



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS VERTIMIENTOS DE MINERÍA
AURÍFERA SOBRE LA QUEBRADA BEMANGO (REMANGO) EN EL MUNICIPIO DE
BURITICÁ DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA**

VIKY GONZÁLEZ MELÉNDEZ

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
MANIZALES
2018

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS VERTIMIENTOS DE MINERÍA
AURÍFERA SOBRE LA QUEBRADA BEMANGO (REMANGO) EN EL MUNICIPIO DE
BURITICÁ DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

VIKY GONZÁLEZ MELÉNDEZ

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio
Ambiente

Director:

JUAN CARLOS MONTOYA SALAZAR

Ingeniero Agrónomo

Ph.D. Ciencias Agropecuarias

Línea de Investigación

BIOSISTEMAS INTEGRADOS

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

MEDELLÍN

2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Manizales; (agosto, 2018)

Este trabajo se dedica a mi familia por su apoyo incondicional durante este proceso académico, por su paciencia en los momentos críticos y sus palabras de aliento.

Además, a la comunidad de mineros informales del Municipio de Buriticá por abrir sus puertas a este proceso investigativo, a los pobladores de las Veredas La Palma y el Corregimiento El Llano de Uruarco por su acompañamiento en las actividades de recolección de información y recorridos de campo. Cada charla no solo permitió conocer las actividades que se desarrollan sino también aportar un poco de concomimiento para la mejora en los procesos, y motivar a la importancia del cuidado ambiental y la formalización de los procesos desarrollados.

Viky González Meléndez

Ingeniera Sanitaria. Universidad de Antioquia. Especialista en aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Residencia: Medellín (Antioquia). Móvil: 3122243228, dirección electrónica: viky1191@gmail.com.

Agradecimientos

La Universidad de Manizales por los conocimientos aportados en el proceso académico. A los docentes de cada curso y taller de línea por las contribuciones conceptuales y motivación en el proceso investigativo.

El Ingeniero Juan Carlos Montoya (Asesor), por sus comentarios y observaciones en el proceso de investigación.

A los acompañantes en el trabajo de campo, por su paciencia en las largas caminatas, a los mineros informales por permitirme ingresar a sus plantas de beneficio de oro y conocer los procesos desarrollados.

CONTENIDO

1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2	ANTECEDENTES	8
3	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	10
4	OBJETIVOS	11
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5	JUSTIFICACIÓN	12
6	CATEGORÍAS DE ANÁLISIS Y TÓPICOS.....	14
7	HIPÓTESIS O SUPUESTOS	15
8	MARCO TEÓRICO.....	16
8.1	MINERÍA AURÍFERA EN COLOMBIA	18
8.1.1	Potencial geológico.....	18
8.1.2	Tipos de minería	20
8.2	CALIDAD DEL AGUA Y APLICACIÓN DE INDICADORES.....	21
8.2.1	Indicadores de calidad.....	22
8.3	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	24
8.3.1	Métodos de identificación y evaluación de impactos ambientales	25
8.4	EFFECTOS DE LA MINERÍA EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EL AGUA	28
8.4.1	Impactos sobre el suelo.....	29
8.4.2	Impactos sobre el agua	30
8.4.3	Problemas causados por la minería en la calidad de las aguas	30
9	METODOLOGÍA.....	32
9.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	32
9.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN Y FUENTES DE INFORMACIÓN	33
9.2.1	Información primaria:	34
9.2.2	Información secundaria:	34
9.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
9.3.1	Muestras de laboratorio.....	36
9.4	TRABAJO DE CAMPO.....	39
9.4.1	Salida de reconocimiento	39
9.4.2	Visitas a plantas de beneficio	39
9.4.3	Localización puntos de monitoreo.....	40
9.4.4	Monitoreo de calidad del agua	41
9.5	SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN	42
9.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	44

10.1	GENERALIDADES MUNICIPIO DE BURITICÁ - ANTIOQUIA	44
10.2	CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA BEMANGO	44
10.3	IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE PLANTAS DE BENEFICIO AURÍFERO.....	46
10.4	BENEFICIO DEL MINERAL AURÍFERO	52
10.4.1	Trituración	52
10.4.2	Molienda	53
10.4.3	Manejo de lodos (Tanques de sedimentación)	54
10.4.4	Cianuración.....	56
10.5	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA BEMANGO	57
10.5.1	Temperatura	61
10.5.2	pH	61
10.5.3	Oxígeno disuelto.....	62
10.5.4	Conductividad	63
10.5.5	DBO ₅ y DQO.....	64
10.5.6	Sólidos suspendidos totales (SST)	65
10.5.7	Coliformes Fecales y Totales	66
10.5.8	Grasas y aceites	67
10.5.9	Turbiedad.....	68
10.5.10	Nitrógeno total	69
10.5.11	Fosforo total.....	70
10.5.12	Alcalinidad.....	71
10.5.13	Dureza.....	72
10.5.14	Sulfatos	73
10.5.15	Cloruros	74
10.5.16	Hierro	75
10.5.17	Calcio y Magnesio	76
10.5.18	Metaloides (Cadmio, Cromo, Mercurio y Cianuro)	77
10.5.19	Análisis estadístico resultados de monitoreo.....	78
10.6	INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA	80
10.6.1	Índice de Calidad de Agua (ICA).....	80
10.6.2	Índice de Contaminación	82
10.7	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	85
10.8	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	92
11	CONCLUSIONES	100
12	RECOMENDACIONES	102
13	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Regiones de minería de oro de aluvión.....	19
Tabla 2.	Regiones de minería de oro de filón	19
Tabla 3.	Grandes proyectos de exploración de oro	20
Tabla 4.	Metodología toma de muestras	36
Tabla 5.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos muestreo de calidad del agua Quebrada Bemango.....	37
Tabla 6.	Puntos de monitoreo.....	41
Tabla 7.	Identificación y localización plantas de beneficio aurífero	48
Tabla 8.	Resultados de caracterización de aguas – noviembre 17 de 2017.....	57
Tabla 9.	Resultados de caracterización de aguas – febrero 18 de 2018	59
Tabla 10.	Resultados DBO5 y DQO	64
Tabla 11.	Resultados de valores estadísticos de las variables medidas	78
Tabla 12.	Factores de ponderación para la determinación del ICA.....	81
Tabla 13.	Intervalos de calificación de la calidad del agua para el índice de calidad del agua ICA	81
Tabla 14.	Resultado índice de calidad del agua -ICA	81
Tabla 15.	Significado de los Índices de Contaminación ICO_s	84
Tabla 16.	Resultados índices de contaminación ICOMI, ICOMO E ICOSUS	84
Tabla 17.	Matriz de identificación de impactos	87
Tabla 18.	Matriz de impactos sobre el recurso hídrico	91
Tabla 19.	Rangos de calificación de los criterios utilizados.....	93
Tabla 20.	Calificación ambiental.....	94
Tabla 21.	Calificación de impactos ambientales sobre el recurso hídrico	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización Zona de Estudio.....	32
Figura 2.	Localización puntos de monitoreo	41
Figura 3.	Localización plantas de beneficio.....	51
Figura 4.	Temperatura del agua Quebrada Bemango	61
Figura 5.	Variación del pH en la Quebrada Bemango.....	62
Figura 6.	Oxígeno Disuelto en la Quebrada Bemango	62
Figura 7.	Conductividad en la Quebrada Bemango	63
Figura 8.	DBO ₅ en la Quebrada Bemango.....	64
Figura 9.	Sólidos suspendidos totales en la Quebrada Bemango	65
Figura 10.	Coliformes Totales en la Quebrada Bemango	67
Figura 11.	Coliformes Fecales en la Quebrada Bemango	67
Figura 12.	Grasas y Aceites en la Quebrada Bemango.....	68
Figura 13.	Turbiedad en la Quebrada Bemango	69
Figura 14.	Nitrógeno Total en la Quebrada Bemango	69
Figura 15.	Fosforo Total en la Quebrada Bemango.....	70
Figura 16.	Alcalinidad en la Quebrada Bemango.....	71
Figura 17.	Dureza en la Quebrada Bemango.....	72
Figura 18.	Sulfatos en la Quebrada Bemango	73
Figura 19.	Cloruros en la Quebrada Bemango.....	74
Figura 20.	Hierro en la Quebrada Bemango.....	75
Figura 21.	Calcio en la Quebrada Bemango	76
Figura 22.	Magnesio en la Quebrada Bemango.....	77
Figura 23.	Diagrama de cajas resultados de monitoreo.....	80
Figura 24.	Calificación ambiental de los impactos evaluados.....	97

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1.	Quebrada Bemango Zona media	45
Imagen 2.	Molinos Entable La Colina S.A.S.....	46
Imagen 3.	Lagunas de tratamiento de lodos	47
Imagen 4.	Trituradora de material	52
Imagen 5.	Molinos de bolas	53
Imagen 6.	Manejo de cítricos en el proceso de molienda.....	54
Imagen 7.	Tanques de sedimentación.....	55
Imagen 8.	Tinas de agitación (Proceso de Cianuración)	56
Imagen 9.	Toma de muestras punto 1 de monitoreo	58
Imagen 10.	Toma de muestras punto 2 de monitoreo	59
Imagen 11.	Fijación de oxígeno punto 3 de monitoreo	60
Imagen 12.	Predio con vocación agrícola- Vereda La Palma.....	86
Imagen 13.	Modificación de paisaje	89
Imagen 14.	Almacenamiento de lodos Corregimiento Llanos de Uruarco	89

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Formatos de campo (Entrevista y Lista de chequeo Impactos Ambientales)

Anexo 2: Formatos monitoreo de calidad del agua

Anexo 3. Resultados de laboratorio.

RESUMEN

La minería aurífera en Colombia hace parte de los sectores con mayor desarrollo económico en las diferentes regiones, con procesos de explotación y extracción de mineral desarrollados de manera legal y mediante minería de hecho. La ejecución de proyectos mineros ha generado impactos negativos en el ambiente con modificación del suelo, calidad del agua, aire y cambios en el paisaje, además de impactos sociales, políticos y económicos, con variación en las dinámicas demográficas, cambios sociales y culturales.

El proyecto de investigación se centró en la evaluación de impacto ambiental de los vertimientos de los procesos de extracción de mineral de oro sobre la Quebrada Bemango (Buriticá- Antioquia), de igual manera se realizó toma de muestras de agua en tres puntos de monitoreo distribuidos sobre el cauce en dos épocas del año, logrando obtener resultados de calidad espacio temporales.

La investigación arrojó como resultado que el desarrollo de actividades mineras genera impactos muy significativos y graves relacionados con la variación de las características químicas y aportes contaminantes sobre el agua, este resultado es coherente además con la aplicación del índice de calidad del agua ICA e índices de contaminación ICOS, donde se cuenta con calidad entre aceptable y regular; mala y muy mala respectivamente, con resultados más críticos en la zona de mayor número de plantas de beneficio.

Palabras Claves: Minería, Calidad del Agua, Impacto ambiental, Índices de calidad Quebrada Bemango, Buriticá.

ABSTRACT

Gold mining in Colombia is part of the sectors with greater economic development in the different regions, with processes of exploitation and extraction of minerals in a legal manner and through de facto mining. The execution of mining projects has generated negative impacts on the environment with soil modification, water quality, change and changes in the landscape, as well as social, political and economic impacts, with variation in demographic dynamics, social changes and cultural.

The research project focused on the evaluation of the environmental impact of the discharges of the gold mining processes on the Quebrada Bemango (Buriticá-Antioquia), as well as the sampling of water at three distributed monitoring points, on the riverbed in two seasons, achieving temporary quality space results.

The investigation showed that the development of mining activities generates very serious and serious impacts related to the variation of the chemical characteristics and contaminants of water in the water, this result is also consistent with the application of the ICA water quality index. ICOS pollution indexes, where there is quality between acceptable and regular; bad and very bad respectively, with more critical results in the area with the greatest number of benefit plants.

Key Words: Mining, Water Quality, Environmental Impact, Quality Indices, Creek Bemango, Buriticá

INTRODUCCIÓN

La minería aurífera hace parte de los sectores con mayor desarrollo económico en el país, donde en el año 2010 según el Consejo Mundial del Oro el país llegó al puesto 19 de los mayores productores de oro en el mundo con un 1,2% de la producción mundial, con cifras en aumento; donde en el año 2016 se posicionó como el segundo sector con mayor crecimiento en el país después de los establecimientos financieros, para el año 2017 se ubicó en uno de los 15 países del mundo con la mayor exportación del mineral donde de acuerdo a cifras del DANE el 72,4% del oro que exportó Colombia en 2017 provino del departamento de Antioquia.

El crecimiento del sector minero energético en el país se soporta en las estrategias propuestas por el gobierno, donde para el caso del Presidente Álvaro Uribe (2002-2010) se implementó la estrategia de impulsar el sector minero – energético como motor de la economía y así convertir a Colombia en uno de los países más importantes de América Latina para el 2019, con esta política continuó el presidente Santos que lo incorporó en el Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014) (Rodríguez, Grisales, & Gutiérrez, 2013).

En el país se cuenta con diversos yacimientos auríferos a lo largo y ancho del territorio que son explotados de manera legal y mediante minería de hecho, donde según los reportes (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014) existen 4.133 unidades de minería que son equivalentes al 29% de la minería con o sin título minero. El desarrollo de proyectos mineros ha generado impactos negativos en el ambiente con modificación del suelo, la calidad del agua, el aire y cambios en el paisaje, además de impactos sociales, políticos y económicos, con variación en las dinámicas demográficas, cambios sociales y culturales importantes.

El desarrollo de actividades de explotación y extracción de minerales es de las prácticas que mayores impactos ha generado en los recursos naturales; siendo consideradas como causantes de la deforestación de los bosques húmedos tropicales, ya que promueven la tala para la construcción de infraestructura, donde como lo menciona (Ramírez & Ledezma, 2007) uno de los factores que amenaza las condiciones originales de los bosques es la explotación minera, la cual produce ruptura de la matriz provocando fragmentación del hábitat y pérdida del germoplasma valioso. Así mismo es una industria

con altas demandas del recurso hídrico, disminuyendo la oferta destinada a fines de abastecimiento de las comunidades y demás actividades de orden agrícola, pecuario y recreativo.

En Colombia las actividades extractivas de minerales han desempeñado papel importante en el desarrollo económico del país, con crecimiento exponencial de la actividad entre los años 2010 y 2014, donde como lo indica (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014) la producción de oro para el periodo 2009-2013 ha crecido un 16,5%, al pasar de 47,8 toneladas a 55,7 toneladas en igual periodo, con disminución en el año 2013 relacionada con la calidad de precios por onza en el mercado. Sin embargo, el desarrollo de estas actividades ha generado impactos de carácter ambiental, social, político y económico, siendo aquellos del orden ambiental los más representativos no solo por los efectos en términos de cantidad y calidad en el recurso sino por las limitantes en su aprovechamiento en otros usos y los impactos sociales y políticos que se desencadenan.

Teniendo en cuenta el auge minero aurífero dado en la Región del Occidente de Antioquia, en especial en el Municipio de Buriticá con procesos de explotación y extracción ilegales y desarrollados de manera artesanal, que han generado afectación en el recurso hídrico del municipio con pérdida de la diversidad y desabastecimiento, así como problemas sociales y políticos inmersos en el poder para el aprovechamiento del recurso, se desarrolla estudio que permite conocer el estado de las actividades desarrolladas en la zona de influencia de la Quebrada Bemango y sus impactos generados.

Con el presente estudio de investigación y teniendo en cuenta las condiciones dinámicas de la zona relacionadas con el crecimiento desmedido de entables mineros, y modificaciones en el uso del suelo y el agua, donde además se dio operación de desmantelamiento de la minería ilegal en el año 2016 se identifican y evalúan los impactos ambientales generados por los vertimientos de las plantas de beneficio de oro, de igual manera se evalúa la calidad del agua con monitoreo espacio temporal que permitirá conocer el estado actual del recurso y su recuperación por la disminución de vertimientos.

Los resultados obtenidos serán útiles para la administración municipal y autoridad ambiental en el desarrollo de instrumentos de planificación del territorio, y del recurso hídrico, además como información base del proceso de recuperación del cuerpo de agua.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia es un país de tradición minera. Esta actividad ha desempeñado un papel importante tanto en el entorno económico como social del país. Entre los años 2010 y 2014, el sector minero ha tenido tasas de crecimiento de los 16,5% superiores a las presentadas por otros sectores productivos como la silvicultura, la piscicultura y en algunos años las manufacturas. Este dinamismo de la actividad minera se explica, en parte, por el aumento que tuvieron los precios internacionales de minerales entre 2010 y el 2012 y por la legislación colombiana que hizo atractiva la inversión extranjera y nacional en el sector (Ministerio de Minas, 2016).

El desarrollo de las actividades de beneficio minero de oro en diversas zonas del país presenta impactos de carácter ambiental, social, político y económico en las comunidades donde se ejecuta la actividad, con afectación ambiental importante de la calidad del agua, el suelo y generación de emisiones contaminantes, esto lo confirman estudios que se han desarrollado en diversas zonas del país como es el caso del Río Condoto del Departamento del Chocó donde (Sanchez Arriaga & Cañon Barriga, 2010) concluyen: entre las principales actividades desarrolladas en el río Condoto, la minería probablemente es la causante del mayor impacto en la calidad del río debido al aporte de sólidos, aceites y mercurio, los cuales llegan a las fuentes hídricas y ocasionan problemas de sedimentación, aumento de turbiedad, cambios en las características hidráulicas y geomorfológicas y afectación de la vida acuática.

Otro caso crítico corresponde al de las actividades mineras auríferas desarrolladas en el Municipio de Marmato – Caldas, donde se han desarrollado diversos procesos de investigación relacionados con la afectación ambiental y evaluación de impactos como el de (Ángel & Alvear, 2013) quienes concluyen que los resultados arrojados por la matriz de impactos eco sistémicos indican que los recursos naturales que se ven afectados significativamente con el recurso hídrico y el suelo, comprometiendo las características fisicoquímicas y biológicas de estos, debido a la disposición inadecuada de estériles y al vertimiento de las aguas provenientes de los molinos que se hace directamente sobre la quebrada, la afectación de estos dos recursos desencadena problemas de paisaje, salud, seguridad y culturales; esto soportado además por (Gómez & Rojas, 2014) quienes desarrollan estudio de afectación ambiental en la quebrada Cascabel generada por la

explotación minera y mencionan que los impactos ambientales identificados y valorados en la investigación, coinciden en la alteración de los procesos biológicos al recurso hídrico, limitando la posibilidad del aprovechamiento del mismo en el tramo analizado.

Por su parte, para el Departamento de Antioquia ha sido por tradición una zona de actividad minera y sus recursos constituyen una riqueza natural de gran importancia, pues se presenta condiciones geológicas propicias para la exploración y explotación de diversos materiales. El principal producto minero de Antioquia es el oro, cuyos yacimientos se encuentran en varias de sus zonas mineras como lo son Amalfi, Segovia, Remedios, Zaragoza, El Bagre, Frontino, Abriaquí, Caramanta y Cáceres (BIRD, 2008) en (Villa & Franco, 2013). En la región se han desarrollado diversos estudios en torno a las actividades de minería de oro y los impactos generados como lo es el trabajo de investigación de (Cano, 2017) quien desarrolla análisis por dimensiones (física, biótica, económica, social y política) de los impactos generados por la minería aurífera artesanal; por otro lado (Correa, 2017), desarrolla análisis de las principales problemáticas de la minería descontrolada en el Bajo Cauca relacionadas en general con contaminación por mercurio, tala de árboles, problemática social y económica entre otras.

En general (Ramírez F. , 2007) indica que los procesos asociados a la minería tienen un impacto negativo en la tierra, comenzando por la exploración, en ella se abren zanjas, se preparan y abren caminos y carretables de gran envergadura para el transporte de maquinaria pesada para esta industria; hay permanentes explosiones sobre las áreas a estudiar, se destruye parte del bosque con la fauna y la flora que la contienen, se desvían ríos, quebradas, se impactan los nacederos de agua, se comienza a desplazar al poblador natural de la región, se presiona la venta de las tierras que se utilizaran en la mina y en las zonas de amortiguación con procesos basados fundamentalmente en el uso de la violencia a partir de ejércitos públicos, privados y empresas de mercenarios.

Con lo anterior en el país se han desarrollado diversos estudios para evaluar los impactos del desarrollo de actividades de minería aurífera en diferentes regiones, como los de: (Lagarejo, 2015), (Restrepo , 2015), (Quesada, 2015), (Rivas, 2015), (Rodríguez, Grisales, & Gutiérrez, 2013), (Serna & Montaña, 2013), (Olivero, 2011) y (Güiza, 2011) entre otros.

En el caso de la Quebrada Bemango objeto de estudio se presenta afectación por vertimientos producto del beneficio minero aurífero desarrollado en la zona rural del Municipio de Buriticá (Departamento de Antioquia), donde se dio asentamiento desmedido de entables mineros, con efectos negativos en la calidad del agua, relacionados con cambios en las condiciones organolépticas, aumento en las concentraciones de sólidos, y trazas de iones, metales y metaloides.

El municipio de Buriticá Antioquia se ubica en la subregión Occidente del departamento, siendo parte del corredor minero Santa Fe De Antioquia - Frontino, zona de desarrollo acelerado en torno a explotaciones mineras. El municipio desde el año 2009 ha presentado aumento en el desarrollo de actividades mineras, acorde este con el aumento del precio internacional del oro en el marco de la crisis internacional en el mismo año (Eslava, Silva, Tobón, & Vélez, 2014) en (Silva Jaramillo, 2015), así como con las políticas extractivistas del gobierno nacional; con actividades de tipo formal realizadas por la empresa canadiense *Continental Gold* quien cuenta con título minero para el desarrollo de actividades de exploración y explotación, y de tipo informal con construcción de socavones artesanales y demás infraestructura requerida para el beneficio del mineral que ha implicado la llegada de cientos de mineros informales de diferentes regiones del departamento y de otros sitios del país con impactos negativos generados no solo en temas ambientales sino en aquellos de carácter social, económico y político.

El incremento en la explotación minera de oro informal en el municipio de Buriticá-Antioquia con auge en los últimos 5 años (2010-2015), ha generado modificaciones aceleradas en las dinámicas ambientales, sociales, económicas y políticas propias de la región; relacionadas con cambios en el uso del suelo de agrícola a industrial, modificación de la vocación económica de la población que se basaba en general en la agricultura, cambios demográficos con acelerados procesos migratorios que desplazaron la población propia de la zona con aumento de la población foránea, modificación de las condiciones de vida de los pobladores con aumento en los costos, corrupción, contaminación del medio ambiente con efectos negativos en el agua y el suelo por el vertimiento sin tratamiento de aguas residuales no domésticas y residuos sólidos producto del desarrollo de actividades de explotación y beneficio del mineral; limitaciones en el uso del agua, expropiación de terrenos y aparición de grupos armados ilegales.

El auge minero aurífero en el territorio ha llevado a su vez a la instalación de infraestructura física para el beneficio del material en diferentes veredas del municipio, es de esta manera como se dan construcciones en las Vereda la Palma y el Corregimiento Llanos de Uruarco ubicadas al norte del casco urbano, donde con los procesos de beneficio se genera gran cantidad de caudal con altas concentraciones de sólidos suspendidos y trazas de compuestos químicos (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014) que son para algunos casos descargados de manera directa sobre fuentes cercanas, caños y el suelo, generando afectación ambiental en los cuerpos de agua, en especial sobre la quebrada Bemango quien es la receptora principal de los vertimientos domésticos de la zona urbana del municipio, así como los no domésticos de las veredas en mención.

Las diferentes descargas que se dan sobre caños, el suelo y en especial sobre la Quebrada Bemango generan afectación ambiental de la calidad del agua de la fuente, con deterioro de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas propias de la misma, y consecuencias graves como la pérdida en la diversidad del sistema acuático, así como afectaciones sociales por generación de olores y modificación del paisaje, e imposibilidad en el aprovechamiento en uso agrícola y recreativo del recurso hídrico por comunidades asentadas aguas abajo debido los altos grados de contaminación.

El deterioro de la fuente presentó mayor incremento entre los años 2013 y 2015 (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014) por las descargas de aguas residuales domésticas vertidas de manera directa y que han aumentado su caudal de manera proporcional a la construcción de infraestructura de servicios para el sostenimiento de la población que labora en los entables mineros. Es importante mencionar que las construcciones se dieron de manera desordenada que no ha permitido una recolección adecuada de las aguas residuales domésticas y no domésticas generadas en el beneficio del mineral, con vertimientos puntuales de cada uno de los entables, hecho que agrava la problemática.

