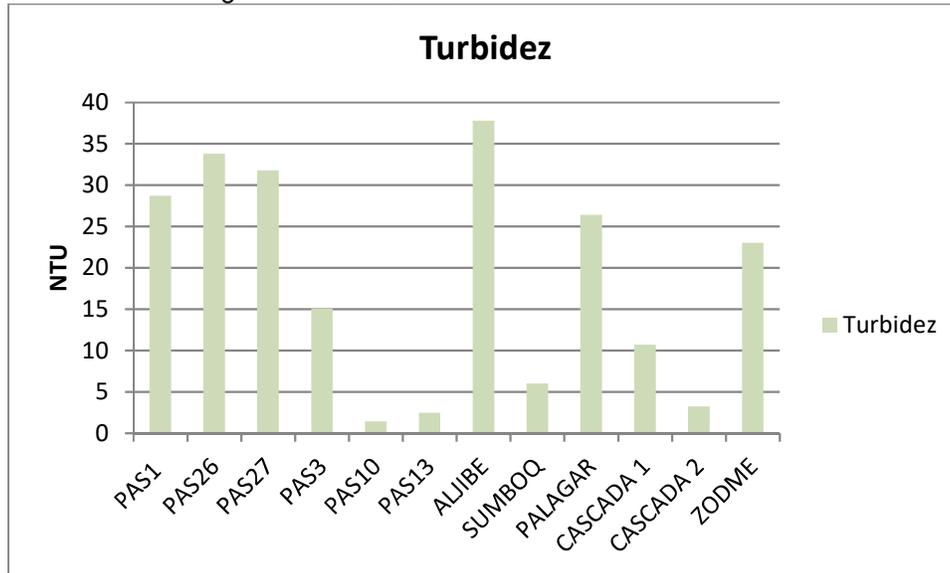
Fuente: INGETEC, 2017.

Con relación a los sólidos sedimentables se observó para la estación PAS10 un valor indetectable (<1,0 ml/L-h), y para las demás estaciones se encontraron registros bajos entre 0,1 ml/L-h y 0,9 ml/L-h, teniéndose la mayor cantidad de partículas sedimentables para la estación PALAGAR (

Figura 17). En general se registraron concentraciones bajas de sólidos sedimentables, que son acordes a las características que normalmente muestran los cuerpos de agua dulceacuícolas.

La turbidez define el grado de opacidad producido en el agua por materia particulada en suspensión. Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua, puesto que limita la transmisión de luz en ella (Roldán, 2003).

Figura 18 Valores de Turbidez registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

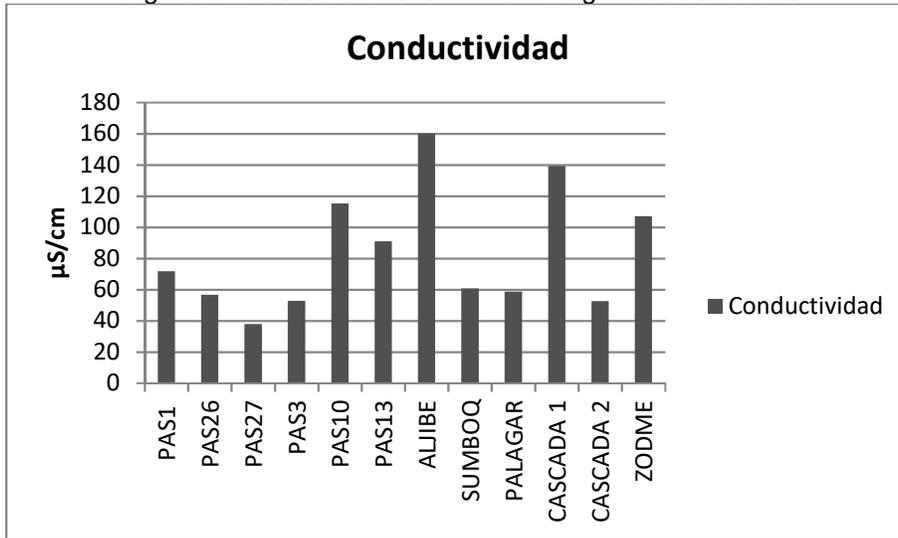
Para los puntos muestreados, se presentaron valores en un amplio rango donde la estación ALJIBE (37,8 NTU) mostró el mayor registro, mientras que en PAS10 (1,43 NTU) se encontró la menor concentración; Al comparar estos resultados de turbiedad con la normatividad ambiental vigente (Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015), la mayoría de los puntos superan el máximo permitido de 10 NTU para consumo humano y uso doméstico a excepción de PAS10, PAS13 y SUMBOQ. Esto determinaría la necesidad de realizar más que una desinfección en todos los puntos evaluados, excepto los últimos indicados, antes de hacer uso del recurso para los fines descritos.

Conductividad y pH

Conductividad

La conductividad de las aguas es un parámetro utilizado como indicador de salinidad y consecuentemente, de la calidad general de las mismas (Sánchez-Díaz y Castillo-Martín, 2005). Este parámetro mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura.

Figura 19 Valores de Conductividad registrados EIA UF2



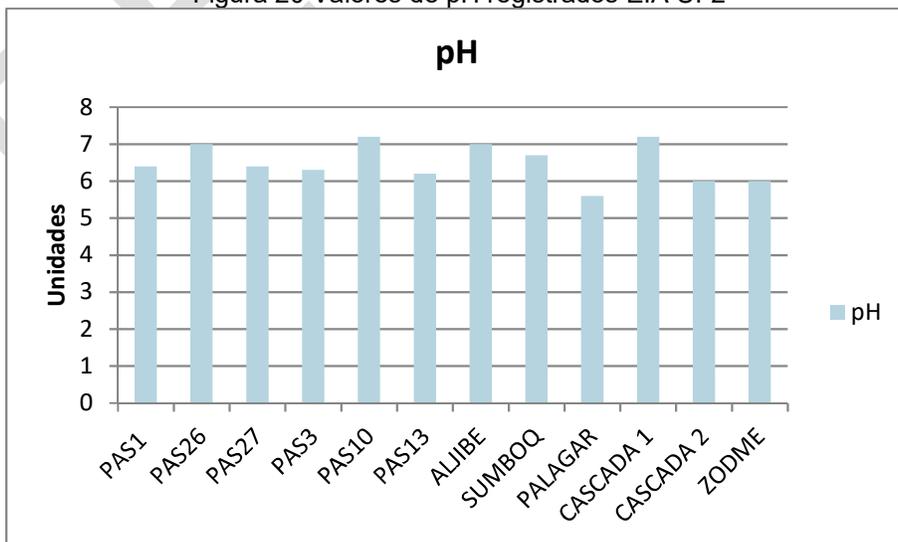
Fuente: INGETEC, 2017.