Al respecto según la información secundaria revisada la administración municipal no cuenta con censo del número de vertimientos existentes y su caracterización que permita generar acciones administrativas de control en cuanto a las cargas contaminantes vertidas y limitación en nuevos vertimientos, tampoco se cuenta con políticas públicas o iniciativas que protejan el recurso hídrico en el municipio teniendo en cuenta las problemáticas de

calidad del agua reportadas por la comunidad aguas abajo de los vertimientos en las Quebradas Bemango y La Clara. En ese sentido se analizó la calidad del agua de la Quebrada Bemango y se evaluaron los principales impactos ambientales generados por los vertimientos producto de actividades auríferas en el cuerpo de agua.

Basado en la problemática ambiental, social y los riesgos por deslizamiento en la zona, así como lo solicitado por la Empresa Continental Gold respecto a la explotación ilegal del título minero de su propiedad en ciertas áreas del municipio, la gobernación de Antioquia de manera conjunta con la administración municipal y Corantioquia, desarrollaron la operación Greta en el año 2016, donde se logra el desmantelamiento de la minería ilegal en el municipio, con acciones que en el mes de agosto llegan a las Veredas La Palma y el Corregimientos Llanos de Uruarco, donde se da desmantelamiento de los molinos de minería, acción donde no se da manejo inmediato de los tanques de sedimentación y lodos almacenados que para muchos casos aún se conservan en la zona dispuestos inadecuadamente con escurrimiento en las laderas y cuerpos de agua cercanos.

Finalmente, y aunque se haya desarrollado a operación Greta en la Zona de influencia de la Quebrada Bemango, en un menor número se conservan actividades de beneficio minero aurífero que operan de manera clandestina con vertimientos de tanques de sedimentación y de cianuración sobre la Quebrada Bemango, con impactos ambientales en la calidad del agua de las fuentes cercanas. .

2 ANTECEDENTES

Según (Olivero, 2011), en Colombia la minería aurífera es un sector estratégico para su desarrollo. En una carrera sin control ni reglas claras, esta actividad hace trámite en el territorio, arrastrando una estela de problemas sobre la sociedad, el ambiente, el bienestar y la salud de las personas.

La minería de oro en el país se desarrolla de manera legal por diferentes empresas que cuentan con la documentación para el desarrollo de actividades de exploración y explotación y tramitan los diferentes permisos para el adecuado desarrollo de las actividades dentro de la normatividad vigente; a la par de las extracciones legales se dan explotaciones informales e ilegales del mineral que acarrear problemas de carácter social, político y ambiental, que modifican las dinámicas propias de las regiones ricas en el mineral.

En Colombia se presentó el mayor auge en las explotaciones mineras luego del aumento del precio en los mercados internacionales, en el marco de la crisis financiera internacional lo que impulso la solicitud de títulos mineros y la explotación ilegal.

De acuerdo a (Silva Jaramillo, 2015), en Buriticá, el aumento del interés minero llevo a un incremento en la extracción de parte de los mineros artesanales locales y la empresa Continental Gold (que hace presencia en el municipio desde finales de los años ochenta) y la llegada de cientos de mineros informales de otras regiones del departamento y el país, sobre todo, de los municipios de Remedios y Segovia en el nordeste antioqueño y Marmato en el norte del departamento de Caldas.

Teniendo en cuenta el auge minero del país, donde se ha dado un crecimiento acelerado no planificado, se presentan implicaciones en todos los ámbitos, con impactos críticos en lo ambiental, político, social y económico, donde en el orden ambiental se ha dado afectación en diferentes ecosistemas, con pérdida de biodiversidad, aumento en la generación de residuos, y contaminación de fuentes hídricas.

En la medida que avanza el desarrollo minero y son conocidas las implicaciones de este se han elaborado estudios de carácter investigativo, donde se ha evaluado las afectaciones

de la minería en la calidad del agua, la salud humana, la economía y el desarrollo de infraestructura de una comunidad, generándose un panorama de afectación negativo evaluado con diversos actores y es diferentes espacios.

En el tema de calidad del agua se han desarrollado estudios específicos como el elaborado por (Sanchez Arriaga & Cañon Barriga, 2010) donde se desarrolla un análisis documental del efecto de vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río Condoto (Chocó, Colombia), donde se tiene que la calidad del agua del río ha disminuido de manera significativa debido principalmente a actividades antrópicas y en especial a las actividades minera; por su parte (González, Montoya, Botero, Arevalo, & Valencia, 2012) presentan una estimación de la huella hídrica de la minería de oro en el municipio de Segovia, Antioquia (Colombia), donde además de evaluar el consumo real de agua en las etapas de extracción y beneficio del oro, cuantifica el grado de contaminación generado principalmente por los vertimiento de mercurio.

Es importante mencionar que para el municipio de Buriticá no se cuenta con estudios de carácter investigativo referentes a la calidad del agua y las afectaciones ambientales por el desarrollo de actividades mineras de oro, sin embargo, debido a las problemáticas de los últimos años producto del crecimiento desmedido se ha desarrollado estudios como los de (Acevedo, 2011) donde se presentan los preparativos de emergencias en la exploración y explotación minera subterránea en el municipio de Buriticá; así como el presentado por (Silva Jaramillo, 2015) cuyo título es “Minería aurífera y construcción de normas informales: análisis institucional del caso Buriticá, Antioquia en 2009 – 2014” donde se presentan la problemática del auge minero relacionada con el crecimiento poblacional y las deficiencias en la construcción de infraestructura en la zona, la corrupción entre otros.

Con las implicaciones evidenciadas por el desarrollo de proyectos mineros es creciente el desarrollo de investigación científica que muestre los niveles de afectación dada por las inadecuadas prácticas de explotación y beneficio del potencial aurífero del país, en las diferentes dimensiones de estudio.

3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta la problemática mencionada, se plantea la pregunta de investigación:
¿Cuál es el impacto ambiental generado por los vertimientos de aguas residuales de las actividades de minería aurífera sobre la Quebrada Bemango en el Municipio de Buriticá, Departamento de Antioquia?

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental de los vertimientos de agua residual de minería aurífera sobre la calidad del agua de la Quebrada Bemango del Municipio de Buriticá- Antioquia.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar las variables físicas de la calidad del agua en tres transectos en la Quebrada Bemango y su relación con la actividad minera aurífera.

Analizar las variables químicas y microbiológicas de la calidad del agua en tres transectos en la Quebrada Bemango y su relación con la actividad minera aurífera.

Identificar las principales afectaciones ambientales en la calidad del agua en la Quebrada Bemango y su relación con los vertimientos de actividades de minería.

5 JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de las afectaciones en el recurso hídrico por la ejecución de actividades de explotación y beneficio aurífero son de gran importancia para el desarrollo de alternativas de tratamiento de caudales de aguas residuales no domésticas, ordenamiento del recurso hídrico, así como para la formulación de políticas de control y regulación de vertimientos en el sector minero; es necesario desde la investigación se den aportes en búsqueda de soluciones que salvaguarden el recurso hídrico del país, como eje articulador y sustento de vida.

Mediante el desarrollo de investigaciones de evaluación de impacto ambiental sobre de la calidad del agua fue posible determinar las concentraciones aportadas a la fuente y como estas modifican las características propias de la corriente con cambios en la dinámica del cauce y pérdida de la diversidad, así como las afectaciones sociales referentes a presencia de olores desagradables, cambios en el paisaje y disminución de la posibilidad de aprovechamiento de caudales en comunidades aguas abajo de los vertimientos.

El desarrollo de la investigación además de evaluar el impacto ambiental de los vertimientos producto de minería aurífera sobre la calidad del agua de la Quebrada Bemango, permitió conocer el estado actual de las actividades de explotación y beneficio aurífero en la zona luego del desarrollo de la Operación Creta en el año 2016, con la que se dio desmantelamiento de la infraestructura ilegal construida, teniendo en cuenta que no contaban con títulos mineros para la explotación de mineral, así como la evidencia de contaminación ambiental, por el no cumplimiento de la normatividad actual vigente en lo que respecta a vertimientos de aguas residuales no domésticas, y residuos sólidos.

La investigación desarrollada dio elementos técnicos importantes relacionados con los impactos ambientales generados por el vertimiento de aguas residuales, de igual manera permitió conocer el estado actual en el desarrollo de actividades de minería de oro en la zona, y los vertimientos que prevalecen ya sea por la ejecución de actividades de beneficio, descole de sistemas de sedimentación con caudales acumulados o escurrimiento de caudal de los lodos almacenados y que no han sido procesados. Con las actividades desarrolladas fue posible además evaluar la calidad física, química microbiológica del agua de la Quebrada Bemango en diferentes puntos y épocas del año, y su relación con los

vertimientos actuales; toda la anterior información insumo para la formulación de acciones de protección y ordenamiento del recurso hídrico y aquellas necesarias de control de contaminación por vertimientos.

Los resultados del desarrollo investigativo, son útiles para la administración municipal y autoridad ambiental, para conocer el estado de operación de entables mineros de oro, así como las condiciones actuales de calidad de la Quebrada Bemango que fue catalogada en el año 2014 como punto caliente de contaminación por algunas organizaciones del país y en la actualidad, aunque cuenta con vertimientos puntuales presenta signos de recuperación en términos de cantidad y calidad del agua. Los resultados logrados dan pautas para el desarrollo de los instrumentos de planificación del territorio y el recurso hídrico en la zona.

6 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS Y TÓPICOS

El desarrollo de la investigación contó con diversas variables de análisis que permitieron obtener resultados que reflejen la realidad de la situación de contaminación de fuentes en el municipio de Buriticá, Antioquia, las categorías de análisis tenidas en cuenta en el desarrollo de las actividades fueron:

Impacto ambiental

- Se estableció el impacto ambiental de los vertimientos sobre el cuerpo de agua, mediante la aplicación de metodologías adecuadas para su determinación.

Calidad del agua de la fuente:

- Se determinó la calidad del agua de la fuente y la influencia de los vertimientos domésticos y no domésticos en la misma. En el tema también dio aplicación de indicadores, que permitió un análisis espacio temporal de los resultados de calidad obtenidos.

Actividad minera:

- Se identificó el tipo de actividad que se desarrolla: exploración, explotación, beneficio, y/o comercialización de oro y otros minerales.

Tipos de vertimiento:

- Se realizó identificación de la infraestructura instalada en las veredas, la cantidad y el tipo de vertimientos que se presentan.

7 HIPÓTESIS O SUPUESTOS

Teniendo en cuenta la temática a desarrollar se planteó como hipótesis que el agua de la quebrada Bemango presenta afectación ambiental por la gran cantidad de sólidos que son vertidos a la fuente con efectos negativos sobre las condiciones organolépticas del recurso, cambios en el lecho del cuerpo de agua, pérdida de diversidad y cambios en el paisaje; en términos del cálculo de los índices de calidad del agua este se encuentra entre regular y malo para los tres puntos de monitoreo.

En el tema de caracterización del agua y basado en las condiciones de beneficio de oro identificadas se cuenta con gran cantidad de sólidos y trazas de compuestos químicos que modifican las características de la fuente, con variación de parámetros como turbidez, color verdadero, cambios en el pH y temperatura, entre otros que modifican las características naturales de la fuente con consecuencias graves como la pérdida de en la diversidad del sistema acuático, así como afectaciones sociales por generación de olores y modificación del paisaje e imposibilidad en el aprovechamiento del recurso hídrico en usos como: doméstico, agrícola y recreativo.

8 MARCO TEÓRICO

La minería aurífera en el país hace parte de los sectores con mayor desarrollo económico, con diversos yacimientos a lo largo y ancho del territorio que son explotados de manera legal y mediante minería de hecho; sin embargo el desarrollo de proyectos mineros ha generado impactos negativos en el ambiente con modificación del suelo, la calidad del agua, el aire y cambios en el paisaje, además de impactos sociales, políticos y económicos, con variación en las dinámicas demográficas, cambios sociales y culturales importantes.

En la actualidad las actividades extractivas de mineral aurífero son consideradas como una de las causas de la deforestación de los bosques húmedos tropicales, ya que promueven la tala para la construcción de infraestructura para la explotación y beneficio minero, así mismo es una industria con altas demandas del recurso hídrico, disminuyendo la oferta destinada a fines de abastecimiento de las comunidades y demás actividades de orden agrícola, pecuario y recreativo.

En el departamento de Antioquia, el creciente auge de las actividades en la región Occidente se ve reflejado en los tramites de títulos mineros desarrollados en la administración departamental, de igual manera en los indicadores de solicitud de permisos ambientales y licencias ambientales para el desarrollo de actividades ante la autoridad ambiental de la región; hecho que ha llevado al deterioro de los recursos naturales con gran afectación en el recurso hídrico generando cambios significativos en las características físicas, químicas y microbiológicas, con grandes cantidades de sedimentos aportadas y compuestos químicos que disminuyen la capacidad de autodepuración del agua y llevan a la pérdida de biodiversidad.

El recurso hídrico hace parte de los aspectos más importantes de la sociedad y su importancia debe trascender a un enfoque de integralidad; más aún cuando se encuentra bajo la presión del aumento de población, las actividades de desarrollo económico y social, con impactos directos e indirectos que afectan el recurso en términos de calidad y cantidad.

La problemática de la disminución de la oferta del recurso hídrico, así como la contaminación debe analizarse de manera integral evaluando las causas y los efectos, para con ello determinar las actividades de mitigación y control que permitan cambios

significativos en las acciones de conservación del recurso hídrico, siendo uno de los principales objetivos el asegurar agua para la población y producción de alimentos, así como la preservación de los ecosistemas asociados al recurso.

Las acciones de conservación del recurso hídrico también se deben enfocar en el control de vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas a los cuerpos de agua, donde las acciones de saneamiento ambiental contribuyen en la búsqueda de ambientes sanos, con control de los procesos de contaminación mediante la instalación de sistemas de tratamiento y demás tecnologías que eviten descargas que alteren de manera significativa las características naturales del agua, como lo menciona (Chamizo, 2011) el saneamiento ambiental se define como un conjunto de servicios o redes técnicas que debe contribuir a crear un ambiente saludable controlando los procesos de contaminación ambiental: aguas residuales, pluviales, residuos sólidos y aguas para consumo humano (Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología EAWAG, 2006).

(Leandro, Coto, & Salgado, 2010), proponen que la calidad del agua -considerando factores físicos, químicos y biológicos, complementados con información sobre las formas, intensidad y permanencia de la contaminación-, constituye insumo fundamental para la toma de decisiones para la gestión integrada del recurso hídrico; entendida esta como la “administración y el desarrollo armonioso del agua y los recursos relacionados, para optimizar el bienestar económico y social, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

Se tiene entonces que el proyecto propuesto pretende evaluar la afectación ambiental de la calidad del agua de la Quebrada Bemango por las descargas de aguas residuales provenientes de entables de minería aurífera que han modificado las características propias de la fuente, con implicaciones de carácter ambiental, social y económico en la región, siendo los resultados un insumo para las acciones a implementar por parte de la administración municipal y autoridad ambiental en la búsqueda de estrategias que permitan la mejora de las características de calidad del agua de la quebrada, buscando se restablezcan sus condiciones naturales del cuerpo de agua.

Con lo anteriormente mencionado, entonces se hace necesario profundizar en lo que refiere a las generalidades del proceso minero de oro en el país, las zonas determinadas

con potencial geológico, los tipos de minería que se desarrollan, efectos en la degradación del suelo y agua y problemáticas causadas, así como calidad del agua y aplicación de indicadores de calidad y evaluación de impactos ambientales.

8.1 MINERÍA AURÍFERA EN COLOMBIA

8.1.1 Potencial geológico

En Colombia el Servicio Geológico Colombiano (SGC), es quien realiza la investigación científica del potencial de recursos del subsuelo del territorio nacional de acuerdo con las políticas del Ministerio de Minas y Energía. En ese sentido, el SGC actualiza el mapa geológico colombiano, caracteriza las zonas de mayor potencial de recursos del subsuelo, adelanta programas de reconocimiento, prospectiva y exploración del territorio nacional, compila, valida, almacena y suministra de forma automatizada y estandarizada los datos y la información del subsuelo y entrega información a la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) para los estudios de planeación sobre su aprovechamiento (Ministerio de Minas, 2016).

Según información de Ingeominas y el Servicio Geológico de Estados Unidos y otras interpretaciones se identificaron en nuestro país quince regiones auríferas en las cuales pueden ocurrir diez tipos de yacimientos auríferos. De estos los más comunes y conocidos son los de placeres y los filones tipo cuarzo-adularia y sulfato ácido, aunque existen otras ocurrencias cuyo verdadero potencial se desconoce (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). En ese sentido en el país se cuenta con dos tipos de minería según los depósitos geológicos determinados, y corresponden a minería de aluvión (depósitos) y de filo (subterránea).

Los depósitos de placer aurífero se encuentran a lo largo de las cuencas interandinas de los ríos Cauca y Magdalena y los ríos que vierten sus aguas a los océanos Atlántico (Atrato) y Pacífico, tales como el San Juan, Naya, Mira, Calima, Timbiquí, Guapí Patía, Telembí; en el oriente se encuentran en los departamentos de Guainía y Vaupés. La geología reciente ha sido el factor preponderante en la acumulación de la mayor parte de estos depósitos de aluviones, coluviones, eluviones y terrazas de cuaternario. (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

En la Tabla 1, se presentan las regiones del país que presentan minería de aluvión.

Tabla 1. Regiones de minería de oro de aluvión

Regiones	Distritos
Zona Antioquia	Caucasia – Bagre- Nechí San Miguel – La Sierra Amalfi – Anorí Río Sucio
Zona Chocó	Atrato – San Juan
Zona Nariño	Barbacoas
Zona de Tolima	Sotomayor Saldaña
Zona del Sur de Bolívar	Animas Altas (Simití) San Pablo Buena Señá (Río Viejo)
Zona de Vaupés - Guainía	Naquén Caramacoa Taraira

Fuente: Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear. Ministerio de Minas. Recursos Minerales de Colombia. Tomo I. Bogotá 1987.

La mayor parte de los depósitos filonianos de nuestro país son de tipo cuarzo – adularia y unos pocos de sulfato ácido, ocurren dentro de rocas volcánicas o adyacentes a ellas, plutones, cuerpos hipoabisales y rocas metamórficas. Poseen una amplia distribución en el territorio nacional, destacándose las zonas de Marmato – Calda; Segovia Vetas y California en Santander, el Diamante en Nariño. Serranía de San Lucas en Bolívar, Santa Isabel en Tolima, Naquén en Guainía y Taraira en Vaupés (Ministerio del Medio Ambiente, 2002), tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Regiones de minería de oro de filón

Regiones	Distritos
Zona Oriental de Antioquia	Zaragoza – Segovia – Remedios Puerto Berrio
Zona Central de Antioquia	Murindó Titiribí Acandí (Chocó)
Zona Cordillera Occidental	Batolito de Mandé Paramo de Frontino Plateado Torrá – Tamaná Cumbitara - Piedrancha
Zona Ibagué - Sonsón	Ibagué Sonsón El Hatillo – Florencia Cajamarca – Salento – El Salitre

Regiones	Distritos
Zona Cauca Romeral	Buga – El Retiro Almaguer Marmato - Caramanta
Zona del Sur de Bolívar (Serranía de San Lucas y Montecristo)	Río Viejo San Martín de Loba Barranco de Loba Montecristo Santa Rosa del Sur Morales
Zona Parámo de Santander	Vetas - California

Fuente: Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear. Ministerio de Minas. Recursos Minerales de Colombia. Tomo I. Bogotá 1987.

Según (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014) en los últimos años se han adelantado proyectos de exploración que han permitido identificar en Colombia áreas con un potencial minero importante para el oro, tal como se presenta en Tabla 3 a continuación.

Tabla 3. Grandes proyectos de exploración de oro

Proyecto	Potencial	Departamento
La Colosa	> 10 millones de onzas	Tolima
Gramalote	2,5 millones de onzas	Antioquia
Marmato	10 millones de onzas	Caldas
La Ye	300.000 onzas de reservas probadas	Antioquia
Titiribí	3.7 millones de onzas	Antioquia
Miraflores	0,8 millones de onzas	Risaralda
Angostura	13 millones de onzas	Santander

Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014)

Es importante mencionar que, para el caso específico de las reservas localizadas en el Municipio de Buriticá, zona de estudio, estas se encuentran en proceso de explotación por parte de la empresa Continental Gold desde el año 2002, con licencia ambiental expedida mediante resolución No. 01443 de 2016 otorgada por la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA), con la cual se modifica una licencia ambiental global y se toman otras determinaciones.

8.1.2 Tipos de minería

Tal como se mencionó en el numeral anterior en el país se dan dos tipos de explotación minera que dependen de los depósitos geológicos existentes y corresponden a minería de aluvión (depósitos) y de filo (subterránea).

Explotación aluvial: Utiliza como métodos de extracción desde los más mecanizados con retroexcavadoras, buldócer, motobombas, monitores, dragas de corte de succión, impulso hidráulico, a métodos artesanales con herramientas manuales como picos, barrenos y palas. En la extracción artesanal, el cargue se realiza en forma manual en costales, carretillas, bujía, catangas, tolvas y en algunos casos volquetas. El tratamiento dado a los estériles, en la generalidad de las zonas, es el depositación como relleno en las antiguas explotaciones, aledaños a las áreas de explotación en pilas o cerca de las corrientes de agua (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Explotación de filón: Se adelanta mediante la apertura de zanjas siguiendo el rumbo de los afloramientos o mediante túneles, cámaras y pilares, a tajo abierto. Los métodos de arranque de mineral utilizados son generalmente artesanales, en donde la perforación se realiza en forma manual con herramientas menores (picos, palas, barrenos) o mecanizada utilizando taladros mecánicos o neumáticos, excavadora hidráulica como en los departamentos de Antioquia, Tolima y Santander. Las voladuras para la apertura de sitios de extracción se realizan utilizando explosivos indugel, plus-pull y anfo o super anfo como carga de columna o de fondo. Las operaciones auxiliares contempladas en la explotación subterránea, están asociadas al sostenimiento de túneles y socavones, realizándose de forma natural o entibando, con madera tipo puerta alemana, vigas y columnas (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

8.2 CALIDAD DEL AGUA Y APLICACIÓN DE INDICADORES

Las fuentes de agua superficiales son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

(Restrepo , 2015), plantea que la calidad de las aguas está definida por la composición química de estas y sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicos. La calidad del agua y su variación en el espacio temporal se modifica por la adición de contaminantes, asociada a las múltiples actividades socioeconómicas de acuerdo con las características propias de estas dinámicas y a fenómenos naturales que inciden directamente sobre el recurso afectado.

Por su parte (Torres, Cruz, & Patiño, 2009) menciona que el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción, la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Una herramienta son los índices de calidad del agua –ICA-; donde los de tipo multiplicativo son más sensibles a las variaciones en la calidad del agua que los de tipo aditivo.

Para la determinación de la calidad del agua se realizan monitoreos donde se miden diversos parámetros físicos, químicos, microbiológicos y en algunos casos aquellos de tipo biológico, de igual manera se aplican listas de chequeo de las condiciones del sitio de toma de muestras que permiten recolectar datos necesarios para evaluar las condiciones de calidad del recurso, las características de la zona y sus efectos sobre el cuerpo de agua , así como sus posibles usos según la normatividad ambiental vigente.

Tal como lo menciona (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007), la ventaja de los métodos físico – químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas, además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las físico – químicas, que permite evaluación para diferentes tipos de uso.

Los índices de calidad de agua- ICA- surgen como herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

8.2.1 Indicadores de calidad

El monitoreo de las fuentes de agua se ha convertido en herramienta de gran importancia para su vigilancia. Los indicadores ambientales nacen como respuesta a la necesidad de obtener información relevante sobre los diversos temas ambientales, los datos obtenidos se deben presentar en un formato que permita su análisis y que sea favorable para el uso de estadísticas (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014).

Samboni, 2009 en (Valdes, Samboni, & Carvajal, 2011), indica que en la valoración y evaluación de la calidad del agua se han empleado diversas metodologías entre las que se incluyen: comparación de las variables con la normatividad vigente; los indicadores ICA donde a partir de un grupo de variables medidas se genera un valor que califica y cualifica la fuente y metodologías más elaboradas como la modelación.

En ese sentido y como lo plantea Fernández y Solano, 2005 en Samboni *et al.* 2007. Los resultados de un monitoreo deben permitir resolver diferentes tipos de conflictos como el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos, los cuales involucran aspectos socioeconómicos, por los que los ICA e ICO son una herramienta importante pues su cálculo involucra más de una variable, de tal manera que el uso correcto de estos indicadores permite utilizarlos en la evaluación de programas de gestión de recursos hídricos.

El ICA se ha convertido en instrumento fundamental para transmitir información sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general El ICA es indicador compuesto que integra información de varios parámetros de calidad del agua y presenta diferentes metodologías según su autor. Este índice es herramienta matemática para la calidad y puede ser utilizado para transformar grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una estaca de medición única (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014).

En Colombia se han ejecutado diversos estudios tendientes al desarrollo y aplicación de índices de calidad del agua que se adapten a las condiciones de las corrientes del país, y con los cuales se analice el comportamiento de las mismas según las variaciones en las lecturas de los parámetros involucrados en el cálculo. Es de esta manera como se han realizado diversas adaptaciones de índices aplicados en otras regiones, y el desarrollo de nuevos indicadores como los de contaminación.

Según El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente UNEP (2007) en (Torres, Cruz, & Patiño, 2009), la estructura de cálculo de la mayoría de los ICA se basa en la normalización de los parámetros que los conforman de acuerdo a sus concentraciones, para su posterior ponderación en función de su importancia en la percepción general de la calidad agua, se calcula mediante la integración de las ponderaciones de los parámetros a través de diferentes funciones matemáticas.

8.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Tal como lo menciona (Arboleda, 2008), muchas de las actividades humanas, pero en especial aquellas de producción o prestación de bienes y servicios, suministro de materias primas y desarrollo de infraestructura, interactúan de alguna manera con el entorno donde se emplazan, tanto en su construcción como en su operación. Por ejemplo, consumen recursos naturales, remueven vegetación, utilizan suelos productivos, modifican el paisaje, desplazan personas, producen residuos o emisiones, etc.; es decir generan cambios en las condiciones ambientales que pueden ser muy variables en cuanto a su significancia, magnitud, duración, extensión etc.

El resultado de esta relación proyecto – ambiente a lo largo del tiempo ha conducido a un proceso de deterioro o pérdida de la calidad ambiental que se ha acentuado en las últimas décadas, llegando a extremos preocupantes, en algunas ocasiones insostenibles o desembocando en situaciones de tipo global, que están poniendo en riesgo la salud, el bienestar, y aún la supervivencia del ser humano. (Arboleda, 2008).

El impacto ambiental se puede entender como la alteración o modificación resultante de la confrontación entre un ambiente dado y un proceso productivo de consumo, o un proyecto de infraestructura. El análisis del Impacto Ambiental puede efectuarse en el nivel y en la escala requerida tomando como punto de partida una conceptualización integral del medio ambiente que involucre las múltiples interrelaciones de procesos tanto biofísicos como sociales. Es indudable que el análisis del impacto ambiental requiere, para su comprensión, una perspectiva claramente interdisciplinaria (Ángel, Carmona, & Villegas, 2010).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso técnico – administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de obras, proyectos o actividades (POA) e informar a la comunidad de manera previa, de modo que ésta pueda intervenir en la toma de decisiones (Toro, Martínez, & Arrieta, 2013).

En Colombia, la EIA se homologa al proceso de licenciamiento ambiental para POA, que de acuerdo a la ley, pueden generar impactos ambientales graves o modificar notoriamente el paisaje (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Para la evaluación de

estudios ambientales en el país, se cuenta con el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales del año 2010, en este se establecen los lineamientos para atender una petición de trámite ambiental y se precisan las necesidades del proyecto respecto a la elaboración del EIA; en este documento además se define la lista de chequeo base para la revisión que permite determinar si el estudio se ha desarrollado de manera adecuada y con la suficiente información que permita resultados ajustados a la realidad.

Al respecto de lo mencionado con anterioridad, en Colombia, no existen métodos oficiales para la evaluación de los impactos ambientales, dejando que el evaluador o solicitante de la licencia ambiental la escogencia del método (Toro, Martínez, & Arrieta, 2013), en ese sentido a continuación se presenta resumen de los métodos reportados por la literatura y más utilizados en el país. Es importante mencionar además que antes de la evaluación de los impactos estos deben ser identificados y para esta actividad existen diversas metodologías que también serán mencionadas.

8.3.1 Métodos de identificación y evaluación de impactos ambientales

Existe un gran número de metodologías, las cuales cubren un alto espectro de posibilidades: generales o específicas; cualitativas o cuantitativas, sencillas o complejas, con altos o pocos requerimientos de información, con sencillos o sofisticados elementos de cálculo y procesamiento de información etc. Este amplio abanico de posibilidades indica que no existe un método universal o mejor que todos que sea aplicable a todo tipo de proyectos o utilizable en cualquier fase de los mismos. Es por eso que la selección del método que se debe utilizar para un proyecto debe ser el resultado de un análisis que considere los siguientes aspectos (Arboleda, 2008):

- El tipo o naturaleza del proyecto que se esté evaluando
- La fase en que se encuentra
- Los requerimientos y disponibilidad de información
- La naturaleza de los impactos
- Los requisitos legales (específicamente los términos de referencia o las guías ambientales sectoriales)
- La experiencia del equipo de trabajo
- Los recursos técnicos, financieros y de tiempo disponibles
- La posibilidad del trabajo en equipos interdisciplinarios.

Los métodos en general pueden ser de tipo directo o indirecto; los directos son métodos

que no evalúan explícitamente un impacto ambiental, sino que indirectamente valoran las consecuencias ambientales de proyecto calificando las interacciones proyecto ambiente, por su parte los métodos indirectos son métodos que evalúan directamente cada uno de los impactos ambientales identificados en el paso anterior (Arboleda, 2008).

En Colombia según los resultados del estudio desarrollado por (Toro, Martínez, & Arrieta, 2013) teniendo en cuenta los POA sujetos a proceso de EIA por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se analizó una muestra representativa de los EIAS que fueron presentados en esta autoridad ambiental durante la vigencia del año 2010, encontrando que el método más utilizado en el país corresponde al de Conesa, seguido de la matriz RAM de Ecopetrol, en menor medida se presentan el método de Empresas Públicas de Medellín y el método de la Matriz de Leopold.

A continuación, se listan algunos de los métodos más representativos citados por la literatura:

Métodos Indirectos

Listas de chequeo: Se conocen también como listados de control o de verificación, las cuales en términos generales consisten en listados de preguntas, aspectos, cuyas funciones principales son: Estimular al analista a pensar acerca de las posibles consecuencias de un proyecto determinado, y chequear las listas de impactos o de variables que deben ser consideradas en determinados tipos de proyectos, las cuales han sido configuradas con base en proyectos anteriores o en reuniones de expertos (Arboleda, 2008).

Diagramas de flujo: Estas metodologías se utilizan para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado. También son usados para discutir impactos indirectos. La aplicación se hace muy compleja en la medida en que se multiplican las acciones y los impactos ambientales involucrados. Por eso su utilización se ha restringido y es útil cuando hay cierta simplicidad en los impactos involucrados (Espinoza, 2002).

Redes: Son una extensión de los diagramas de flujo a fin de incorporar los impactos de largo plazo. Los componentes ambientales están generalmente interconectados, formando tramas o redes y a menudo se requiere de aproximaciones ecológicas para identificar impactos secundarios y terciarios. Las condiciones causantes de impactos en una red son establecidas a partir de las listas de actividades del proyecto (Espinoza, 2002).

Panel de expertos: Este método ad hoc no proporciona en principio ninguna guía formal para la realización de una evaluación de impacto ambiental. En realizada, es la sistematización de las consultas a un grupo de expertos familiarizados con un proyecto o con sus tópicos especializados. Estas metodologías dependen mucho del tipo de expertos disponibles y /o en general permiten: a) identificar una gama amplia de impactos más que definir parámetros específicos para aspectos a considerar en el futuro, b) establecer medidas de mitigación, y c) disponer de procedimientos de seguimiento y control (Espinoza, 2002).

Matrices causa – efecto: El uso de matrices puede llevarse a cabo con una recolección moderada de datos técnicos y ecológicos, pero requiere en forma imprescindible de una cierta familiaridad con el área afectada por el proyecto y con la naturaleza del mismo. Las matrices de causa – efecto consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan con un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos, pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales (Espinoza, 2002), entre ellas se tienen:

- **Matriz de Leopold:** El método fue desarrollado en 1971 por el Dr. Luna Leopold y otras personas en el Geological Survey de los Estados Unidos, especialmente para proyectos de construcción.

Corresponde a un método de evaluación de impactos, sin embargo, es un método indirecto porque lo que realmente califica son las interacciones entre el proyecto y el ambiente, sin darle ningún nombre al impacto que se presenta en esta interacción. Por lo tanto, no parte de una lista previa de impactos, sino una matriz construida. En su versión original, la matriz de Leopold contiene 100 acciones susceptibles de causar impacto, y 88 características o condiciones ambientales, lo cual arroja 8800 posibles interacciones (Arboleda, 2008).

- El método de Battelle: Fue diseñado para evaluar el impacto de proyectos relacionados con recursos hídricos, aunque también se utiliza en evaluación de proyectos lineales, plantas nucleares y otros. El método es un tipo de lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la descripción de los factores ambientales, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia (Espinoza, 2002).

Métodos Directos

Método EPM o método Arboleda: Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, con el propósito de evaluar proyectos de aprovechamiento hidráulico de la empresa, pero posteriormente se utilizó para evaluar todo tipo de proyectos de EPM y ha sido utilizado por otros evaluadores para muchos tipos de proyectos con resultados favorables. Ha sido aprobado por las autoridades colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID (Arboleda, 2008).

Método de Conesa Simplificado: La metodología fue formulada en el año 1993 por el Español Vicente Conesa y otros colaboradores. Su utilización es bastante compleja y es por eso que algunos expertos en EIA han hecho una simplificación de su método utilizando los criterios y el algoritmo del método original, pero sin cumplir todos los pasos que establece Conesa en su propuesta (Arboleda, 2008).

8.4 EFECTOS DE LA MINERÍA EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EL AGUA

En gran parte de las regiones productoras colombianas y sus áreas de influencia se ha generado tradicionalmente, desde el punto de vista ambiental, una minería depredadora aún no valorada, de alta presión sobre los recursos naturales con grave repercusión sobre los ecosistemas y las comunidades naturales y sociales que dependen de estos. De otra parte, los procesos y actividades que conllevan la explotación aurífera, permiten tipificar los impactos y riesgos sobre los diferentes componentes ambientales, los cuales varían dependiendo de las condiciones biofísicas y socioeconómicas de las regiones (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Según (Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz - INDEPAZ, 2013) en Colombia, para adelantar la etapa de exploración de proyectos mineros no se requiere solicitar Licencia Ambiental, únicamente se tramitan los permisos ambientales requeridos frente a la utilización de un determinado recurso natural, ante la Corporación Ambiental que opere en la zona del proyecto. Pero en estas zonas las autoridades ambientales por diferentes razones no hacen presencia en las zonas donde se está explotando el mineral ilegalmente y el incremento de esta actividad presenta cambios estructurales y de gran magnitud a los ecosistemas por contaminación de las fuentes hídricas y deforestación principalmente; sin ninguna sanción por parte de la autoridad

En ese sentido el desarrollo de actividades mineras genera impactos ambientales relacionados con la degradación del suelo y el agua, con alteraciones físicas y químicas de las condiciones naturales del recurso, tal y como se presentan a continuación.

8.4.1 Impactos sobre el suelo

La minería puede producir sobre el suelo y subsuelo alteraciones de carácter físico, y físico – químico; dentro de las afectaciones físicas están la remoción superficial del suelo y la de los materiales de cobertura, en los niveles más superficiales compuestos por suelos orgánicos pueden ocasionar su infertilidad (tomada en el caso de los páramos como potencial ecológico para los ecosistemas naturales que deben soportar) o en el peor de los casos mantienen su fertilidad pero permiten el paso de contaminantes a través del agua o por incorporación directa sobre niveles orgánicos (Contraloría General de la Republica, 2012).

Tal como lo menciona (Contraloría General de la Republica, 2012), los impactos fisicoquímicos y químicos que genera la minería se centran en la producción de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos que de forma directa o indirecta va a recibir el suelo como receptáculo de los desechos propios de esta actividad. Esto sucede bien sea por depositación a partir de la atmosfera como partículas sedimentadas o transportadas por aguas lluvias, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera o producto de lixiviación del entorno minero (aguas de las minas a cielo abierto, escombreras). El mayor impacto que produce la minería es la adición de la fase líquida al suelo y subsuelo, generalmente los elementos incorporados presentan una composición muy diferente a la que habitualmente se infiltra en el mismo (aguas lluvias).

En algunos casos los contaminantes se acumulan en formas lábiles, de alta solubilidad que no solo afectan la composición del suelo y subsuelo sino que pueden estar disponibles para que los animales y las coberturas vegetales puedan captarlos y sufrir efectos tóxicos, en profundidad los contaminantes pueden llegar a acuíferos a través de zonas de intenso fracturamiento, o el desarrollo de suelos residuales permeables que faciliten su transporte (Contraloría General de la Republica, 2012).

8.4.2 Impactos sobre el agua

En general, la actividad minera puede impactar las fuentes hídricas superficiales por manejo inadecuado de aguas al interior de la mina, por aumento de sólidos y turbidez por partículas en suspensión y en arrastre; afectación de las rondas y cauces de los ríos y la red de drenaje natural, alterando su dinámica fluvial y equilibrio hidrológico; desaparición de cuerpos de agua como quebradas y manantiales; estos impactos pueden ser de carácter directo, en algunos casos a largo plazo y en algunos casos puede ser irremediable (Contraloría General de la Republica, 2012).

Tal como lo menciona Sandía Rondón 2006 en (Contraloría General de la Republica, 2012), en el caso de las aguas subterráneas, los impactos suelen ser mayores sobre todo por afectaciones químicas mediante el vertido de desechos líquidos y sólidos derivados de actividades mineras (aguas ácidas, hidrocarburos, aceites de equipos). Esta potencialidad se aumenta en la medida en que aumenta la permeabilidad del suelo, la profundidad de los niveles freáticos y la presencia de medidas de recubrimientos naturales o artificiales que aislé los desechos y materiales contaminantes de la minería.

8.4.3 Problemas causados por la minería en la calidad de las aguas

En cuanto a las aguas superficiales, existen alteraciones en la calidad de agua por lixiviación de sulfuros y oxidación del hierro (proveniente de escombros y de acopios de carbón) causa generación de aguas ácidas con abundante contenido de sulfatos y óxidos, que pueden afectar flora y fauna y afectar la potabilidad del agua para consumo humano (Contraloría General de la Republica, 2012).

Los efectos causados por la minería se consideran tienen implicaciones a mediano plazo y se dan en las diferentes etapas del proceso, desde la exploración hasta la cianuración para la extracción del mineral; siendo algunos de los más representativos

- Alteraciones fisicoquímicas en la calidad del agua, principalmente incremento en la turbidez, por vertimiento de aguas residuales mineras, así como por acidificación por los aportes químicos en las diferentes fases del proceso.
- Cambios en la dinámica de los cuerpos de agua superficiales, así como su interacción con las aguas subterráneas y los procesos de recarga.
- Sedimentación de los cuerpos de agua y posible taponamiento de los cauces.
- Disminución de la cantidad del recurso que limita su aprovechamiento en otros usos
- Limitación en la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua

Tal y como lo menciona (Contraloría General de la República, 2012), en el caso de las aguas superficiales, el impacto generado por la actividad minera es directo; en cuerpos de agua loticos puede observarse cambios de curso de los cauces, rectificación de los mismos y modificaciones en el perfil natural de los ríos.

A la Quebrada Bemango confluye la Quebrada Guaté en la que se contaba gran cantidad de vertimientos de tipo no domestico producto de las actividades de beneficio minero aurífero que se desarrollaba en el sector Rastrojo Largo de la Vereda La Palma, así como vertimientos de tipo doméstico. De igual manera en la zona de influencia del Corregimiento Llanos de Uruarco, donde también se localizan pantas de beneficio de mineral.

En la parte baja de la quebrada hasta su confluencia con la Quebrada La Clara, se identificaron además vertimientos puntuales de plantas de beneficio de oro (entables) que han operado de manera clandestina desde el desarrollo de la operación Greta en el año 2016, de igual manera se cuenta con puntos de vertimiento de procesos de explotación (minas) que operan en la actualidad. Se evidencian en menor medida vertimientos de tipo domestico ya que teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la zona los inmuebles se localizan en cercanías a su confluencia con la Quebrada La Clara.

9.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Tipo de investigación: Cuantitativa

Fuentes de información: Primaria y secundaria.

Diseño metodológico: Evaluativo

Se define de este tipo de investigación teniendo en cuenta que se realizó evaluación de impacto ambiental de los vertimientos producto del beneficio minero aurífero, así como el análisis físico, químico y microbiológico de la calidad del agua en la Quebrada Bemango, que permite evaluar la calidad de la misma en tres puntos diferentes.

La información base para el desarrollo de la investigación corresponde a la recolectada en las actividades de campo que tuvieron una duración de 6 meses, y estuvieron relacionadas con visitas a las plantas de beneficio aurífero, y recorridos a lo largo del cuerpo de agua, con toma de muestras en 3 puntos diferentes de la corriente y en dos épocas del año distintas (noviembre de 2017 y febrero de 2018). Con resultados que permitieron evaluar los impactos de los vertimientos de aguas residuales producto de minería aurífera sobre el cuerpo de agua.

9.2.1 Información primaria:

Corresponde a aquella recolectada en visitas de campo realizadas a la zona de estudio que permitió identificar particularidades y condiciones del estado actual de la Quebrada Bemango. De igual manera los resultados de tomas de muestra de agua realizadas, que permitieron definir las características físicas, químicas y microbiológicas de la quebrada.

Por su parte para la identificación en lo que refiere a las características propias de las plantas de beneficio aurífera se realizaron entrevista a administradores, así como a pobladores de la vereda, que permitieron conocer el estado actual legal de los diferentes sitios. Se planteó entrevista teniendo en cuenta las características sociales de la zona, ya que esta herramienta permite una conversación fluida en términos de confianza y no solo el responder unas preguntas establecidas en un formato de encuesta.

Es de mencionar que el levantamiento de entrevistas y censo es información relevante para el conocimiento de la zona así de desdibuje respecto al tipo de investigación que se presenta del todo cuantitativa y que se representa en el análisis de resultados de los parámetros analizados que permitirá evaluar la calidad del agua, así como en la evaluación de impactos ambientales.

Con la información levantada fue posible la identificación y evaluación de los impactos ambientales generados por las actividades que se desarrollan en la zona.

9.2.2 Información secundaria:

Se realizó búsqueda de información que tuviera relación con el objeto de investigación, como lo son estudios nacionales e internacionales, normatividad asociada al tema, planes de ordenación existentes en la zona de estudios, así como investigaciones que tengan que ver con el área de estudio objeto de la investigación.

Se identificó además información existente en la administración municipal, y corporación ambiental, referente a planes de manejo de la cuenca, y resultados de caracterizaciones realizadas, históricos de datos; de igual manera revisión de información de trámites ambientales para la zona de estudio que permitirán conocer el tipo de descargas de aguas industriales que se dan sobre la fuente.

Teniendo en cuenta las problemáticas de la zona se indagó sobre las medidas de control implementadas por la entidad ambiental luego de desarrollada la operación Greta donde se dio el desmantelamiento de parte de la infraestructura para el beneficio, con el fin de controlar las descargas de las aguas y lodos remanentes en los sitios donde se desarrollaba el proceso, así como aquellas implementadas para evitar el cremento de entables de minería de oro clandestinos localizadas en zonas de difícil acceso.

La revisión de información secundaria permitió identificar y retomar la información útil para el desarrollo del proceso investigativo, y que fue utilizada en las diferentes etapas del proceso, e incluida en la producción escrita. La información levantada permitió además delimitar de manera adecuada la zona de estudio, teniendo en cuenta además los afluentes que ingresan a la quebrada y modifican las condiciones de calidad de la misma, así como los vertimientos de aguas residuales, e infraestructura construida en la fuente.

9.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La investigación se desarrolló sobre la Quebrada Bemango, y las afectaciones que están relacionadas con los vertimientos de aguas residuales no domésticas que se han dado en la el área de influencia del cuerpo de agua. La población objeto de estudio correspondió a aquella asentada en la zona de influencia, en especial las plantas de beneficio aurífero (entables) localizados en el sector Rastrojo Largo de la Vereda la Palma y los demás que se ubican de manera dispersa en cercanías a la corriente.

En lo que refiere a la cantidad de entrevistas desarrolladas, se contó con visitas a la totalidad de plantas de beneficio (entables) identificados, para un total de 20 visitas, sin embargo, es posible que algunos que operan de manera clandestina no hayan sido identificados y son los que a la fecha de toma de muestras de agua aun cuentan con vertimientos activos de caudal producto de la extracción aurífera

Para el caso de la toma de muestras de agua se utilizaron los protocolos establecidos en el IDEAM, así como las recomendaciones de monitoreo del laboratorio Acuazul Ltda de la Ciudad de Medellín acreditado por el IDEAM bajo resolución No 1230 de mayo de 2017, quien realizó los análisis de muestras. De igual manera en el desarrollo de las actividades

de toma de muestras de agua se diligencian formatos de campo que permiten profundizar en las características de la zona de muestreo, es de esta manera como se aplican los establecidos por AUSRIVAS (Australian River Assessment System) con formato presentado como anexo al documento.

9.3.1 Muestras de laboratorio

La metodología para la toma de muestras de agua se encuentra estandarizada por el IDEAM en “protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua”, donde se especifican los procedimientos de toma, el tipo de recipiente; a continuación, se describe de manera general el proceso de toma de muestras.

Tabla 4. Metodología toma de muestras

Medición de parámetros de campo	La medición de parámetros de campo (pH, OD, y temperatura) se realiza mediante equipos portátiles, tales como sondas multiparamétricas, pHmetros y conductímetros. Todos los parámetros en campo deberán quedar consignados en el formato de captura de datos de campo inmediatamente se realicen las correspondientes mediciones.
Recipientes para recolección de muestras de agua	Los recipientes para la recolección de muestras generalmente son de plástico o de vidrio, se utilizan de acuerdo con el tipo de muestra y los parámetros que se van a evaluar. Los recipientes de plástico no se deben utilizar para análisis de compuestos orgánicos (por ejemplo, plaguicidas). En general, se recomienda utilizar recipientes de vidrio para todos los análisis de compuestos: orgánicos volátiles, semivolátiles, plaguicida, grasas y aceites.
Muestreo físico-químico	Las botellas de muestra son sumergidas directamente en el río o corriente para la toma de la muestra mínimo en tres de las secciones (en lo posible se toma a 20 cm de la superficie del agua y lo más alejado de las orillas que sea posible). Es deseable que el valor de oxígeno disuelto se verifique por el método Winkler sobre al menos una alícuota de otra porción de muestra, evitando la agitación y formación de burbujas.
Muestreo microbiológico	Las botellas para este propósito, limpias y esterilizadas, deben estar protegidas hasta el momento en que se necesite llenarlas, no destapar el frasco hasta tanto no se vaya a tomar la muestra. Se deben considerar los siguientes factores: profundidad, caudal, distancia de la orilla. La muestra se tomará lo más lejos posible de la orilla procurando no remover el fondo y evitando los remansos o zonas de estancamiento. Como regla general, las muestras deben tomarse en el centro de la corriente y la mitad de la profundidad. El agua que entra a la botella no debe tener contacto con la mano que sostiene la botella.

Muestreo microbiológico	Se llena la botella sin enjuagar y la tapa se coloca inmediatamente. Las muestras se toman sosteniendo, la botella por la base y zambulléndola hacia abajo, a una profundidad de 0,30 m de la superficie, la boca de la botella o recipiente se dirige hacia la dirección del flujo de modo que los puntos del cuello queden hacia arriba aproximadamente 45°, sin es posible destaparlo dentro del agua.
Preservativos y conservación de muestras	Los recipientes deben ser purgados, se enjuaga el frasco con tres porciones de la muestra y se llena la botella con muestra dejando un espacio libre de aproximadamente dos centímetros, cuando sea necesario se adiciona reactivo de preservación, se agita para homogenizar y se tapan las botellas los recipientes no deben ser llenados completamente excepto algunos parámetros específicos (sulfuros, cianuros, plaguicidas, organofosforados entre otros). Si el recipiente la contiene preservativos no debe ser rebosado ni enjuagado en el momento de recolectar la muestra. Desde el momento de la toma de muestras y hasta su llegada al laboratorio estas se deben conservar en refrigeración a 4°C, evitando la congelación.

Fuente IDEAM, 2007

Para el caso de los análisis de laboratorio se identificaron los laboratorios de la región verificando si contaban con la certificación por IDEAM, lo que da mayor credibilidad a los resultados obtenidos, ya que cumplen con las reglamentaciones de ley; para la toma de muestras se seguirán los lineamientos de toma, preservación y transporte establecidos por el laboratorio elegido con el fin de conservar las muestras en adecuado estado para su análisis y que están basados de acuerdo a las directrices del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, edición 22.