Para los cuerpos de agua evaluados esta variable se encontró con valores moderados en un rango entre 37,9 $\mu\text{S/cm}$ y 160,1 $\mu\text{S/cm}$ (Figura 19), el punto ALJIBE fue el de mayor conductividad en el agua como consecuencia de su bajo nivel y condición natural de sistema lenticó sin flujo de agua, donde cualquier aporte ajeno al sistema incide directamente en este parámetro que se incrementa cada vez más cuando el volumen hídrico se reduce. Este parámetro no tiene restricción para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la legislación ambiental.

pH

El pH es una abreviatura para representar el potencial de hidrogeniones del agua, estando íntimamente relacionado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. Es de mencionar que este parámetro puede ser modificado por actividad biológica o por intercambio de CO_2 con el aire (Roldán, 2003).

Figura 20 Valores de pH registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

El pH de los puntos evaluados estuvo entre 5,6 y 7,2 unidades (Figura 20), presentando una tendencia ácida, la estación PARAGAR, obtuvo el menor registro reportado en este muestreo y que puede deberse a su bajo nivel de agua donde influyen los sedimentos que por naturaleza tiende a ser ácidos, más cuando han recibido aportes en periodos lluviosos de los suelos aledaños. Para este punto sería necesario realizar un tratamiento convencional para poder hacer uso del agua con fines de consumo humano y/o uso doméstico.

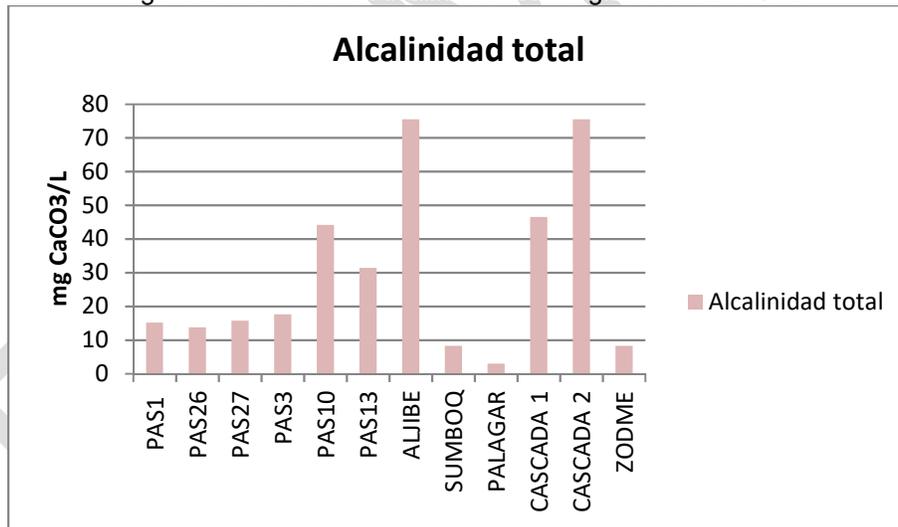
Sistema Carbonático

Alcalinidad Total

La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. Este parámetro puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes. En las aguas naturales la alcalinidad se debe a la presencia de iones CO₃²⁻ y HCO₃⁻ los cuales ingresan al agua debido a la acción del CO₂ sobre los materiales naturales del suelo (Sierra, 2011). Para las estaciones monitoreadas (Ver Figura 21) los mayores valores de alcalinidad se presentan en Aljibe (75,5 mg CaCO₃/L), Cascada 2 (75,5 mg CaCO₃/L) y Cascada 1 con un valor de (46,5 mg CaCO₃/L). Para este parámetro la estación ALJIBE registró el valor más alto, lo que argumenta propiedades tampón a las aguas de este sistema permitiendo estabilidad en el pH. Para la estación PALAGAR el valor de alcalinidad arrojó valores indetectables (<6,04 mg CaCO₃/L). En general los resultados de alcalinidad se consideran normales al no ser muy bajos que podría asociarse a aguas corrosivas (<20 mg/L) y por el contrario encontrarse en el rango de 30 a 90 mg/L que se considera como acorde para aguas dulces.

Este parámetro no tiene restricción para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la legislación ambiental.

Figura 21 Valores de Alcalinidad total registrados EIA UF2



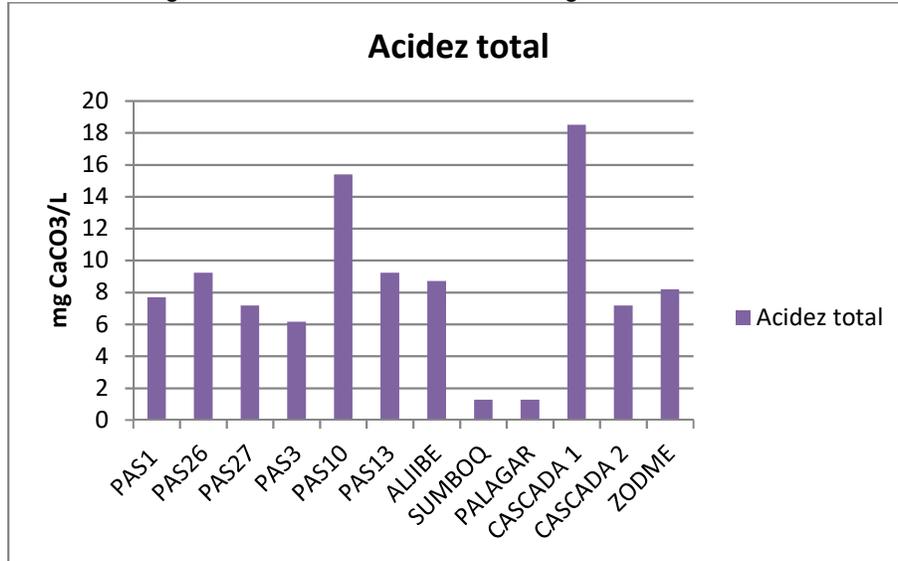
Fuente: INGETEC, 2017.

Acidez Total

Respecto al parámetro acidez, generalmente se considera que todas las aguas que tienen un pH inferior a 8,5 unidades tienen acidez. La acidez en las aguas naturales es ocasionada por la presencia de CO₂ o la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCl). Es de mencionar que el CO₂ es un componente normal de las aguas naturales. La condición ácida del agua también puede presentarse debido a que el CO₂ se produce en la descomposición biológica de la materia orgánica (Sierra, 2011).

En las estaciones evaluadas (Ver Figura 22) se obtuvieron valores indetectables para las estaciones SUMBOQ y PALAGAR (<2,54 mg CaCO₃/L), el resto de las estaciones reporta valores entre 6,15 y 18,5 mg CaCO₃/L, siendo la estación CASCADA 1 la que registra el mayor valor.

Figura 22 Valores de Acidez total registrados EIA UF2

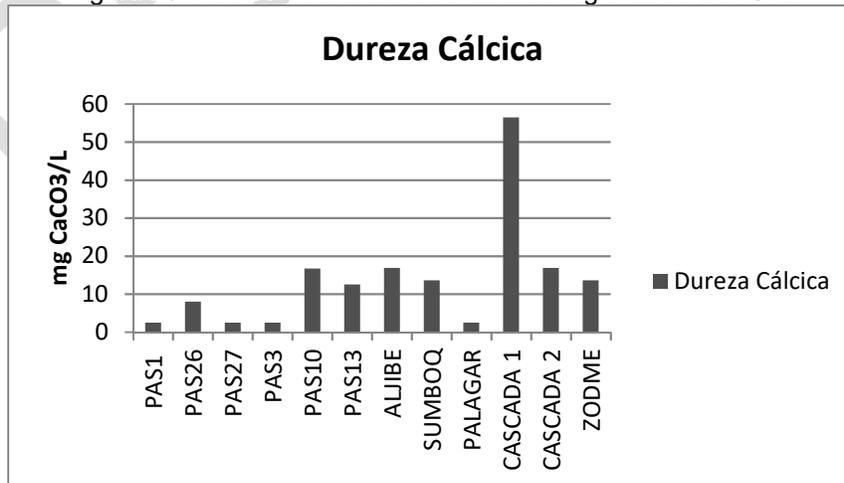


Fuente: INGETEC, 2017.