En la Tabla 5 se listan los parámetros medidos y el método utilizado para su análisis según lo determinado por el laboratorio Acuazul Ltda quien desarrollo los respectivos análisis.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos muestreo de calidad del agua Quebrada Bemango

Parámetro	Unidad	Método de análisis	Método de referencia
Temperatura	°C	Potenciómetro - Termómetro digital	
pH	Unidades de pH	Electrométrico	S.M. (4500) – H+B
Oxígeno disuelto	(mg O ₂ / L)	Yodometrico	S.M. (4500) – O C M Azida
Conductividad			
DBO5 total	(mg O ₂ / L)	Test DBO 5 días	S.M. (5210 B) y EPA 360.3
DQO total	(mg O ₂ /L)	Micro DQO	S.M. (5220 D)
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	Titulométrico	S.M. (2320 B)

Parámetro	Unidad	Método de análisis	Método de referencia
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	Gravimétrico	S.M. (2540 D)
Sólidos sedimentables	(ml/L)	Sedimentación	S.M. (2540 F)
Grasas y aceites	(mg sustancias solubles en hexano /L)	Extracción con Soxhlet	S.M. (5520 D)
Sustancias activas al azul de Metileno (SAMM)	(mg/L)	Espectrofotométrico	S.M. (5540 C)
Fósforo total	(mg P/l)	Espectrofotométrico	S.M. (4500 – P E)
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/L)	Kit MERCK – fotométrico	S.M. (4500 N C)
Cianuro total	mg/L	Espectrofotométrico	SM 4500 CN- B, C, D
Cloruros	mg/L Cl-	Cromatografía iónica	S.M. (4110 B)
Sulfatos	mg/L SO ₂ -	Cromatografía iónica	S.M. (4110 B)
Magnesio	mg/L	Calculo	SM (3500 Ca B) S.M. (2340 B, C)
Calcio	mg/L	Titulométrico con EDTA	SM (3500 Ca B) S.M. (2340 B, C)
Cadmio	mg/L	Absorción Atómica	DIGESTIÓN EPA 3015A, SM3111B
Cromo	mg/L	Absorción atómica	DIGESTIÓN EPA 3015A, SM 3111D
Hierro	mg/L	Absorción Atómica	DIGESTIÓN EPA 3015A, SM3111B
Mercurio	mg/L	Absorción atómica	DIGESTIÓN EPA 3015A, SM 3112 B
Turbiedad	(UNT)	Nefelométrico	S.M. (2130 B)
Dureza	mg/L CaCO ₃	Titulométrico con EDTA	S.M. (2340 C)
Color verdadero	m-1	Espectrofotométrico	S.M. (2120 C)
Coliformes totales	NMP/100ml	Sustrato Definido	S.M. (9223 B)
Coliformes fecales	NMP/100ml	Sustrato Definido	S.M. (9223 B)

Fuente: Autor

Convenciones:

S.M. Standard Methods Edición 22

EPA: Environmental Protection Agency

APHA: American Public Health Association

Además de los parámetros mencionados se utilizó formato de campo donde por observación se detallarán otras características importantes del punto de muestreo, como es el caso de color aparente, olor, presencia de espumas, u otras sustancias, vegetación asociada, sustrato, evidencia de erosión entre otras características de importancia para el análisis de los resultados obtenidos.

9.4 TRABAJO DE CAMPO

En el desarrollo del proceso investigativo se realizaron 8 salidas de campo relacionadas con las etapas del proceso investigativo, es de esta manera como se ejecutan visitas de reconocimiento, recorridos en la zona de influencia, aplicación de entrevistas y visitas a las plantas de beneficio aurífero y toma de muestras de agua en los puntos de monitoreo establecidos sobre la Quebrada Bemango.

9.4.1 Salida de reconocimiento

Se desarrolló visita inicial, con encuentro con profesionales de la Unidad de Desarrollo Rural del Municipio, quienes facilitaron el contacto con representantes de la comunidad, así como información secundaria de interés. Según la información entregada en la zona no se han desarrollado estudios de calidad de agua, solo monitoreos de vertimientos de los entables por parte de la autoridad ambiental.

Las demás visitas de reconocimiento se realizaron en el sector rastrojo largo de la Vereda La Palma, así como en el corregimiento Llanos de Uruarco, de igual manera se hizo recorrido por el cuerpo de agua identificando los puntos de monitoreo de calidad y demás información de utilidad. En los recorridos fueron identificadas plantas de beneficio de oro adicionales con las que se dieron también acercamientos para conocer su estado de operación.

9.4.2 Visitas a plantas de beneficio

Una vez culminadas las actividades de reconocimiento de la zona de estudio se procedió a generar contacto con los propietarios y/o administradores de las plantas de beneficio aurífero localizadas en la zona, con el fin de desarrollar actividades de reconocimiento del proceso productivo e identificar los impactos del mismo sobre el recurso hídrico. Para las visitas desarrolladas y teniendo en cuenta la situación de orden público de la zona la información levantada de los sitios corresponde al nombre del entable minero y localización, solo para algunos casos se presenta el nombre del propietario.

En las visitas se realizó georreferenciación del sitio, así como recorrido con el fin de recolectar información de las unidades del proceso, los vertimientos desarrollados, almacenamiento de lodos, entre otros aspectos de importancia que permitieron evaluar los impactos del proceso en el recurso hídrico. Es importante mencionar que algunas de estas visitas fueron realizadas luego del desarrollo de la operación Greta donde ya no se contaba con operación en total capacidad, pero si se daban actividades clandestinas y almacenamiento de grandes cantidades de lodos con escurrimientos en el terreno y los cuerpos de agua cercanos. En el Anexo 1 se presenta el modelo de formato de campo utilizado en la actividad (Entrevista y lista de chequeo)

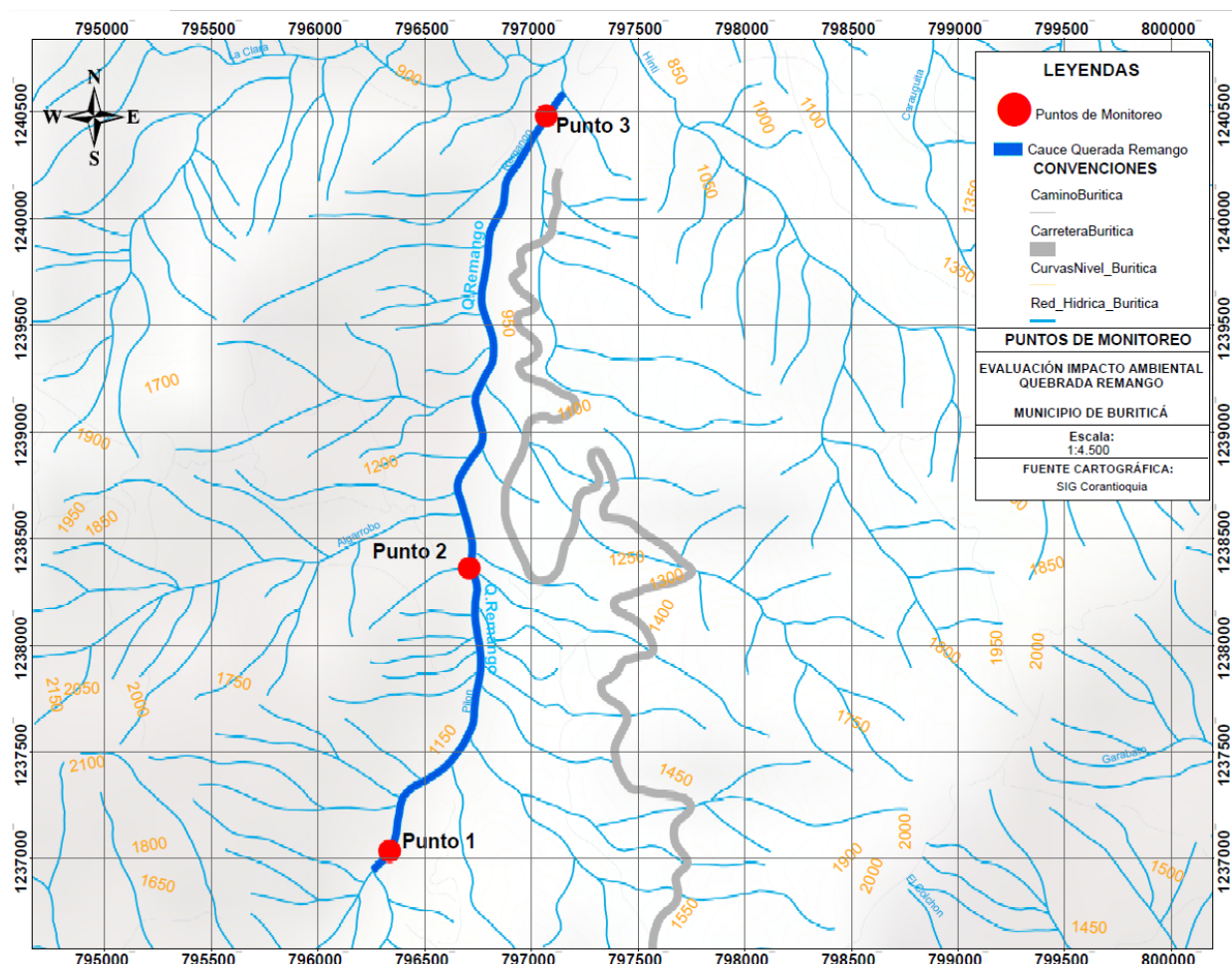
9.4.3 Localización puntos de monitoreo

Con el objeto de conocer la calidad del agua de la Quebrada Bemango y las afectaciones del recurso por los vertimientos de aguas residuales producto de las actividades de beneficio aurífero, e inadecuado manejo y disposición de lodos se realizaron recorridos previos donde se definió la localización de tres puntos de monitoreo.

La localización de los puntos de toma de muestras de agua presentada en la Figura 2 se definió teniendo en cuenta la ubicación de plantas de beneficio minero de oro, así como la confluencia de la Quebrada Guaté, donde se cuenta con un alto número de entables algunos de ellos operativos, con lo anterior se localizan tres puntos de monitoreo: el primero aguas arriba de la quebrada Guaté a 300 metros de distancia, el segundo en cercanías al Corregimiento Llanos de Uruarco, y el punto final en la zona baja del cuerpo de agua antes de la confluencia con la Quebrada La Clara en cercanías a la Vereda Untíl.

Es importante mencionar que en la zona de influencia directa se evidenciaron un alto número de plantas de beneficio aurífero, con entables que operan en la actualidad de manera clandestina, con vertimientos directos e indirectos sobre el cuerpo de agua.

Figura 2. Localización puntos de monitoreo



Fuente: Autor

En la Tabla 6 a continuación se presenta la localización de los puntos de monitoreo, así como la distancia entre estos que oscila entre los 1.500 y 2.000 metros.

Tabla 6. Puntos de monitoreo

Punto	Latitud norte	Longitud Oeste	Cota (m.s.n.m.)	Distancia (m)
1	6°44'24,2"	75°54'58,9"	1.130	1-2 : 1.568,02 2-3: 2.084,13
2	6°44'54,6"	75°54'57,9"	1.038	
3	6°46'2,0"	75°54'45,50"	838	

Fuente: Autor

9.4.4 Monitoreo de calidad del agua

Con el objeto de identificar las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo de agua objeto de estudio se realizaron monitoreos que permitieran un análisis espacio

temporal de la calidad del agua, es de esta manera como se realizó monitoreo de calidad en dos épocas del año: noviembre (aguas altas) y febrero (aguas bajas), en tres puntos determinados tal como se menciona en el numeral 9.4.3 “localización puntos de monitoreo”

La toma de muestras de agua se desarrolló siguiendo los lineamientos establecidos en la guía de toma de muestras del IDEAM, así como en las recomendaciones del laboratorio Acuazul Ltda. en el numeral 9.3.1 “Muestras de Laboratorio” se presentan la metodología desarrollada en el monitoreo. Los parámetros analizados son aquellos que se presentan en la Tabla 5 “Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos muestreo de calidad del agua Quebrada Bemango” donde se especifica además el método de análisis utilizado por el laboratorio y la referencia del mismo. En el Anexo 2 se presentan los formatos utilizados en la actividad de monitoreo de calidad del agua.

9.5 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN

En este momento del proceso de investigación se organizó la información primaria y secundaria recolectada clasificándola y digitalizándola según aplicará. Con la información organizada se procedió entonces a:

- Elaborar listado de impactos identificados en las visitas realizadas a las plantas de beneficio minero de oro.
- Construir matriz de evaluación de impactos según la metodología definida.
- Elaboración de gráficas que permitan evaluar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos. El programa a utilizar será Excel que es una herramienta que puede contener datos de tipo texto, numéricos, alfanuméricos y también fórmulas. Facilita los cálculos numéricos a través del uso de fórmulas y gráficos que representan de forma dinámica los datos levantados en la recolección de información.
- A partir de la herramienta Excel se desarrolla análisis estadístico de los resultados de calidad del agua obtenidos.
- Determinar la afectación ambiental mediante la aplicación de índices de calidad existentes que se acoplen a las características del cuerpo de agua.

9.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Con la elaboración de la matriz de evaluación de impactos, se desarrollaron los análisis relacionados con la importancia del impacto ambiental sobre la calidad del agua.
- Los resultados de los monitoreos, permitieron el desarrollo de gráficas donde es posible evidenciar la variación de las concentraciones en los diferentes puntos y épocas del año, desarrollando un análisis espacio temporal de las variables medidas.
- Con las concentraciones obtenidas en los análisis de laboratorio se aplicaron además índices de calidad del agua acordes a las condiciones del cuerpo de agua, es de anotar que para temas de contaminación por explotación y beneficio aurífero no se cuenta con índices de calidad desarrollados para la región, siendo necesaria tal vez la modificación de algunos de los existente para su adaptación a las condiciones de las fuentes de agua afectadas por vertimientos no domésticos de este tipo.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se presentó análisis con el estado actual del cuerpo de agua y su evaluación ambiental de calidad teniendo en cuenta los vertimientos de aguas residuales producto de las actividades auríferas desarrolladas en área de influencia del proyecto.
- Con el desarrollo de los análisis previos se evaluó el impacto ambiental de los vertimientos producto de minería aurífera sobre la Quebrada Bemango, con resultados que se proyecta sean socializados con los entes municipales y de control ambiental que den pauta para la generación de políticas de control ambiental y reglamentación del recurso que deben ser implementadas en la zona.

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 GENERALIDADES MUNICIPIO DE BURITICÁ – ANTIOQUIA

El municipio de Buriticá está ubicado al occidente del departamento de Antioquia a 93 Km de la ciudad de Medellín, Limita por el Norte con el municipio de Peque, al Sur con Santa Fe de Antioquia y Giraldo; por el Oriente con Sabanalarga y Liborina y por el Occidente con Cañasgordas. La cabecera municipal se encuentra a una altitud de 1.625 msnm, y se localiza en coordenadas 6°,43´ de latitud Norte y 75°,55´ de longitud al Oeste de Greenwich (Municipio de Buriticá, 1999). Posee una extensión de 364 Km. Cuadrados. De los cuales el 0,17% corresponde al casco urbano correspondiente a 0,615 Km².

El territorio cuenta con alturas que oscilan entre los 400 y 3.000 m; pasando por zonas de vida del bosque seco tropical (Bs-T) hasta el bosque muy húmedo montano (Bmh-M), permitiendo esto encontrarse con diferentes especies. Se encuentra bordeado en su parte oriental por el cañón del río Cauca el cual ejerce una gran influencia sobre su temperatura y precipitaciones, como consecuencia de la barrera formada por la cordillera occidental que impide que los vientos cargados de humedad provenientes del pacifico entren a la zona; llevando esto a unas precipitaciones de aproximadamente 700 y 2.000 mm (Municipio de Buriticá, 1999).

10.2 CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA BEMANGO

La Quebrada Bemango se localiza en el Municipio de Buriticá, al occidente del departamento de Antioquia, la corriente nace en la confluencia de las Quebradas Arados y Guarco en inmediaciones de la Vereda Guarco, se extiende desde las coordenadas 6°44'1,77"N - 75°55'14,76"O a una altura de 1.247 msnm, hasta su desembocadura en la Quebrada La Clara a una altura de 625 msnm.

La quebrada en su recorrido pasa por las veredas Guarco, La Palma, Untíl y el Corregimiento Llanos de Uruarco, a esta además confluyen las quebradas Guaté y El Algarrobo, así como otros pequeños cauces. En la Imagen 1 se presenta características generales de la zona media de la quebrada.



Imagen 1. Quebrada Bemango Zona media

Fuente: Autor

La quebrada presenta longitud de 4.200 metros, y su área de influencia directa va desde los 500 msnm hasta los 2.000 msnm, características que le permiten hacer parte de los diversos pisos térmicos del municipio. Para el cuerpo de agua no se cuenta con estudios de tipo hidráulico e hidrológico detallados, así como tampoco monitoreos constantes de cantidad y calidad del agua.

En lo que tiene que ver con análisis de calidad del agua el “Estudio de la cadena de mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de Oro” desarrollado por (Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energética y Universidad de Córdoba, 2014) indica que se seleccionó como sitio caliente el corregimiento Llanos de Uruarco en la microcuenca de la Quebrada Bemango afluente de la quebrada la Clara, que vierte directamente al río Cauca, el estudio sin embargo, no presenta resultados de los monitoreos realizados.

La temperatura promedio del municipio de Buriticá oscila entre los 18 y 25 grados centígrados; el municipio se encuentra bordeado en su parte oriental por el cañón del río Cauca el cual ejerce una gran influencia sobre su temperatura y precipitaciones, como consecuencia de la barrera formada por la cordillera occidental que impide que los vientos cargados de humedad provenientes del pacífico entren a la zona; llevando esto a unas precipitaciones de aproximadamente 700 y 2000 mm (Municipio de Buriticá, 1999).

La precipitación en la zona de influencia es de tipo bimodal, con precipitaciones en dos periodos, el primero de ellos entre los meses de marzo y mediados de mayo y el segundo inicia en el mes de septiembre hasta el mes de noviembre. El déficit de precipitaciones se encuentra marcado entre los meses de enero – febrero y julio – agosto.

10.3 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE PLANTAS DE BENEFICIO AURÍFERO

Como primer paso en la identificación de la afectación ambiental de la Quebrada Bemango por el vertimiento de aguas residuales provenientes de las plantas de beneficio minero de oro, se realizaron recorridos de localización de los sitios, es de esta manera como se identificaron un total de 21 entables ubicados en la vertiente del cuerpo de agua.

Para el acercamiento con los propietarios y administradores de los entables se realizó entrevista donde se obtuvo información relacionada con el proceso de beneficio de oro, las etapas del mismo, el manejo de los lodos generados y su almacenamiento, así como otra información de importancia, de igual manera se aplicó para la identificación de impactos lista de chequeo.

En la Imagen 2 se presenta la zona de molinos del Entable La Colina S.A.S.



Imagen 2. Molinos Entable La Colina S.A.S

Fuente: Autor

Como resultado de la visita a cada uno de los entables se logró información de relevancia relacionada con el manejo de las aguas producto del beneficio aurífero, su tratamiento y vertimientos, así como el almacenamiento de lodos para futuros procesos de cianuración para extracción de las trazas de oro acumuladas en los sedimentos, que generan impactos en el suelo y el agua.

En la Imagen 3 se observa el tratamiento artesanal de lodos producto de molienda (lagunas de sedimentación), estas son comunes en los diferentes entables visitados.



Imagen 3. Lagunas de tratamiento de lodos

Fuente: Autor

En la Tabla 7 se listan las plantas de beneficio visitadas, y su localización, por petición de algunos de los propietarios se omite información relacionada como el nombre del entable y su propietario y/o administrador, ello teniendo en cuenta las condiciones de orden público de la zona y las posibles acciones para el desmantelamiento de los sitios visitados que pueden derivar en acciones legales por parte de la autoridad ambiental.

En las visitas se indagó además en temas relacionados con la legalidad de las actividades realizadas, así como es estado de los tramites ambientales, encontrando que en general los entables operan de manera clandestina y sin permisos ambientales en firme, sin embargo, se desarrollan actividades de legalización con presentación de planes de manejo ambiental a Corantioquia y tramite de permisos relacionadas con concesión de aguas y vertimientos.

Tabla 7. Identificación y localización plantas de beneficio aurífero

No	Nombre	Ubicación	Latitud norte	Longitud Oeste	Etapas beneficio
1	Gold – Marjo 1	Sector Rastrojo Largo – Vereda La Palma	6°43'39.38" N	75°54'23.16" O	Trituración, Molienda, Cianuración
2	Entable El Pedregal – Jaime Torres		6°43'45.85" N	75°54'25.07" O	
3	Entable San Judas		6°43'48.41" N	75°54'26.45" O	
4	Entable La Colina- Elkin Zapata		6°43'51.15" N	75°54'27.52" O	
5	Entable San Antonio	Vereda La Palma	6°43'50.83" N	75°54'27.05" O	Trituración Molienda
6	Entable Los Paisas		6°43'54.47" N	75°54'30.37" O	
7	Entable Los Ospina		6°43'53.12" N	75°54'29.26" O	
8	Entable La Palma		6°44'16.55" N	75°54'31.18" O	
9	Entable Los Monos	Corregimiento Llanos de Uruarco	6°44'57.43" N	75°54'43.13" O	Trituración, Molienda, Cianuración
10	Entable Comercial “Planta de Beneficio Minero”- San Román S.A.S		6°44'49.29" N	75°54'45.45" O	
11	Sin nombre- en Ruinas	Vereda La Palma	6°45'7.95" N	75°54'51.71" O	Trituración Molienda
12	Sin Nombre		6°43'51.73" N	75°54'27.90" O	
13	Gold – Marjo 2	Sector Rastrojo Largo – Vereda La Palma	6°43'38.65" N	75°54'21.96" O	Trituración, Molienda, Cianuración
14	Entable San Judas 2	Sector Rastrojo Largo – Vereda La Palma	6°43'50.02" N	75°54'26.15" O	Trituración Molienda, Cianuración
15	Entable Hermano Elkin Zapata		6°43'50.31" N	75°54'27.55" O	
16	Entable El Pedregal 2 – Jaime Torres		6°43'46.81" N	75°54'28.91" O	
17	Planta de Beneficio Buriticá S.A.S		6°43'49.46" N	75°54'26.32" O	
18	Entable Los Llanos	Corregimiento Llanos de Uruarco	6°44'48.45" N	75°54'50.55" O	Trituración Molienda
19	Entable Los Llanos 2		6°44'51.40" N	75°54'50.98" O	Trituración Molienda
20	Nombre no determinado		6°44'51.02" N	75°54'47.89" O	Trituración, Molienda, Cianuración
21	Entable El Escondido		6°44'45.77" N	75°54'47.53" O	

Fuente: Autor

En lo que respecta a las plantas de beneficio aurífero en el sector Rastrojo Largo (Vereda La Palma) del Municipio de Buriticá estas se localizan en zona definida como de riesgo mitigable por deslizamiento, que se acentúa más por las cargas instaladas para el desarrollo de las actividades de extracción del minera de la roca, así como por el inadecuado manejo de las aguas que para algunos casos discurren por las laderas descubiertas.

En lo que refiere a usos del suelo establecidos en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT, 1999) vigente para el municipio, los usos del suelo en la vereda La Palma corresponden a los relacionados con uso principal en silvicultura de producción y protección, y como uso secundario construcción de vivienda, minería y ganadería. El uso restringido cuenta con parcelación e industria y como uso prohibido se define la tala, quemas, y ganadería en zona de alta pendiente, es de esta manera cómo, aunque la minería aparezca en el uso secundario esta corresponde a actividades de explotación, las actividades de beneficio de oro están catalogadas como de tipo industrial.

Para el caso del Corregimiento Llanos de Uruarco, y según lo establecido en el capítulo 3 “Formulación” del Esquema de Ordenamiento Territorial, la zona está catalogada en su uso principal como industrial, de igual manera se indica como uso secundario la minería, estableciendo áreas de explotación según la litología y geomorfología de la zona, al respecto se menciona que para las actividades se requiere la tramitación de licencia ambiental en caso de comprobarse que se generen contaminantes que afecten los usos predominantes.

Se menciona además que el método de explotación ya sea de minería de veta o en superficie dependerá de un estudio de reservas que definirá la viabilidad técnica y económica de dicha explotación. La explotación aurífera en profundidad no genera mayor impacto ambiental si los estériles son ubicados en sitios de acopio temporales en superficie, para luego ser introducidos en los socavones abandonados y evitar fenómenos de subsidencia.

El documento indica además que la explotación de oro requiere medidas especiales de recuperación del entorno, así como manejo adecuado de las capas vegetales y del agua; estas zonas podrán ser recuperadas y utilizadas para usos recreativos, abastecimiento de agua, disposición de estériles, usos forestales entre otros, en función de la forma como sea manejada la explotación definida durante el plan minero.

Con lo anterior se tiene entonces que el EOT especifica áreas de explotación minera las cuales deben contar con procesos de extracción del mineral, sin embargo, en la zona y teniendo en cuenta el auge minero se dio construcción de infraestructura para la extracción el oro sin los permisos relacionados con zonas de riesgo y usos del suelo, lo que generó

un alto número de edificaciones irregulares que no solo modificaron el paisaje, sino que generaron impactos desde lo ambiental hasta lo social.

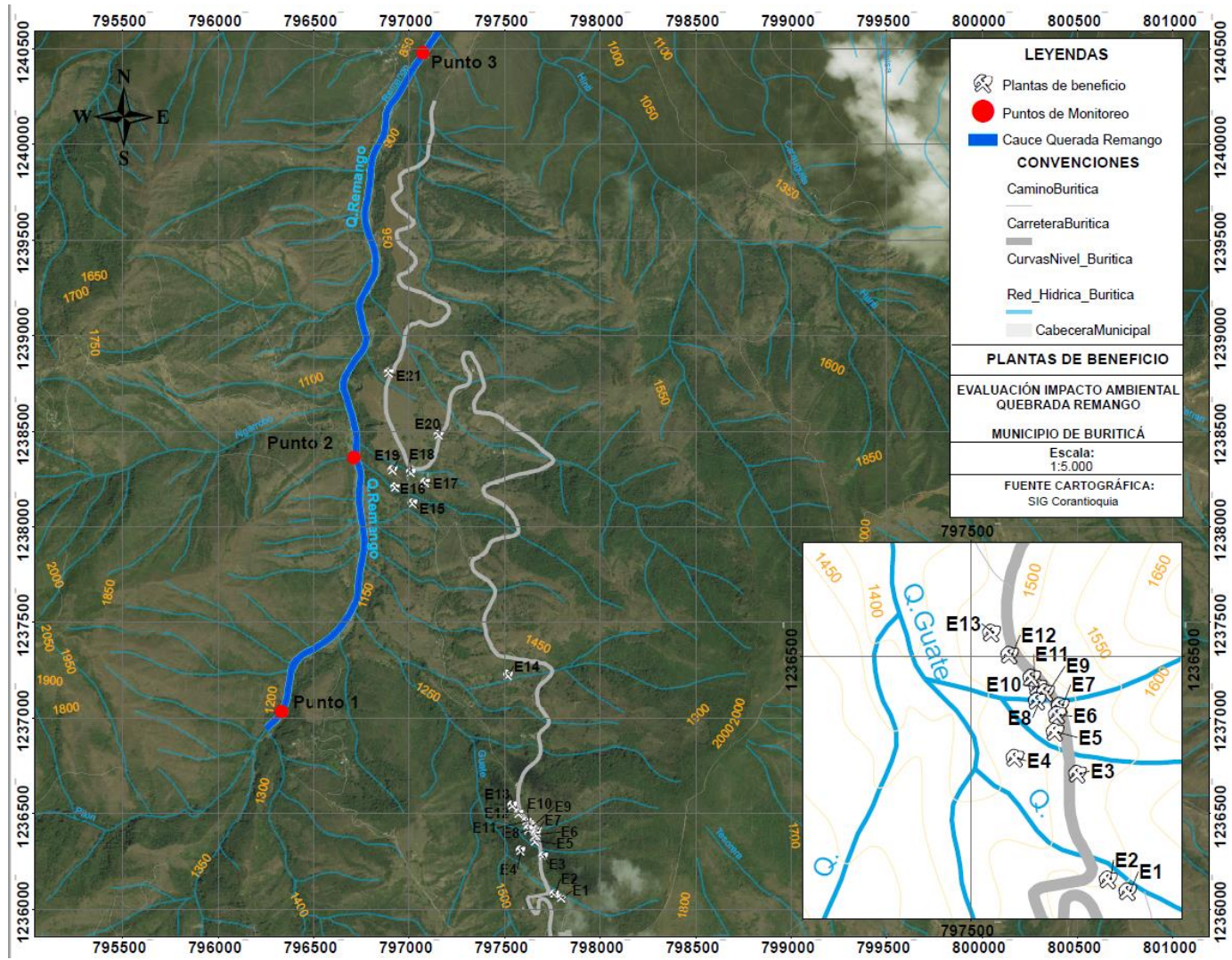
En la Figura 3 se presentan la localización de cada uno de las plantas de beneficio de oro identificadas y visitadas, de igual manera en el mapa se identifican los puntos de monitoreo de agua definidos para la toma de muestras de calidad.

Con las actividades de campo desarrolladas fue posible además conocer el proceso de extracción y transformación del oro en las plantas de beneficio minero; en general los entables visitados cuentan proceso de trituración y molienda, así como tanques de sedimentación para el manejo de los lodos generados en el proceso; es de mencionar que no para todos los entables se cuenta con tanques de cianuración como etapa final del proceso de extracción, así como tampoco con zonas adecuadas para el almacenamiento de los lodos extraídos de los tanques de sedimentación.

Es importante mencionar que el proceso de explotación de mineral en el Municipio de Buriticá se desarrolla por minería tipo filón, con operación en general de manera artesanal con el uso de taladros, martillos, barras y otras herramientas, así como explosivos artesanales desarrollados en la zona. Vale aclarar que solo algunos de los socavones cuentan con permisos para la explotación, en estos sitios el proceso se desarrolla de manera mecanizada como es el caso de la empresa Continental Gold, para estos casos se cuenta además con los permisos para el desarrollo de las actividades de extracción del mineral de la roca, con plantas de disposición que cumplen las reglamentaciones y desarrollan los procesos de extracción de manera tecnificada.

En general entonces los entables se localizan en diferentes sectores del municipio procesan el mineral extraído de manera ilegal de los socavones, prestando servicio comercial de trituración y molienda a mineros que desarrollan las actividades no formales, en ese sentido los procesos de legalización no son posibles, ya que según la normatividad ambiental vigente las licencias ambientales son tramitadas para la totalidad del proceso (explotación y extracción), de igual manera existen excepciones para las plantas de beneficio que certifiquen que el material beneficiado proviene de procesos de explotación licenciados con trámites ante la autoridad ambiental relacionados con permisos ambientales relacionados con concesión de agua y vertimientos.

Figura 3. Localización plantas de beneficio



Fuente: Autor

10.4 BENEFICIO DEL MINERAL AURÍFERO

Para el caso de las plantas de beneficio visitadas en el marco del desarrollo del proyecto de investigación, estas ejecutan actividades de extracción de oro a mineros informales prestando servicio comercial de trituración y molienda de las rocas extraídas de los socavones ilegales, mediante dos turnos de molienda.

Una vez extraído el material es transportado en costales a lomo de mula hasta las plantas de beneficio donde se cuenta con turnos de molienda, dependiendo de la carga de trabajo el material es marcado y se asigna horario para su procesamiento. Una vez el material se encuentra en el entable se dan procesos de trituración y molienda y para algunos casos de cianuración que son descritos a continuación:

10.4.1 Trituración



Imagen 4. Trituradora de material

Fuente: Autor

Del proceso de explotación la voladura entrega rocas con diámetro promedio inferior a 4", este material es almacenado en tolva de 40 toneladas con compuerta de alimentación y operación de trituración tipo quijada, el producto extraído corresponde a material con granulometría inferior a una (1) pulgada. El proceso se da en seco. En la Imagen 4, se presenta modelo de equipo de trituración. El material triturado pasará luego por una trituradora N° 4" X 8" que deberá entregar un material de 1/4" para iniciar la molienda.

10.4.2 Molienda

En las plantas se cuenta con molinos de bolas entre 3' X 2' y 3' X 6', con una capacidad de 1,2 ton/hora entregando mineral con una granulometría de tamaños de micra menor a 212 μm , cada uno de los molinos cuentan una capacidad operativa de 19,2 toneladas en 16 horas. La operación es continua, y opera mediante turnos de alquiler para la molienda del mineral extraído.

Los molinos de bola presentados en la Imagen 5 para su operación requieren de motor con especificaciones especiales según su capacidad; dependiendo del número de molinos se tienen necesidades energéticas especiales para el proceso de extracción del oro de la roca. La molienda se desarrolla en húmedo, con aplicación de agua a los molinos de bolas.



Imagen 5. Molinos de bolas

Fuente: Autor

En los entables visitados no se identificaron mesas concentradoras que por gravimetría permiten recuperar parte del oro libre, las actividades de recuperación del mineral son realizadas de manera artesanal en baldes y bateas donde son separados el lodo y las partículas de oro libre, en el proceso es agregado mercurio que facilita la separación del mineral, en el caso de no contar con el componente se agregan otros productos como pulpas cítricas y orina que facilitan la separación según la experiencia de los mineros tal como se aprecia en la Imagen 6.



Imagen 6. Manejo de cítricos en el proceso de molienda

Fuente: Autor

10.4.3 Manejo de lodos (Tanques de sedimentación)

El nombre técnico de los residuos de las unidades del proceso de beneficio de la zona para extracción del mineral se llama “relaves mineros”, estos son transportados desde la zona de molienda hasta los tanques de sedimentación “o “presas de relaves”, según la capacidad de molienda del entable se define el número de tanques y su capacidad. Estos operan como tanques de sedimentación y se conectan de manera estratégica permitiendo la mayor acumulación de material en los primeros, con aguas clarificadas en instalados al final del proceso.

Una vez en los canales y tanques los lodos alcanzan una altura considerable el paso del caudal es cerrado y se da extracción del material a costales que son dispuestos en terrenos

baldíos de la planta de beneficio para su proceso de cianuración, estos en algunos casos son transportados a entables que cuentan con la infraestructura para tal fin.

Es de anotar que en las visitas realizadas se identificó un manejo inadecuado de los lodos con tanques de sedimentación artesanales, con gran acumulación de material, y almacenamiento de lodos extraídos en zonas descubiertas donde en periodos de lluvias se evidencia escurrimiento de aguas en los terrenos. En la Imagen 7 se presenta ejemplo de tanques de sedimentación.



Imagen 7. Tanques de sedimentación

Fuente: Autor

Cabe mencionar que luego del desarrollo de la operación Greta en el mes de mayo de 2016, ceso la operación en la mayoría de los entables visitados, sin embargo, se evidencia en recorridos posteriores que aun los tanques de sedimentación cuentan con lodos almacenados, de igual manera en el desmantelamiento de las instalaciones se evidencia acumulación de material sin protección de las lluvias, con generación de caudales contaminados que discurren por las laderas y llegan a los cuerpos de agua.

En la zona de influencia del proyecto cercana al Corregimiento Llanos de Uruarco de identificaron plantas de beneficio desmanteladas y otras en operación clandestina no siendo identificadas por su difícil acceso que vierten directamente sus caudales clarificados al cuerpo de agua.

10.4.4 Cianuración

Cuando se culminan los procesos de trituración y molienda los lodos recolectados son almacenados y acumulados para la recuperación del oro asociados, para su tratamiento se implementan procesos de cianuración que permite disolver el oro fino y ultrafino que esté libre o parcialmente incluido en la matriz del mineral que lo contiene. La disolución se produce en una solución de cianuro de sodio que generalmente esta con una concentración de 600 a 800 ppm.

Para el proceso las arenas de lavado son llevadas a tinas de agitación con modelo artesanal presentado en la Imagen 8 donde se aplican caudales de agua con agitación por periodos entre 2 y 3 horas, al mismo tiempo se agregan diferentes sustancias químicas que permiten el metal (oro) pase de estado sólido a líquido para que será atrapado, y separado.



Imagen 8. Tinan de agitación (Proceso de Cianuración)

Fuente: Autor

Cabe recordar que no todas las plantas de beneficio visitadas cuentan con proceso de cianuración, algunos entables almacenan los lodos y luego los transportan a otros sitios para su proceso final.

Por su parte, el almacenamiento de lodos en los entables visitados no es el adecuado, ya que no se adapta los espacios y cubiertas necesarios para que en época de lluvias no se dé escurrimiento, que genera impactos sobre el suelo y el agua. La zona de localización de los entables en el sector Rastrojo Largo de la Vereda La Palma por su parte presenta altas pendientes que obligan la construcción de las unidades de manera escalonada, con procesos de erosión por el escurrimiento de caudal de rebose de las lagunas de sedimentación y de lavado de los lodos almacenados.

10.5 ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA BEMANGO

Para el desarrollo de las actividades de caracterización y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada Bemango, en la zona de estudio y lo efectos remanentes de las actividades de beneficio de mineral que se han desarrollado se realizó análisis de calidad espacio temporal, con toma de muestras en tres puntos distintos sobre la corriente en las dos épocas del año prevalentes.

Los monitoreos de calidad fueron realizados los días 17 de noviembre de 2017 (época de lluvias) y 18 de febrero de 2018 (época seca), en la Tabla 8 y Tabla 9 a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los monitoreos realizados. En la Imagen 9, Imagen 10 e Imagen 11 se presenta evidencia de la toma de muestras. En el Anexo 3 se presentan los reportes de laboratorio.

Tabla 8. Resultados de caracterización de aguas – noviembre 17 de 2017

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Localización		6°44'24,2" N	6°44'54,6" N	6°46'2,0" N
		75°54'58,9" O	75°54'57,9" O	75°54'45,50" O
		1.130	1.038	838
Temperatura Campo	°C	19,7	23	23,8
pH	Unidades de pH	8,1	8,35	8,38
Oxígeno disuelto	(mg O ₂ / L)	7,7	7,6	7,95
Conductividad	us/cm	281	308	367,5
DBO5 total	(mg O ₂ / L)	<1,98	<1,98	<1,98
DQO total	(mg O ₂ /L)	<25	<25	<25
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	99,5	104,4	119,3
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	14	12	12

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Sólidos sedimentables	(ml/L)	0,1	0,1	<0,1
Grasas y aceites	(mg sustancias solubles en hexano /L)	<8,0	<8,0	<8,0
Sustancias activas al azul de Metileno (SMM)	(mg/L)	0,791	0,579	0,688
Fósforo total	(mg P/l)	<0,060	0,088	<0,060
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/L)	<0,50	0,745	0,725
Cianuro total	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010
Cloruros	mg/L Cl-	1,177	1,692	5,905
Sulfatos	mg/L SO ₂ -	42,793	37,404	49,9
Magnesio	mg/L	14,6	21,9	25,5
Calcio	mg/L	38,05	41,05	49,06
Cadmio	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003
Cromo Total	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050
Hierro Total	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030
Mercurio	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Turbiedad	(UNT)	7,4	4,1	3,3
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	155	192,5	227,5
Color verdadero	m-1	6	14	8
Coliformes totales	NMP/100ml	15.400	54.900	13.800
Coliformes fecales	NMP/100ml	700	12.500	3.300

Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuzul Ltda.



Imagen 9. Toma de muestras punto 1 de monitoreo

Fuente: Autor, noviembre de 2017

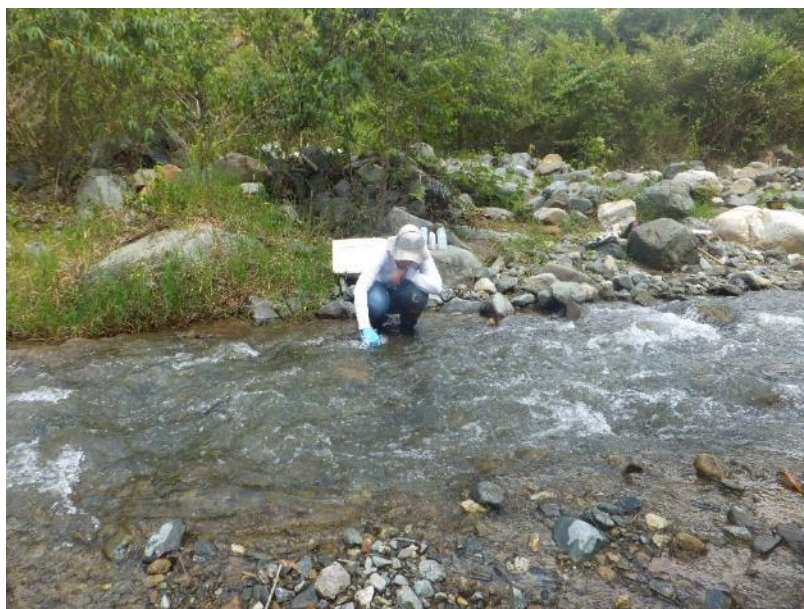


Imagen 10. Toma de muestras punto 2 de monitoreo

Fuente: Autor, noviembre de 2017

Tabla 9. Resultados de caracterización de aguas – febrero 18 de 2018

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Localización		6°44'24,2" N	6°44'54,6" N	6°46'2,0" N
		75°54'58,9" O	75°54'57,9" O	75°54'45,50" O
		1.130	1.038	838
Temperatura Campo	°C	21,4	24,9	20,0
pH	Unidades de pH	8,41	8,32	8,4
Oxígeno disuelto	(mg O ₂ / L)	7,37	7,8	7,44
Conductividad	us/cm	306	352	403
DBO5 total	(mg O ₂ / L)	<1,98	2,4	<1,98
DQO total	(mg O ₂ /L)	<25	<25	<25
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	105,9	132,7	141,6
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	76	114	32
Sólidos sedimentables	(ml/L)	0,4	0,4	0,1
Grasas y aceites	(mg sustancias solubles en hexano /L)	9,3	<8,0	<8,0
Sustancias activas al azul de Metileno (SAMM)	(mg/L)	0,0426	0,226	0,273
Fósforo total	(mg P/l)	0,069	0,154	0,096
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/L)	<0,50	1,03	0,843
Cianuro total	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010
Cloruros	mg/L Cl-	1,168	3,028	9,591
Sulfatos	mg/L SO ₂ -	58,387	66,65	61,184

Parámetro	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Magnesio	mg/L	14	<2,4	9,3
Calcio	mg/L	43,3	57,7	57,7
Cadmio	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003
Cromo Total	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050
Hierro Total	mg/L	0,641	0,726	0,39
Mercurio	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Turbiedad	(UNT)	15	7,9	6,7
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	165,6	153,6	182,4
Color verdadero	m ⁻¹	33	10	5
Coliformes totales	NMP/100ml	13.900	83.000	17.300
Coliformes fecales	NMP/100ml	300	24.000	1.600

Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda.

Para el análisis de los resultados obtenidos se desarrollan gráficas donde se presentan las concentraciones obtenidas en cada uno de los puntos de monitoreo en las dos jornadas desarrolladas, al respecto de la normatividad se realizará análisis a la luz de lo establecido en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 para los diferentes usos.



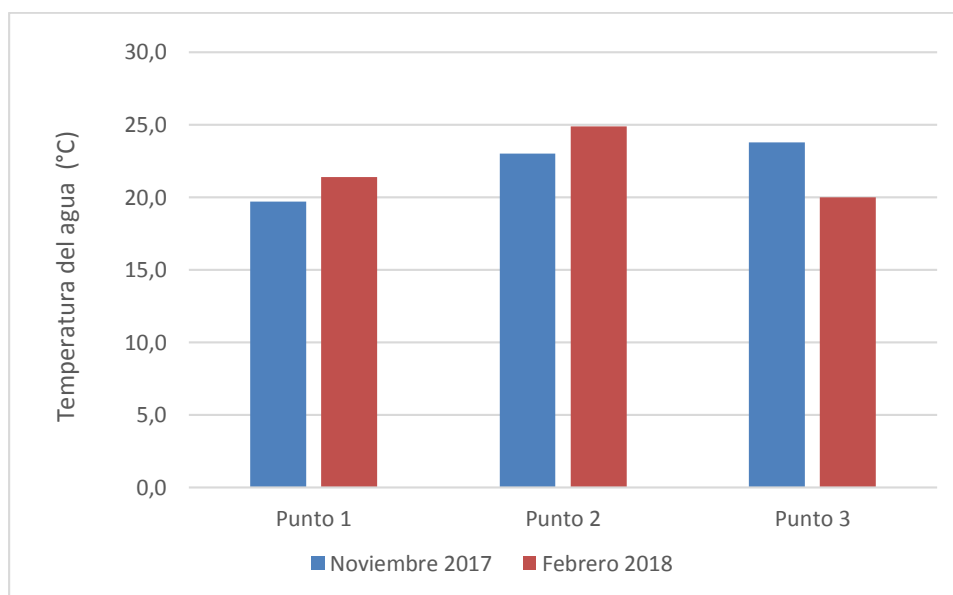
Imagen 11. Fijación de oxígeno punto 3 de monitoreo

Fuente: Autor, febrero 2018

10.5.1 Temperatura

Tal como se presenta en la Figura 4 los valores de temperatura medidos en las actividades de campo se encuentran con valores superiores a 19 °C, los resultados son coherentes para los dos primeros puntos de toma de muestra con la época de monitoreo, con tendencia al aumento, para el caso del último punto de monitoreo en el mes de febrero se evidencio un descenso en la temperatura del agua este generado por la cobertura en la zona que presenta arbustos elevados y la hora de toma de muestra (03:40 pm), tal como se reporta en los resultados del laboratorio.

Figura 4. Temperatura del agua Quebrada Bemango

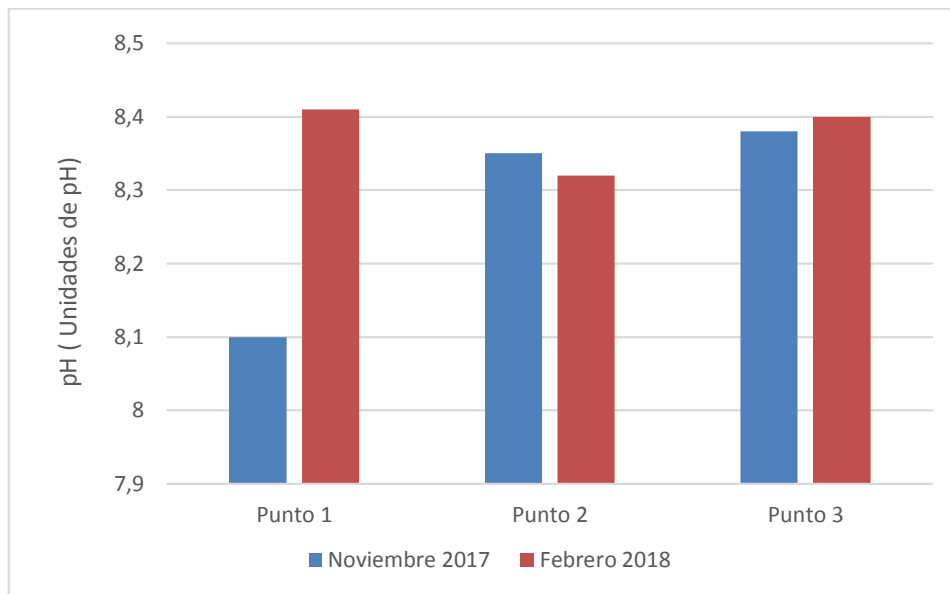


Fuente: Resultados de campo., Autor

10.5.2 pH

Los valores de pH para todos los casos se encuentran por encima de 8 Unidades de pH, con resultados estables en los tres puntos monitoreados, el pH reportado indica aguas alcalinas propias de cuerpos de agua con material rocoso. Los valores de pH medidos no presentan efectos sobre la biodiversidad del cuerpo de agua, ni sobre la salud humana. Los resultados son presentados en la Figura 5 a continuación.