Dureza cálcica y Dureza total

La dureza cálcica está determinada por la cantidad de carbonato de calcio presente en el agua, considerando los rangos para la interpretación de este parámetro según Roldan y Ramírez (2008), que establece agua blanda desde los 0 a 75mg CaCO₃, se determina que puntos evaluados poseen una dureza muy baja o agua blanda, posiblemente como resultado de la disolución de los iones y las condiciones naturales que conforman los cauces evaluados. La estación que presenta mayor valor de este parámetro es CASCADA 1 con 56,5 mg CaCO₃/L.

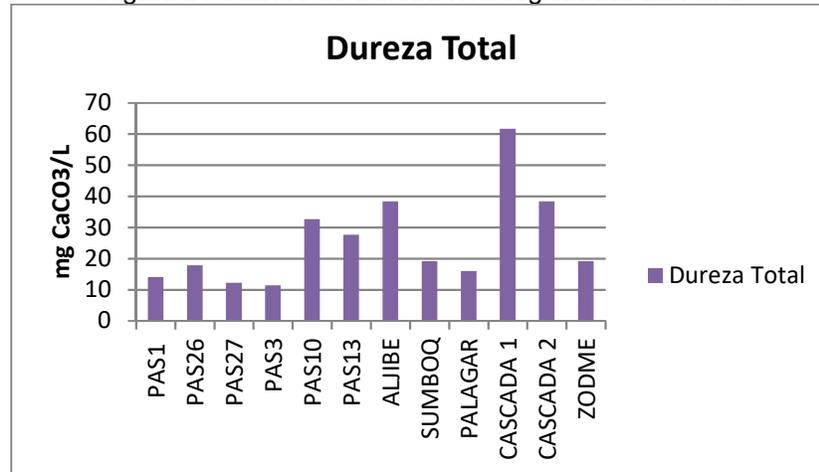
Figura 23 Valores de Dureza cálcica total registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

En el caso de la dureza total, está determinada por la presencia de cationes bivalentes en el agua, principalmente Ca_2 y Mg_2 y cuyo proceso se da naturalmente en el agua con el ingreso de dichos iones producto del proceso de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo (Sierra, 2011). En el monitoreo, este parámetro presentó valores entre 11,4 y 61,7 mg $CaCO_3/L$, presentando el mayor valor para la estación CASCADA 1.

Figura 24 Valores de Dureza total registrados EIA UF2

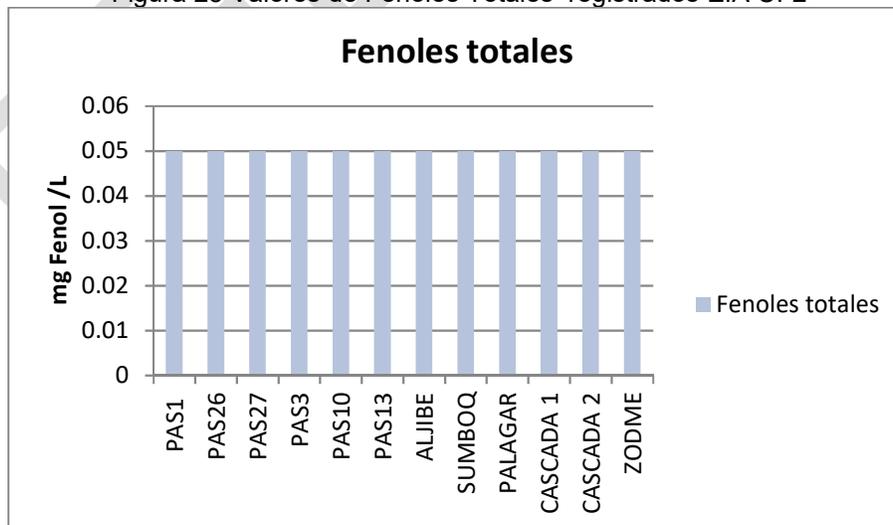


Fuente: INGETEC, 2017.

Fenoles Totales

La presencia de fenoles en el medio ambiente se deben al resultado de procesos naturales durante la descomposición de materia orgánica o la síntesis de clorados por los hongos y las plantas así mismo se derivan de la producción y el uso de numerosos plaguicidas, biosidas fenólicos y pesticidas (Michalowicz y Duda, 2006). Para el presente estudio este parámetro fue indetectable (<0,1 mg/L) en las estaciones monitoreadas. Además es de mencionar que respecto a esta variable no tienen límites definidos para su uso en el consumo humano, uso doméstico, agrícola, pecuario o preservación de fauna y flora según la normatividad ambiental.

Figura 25 Valores de Fenoles Totales registrados EIA UF2



Fuente: INGETEC, 2017.

Metales y Metaloides

Los metales generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, por lo cual la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas. No obstante, varios de estos metales, como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos.

El grupo de metales evaluados dentro del muestreo son: arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, y zinc. Los valores presentados están por debajo de los límites de detección a excepción del Registro PAS1 en Plomo que registró un valor de 0.001y en ningún caso, ningún parámetro sobrepasa los límites establecidos por la normativa ambiental para el uso del recurso en el consumo humano y/o fines domésticos, o para su uso agrícola y/o pecuario.