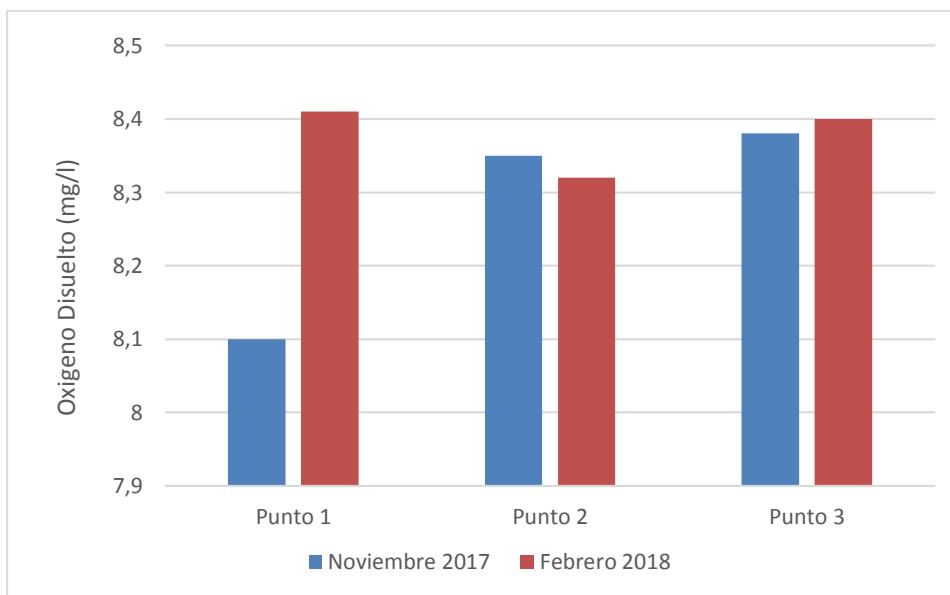
Figura 5. Variación del pH en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

10.5.3 Oxígeno disuelto

Figura 6. Oxígeno Disuelto en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Tal como se aprecia en la Figura 6 para todos los puntos de monitoreo en las dos jornadas realizadas el oxígeno disuelto se encuentra por encima de 7 mg O₂/l, valores característicos para cuerpos de agua con buenas concentraciones de saturación producto de su morfología, se presentan concentraciones altas del parámetro que se asocian al bajo

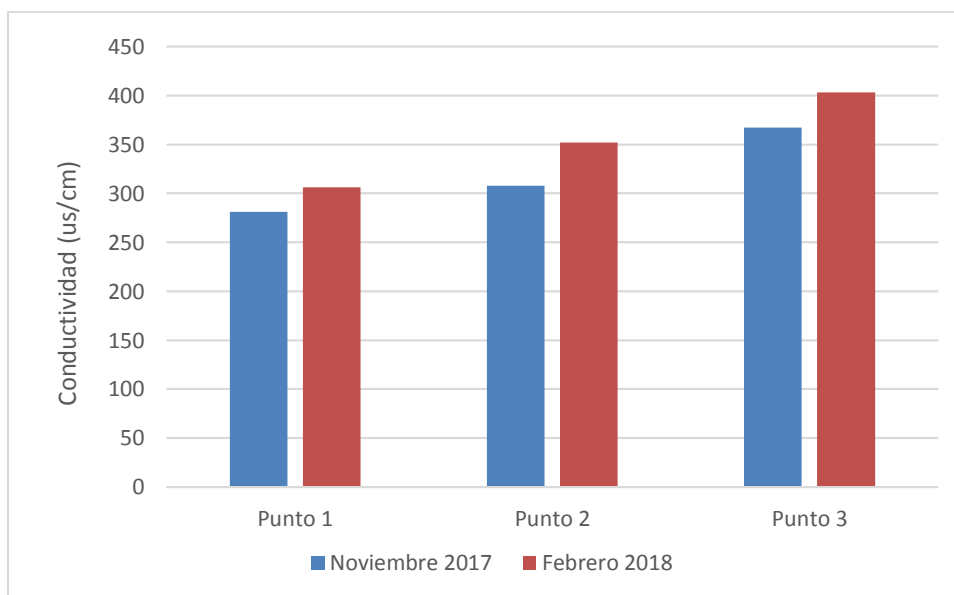
consumo de oxígeno en los procesos de descomposición de materia orgánica, con relación directa con los resultados de DBO₅ y DQO que presentan valores muy bajos que indican bajas concentraciones de materia orgánica en el cuerpo de agua, relacionadas con la baja contaminación por vertimientos de tipo doméstico.

10.5.4 Conductividad

Las concentraciones de conductividad encontradas en los diferentes puntos de monitoreo, en las jornadas desarrolladas superan los 280 microsiemens/cm con valores considerables que reflejan la alta mineralización de la zona, que se relaciona de manera adecuada con las condiciones geológicas del territorio que lo hacen rico en minerales.

Los valores reportados y que se presentan en la Figura 7 no generan efectos en el consumo humano, sin embargo, su valor también está relacionado con las cantidades de sólidos disueltos totales que representan la cantidad de iones presentes en la masa de agua.

Figura 7. Conductividad en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

10.5.5 DBO₅ y DQO

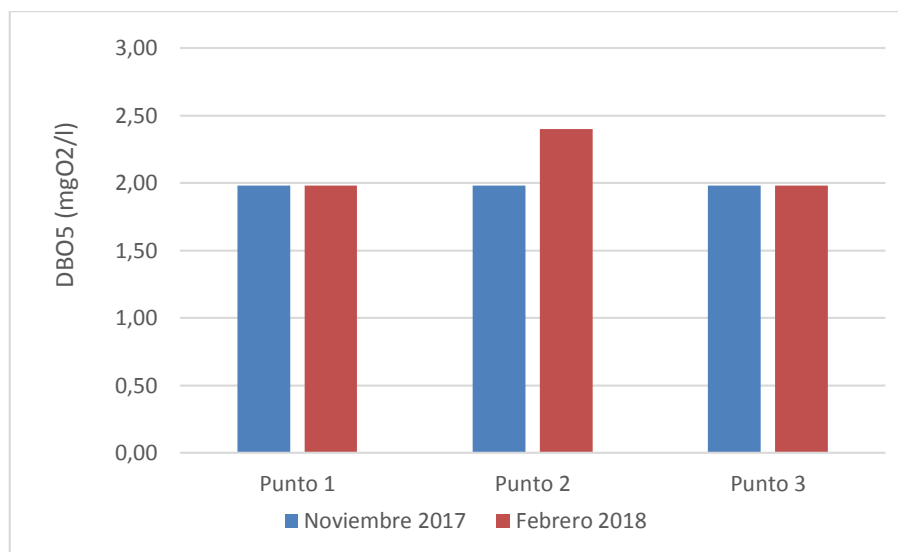
Son parámetros asociados con la contaminación orgánica del cuerpo de agua, la DBO₅ corresponde a una medida del consumo de oxígeno para la biodegradación de la materia orgánica y refleja el grado de contaminación de una corriente; por su parte la DQO corresponde al oxígeno necesario para estabilizar químicamente la materia orgánica presente en el agua. Para ambos casos en general las concentraciones obtenidas son de <1,98 mg O₂/l para DBO₅ y <25 mg O₂/l para DQO; solo para el punto 2 en el monitoreo del mes de febrero de 2018 se obtuvo un valor de 2,4 mg O₂/l para DBO₅. En la Tabla 10 se presenta los resultados para cada parámetro.

Tabla 10. Resultados DBO₅ y DQO

Parámetro	Fecha	Punto 1	Punto 2	Punto 3
DBO ₅	Noviembre 2017	<1,98	<1,98	<1,98
(mg O ₂ / L)	Febrero 2018	<1,98	2,4	<1,98
DQO	Noviembre 2017	<25	<25	<25
(mg O ₂ / L)	Febrero 2018	<25	<25	<25

Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Figura 8. DBO₅ en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Los valores reportados para DQO presentados en la Tabla 10 se relacionan con las altas concentraciones de oxígeno disuelto registradas en las campañas de monitoreo. Por su parte, los valores obtenidos para el parámetro DBO₅, y que se presentan en la Figura 8

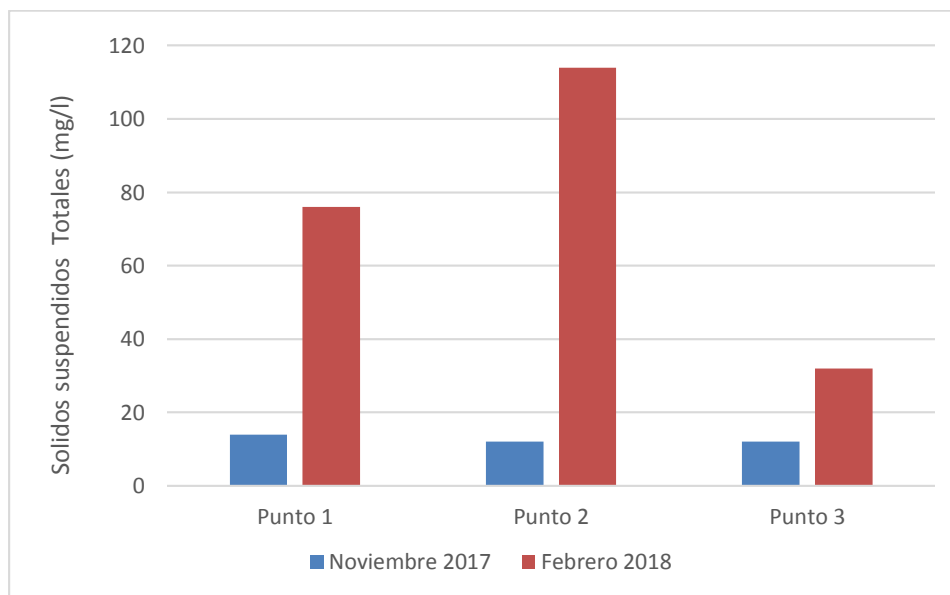
pueden ser comparados con las concentraciones máximas permisibles definidas en la Resolución de Corantioquia 9503 de 2017 para corrientes Clase I y Clase II, las cuales corresponden a 5,3 y 6,0 mg O₂/l respectivamente, con lo anterior entonces se tiene que para ambos monitoreos se cumple con los valores establecidos como objetivos de calidad de la corriente.

10.5.6 Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos son junto con la DBO₅, los principales contaminantes de carácter orgánico en el agua, no obstante, y debido a su naturaleza, también reflejan el contenido de sólidos inorgánicos aportado por el arrastre de la cuenca, especialmente durante la temporada de invierno.

De igual manera los resultados del parámetro se ven afectados por el aporte de sólidos vertidos por las actividades de extracción de mineral desarrolladas en la zona, donde se evidencian vertimientos directos al cuerpo de agua en cercanías del punto intermedio de monitoreo en la jornada del mes de febrero. En la Figura 9 se presentan los resultados para el parámetro.

Figura 9. Sólidos suspendidos totales en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Los valores obtenidos para el monitoreo realizado en el mes de noviembre de 2017 relacionado con la época de lluvias presentan valores bajos típicos de corrientes medianamente intervenidas, para este caso cabe resaltar además que los procesos de arrastre de material son mínimos teniendo en cuenta las coberturas evidenciadas en los recorridos de campo. Por su parte las concentraciones presentadas en época seca son superiores con pico de 114 mg/l en el punto intermedio que se relaciona con vertimiento directo identificado aguas arriba del punto de monitoreo, sólidos que se diluyen en el recorrido del agua con valores medios en el punto final de monitoreo.

En relación con los objetivos de calidad definidos en la Resolución de Corantioquia 9503 de 2017 para corrientes Clase I y Clase II, y que presenta valor de 7 mg/l para ambos casos no se cumple, lo que indica afectación por aportes de sólidos en la zona de estudio.

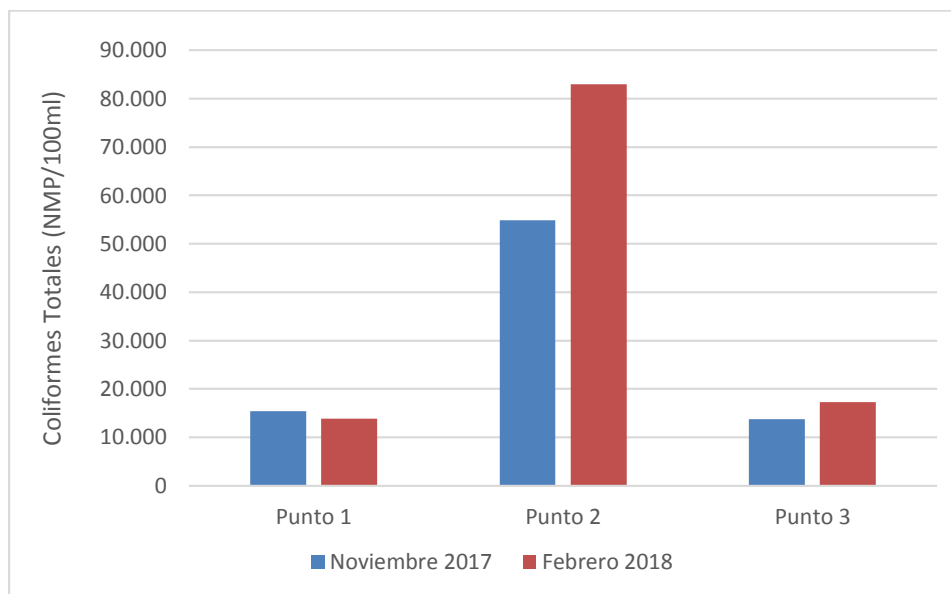
10.5.7 Coliformes Fecales y Totales

En la Figura 10 y Figura 11 se presentan las gráficas relacionadas con los resultados para coliformes totales y fecales, estas guardan coherencia en su comportamiento para los puntos de monitoreo en las dos jornadas desarrolladas.

Las bacterias del grupo coliforme hacen parte junto con los virus y parásitos, de los indicadores de contaminación microbiológica; puesto que las bacterias coliformes están presentes en cantidades significativas en los tractos digestivos tanto del hombre como de algunos mamíferos (bovinos), son seleccionados como indicadores de presencia de contaminación fecal.

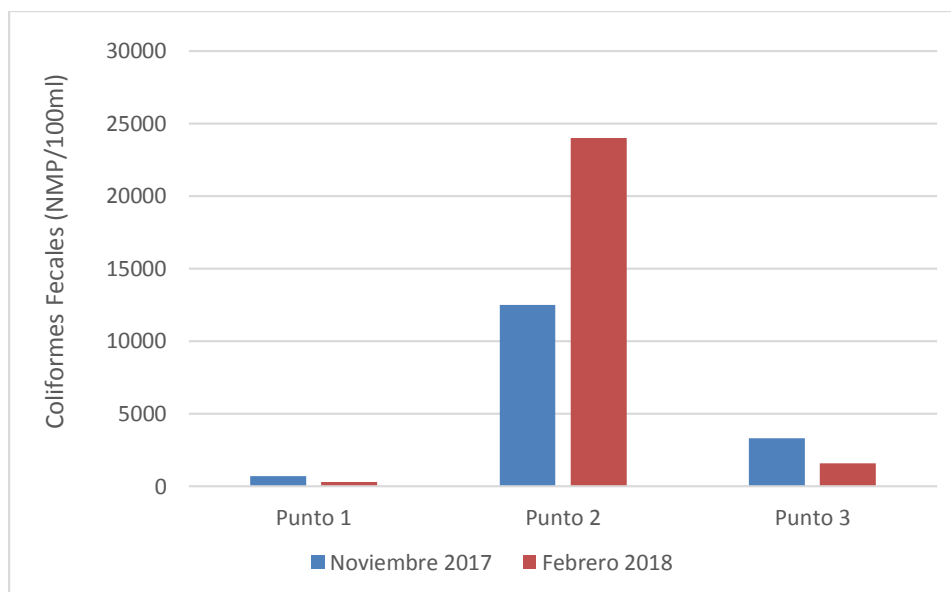
Las concentraciones obtenidas son coherentes con los resultados obtenidos a lo largo de los puntos de monitoreo para los demás parámetros asociados a materia orgánica, la presencia de estos parámetros evidencia aportes de aguas residuales domésticas, con mayor valor detectado en el punto intermedio de monitoreo, que corresponde al punto aguas abajo de la Quebrada Guaté donde se realizan vertimientos de tipo doméstico y no doméstico de la vereda la Palma.

Figura 10. Coliformes Totales en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Figura 11. Coliformes Fecales en la Quebrada Bemango



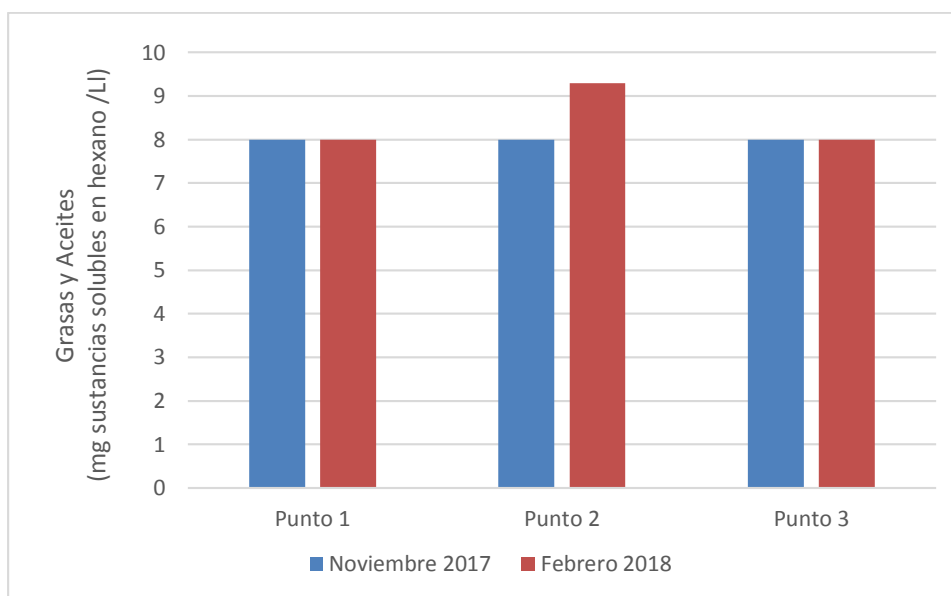
Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

10.5.8 Grasas y aceites

Se registraron concentraciones considerablemente bajas a lo largo de la Quebrada Bemango en las dos campañas de monitoreo, de los 6 registros 5 de ellos se mantuvieron por debajo del límite de cuantificación grasas y aceites (<0,8 mg sustancias solubles en

hexano /l), solo en la campaña realizada en el mes de febrero de 2018 (época seca) el valor reportado fue de 9,3 mg sustancias solubles en hexano /L tal como se muestra en la Figura 12, este resultado es coherente con el vertimiento del proceso de beneficio de oro identificado aguas arriba del punto para esta campaña, donde por las condiciones del proceso manejan grasas y aceites para el mantenimiento del equipamiento usado en el proceso, y que se mezclan con los caudales líquidos que se vierten al cuerpo de agua.

Figura 12. Grasas y Aceites en la Quebrada Bemango

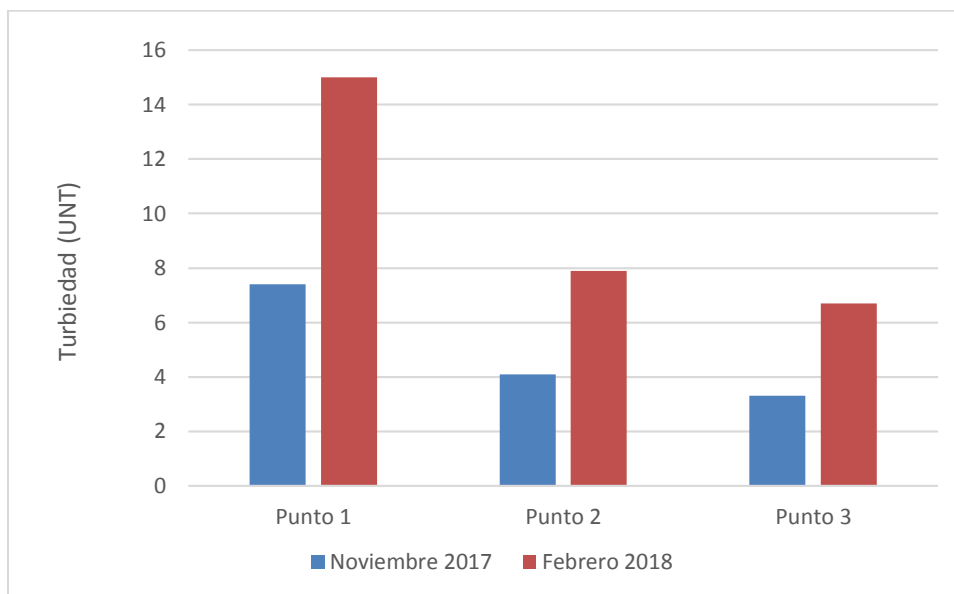


Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuzul Ltda., Autor

10.5.9 Turbiedad

La turbiedad se encuentra directamente relacionada con las concentraciones de partículas suspendidas en el cuerpo de agua, para el caso específico las concentraciones reportadas superan las 3 UNT, con mayores valores reportados en la campaña del mes de febrero de 2018 (época seca). Tal como se presentan en la Figura 13 los valores en los puntos de monitoreo para las dos campañas tienden a la baja a lo largo del cuerpo de agua, ello generado por la dilución de las partículas y su sedimentación a lo largo del cuerpo de agua.

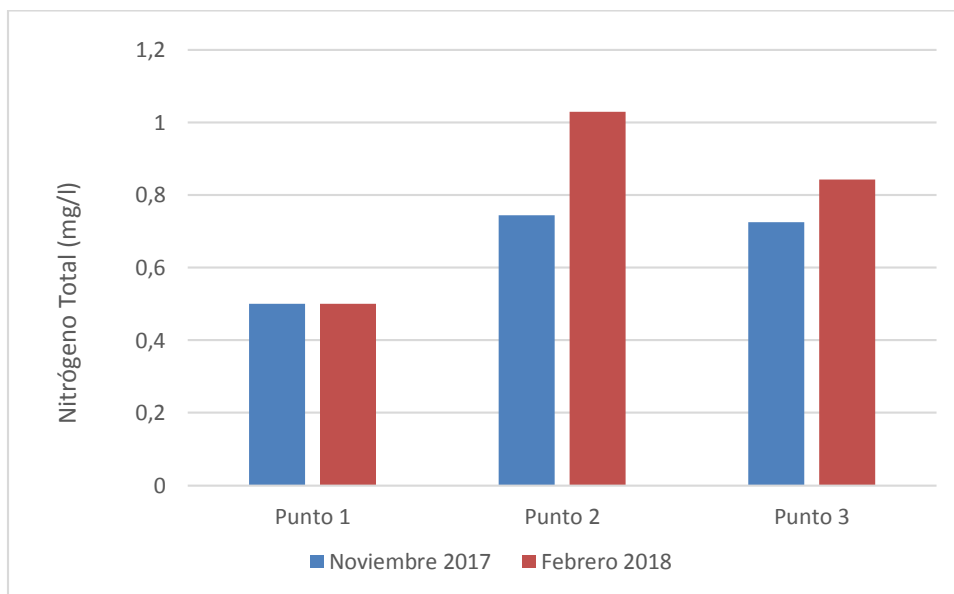
Figura 13. Turbiedad en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

10.5.10 Nitrógeno total

Figura 14. Nitrógeno Total en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

El nitrógeno y sus diferentes formas alotrópicas, hacen parte de los nutrientes en el medio acuático presentes por el aporte de ARD; está conformado por el nitrógeno orgánico y el

inorgánico que principalmente está compuesto por el de carácter amoniacal; para el análisis de los compuestos nitrogenados, se tuvo en cuenta el comportamiento del nitrógeno total.

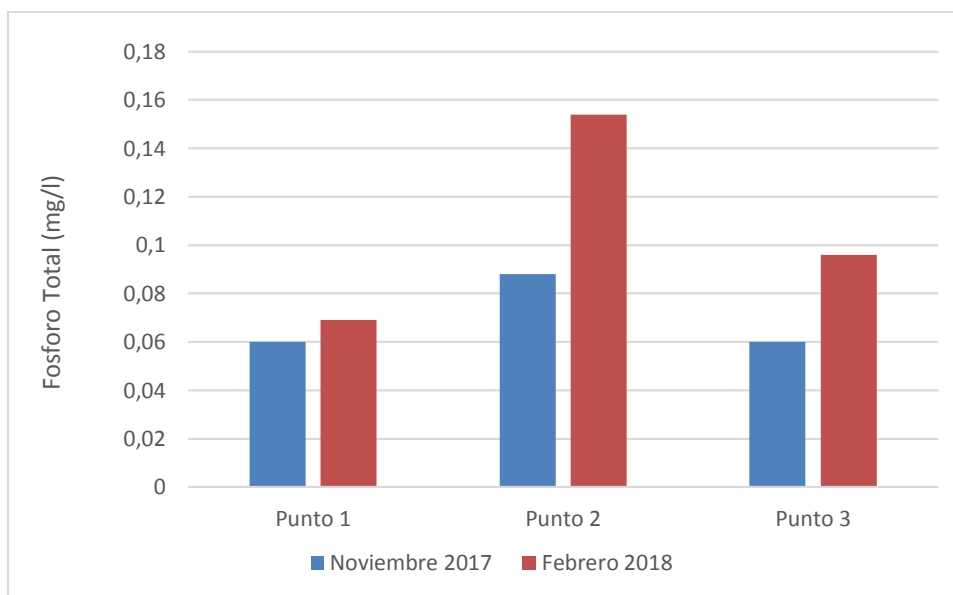
Las concentraciones medidas en los diferentes puntos de monitoreo son bajas, con valores típicos de sistemas con poca intervención (inferiores a 1,0 mg/l), ver Figura 14.

10.5.11 Fosforo total

Para el análisis de los compuestos fosforados, se tuvo en cuenta el comportamiento del fósforo total. Tal como se puede observar en la Figura 15 los puntos de monitoreo en las dos campañas presentan valores que se encuentran por debajo de 0,15 mg/l, con picos para ambas campañas en el punto intermedio de monitoreo.

El pico de la gráfica está relacionado con la intervención en el cuerpo de agua, encontrándose el punto medio de monitoreo aguas abajo de la confluencia de la quebrada Guaté donde se dan vertimientos de aguas residuales, que contienen entre otros, trazas de detergentes que modifican la concentración del parámetro.

Figura 15. Fosforo Total en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Si se tiene en cuenta la clasificación definida en función del fósforo total por medio del índice de contaminación por trofía (ICOTRO), se tiene que:

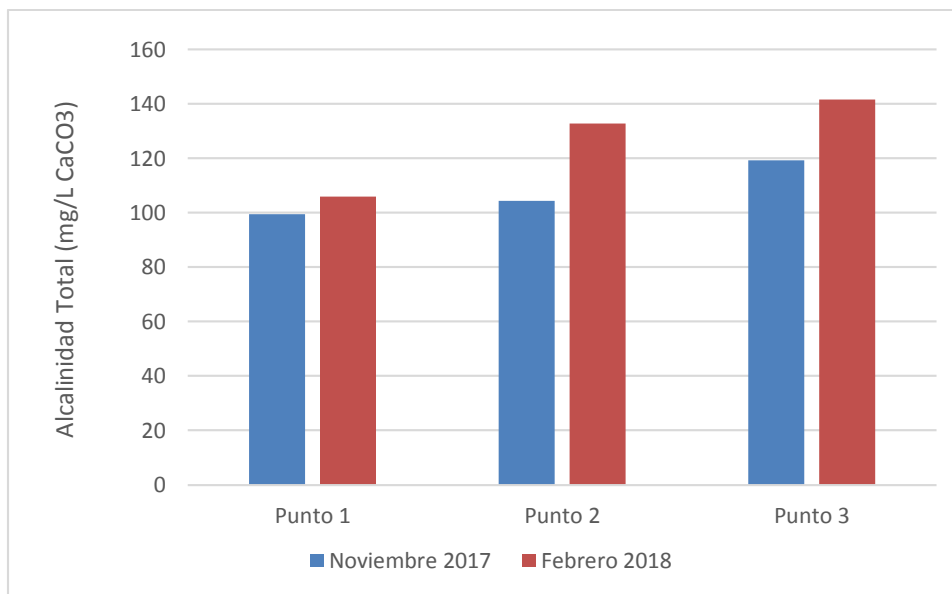
Oligotrófico: $P < 0,01 \text{ mg/l}$ Mesotrófico: $P [0,01 - 0,02 \text{ mg/l}]$
 Eutrófico: $P [0,02 - 1,00 \text{ mg/l}]$ Hipereutrófico: $P > 1,00 \text{ mg/l}$

Con lo anterior tanto para los monitoreos realizados en época de lluvias como en época seca la Quebrada Bemango se mantienen en una condición mesotrófica, que indica un nivel intermedio de productividad.

10.5.12 Alcalinidad

La alcalinidad refleja la concentración de equilibrio de CO_2 en la masa de agua al igual que su capacidad de soportar cambios de pH o capacidad tampón. Este parámetro además desempeña un rol importante en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO_2 para la fotosíntesis.

Figura 16. Alcalinidad en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Los valores reportados en los puntos de monitoreo y tal como se evidencia en la Figura 16 superan los 90 mg/L CaCO_3 que corresponde a valores medios que pueden estar

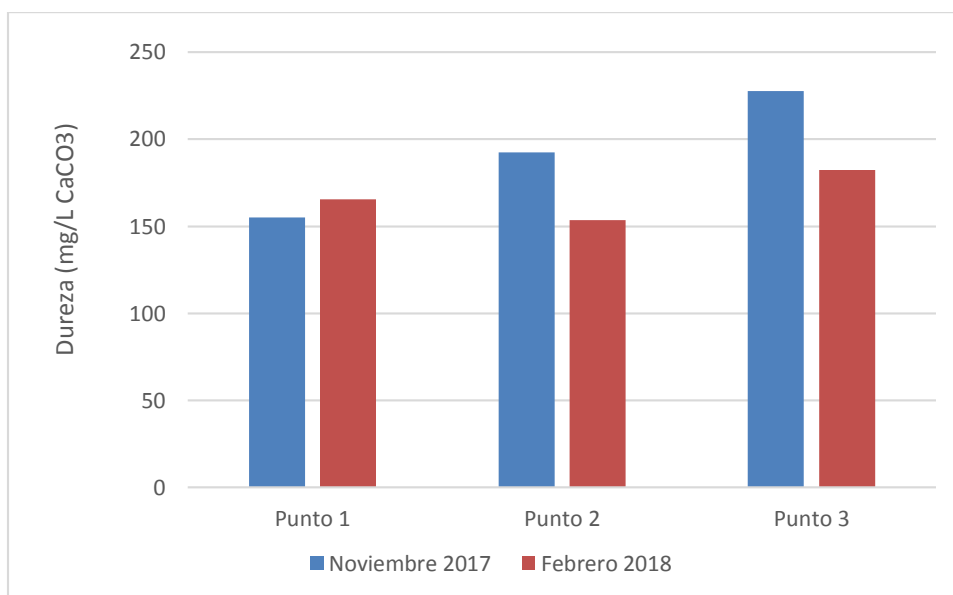
relacionados con la dilución de depósitos minerales propios de la región. Las concentraciones reportadas por su parte ayudan además a mantener una baja variación del pH. Los valores reportados en el monitoreo se encuentran por debajo del límite aceptable la Resolución 2115 de 2007 que establece 200 mg/l para consumo humano.

Las concentraciones de alcalinidad también se relacionan con los procesos mineros que se desarrollan en la zona con vertimientos proceso de las actividades de explotación con drenajes alcalinos de aguas subterráneas.

10.5.13 Dureza

La dureza del agua refleja el contenido de iones de Ca y Mg y está influenciada por las propiedades o formaciones geológicas del terreno; valores altos de estos dos parámetros limitan el uso doméstico del agua puesto que no se genera espuma con el uso de jabones o detergentes.

Figura 17. Dureza en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

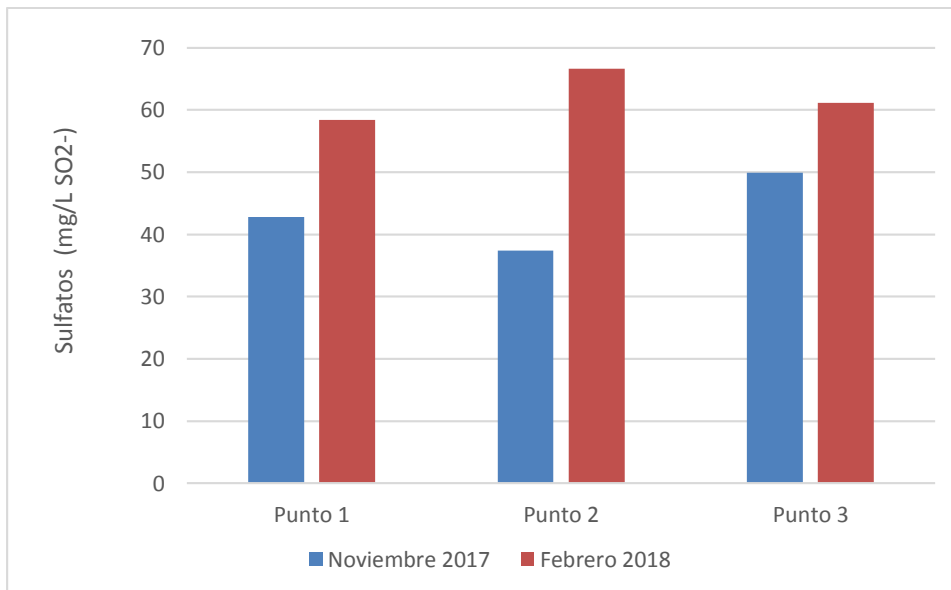
Como se presentan en la Figura 17 las concentraciones medidas para todos los casos superan los 150 mg/l que indican aguas duras, que se relacionan con las características geológicas del terreno, con valores afectados por los vertimientos en la zona de procesos de explotación y extracción del mineral, las concentraciones reportadas si bien elevadas

no limitan los usos del recurso. Los valores máximos se observan en el punto final de monitoreo, con pico en la jornada de aguas altas (noviembre de 2017)

10.5.14 Sulfatos

Los sulfatos son los aniones más importantes en el agua después de los carbonatos; los sulfatos se encuentran en aguas aeróbicas y de esta forma las algas los pueden incorporar en su protoplasma; la principal fuente natural de sulfatos es el arrastre por aguas lluvias por disolución de rocas que tengan compuestos tales como CaSO_4 y FeS_2 (Roldán P., 2008). En la Figura 18 se presentan los resultados de los monitoreos realizados.

Figura 18. Sulfatos en la Quebrada Bemango



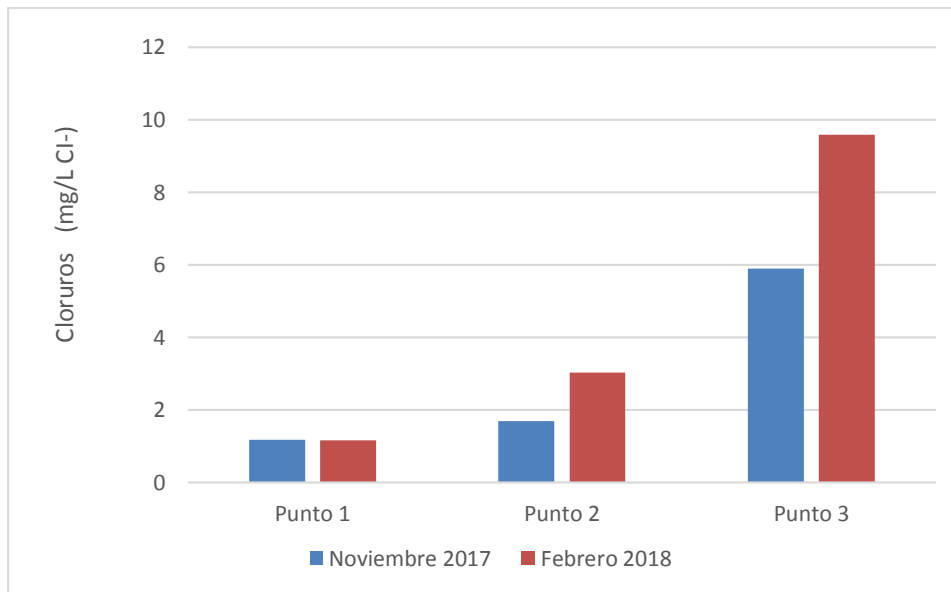
Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Para las mediciones realizadas las concentraciones de sulfatos oscilan entre 35 y 67 mg/l, valores intermedios en la escala que se relacionan con la geología de la zona de estudio y los aportes de vertimientos de los procesos industriales que se llevan a cabo en la zona ya sea de manera directa o por el lavado de laderas.

10.5.15 Cloruros

El cloruro en el agua es muy variable pues depende de las características de los terrenos que atraviesan; por lo regular, los cloruros en la parte alta de los ríos tienen valores bajos y menores a 5 mg/l, en cambio en las partes bajas de los mismos estos valores se incrementan producto de la contaminación de materia orgánica y del arrastre de minerales en temporada de lluvias, (Roldán P., 2008). Estos iones, también están relacionados con contaminación orgánica principalmente por el aporte de excretas (orina). En la Figura 19 se presentan las concentraciones obtenidas en los monitoreos realizados.

Figura 19. Cloruros en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

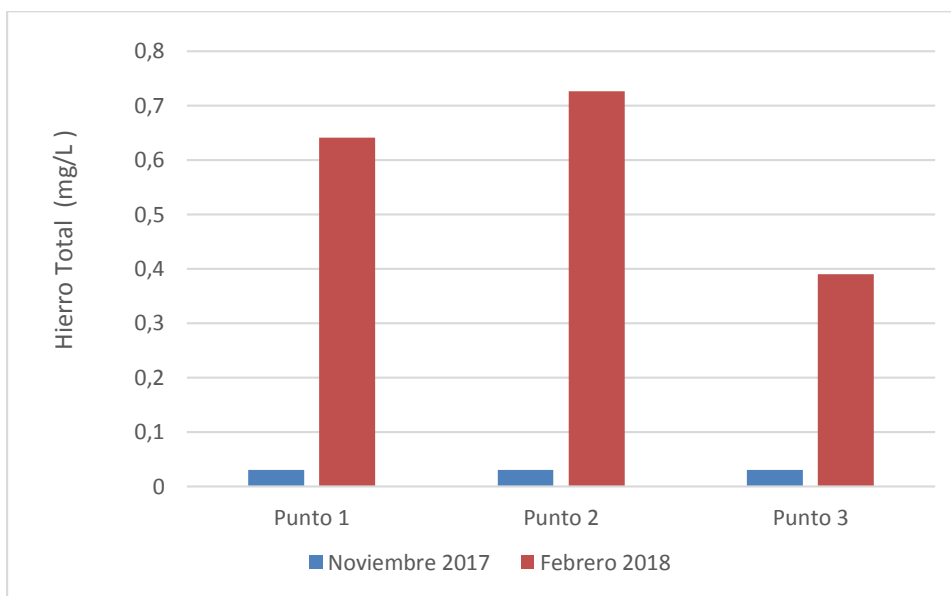
Las concentraciones medidas para el parámetro indican presentan valores inferiores a 10 mg/l, que tienen al aumento a lo largo del cuerpo de agua, acorde ello a los presentado en la literatura y que se relacionan con contaminación por materia orgánica producto de los vertimientos de aguas residuales domésticas y aportes de minerales que pueden ser producto del lavado y/o de los vertimientos en la zona de los procesos de explotación y extracción aurífera.

10.5.16 Hierro

El hierro es un elemento que se encuentra en el agua tanto en forma bivalente (Fe^{+2}) como trivalente (Fe^{+3}); el primero de ellos es soluble en condiciones anaerobias, pero en presencia de O_2 , se vuelve trivalente y forma complejos coloidales con otros iones inorgánicos;

Como se presenta en la Figura 20 las concentraciones medidas para el monitoreo en época de lluvias (noviembre de 2017) presentan valores por debajo del límite de detección ($< 0,03 \text{ mg/l}$), por su parte para el monitoreo en época seca (febrero de 2018) se presenta variación con valores que no superan los $0,8 \text{ mg/l}$, con pico en el punto intermedio con valor de $0,726 \text{ mg/l}$.

Figura 20. Hierro en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

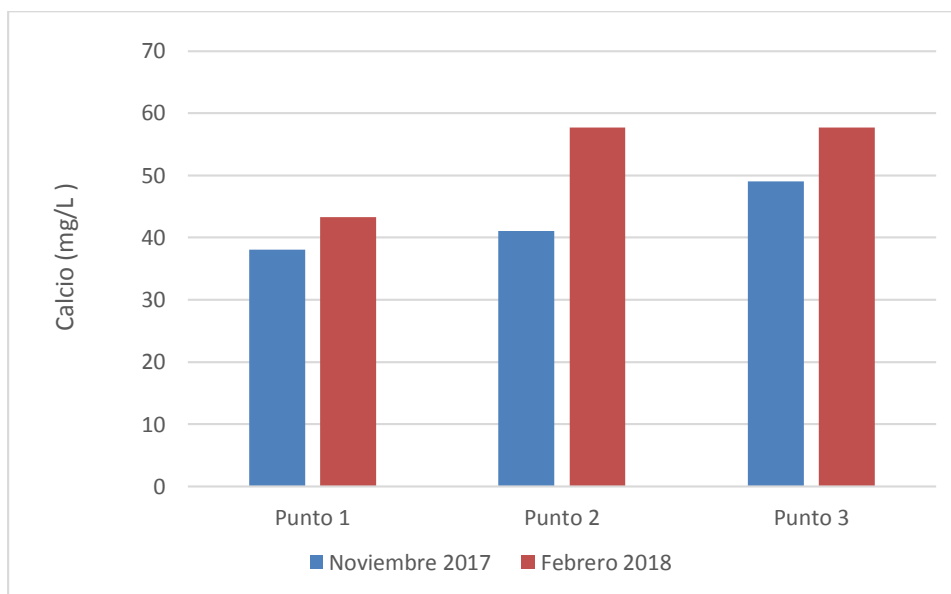
Es importante mencionar que las concentraciones de este ion están relacionadas a aportes minerales, teniendo en cuenta la geología de la zona, y los procesos que se desarrollan de explotación y extracción de oro.

10.5.17 Calcio y Magnesio

El Ca junto con el Mg, son los cationes más abundantes en las aguas dulces; la actividad química de estos dos elementos es similar, en especial en la formación de sales de carbonato y pueden llegar a ser limitantes de los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos.

Las concentraciones de calcio en los dos puntos de monitoreo se encuentran entre los 30 y los 60 mg/l, indicando procesos de lavado de rocas, derivadas de las características de la zona, los valores presentados que son predominantes en el monitoreo de época seca pueden estar relacionados con vertimientos de procesos explotación y extracción de mineral en la zona. Ver Figura 21.

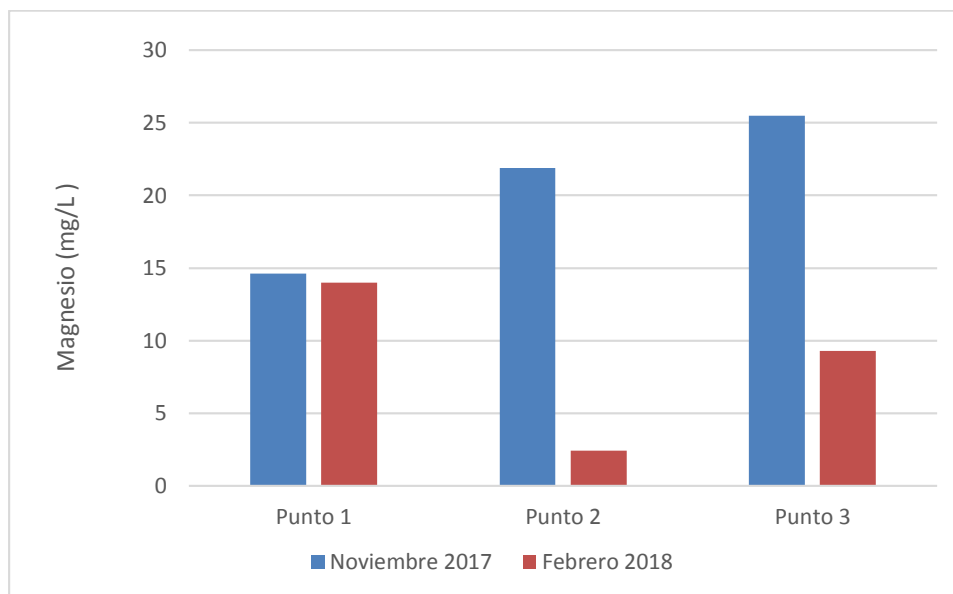
Figura 21. Calcio en la Quebrada Bemango



Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

Para el caso de las concertaciones de magnesio los valores oscilan entre 0-26 mg/l, con concertaciones mayores en el monitoreo del mes noviembre de 2017 época de lluvias, los valores se relacionan con las condiciones geológicas de la zona. Ver Figura 22.

Cabe mencionar que las concertaciones de calcio y magnesio obtenidas se encuentran relacionadas con las de dureza total, ya analizadas.

Figura 22. Magnesio en la Quebrada Bemango

Fuente: Resultados caracterización laboratorio Acuazul Ltda., Autor

10.5.18 Metaloides (Cadmio, Cromo, Mercurio y Cianuro)

Los metaloides analizados en la Quebrada Bemango, no registraron concentraciones bajas, iguales en todos los puntos de monitoreo en las diferentes campañas así: cadmio (<0,003 mg/l), cromo (<0,05 mg/l), mercurio (0,0006 mg/l), y cianuro (<0,010 mg/l).

En cuanto al cumplimiento del Decreto 1594/1984 (compilado en el Decreto único 1076/2015), las concentraciones de los metaloides en el agua de la Quebrada Bemango se mantuvieron por debajo de los máximos definidas para uso doméstico y agrícola.

Es importante mencionar que en la zona de estudio las actividades de extracción del mineral se desarrollan en menor escala, y de manera clandestina lo que ha disminuido los caudales y cantidad de vertimientos sobre el cuerpo de agua, en general se dan procesos de trituración y molienda con almacenamiento de lodos, teniendo en cuenta las restricciones para el ingreso de químicos que permitan el desarrollo del proceso de cianuración, con ello entonces se disminuyeron además los vertimientos de metaloides al cuerpo de agua permitiendo la recuperación del mismo.

10.5.19 Análisis estadístico resultados de monitoreo.

Con los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo se realizan cálculos de media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, valor mínimo y máximo, encontrando que son las concentraciones de conductividad, sólidos suspendidos totales (SST), dureza total, coliformes totales y coliformes fecales, son las que presentan mayor varianza en la totalidad de datos.

Las concentraciones que presentan menor varianza corresponden, a los parámetros: DQO, pH, DBO₅, sólidos sedimentables, fósforo total, cianuro total, cadmio, cromo total, hierro total, y mercurio. En la Tabla 11 a continuación se presentan los resultados de los cálculos básicos estadísticos para la totalidad de datos levantados por parámetro.

Tabla 11. Resultados de valores estadísticos de las variables medidas

Parámetro	Unidad	Datos	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Min	Max
Temperatura Campo	°C	6	22,05	4,44	2,11	0,10	19,7	24,9
pH	Unidades de pH	6	8,33	0,01	0,12	0,01	8,1	8,4
Oxígeno disuelto	(mg O ₂ / L)	6	7,64	0,05	0,22	0,03	7,4	8,0
Conductividad	us/cm	6	333,6 9	2.089,18	45,71	0,14	281,0	403,0
DBO ₅ total	(mg O ₂ / L)	6	2,04	0,03	0,17	0,08	2,0	2,4
DQO total	(mg O ₂ /L)	6	25,00	0,00	0,00	0,00	25,0	25,0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	6	116,2 3	288,97	17,00	0,15	99,5	141,6
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	6	28,70	1.802,67	42,46	1,48	12,0	114,0
Sólidos sedimentables	(ml/L)	6	0,20	0,03	0,19	0,93	0,1	0,4
Grasas y aceites	(mg sustancias solubles en hexano /L)	6	8,20	0,28	0,53	0,06	8,0	9,3
Sustancias activas al azul de Metileno (SAMM)	(mg/L)	6	0,31	0,09	0,30	0,96	0,0	0,8
Fósforo total	(mg P/l)	6	0,08	0,001	0,04	0,43	0,1	0,2

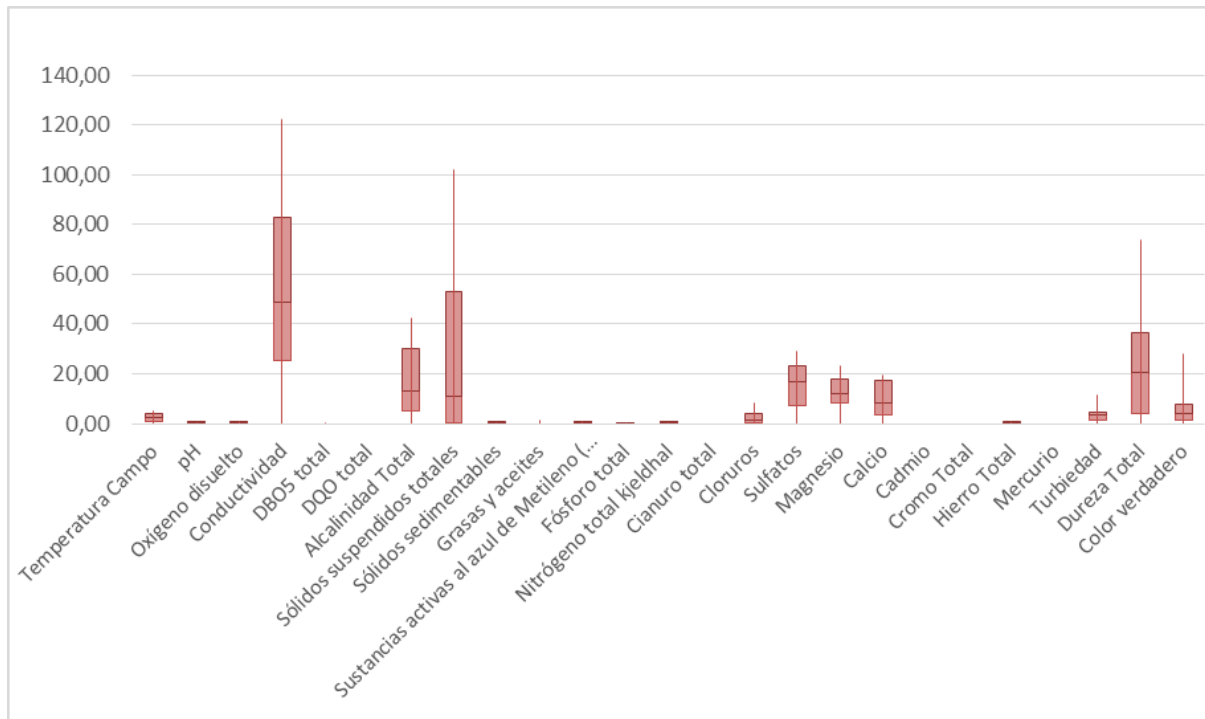
Parámetro	Unidad	Datos	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Min	Max
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/L)	6	0,70	0,04	0,20	0,29	0,5	1,0
Cianuro total	mg/L	6	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Cloruros	mg/L Cl-	6	2,71	11,36	3,37	1,24	1,2	9,6
Sulfatos	mg/L SO ₂ -	6	51,66	127,78	11,30	0,22	37,4	66,7
Magnesio	mg/L	6	11,69	69,88	8,36	0,72	2,4	25,5
Calcio	mg/L	6	47,19	71,70	8,47	0,18	38,1	57,7
Cadmio	mg/L	6	0,00	0,000	0,00	0,00	0,0	0,0
Cromo Total	mg/L	6	0,05	0,00	0,00	0,00	0,1	0,1
Hierro Total	mg/L	6	0,13	0,10	0,32	2,48	0,0	0,7
Mercurio	mg/L	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Turbiedad	(UNT)	6	6,56	17,24	4,15	0,63	3,3	15,0
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	6	177,7 1	789,13	28,09	0,16	153,6	227,5
Color verdadero	m-1	6	10,17	109,47	10,46	1,03	5,0	33,0
Coliformes totales	NMP/100ml	6	24.80 4	853.859.000,0 0	29.220,87	1,18	13.800, 0	83.000,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	6	2.632	89.330.666,67	9.451,49	3,59	300,0	24.000,0

Fuente: Autor

Al analizar los resultados obtenidos por punto de monitoreo, las mayores varianzas se tienen para el punto 2 aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Guaté, para los parámetros: conductividad, sólidos suspendidos totales, alcalinidad total, sulfatos, dureza total y coliformes totales y fecales; con mayores concentraciones medidas en el monitoreo de aguas bajas.