Figura 26 Valores de Arsénico Total registrados EIA UF2

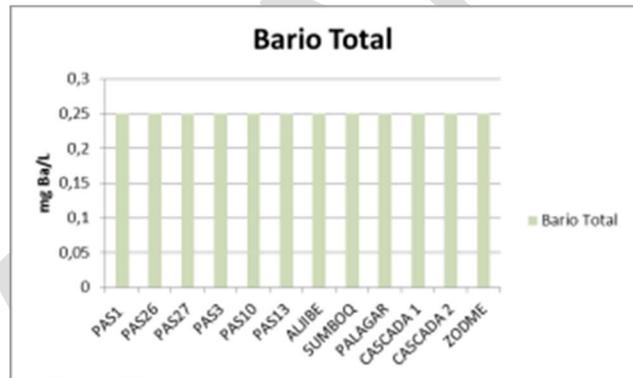


Figura 27 Valores de Bario Total registrados EIA UF2

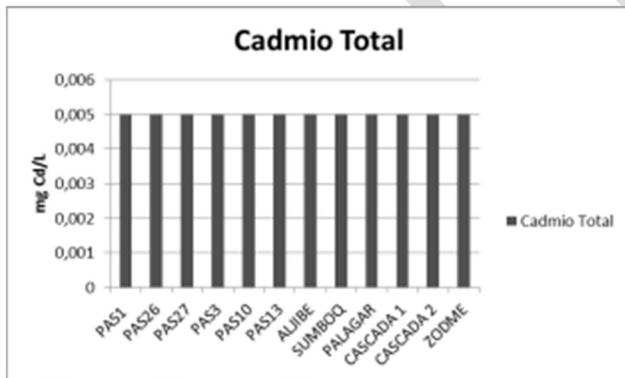


Figura 28 Valores de Cadmio Total registrados EIA UF2

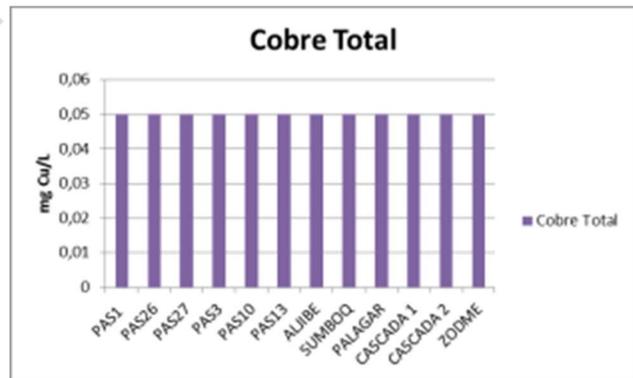


Figura 29 Valores de Cobre Total registrados EIA UF2

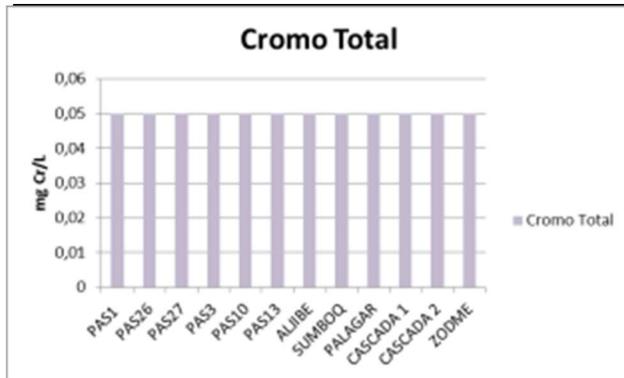


Figura 30 Valores de Cromo Total registrados EIA UF2

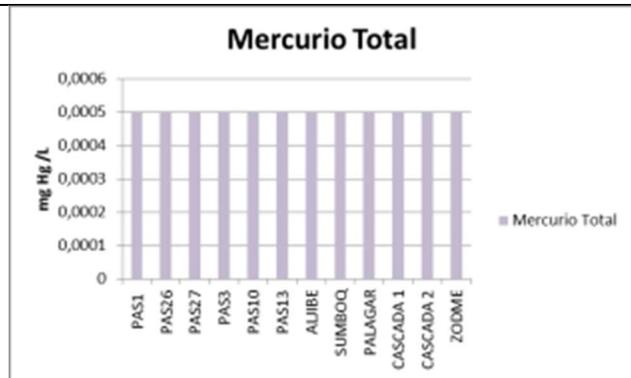


Figura 31 Valores de Mercurio Total registrados EIA UF2

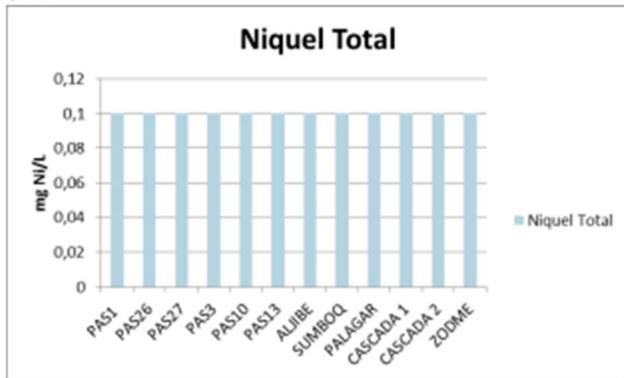


Figura 32 Valores de Niquel Total registrados EIA UF2

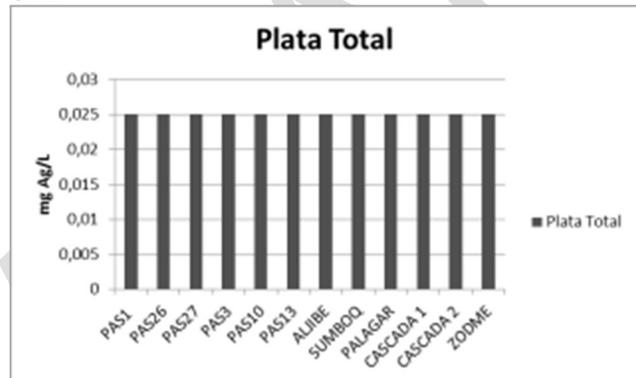


Figura 33 Valores de Plata Total registrados EIA UF2

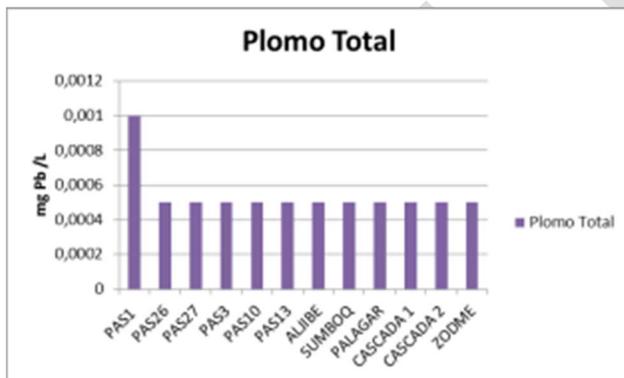


Figura 34 Valores de Plomo Total registrados EIA UF2

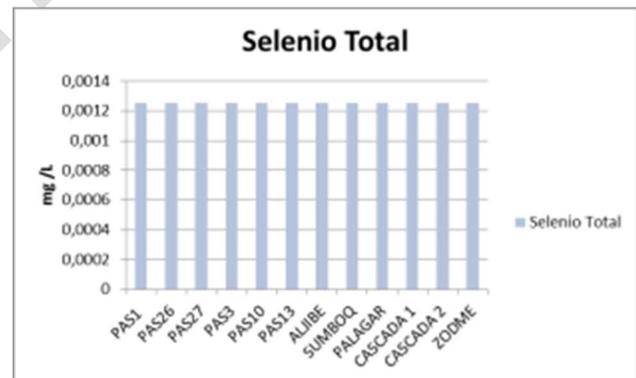


Figura 35 Valores de Selenio Total registrados EIA UF2

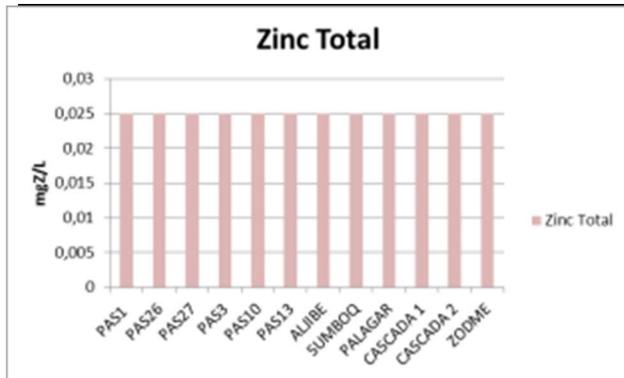


Figura 36 Valores de Zinc Total registrados EIA UF2

Fuente: INGETEC, 2017.

11.2.3.5.5. Usos y usuarios de agua aguas abajo de las captaciones de agua

- Usuarios formales del agua

La identificación de usos y usuarios en el área de influencia del proyecto, se realizó a partir de información suministrada por las Autoridades Ambientales competentes: CORTOLIMA y CAR y a partir de la información registrada en campo por los especialistas en un ejercicio de reconocimiento. Este ejercicio se realizó para validar la existencia de usuarios en las corrientes de agua intervenidas por el proyecto, entender sus relaciones con dichos cuerpos de agua, los bienes que reciben de ellos y la forma como establecen su uso.

CORTOLIMA, mediante comunicación escrita No 100.03.3.1 del 26 de septiembre de 2017, informa que se registran para el municipio de Melgar 151 concesiones y para el municipio de Icononzo 43 concesiones vigentes, la Tabla 8 muestra por fuentes los litros concedidos, no es posible cartografiar esta información, ya que la Autoridad Ambiental no referenció coordenadas dentro de la base de datos entregada.

Tabla 8 Caudales concedidos por cuerpos de agua

Municipio	Cuerpo de Agua	L/s Concedidos
MELGAR	Directos Magdalena	0,719
	OTROS	2,14
	POZOS SUBTERR.	22,13
	Quebrada Aguadulce	0,2
	Quebrada Altamira	5
	Quebrada Arrozales	5,638
	Quebrada Inali	40,386
	Quebrada La Apicalá	1411,952
	Quebrada La Guaduala	15,36
	Quebrada La Palmara	85,509
	Quebrada Madroñala	1,65
	Quebrada Palmas	27,786
	Rio Juan Lopez	2
	Rio Sumapaz	0,17
ICONONZO	Directos Magdalena	3,7
	POZOS SUBTERR.	0,591
	Quebrada De La Balsa	14
	Quebrada Grande	0,48
	Quebrada Guatoche	0,989

Municipio	Cuerpo de Agua	L/s Concedidos
	Quebrada La Apicala	54,943
	Quebrada La Laja	11,685
	Quebrada La Vieja	5,14
	Quebrada La Volcana	0,23
	Rio Cunday	2
	Rio Juan Lopez	8,259
	Rio Sumapaz	0,73
	Total	1723,387

Fuente: INGETEC a partir de información CORTOLIMA.

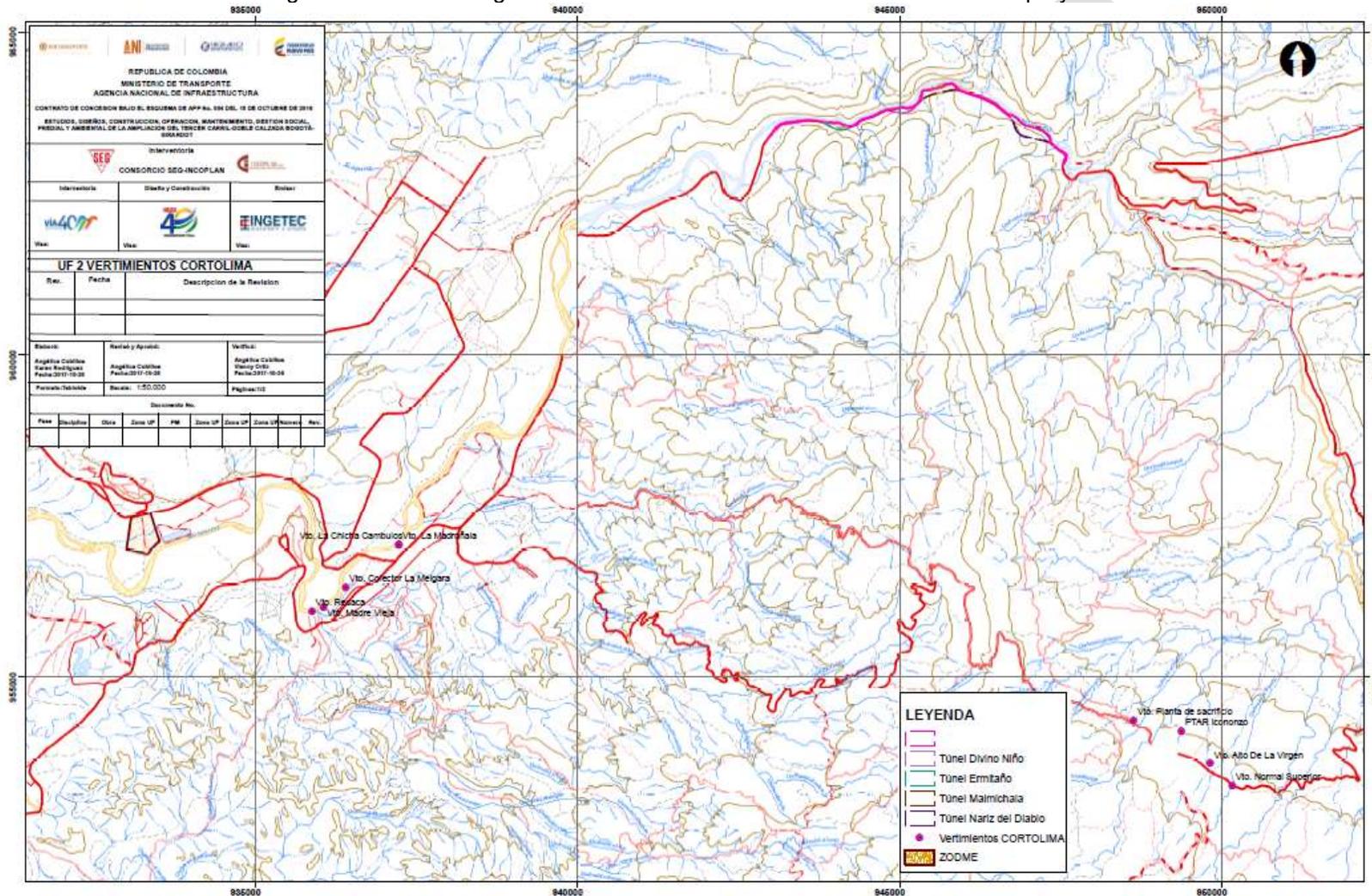
Con respecto a los vertimientos, como se puede observar en la Figura 37, se registran cinco puntos de vertimiento para el municipio de Melgar y cuatro puntos para el municipio de Icononzo, estos puntos no se encuentran dentro del área de influencia definida para el proyecto.

Tabla 9 Puntos de vertimiento autorizados ante CORTOLIMA.

MUNICIPIO	X	Y	Q. VERTIMIENTO (l/s)	ALTURA (msnm)	NOMBRE VERTIMIENTO	FUENTE RECEPTORA
MELGAR	937217,85	957051,90	3,78	372	Vto. La Madroñala	RIO SUMAPAZ
	937217,85	957051,90	16,00	356	Vto. La Chicha Cambulos	RIO SUMAPAZ
	936398,24	956402,50	0,59	337	Vto. Colector La Melgara	RIO SUMAPAZ
	935870,27	956019,52	68,2	303	Vto. Resaca	RIO SUMAPAZ
	936047,03	956076,84	10,61	341	Vto. Madre Vieja	(BARRIO SICOMORO)
ICONONZO	949371,655	954169,081	10,94	1274	PTAR Icononzo	Q. JUAN LOPEZ
	949819,179	953661,673	0,38	1296	Vto. Alto De La Virgen	Q. JUAN LOPEZ
	950157,619	953312,527	NA	1295	Vto. Normal Superior	Q. JUAN LOPEZ
	948629,711	954335,083	NA	1342	Vto. Planta de sacrificio	Q. JUAN LOPEZ

Fuente: CORTOLIMA, 2017.

Figura 37 Usuarios registrados en CORTOLIMA Vs Área de Influencia del proyecto



.Fuente: INGETEC a partir de CORTOLIMA

- Objetivos de calidad para la fuente de agua

Mediante Resolución 2833 del 30 de diciembre de 2008, se establecieron los objetivos de calidad de agua para la cuenca del río Sumapaz a lograr en el año 2020.

El área del proyecto, se ubica dentro de la denominada cuenca del río bajo Sumapaz, en la se Tabla 10 se muestran los valores establecidos de calidad de agua.

Tabla 10 Objetivos de calidad para la cuenca del río bajo Sumapaz.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	VALOR MAS RESTRICTIVO
PARÁMETROS ORGÁNICOS		
DBO	mg/L	20
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	20000
PARÁMETROS NUTRIENTES		
NITRITOS	mg/L	10
SOLIDOS		
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	20
PARÁMETROS DE INTERÉS SANITARIO		
ARSÉNICO	mg/L	0,1
BERILIO	mg/L	0,1
CADMIO	mg/L	0,01
CINC	mg/L	2
COBRE	mg/L	0,5
CROMO (Cr+6)	mg/L	0,1
MERCURIO	mg/L	0,01
NÍQUEL	mg/L	0,2
PLOMO	mg/L	0,1
SELENIO	mg/L	0,02
OTROS PARÁMETROS		
ALUMINIO	mg/L	5
BORO	mg/L	0,3 - 4
COBALTO	mg/L	0,05
FLÚOR	mg/L	1
HIERRO	mg/L	5
LITIO	mg/L	2,5
MANGANESO	mg/L	0,2
MOLIBDENO	mg/L	0,01
PH	Unidades	4,9 -9,0
SALES	mg/L	3000
VANADIO	mg/L	0,1

Fuente: Resolución 2833 de 2008- CAR.

11.2.3.5.6. Zonas de vida y ecosistemas

El área de influencia biótica del proyecto corresponde a 171,4 ha; se localiza en la unidad biogeográfica o provincia Norandina en el Distrito Selvas Nubladas Occidentales Cordillera Oriental (IX.10) (141,8 ha) y el Distrito Tolima (IX.11) (29,5 ha) para el caso del área de ZODME. Ocupa en su totalidad la zona de vida Bosque Seco Tropical (bs-T), la cual se define según Espinal & Montenegro, 1977, basado en Holdridge (1967) y modificado por el Instituto von Humboldt (1998) como la formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua, distribuida entre los 0 a 1000 m de altitud, con una temperatura superior a los 24°C y caracterizada por dos periodos de sequía al año con precipitaciones entre los 700 y 2000 mm anuales.

Es considerado un bioma debido a que conforma varios ecosistemas con una fisonomía y vegetación similares, de forma general el dosel se caracteriza por la pérdida completa o parcial del follaje durante las épocas de sequía en el año, mientras que los árboles de menor altura que conforman el sotobosque permanecen “siempre verdes” (Murphy & E., 1986). Dentro de los grupos con mayor representatividad en los bosques secos tropicales, se encuentran árboles y arbustos de las familias Bignoniáceas, Fabaceae (en sentido amplio), Rubiaceae, Malvaceae y Capparidaceae (Pennington, Prado, & Pendry, 2000; Pizano, 2014; Gentry A. H., 1995). Algunos de los géneros más representativos son *Miconia*, *Ficus*, *Capparis*, *Inga*, *Trichilia*, *Bauhinia*, *Machaerium*, *Coccoloba*, entre otras (Mendoza-C, 1999; (IAvH), 1998).

Los relictos de bosque seco constituyen verdaderos bancos genéticos in situ, pues cada uno posee una combinación única de especies (IAvH, 1998; Pennington, Lavin, & Oliveira-Filho, 2009). Las plantas presentan una mayor proporción de biomasa radicular en comparación a la biomasa de tallos y hojas, considerado como altamente productivo dada la fertilidad de sus suelos (Pizano, 2014; Mendoza-C, 1999; Westoby & Wright, 2006). Lo anterior ha generado que las zonas en donde se encuentran los bosques secos tropicales hayan sido expuestas a grandes presiones por el desarrollo agropecuario, ganadero y urbanístico originando que su configuración biótica y su distribución se encuentren altamente amenazada (Pennington, Prado, & Pendry, 2000; Murphy & E., 1986; Janzen, 1998) hasta el punto que gran parte de la vegetación arbórea del bosque seco tropical ha sido remplazada por cultivos y pastizales o se encuentra en estados sucesionales intermedios (Mendoza-C, 1999; Pizano, 2014; Espinal & Montenegro, 1963)

El bosque seco tiene gran cantidad de endemismos producto de las distintas adaptaciones a un escenario de estrés hídrico. La vegetación del bosque presenta una serie de estrategias para sobrellevar el déficit de agua y recuperar la mayor cantidad de humedad del ambiente, entre ellas, la caducidad de las hojas durante época seca, hojas compuestas, folios pequeños, cortezas lisas, presencia de aguijones o espinas, tallos fotosintéticos y estructuras suculentas para almacenar agua. En los estudios que se han hecho hasta el momento, se ha reportado que los bosques secos de Colombia tienen casi 2600 especies de plantas de las cuales 83 son endémicas (Gentry A. H., 1995; Pizano, 2014).

Aunque el conocimiento de los atributos ecológicos, bióticos y socioculturales de los bosques secos en el país aún es incipiente (Pizano, 2014; Pennington, Prado, & Pendry, 2000). El bs-T presta servicios esenciales a las comunidades como la regulación hídrica, la protección de la erosión y la captura de carbono, a su vez provee de plantas tales como especies de leguminosas forrajeras, ornamentales y árboles frutales importantes para el sustento y el bienestar de los pueblos aledaños, como es el caso del Aguacate (*Persea americana*) Matarraton (*Gliciridia sepium*), Carbonero (*Leucaena leucodephala*) Guayacanes (*Tabebuia spp*), Rutaceas como el naranjo, limón y mandarina, Samanes (*Albizia samanea*), Papayo (*Carica papaya*) Pitaya (*Acanthocereus pitahaya*), Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*), Arbol de pan (*Artocarpus communis*) y el Jobo (*Spondias mombin*, *S. purpurea*), entre otras.

Según el mapa de ecosistemas de Colombia, escala 1:500.000 (IDEAM, 2010) en el Área de Influencia del medio biótico se encuentra el Orobioma bajos de los Andes, el cual presenta climas desde templado seco a cálido muy húmedo, localizado aproximadamente entre los 500 a 1800 msnm con temperaturas superiores a los 18°C, se encuentra principalmente sobre unidades geomorfológicas de montaña fluviogravitacional y sobre la montaña estructural erosional. En menor proporción también se identifica el Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena caracterizado por presentar clima calido – seco en mayor proporción y seco en menor, se encuentra principalmente sobre piedemontes coluvio-aluviales (57%), valles aluviales (18%) y lomeríos estructurales y fluviogravitacionales (5%). Las coberturas de la tierra predominantes son pastos (46%), cultivos anuales o transitorios (19%), vegetación secundaria (17%) y áreas agrícolas heterogéneas (12%) (IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP, 2007).

En el Área de Influencia Biótica se encuentran 20 ecosistemas, de los cuales sobresalen los bosques y áreas seminaturales constituidos principalmente por bosque naturales y áreas con vegetación secundaria y en transición, poseen siete ecosistemas que ocupan aproximadamente el 74% del área total en ambos biomas; seguido por los Territorios agrícolas caracterizados por los pastos y mosaicos con siete ecosistemas que representan el 16% aproximadamente de la extensión total; el área restante está representada por ecosistemas de territorios artificializados (véase Tabla 11).

Tabla 11 Ecosistemas identificados para el Área de influencia biótica terrestre.

Bioma Ecosistema	Área (Ha)
Orobioma bajo de los Andes	149,13
Afloramientos rocosos del Orobioma bajo de los Andes	13,64
Arbustal del Orobioma bajo de los Andes	2,33
Bosque abierto del Orobioma bajo de los Andes	54,85
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma bajo de los Andes	17,58
Instalaciones recreativas del Orobioma bajo de los Andes	0,86
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	1,33
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	0,34
Mosaico de pastos y cultivos del Orobioma bajo de los Andes	0,70
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	2,34
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	5,58
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	0,001
Plantación forestal del Orobioma bajo de los Andes	1,27
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados del Orobioma bajo de los Andes	9,79
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	2,81
Tierras desnudas y degradadas del Orobioma bajo de los Andes	0,07
Vegetación secundaria o en transición del Orobioma bajo de los Andes	34,04
Zonas industriales o comerciales del Orobioma bajo de los Andes	0,04
Zonas verdes urbanas del Orobioma bajo de los Andes	1,53
Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	22,32
Pastos enmalezados del Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	17,83
Vegetación secundaria o en transición del Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	4,49
Total	171,45

11.2.3.5.7. Coberturas de la tierra y uso actual del suelo

Considerando el mapa de ecosistemas de Colombia escala 1:500.000 (IDEAM, 2010), la fotointerpretación de las coberturas de la tierra siguiendo la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra - Metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), y los recorridos realizados en campo se establecieron 18 unidades de cobertura para el Área de influencia biótica terrestre del proyecto, que en su mayoría se representan por coberturas naturales y en menor porcentaje se encuentran las de tipo antrópico. En la Tabla 12 se presentan las unidades de cobertura vegetal encontradas en el Área de Influencia del proyecto.

Tabla 12 Coberturas de la tierra identificadas para el Área de influencia biótica terrestre

Coberturas de la Tierra			Área (Ha)	Área (%)
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		
1. Territorios	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	2,81	1,64

Coberturas de la Tierra			Área (Ha)	Área (%)
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		
artificializados	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0,04	0,03
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	9,79	5,71
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Zonas verdes urbanas	1,53	0,89
		1.4.2. Instalaciones recreativas	0,86	0,50
2. Territorios agrícolas	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios	0,00	0,00
		2.3.2. Pastos arbolados	2,34	1,37
		2.3.3. Pastos enmalezados	23,41	13,65
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	0,70	0,41
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1,33	0,78
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	0,34	0,20
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto	54,85	31,99
		3.1.4. Bosque de galería y/o ripario	17,58	10,25
		3.1.5. Plantación forestal	1,27	0,74
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2. Arbustal	2,33	1,36
		3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	38,53	22,48
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.2. Afloramientos rocosos	13,64	7,95
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0,07	0,04
Total			171,45	100,00

En el área de influencia biótica terrestre del proyecto hay un predominio de las coberturas de Bosques y áreas seminaturales representadas por Bosque abierto, Bosque de galería y/o ripario, Plantación forestal (correspondiente a las cercas vivas), Arbustales, Vegetación secundaria o en transición, Afloramientos rocosos, y Tierras desnudas y degradadas, las cuales representan aproximadamente el 75% del área total; destacándose dentro de estas el Bosque abierto con una extensión de 54,58 ha, seguida por la Vegetación secundaria o en transición con 38,53 ha.

Por su parte, las coberturas de origen antrópico representan aproximadamente el 25% del área evaluada, siendo Pastos enmalezados la cobertura más predominante con 23,41 ha (correspondientes a la zona de botadero destinada dentro de las obras del Proyecto), seguida por Red vial, ferroviaria y terrenos asociados con 9,79 ha.

11.2.3.6. Formulación de programas para el uso eficiente y ahorro de agua

Como parte del plan de uso eficiente y ahorro del agua se proponen programas enfocados a la reducción de consumo de agua, reducción de pérdidas y sensibilización y educación ambiental del personal.

A continuación se presentan los programas a desarrollarse durante los cinco años de aplicación del plan.

11.2.3.6.1. Programa N° 1. Sensibilización y educación ambiental

- Objetivo

Capacitar al personal activo en la etapa constructiva, con el fin de generar una conciencia ambiental con énfasis en el uso eficiente y ahorro de agua.

- Metas e Indicadores

✓ Meta 1: realizar el 100% de las capacitaciones programadas, siendo 6 cada año (30 en total)

- Porcentaje de capacitaciones realizadas durante cada año.

$$\%CAP_{AÑOn} = \frac{CAP_R}{CAP_P} \times 100$$

Donde:

$\%CAP_{AÑOn}$: porcentaje de capacitación (año 1, año 2, año 3, año 4 y año 5).

CAP_R : número de capacitaciones realizadas.

CAP_P : número de capacitaciones programadas.

- Porcentaje de capacitaciones realizadas durante la vigencia del programa.

$$\%CAP_{TOTAL} = \frac{(\%CAP_{AÑ01} + \%CAP_{AÑ02} + \%CAP_{AÑ03} + \%CAP_{AÑ04} + \%CAP_{AÑ05})}{5}$$

Donde:

$\%CAP_{TOTAL}$: porcentaje de capacitación durante la vigencia del PUEAA.

✓ Meta 2: capacitar al 90% del personal que trabaja en las instalaciones asociadas al Proyecto

$$\%PC = \frac{PAC}{PAP} \times 100$$

Donde:

$\%PC$: porcentaje de personal capacitado.

PAC : número de personal asistente a las capacitaciones.

PAP : personal activo para el proyecto.

- Actividades a Desarrollar

✓ Realizar una capacitación semestral al 100% del personal activo en el proyecto, enmarcada en el uso eficiente del agua. Se tomará asistencia para cada capacitación realizadas y se realizará evaluación al personal, con el fin de afianzar la temática abordada.

✓ Diseñar cada una de las capacitaciones a realizar con el personal (programa de capacitación), las cuales se realizarán mediante charlas magistrales, documentales, presentaciones, juegos de roll, carteleras, entre otros.

De igual manera, se abordarán temáticas relacionadas con lo siguiente:

- Identificación de acciones que permitan reducir el consumo de agua dentro de las actividades constructivas del proyecto.
- Dar a conocer el presente PUEAA, indicando acciones puntuales que puede realizar el personal para su cumplimiento.
- A partir del segundo año, se dará a conocer el avance de cumplimiento del PUEAA al personal.
- Responsable

Los responsables de la ejecución y cumplimiento del presente PUEAA será el personal del área ambiental del proyecto.

- Cronograma

En la Tabla 13 se presenta el cronograma de actividades para el programa de sensibilización y educación ambiental

Tabla 13 Cronograma de actividades Programa N° 1.

ACTIVIDAD	AVANCE				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Diseño Programa de Capacitación anual y quinquenal					
Programación y Ejecución de Capacitaciones Año 1					
Programación y Ejecución de Capacitaciones Año 2					
Programación y Ejecución de Capacitaciones Año 3					
Programación y Ejecución de Capacitaciones Año 4					
Programación y Ejecución de Capacitaciones Año 5					

11.2.3.6.2. Programa N° 2. Reducción de consumo

- Objetivos

Recolectar y aprovechar el agua lluvia en las actividades del proyecto

- Metas e Indicadores

- ✓ Meta 1: Reducir el consumo de agua en 1% anual

$$\text{Consumo año } i+1 / \text{consumo año } i \leq 0.99$$

- Actividades a Desarrollar

Durante el primer año de ejecución del presente PUEAA, se llevarán registros mensuales de consumo, con el fin de determinar la demanda de agua real por parte del personal y las actividades a realizar durante construcción. No obstante, los registros de agua se llevarán durante toda la vigencia del PUEAA y con base en el consumo del año inmediatamente anterior se establecerán las metas de reducción.

- Recolectar el agua lluvia para labores de riego de vías entre otras .

De acuerdo a lo establecido en la resolución 1207 de 2014, se evaluará el reúso del agua lluvia para actividades dentro de las obras de construcción, con el fin de disminuir la demanda de agua captada.

- Responsable

Los responsables de la ejecución y cumplimiento del presente PUEAA será el personal del área ambiental del proyecto.

- Cronograma

En el Tabla 14, se presenta el cronograma de reducción del consumo y aprovechamiento del agua lluvia

Tabla 14 Cronograma de actividades programa N° 2.

ACTIVIDAD	AVANCE				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Registros mensuales de consumo de agua					
Aprovechamiento de agua lluvia					

11.2.3.7. Implementación Y Seguimiento

Los principales elementos a considerar para la implementación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua son:

1. Selección del comité de gestión encargado de la administración del PUEAA. Este comité deberá determinar la metodología de trabajo para el desarrollo de las actividades propuestas de acuerdo con el cronograma de ejecución y el presupuesto, así como las herramientas requeridas para lograr un control adecuado de las dificultades y progresos del programa.
2. Establecimiento del cronograma mes a mes de actividades para el quinquenio de acuerdo con las metas y el presupuesto disponible y proyectado. A continuación se presentan una serie de acciones previas que servirán de guía para la elaboración del cronograma.
 - Establecer las necesidades de personal dentro de las instalaciones y el recurso disponible.
 - Especificar la información base requerida y el tipo de información a obtener durante el desarrollo de los programas.
 - Diseñar bases de datos y destinar encargados del manejo y análisis de la información recopilada durante el desarrollo de las actividades del PUEAA.
 - Seleccionar canales de distribución de información para la divulgación de las acciones definidas para el desarrollo del PUEAA.

3. Participación de los trabajadores: el personal del proyecto es una parte fundamental para lograr el éxito del PUEAA, ya que con su participación activa es posible determinar si se está desarrollando de forma eficientes y de acuerdo con lo programado, para esto es necesario:
 - Presentar el PUEAA haciendo énfasis además de su importancia, en las metas, objetivos, actividades e indicadores.
 - Informar a los trabajadores de forma clara como es su participación en las actividades PUEAA.
 - Capacitar al personal que va a desarrollar las actividades dentro de las instalaciones para el manejo de datos e información.
 - Campañas visuales alusivas al PUEAA.
4. Evaluación de la efectividad del programa: la evaluación de los programas se realizará con el seguimiento de las actividades propuestas para su desarrollo, para esto es necesario diseñar formatos que permitan de forma sencilla y práctica documentar el desarrollo de las actividades y los resultados obtenidos, de esta forma se facilita la evaluación de los indicadores de cada programa y el análisis de resultados.
5. Actualización de los programas: con base en los resultados obtenidos en la evaluación de la efectividad del programa se identificarán las actividades que presentan resultados favorables para alcanzar las metas establecidas.

En caso de presentarse resultados no satisfactorios deberá ser reevaluada la metodología de trabajo y su eficiencia, además de realizar un análisis beneficio – costo y establecer actividades alternas que generen mejores resultados.

El avance en el PUEAA debe presentarse en informes de avance anuales donde se incluya como mínimo las actividades desarrolladas, metodología empleada, inconvenientes presentados, los resultados obtenidos, personal que participó, el estado de avance según cronograma, los retrasos con sus causas y planes de acción, evaluación de los indicadores de seguimiento y recursos causados. Además debe incluir las actividades a desarrollar el siguiente año y los recursos necesarios.

11.2.3.8. Bibliografía

- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto – Ley 2811 (18 diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente. Santa Fe de Bogotá. La Presidencia, 1974. 28 p.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Santa Fe de Bogotá.: El Congreso, 1993. 59 p.
- COLOMBIA. EL CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 373 (6, junio, 1997). Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua. Santa Fe de Bogotá. El Congreso, 1974.3 p.
- COLOMBIA. EL CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1333 (21, julio, 2009). Por el cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Santa Fe de Bogotá. El Congreso, 2009. 9 p.
- COLOMBIA. EL CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1437 (18, enero, 2011). Por la cual se expide código de procedimiento administrativo y de lo contencioso administrativo. Santa Fe de Bogotá. El Congreso, 2011.59 p.
- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1541 (28, julio, 1978). Por lo cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 “de las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973. Santa Fe de Bogotá. El Congreso, 1978.31 p.
- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1594 (26, junio, 1954. Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI-Parte III-libro II y el título III de la parte III-libro I-del decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Santa Fe de Bogotá. El Congreso, 1954.31 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Resolución 1096 (17, noviembre, 2000). Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. El Ministerio, 2000. 1179 p.
- Sección II, Título B. Sistemas de Acueducto.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2320 (27, noviembre, 2009). Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS –. El Ministerio, 2009. 2 p.
- REPÚBLICA DE COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE CUNDINAMARCA – CAR. Resolución 2833 (30 de diciembre de 2008) Por el cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Sumapaz, a lograr en el año 2020.