Con los resultados de los monitoreos realizados se desarrolla además diagrama de cajas que se presenta en la Figura 23, donde se presenta gráficamente los parámetros y la varianza de cada uno de ellos.

Figura 23. Diagrama de cajas resultados de monitoreo



Fuente: Autor

Del diagrama de cajas se tiene que, de un total de 27 parámetros medidos en los puntos de monitoreo, 8 de ellos son los más sobresalientes con variaciones espaciales, siendo los más representativos la conductividad, alcalinidad total, sólidos suspendidos totales, sulfatos, magnesio, calcio y dureza total.

10.6 INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

10.6.1 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Con los valores de concentraciones obtenidos en los monitoreos de calidad del agua para cada uno de los puntos de monitoreo en las dos jornadas desarrolladas se aplica el Índice de Calidad del Agua ICA. El índice ICA está definido por:

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

Donde

W_i : es peso relativo asignado a la variable de calidad

I_i es el valor del índice promedio obtenido en función de la concentración determinada en el punto de interés, tal como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Factores de ponderación para la determinación del ICA

Parámetro	Factor ponderación
Oxígeno Disuelto	0,17
Índice de SST	0,17
Índice de DQO	0,17
Índice NT/PT	0,17
Índice de pH	0,15
Coliformes fecales	0,17

Fuente: (IDEAM, 2011).

La calificación cualitativa del ICA, se encuentra en la Tabla 13

Tabla 13. Intervalos de calificación de la calidad del agua para el índice de calidad del agua ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	azul

Fuente: (IDEAM, 2011).

A continuación, en la Tabla 14, se presentan los resultados obtenidos para las jornadas de monitoreo realizadas.

Tabla 14. Resultado índice de calidad del agua -ICA

Fecha de muestreo	Punto	ICA	Calificación
Noviembre de 2017	1	0,71	Aceptable
	2	0,66	Regular
	3	0,69	Regular
Febrero de 2018	1	0,72	Aceptable
	2	0,61	Regular
	3	0,64	Regular

Fuente: Autor

De los resultados obtenidos con la aplicación del índice de calidad, se tiene que la calificación para los puntos de monitoreo es igual en cada una de las dos jornadas desarrolladas; donde para el punto de monitoreo 1 los valores del ICA fueron semejantes, para el caso de los puntos de monitoreo 2 y 3 los valores más bajos se obtuvieron en el mes de febrero de 2018 en época seca, donde se cuenta con menor caudal que permita mejores condiciones de dilución de los contaminantes.

Por su parte en los recorridos de campo realizados previo al monitoreo del mes de febrero se identificaron un mayor número de vertimientos activos de entables mineros clandestinos en la zona cercana a la vereda La Palma y al centro poblado del Corregimiento Llanos de Uruarco, con actividades de molienda bajas y por ende bajos caudales, pero que aportan contaminantes al cuerpo de agua.

10.6.2 Índice de Contaminación

Teniendo en cuenta los formulados para Colombia, y según el procedimiento metodológico presentado en (Fernández & Solano, 2005), se aplica para el presente estudio los siguientes índices:

- **Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI):**

El índice integra conductividad, dureza y alcalinidad y está definido por:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

Donde:

$$I_{Conductividad} = 10 - 3,26 + 1,34 \log(\text{conductividad } (\mu\text{S/cm}))$$

Si conductividad > 270 $\mu\text{S/cm}$, entonces $I_{Conductividad} = 1$

$$I_{Dureza} = 10 - 9,09 + 4,4 \log(\text{Dureza})$$

Si dureza > 110 mg/l, entonces $I_{Dureza} = 1$

Si dureza < 30 mg/l, entonces $I_{Dureza} = 0$

$$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad}$$

Si la alcalinidad > 250 mg/l, entonces $I_{Alcalinidad} = 1$

Si la alcalinidad < 50 mg/l, entonces $I_{Alcalinidad} = 0$

- **Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO):**

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), coliformes totales y % de saturación de oxígeno, definido por la siguiente formula:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO5} + I_{Coliformes} + I_{\% \text{ Oxígeno}})$$

Donde:

$$I_{DBO5} = -0,05 + 0,70 \log (DBO5)$$

Si $DBO5 > 30 \text{ mg/l}$, entonces $I_{DBO5} = 1$

Si $DBO5 < 2 \text{ mg/l}$, entonces $I_{DBO5} = 0$

$$I_{Coliformes \text{ Totales}} = -1,44 + 0,56 \log (\text{Coliformes Totales})$$

Si Coliformes Totales $> 20000 \text{ NMP/100 ml}$, entonces $I_{Coliformes \text{ Totales}} = 1$

Si Coliformes Totales $< 500 \text{ NMP/100 ml}$, entonces $I_{Colif \text{ Total}} = 0$

$$I_{Oxígeno} = 1 - 0,01 \text{ Oxígeno } (\%)$$

Si Oxígeno (%) mayor al 100%, $I_{Oxígeno\%} = 0$

Para sistemas lenticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se debe usar la siguiente expresión:

$$I_{Oxígeno} = 0,01 * \text{Oxígeno } (\%) - 1$$

- **Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)**

Para su determinación no es necesario el cálculo de ningún subíndice, solo se aplica la ecuación matemática, teniendo en cuenta algunas consideraciones relacionadas con la concentración medida.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 * \text{Sólidos Suspendidos}$$

Si sólidos suspendidos mayores a 340 mg/l , entonces $ICOSUS = 1$

Si sólidos suspendidos menores a 10 mg/l , entonces $ICOSUS = 0$

La calificación de los índices de contaminación y los rangos establecidos se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Significado de los Índices de Contaminación ICOs

ICO	Grado de Contaminación	Señal de alerta
0,00 – 0,20	Ninguna	Azul
> 0,20 – 0,40	Baja	Verde
>0,40 – 0,60	Media	Amarilla
>0,60 – 0,80	Alta	Naranja
>0,80 – 1,00	Muy Alta	Rojo

Fuente: (Fernández & Solano, 2005)

A continuación, en la Tabla 16 , se presentan los resultados obtenidos para la aplicación de cada uno de los índices de contaminación, en los monitoreos realizados.

Tabla 16. Resultados índices de contaminación ICOMI, ICOMO E ICOSUS

Fecha de muestreo	Punto	ICOMI	Calificación	ICOMO	Calificación	ICOSUS	Calificación
Noviembre de 2017	1	0,749	Alta	0,967	Muy alta	-	*
	2	0,757	Alta	0,337	Baja	-	*
	3	0,782	Alta	0,949	Muy alta	-	*
Febrero de 2018	1	0,760	Alta	0,991	Muy alta	0,003	Ninguna
	2	0,805	Muy alta	0,413	Media	0,014	Ninguna
	3	0,819	Muy alta	0,978	Muy alta	-	*

Fuente: Autor

Nota: *En el cálculo se obtienen resultados negativos

Los índices de contaminación por mineralización (ICOMI) y por materia orgánica (ICOMO), presentan resultados variables, donde para el caso del ICOMO los puntos 1 y 3 de monitoreo en las dos jornadas son los que presentan mayor afectación por contaminación orgánica, relacionada con los vertimientos residuales de la zona.

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI), presenta resultados con grado entre alto y muy alto para los puntos de monitoreo, con condiciones más críticas en los puntos 2 y 3 del monitoreo realizado en aguas bajas, que indica altas concentraciones de minerales en el agua, relacionadas con las características geológicas de la zona y los procesos de explotación y beneficio de minerales.

Finalmente, como resultado de la aplicación del índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), al realizar el cálculo para varios de los puntos se obtienen resultados negativos, sin ningún tipo de indicador.

Para este indicador solo se presentan valores numéricos en los puntos de monitoreo 1 y 2 de la segunda campaña (febrero de 2018), donde las concentraciones fueron las más elevadas superando para los dos casos los 70 mg/l.

Al comparar los resultados obtenidos por los índices de contaminación (ICOMI, ICOMO) con el del índice de calidad (ICA), se tiene que son los puntos 2 y 3 del monitoreo realizado en aguas bajas (febrero de 2018) los que presentan mayor grado de contaminación. Estos resultados son coherentes con lo evidenciado en los recorridos de campo previos a la campaña, donde como ya se mencionó se identificaron entables clandestinos operativos, con caudales bajos de vertimiento con aportes contaminantes que modifican las condiciones naturales del caudal de la Quebrada Bemango.

10.7 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Como punto de partida para la identificación de los impactos generados por las actividades extractivas de mineral, se realizó revisión de información secundaria donde se identificaron las características de usos del suelo en las veredas de la zona de estudio, así como instrumentos de planificación del territorio, de igual manera se levantó información primaria con recorridos en la parte alta de las veredas donde la intervención por actividades mineras fue mínima, así como en otros sectores que aún conservan su vocación agrícola tal como se presenta en la Imagen 12, evidenciando que antes del auge minero en el municipio el suelo estaba destinado a sembrados de café y frutales, así como cultivos de pan comer, de los que aún se presentan predios aislados.

Con base en esta información se tiene entonces que los vertimientos generados correspondían en general a aguas residuales domésticas, de igual manera los suelos aunque con pendientes pronunciadas presentaban coberturas de pasto y sembrados, con procesos de remoción de masa aislados; respecto al manejo de residuos, estos eran recolectados y transportados al botadero municipal, y se contaba con procesos de compostaje a pequeña escala en algunos de los inmuebles, con la conformación de “cementerías”.



Imagen 12. Predio con vocación agrícola- Vereda La Palma

Fuente: Autor

Al respecto de la contaminación por emisión de gases, ruido y partículas, no se contaba con actividades a gran escala que generaran tales impactos, las partículas en general correspondían en época seca a las generadas por el levantamiento de polvo en la vía que comunica la cabecera urbana del municipio con el Corregimiento Tabacal.

Finalmente, en cuanto a lo relacionado con el recurso hídrico en términos de cantidad y calidad del agua, no fue posible la consecución de documentos que den cuenta de las características fisicoquímicas y caudales de las corrientes cercanas, sin embargo, según los instrumentos de planificación del territorio, parte de las aguas residuales de la zona urbana son vertidas sobre la Quebrada Guaté, que confluye al cuerpo de agua objeto de estudio.

De igual manera las aguas residuales domésticas de sectores rurales también son vertidos de manera directa sobre la Quebrada Bemango, o sobre caños que son afluentes de esta; en cuanto a cantidad y según lo evidenciado en los recorridos de campo iniciales los caudales utilizados en los procesos de extracción de material eran tomados mediante bombeo de la Quebrada Guaté que según la comunidad disminuyó sus caudales superficiales notablemente, obligando a la construcción de pozos de bombeo de caudales subterráneos, transportando finalmente el cauce los lodos producto de las descargas del proceso de sedimentación y cianuración.

Con lo descrito anteriormente se tiene entonces un punto de partida para la identificación de los impactos ambientales asociados a cada una de las etapas del proceso de extracción del mineral, donde se utilizó la información levantada en cada una de las visitas desarrolladas en la zona de influencia del cuerpo de agua (Veredas La Palma y Corregimiento Llanos de Uruarco); es importante mencionar que si bien es cierto se identificaron impactos causados por las actividades de extracción, fueron priorizados aquellos relacionados con el recurso hídrico y su afectación por el desarrollo de la actividad económica, en especial por la generación de lodos producto del proceso de molienda y sobrante del proceso de cianuración.

Teniendo en cuenta las diversas metodologías expresadas por la literatura, para la identificación de impactos se utiliza lista de chequeo, que es aplicada en los recorridos de campo, en esta se marcan los impactos generados en el agua, el suelo, flora, fauna, paisaje, entre otros en cada una de las etapas del proceso. Como resultado de la revisión de las listas de chequeo levantadas se elabora matriz de identificación de impactos mediante el modelo analítico por dimensión, componente e impacto. En la Tabla 17 se presenta la matriz desarrollada.

Tabla 17. Matriz de identificación de impactos

Dimensión	Componente	Impacto	Adecuación del área del proyecto	Trituración	Molienda	Cianuración	
Física	Aire	Aumento de decibeles de ruido	X	X	X	X	
		Contaminación por emisión de gases				X	
		Contaminación por material particulado	X	X	X		
	Agua	Alteración de la calidad del agua por vertimiento de sustancias contaminantes				X	X
		Disminución del recurso hídrico				X	X
		Alteraciones en el cauce	X			X	X
		Disminución de la capacidad de transporte				X	X

Dimensión	Componente	Impacto	Adecuación del área del proyecto	Trituración	Molienda	Cianuración
Física	Suelo	Contaminación por vertimiento de sustancias contaminantes	X	X	X	X
		Contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos		X	X	X
		Cambios en el uso del suelo	X	X	X	X
	Geomorfología	Procesos de Erosión	X			
		Modificación del paisaje	X	X	X	X
		Procesos de remoción de masa	X			
		Socavación	X			
		Depositación de sedimentos	X		X	X
	Biótica	Ecosistemas dulceacuícolas	Afectación de la calidad Del hábitat			X
Ecosistemas dulceacuícolas		Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas			X	X
Flora		Disminución de la cobertura vegetal	X	X	X	X
		Pérdida de biodiversidad	X	X	X	X
		Cambio en la estructura y composición florística	X	X	X	X
Fauna		Disminución de la riqueza faunística	X	X	X	X
Socioeconómica y cultural	Demografía/Población	Cambio sobre el componente demográfico	X	X	X	X
	Económico	Cambio en las dinámicas de empleo	X	X	X	X
		Valoración de la tierra	X	X	X	X
		cambios en los ingresos económicos de la población	X	X	X	X
Dimensión espacial	Cambios en el acceso y movilidad	X	X	X	X	

Fuente: Autor

En la matriz presentada se identificaron impactos en las diversas etapas del proceso de extracción, relacionados con las diferentes dimensiones analizadas, en la Imagen 13, se presenta evidencia de las modificaciones en el paisaje generadas por la construcción de infraestructura para el beneficio del oro. Por su parte en la Imagen 14 se presenta evidencia del inadecuado manejo de lodos generados con impactos en los diferentes componentes evaluados en la zona.



Imagen 13. Modificación de paisaje

Fuente: Autor



Imagen 14. Almacenamiento de lodos Corregimiento Llanos de Uruarco

Fuente: Autor

Al respecto de la matriz de impactos levantada, aquellos relacionados con la calidad del agua son de los más significativos asociados con las actividades de extracción del mineral (trituration, molienda y cianuración), de igual manera la variación de las condiciones de calidad del agua generan impactos adicionales con pérdida de la biodiversidad, y limitación de utilización del recurso en otros usos relacionados con el consumo humano, actividades agrícolas y pecuarias, pesca y uso recreacional.

Para el desarrollo del análisis de impactos sobre la calidad del agua se tendrá en cuenta la subdivisión por categorías presentada en (Dirección general de asuntos ambientales mineros del Perú, 2006) citada por (Gómez & Rojas, 2014) donde se indica realizar análisis teniendo en cuenta:

- Propiedades térmicas
- Factores estéticos
- Sólidos y residuos
- Factores químicos inorgánicos
- Factores químicos orgánicos
- Factores microbiológicos

Teniendo en cuenta las categorizaciones presentadas se desarrolla matriz de identificación de impactos ambientales sobre el recurso hídrico presentada en la Tabla 18, donde se evalúa cada una de las etapas del proceso de extracción del mineral, para esta matriz se tuvieron en cuenta además las actividades de saneamiento implementadas que en general corresponden a tanques de sedimentación y que por su inadecuada operación generan impactos negativos.

Tabla 18. Matriz de impactos sobre el recurso hídrico

Factor	Impacto	Trituración	Molienda	Cianuración	Acciones de saneamiento *
Propiedades térmicas	Variación en la temperatura del agua			X	
	Variación en las propiedades de conductividad del agua		X	X	X
Propiedades estéticas	Alteración en el color del agua		X	X	X
Propiedades estéticas	Alteración en el olor del agua		X	X	X
	Variación en la turbiedad del agua		X	X	X
Sólidos y residuos	Aumento de las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el agua por vertimientos de aguas residuales no domésticas		X	X	X
	Variación de las características químicas del agua por vertimientos de compuestos químicos			X	
	Contaminación generadas por el inadecuado manejo de residuos sólidos			X	
Factores químicos inorgánicos	contaminación por el vertimiento de drenajes ácidos	X		X	
	Contaminación por vertimientos de metales pesados		X	X	X
	Contaminación de por vertimiento de aguas residuales domésticas				X
Factores químicos orgánicos	Alteración de procesos biológicos en el agua	X	X	X	X
Factores microbiológicos	Contaminación por microorganismos patógenos				X

Fuente: Autor

*Las acciones de saneamiento corresponden a aquellas desarrolladas para el manejo de los lodos generados en el proceso de extracción, así como las de manejo de las aguas residuales domésticas generadas en el proceso.

10.8 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez identificados los impactos ambientales sobre el recurso hídrico en el desarrollo de las actividades de extracción de mineral desarrolladas en las plantas de beneficio aurífero, se procede a la evaluación de los mismos, para esta tarea se utiliza el Método EPM o método Arboleda según lo especificado en (Arboleda, 2008).

El método fue desarrollado por la Unidad Planeación de Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, con el fin de evaluar proyectos de aprovechamiento hidráulico, pero posteriormente se utilizó para la evaluación de todo tipo de proyectos. El método ha sido aprobado por las autoridades ambientales colombianas y entidades internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (B.I.D.) y el Banco Mundial. La evaluación se basa principalmente en la utilización de un método matricial que se caracteriza principalmente por ser ágil, confiable y de fácil comprensión, además de ser aplicable a todo tipo de proyecto.

Este método consiste en la aplicación de la ecuación denominada Calificación Ambiental, por medio del cual se evalúan cinco criterios que caracterizan cada impacto, los cuales se definen de la siguiente forma (Arboleda, 2008):

- Clase (C): define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser positiva (P o +) o negativa (N o -), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente existente.
- Presencia (P): estima la probabilidad o certeza de que el impacto pueda presentarse.
- Duración (D): evalúa el período de existencia activa del impacto y sus consecuencias desde que se manifiesta, independientemente de toda acción de mitigación. Se expresa en función del tiempo que permanece el impacto.
- Evolución (E): evalúa la velocidad del proceso de desarrollo del impacto, desde que se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. Se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo y se expresa la velocidad con que se presenta el impacto.
- Magnitud (M): estima la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso constructivo u operativo. Los valores de magnitud absoluta se

transforman en términos de magnitud relativa (en porcentaje), que es una expresión mucho más real del nivel de afectación del impacto.

La magnitud relativa se puede obtener de dos maneras.

- ✓ Comparando la calidad del factor analizando en condiciones naturales (denominada condición ambiental sin proyecto), con la situación que se obtendría en el futuro para ese mismo factor con el proyecto en construcción o funcionamiento (denominada condición ambiental con proyecto).
 - ✓ Utilizando funciones de calidad ambiental o de transformación, las cuales califican la calidad actual de los diferentes elementos ambientales y estiman su afectación por el proyecto
- Calificación Ambiental (Ca): una vez estimados los valores de la presencia, la duración, la evolución y magnitud, se utiliza ésta expresión, la cual es la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan los impactos ambientales y su obtención depende fundamentalmente de la base de información que se disponga.

En la Tabla 19 a continuación se presentan resumen de los rangos que se aplican en la calificación de los criterios utilizados en la metodología.

Tabla 19. Rangos de calificación de los criterios utilizados

Probabilidad	Duración	Evolución	Magnitud	Puntaje
Cierta	Muy larga o permanente (>10 años)	Muy rápida (<1 mes)	Muy alta (Mr > A 80%)	1,0
Muy probable	Larga (>7 años y <10 años)	Rápido (>1 mes y < 12 meses)	Alta (>60% y < 80%)	0,8
Probable	Media (>4 años y <7 años)	Media (>12 meses y < 18 meses)	Media (>40% y < 60%)	0,5
Poco Probable	Corta (>1 años y <4 años)	Lenta (>18 meses y < 24 meses)	Baja (>20% y < 40%)	0,3
No probable	Muy corta (<1 año)	Muy Lenta (> 24 meses)	Muy baja (<19%)	0,1

Nota: Mr Magnitud relativa- Puntaje modificado para facilitar calificación

La ecuación para expresar la calificación de un determinado impacto es la siguiente:

$$Ca = C (P (a EM + bD))$$

Ca: Calificación ambiental

C: Tipo de impacto (positiva (P o +) o negativa (N o –))

P: Presencia

E: Evolución

M: Magnitud

D: Duración

a: Constante de ponderación (= 7.0)

b: Constante de ponderación (= 3.0)

Las constantes de ponderación, son utilizadas para equilibrar los pesos relativos que cada una de las partes de la ecuación tiene sobre la calificación ambiental.

En resumen, cada impacto ambiental identificado, se califica de acuerdo con los criterios anteriores indicados dentro de rangos previamente establecidos y se obtiene una calificación ambiental que varía entre 0,0 y 10,0, siendo 10,0 la calificación más alta, la cual corresponde a un impacto con consecuencias ambientales importantes (Muy significativo o grave).

El valor numérico que arroja la ecuación se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto asignándoles unos rangos de calificación de acuerdo a los resultados obtenidos, tal como se presenta en la Tabla 20 a continuación.

Tabla 20. Calificación ambiental

Calificación ambiental (puntos)	Importancia del impacto ambiental
$\leq 2,5$	Poco significativo o irrelevante
$>2,5$ y $\leq 5,0$	Moderadamente significativo o moderado
$>5,0$ y $\leq 7,5$	Significativo o relevante
$>7,5$	Muy significativo o grave

Fuente: Arboleda, 2008

Como resultado final de la ecuación, se procede a determinar la importancia del impacto con base en los resultados obtenidos en la calificación ambiental. A continuación, en la Tabla 21 se presenta la calificación e importancia ambiental de los impactos.

Tabla 21. Calificación de impactos ambientales sobre el recurso hídrico

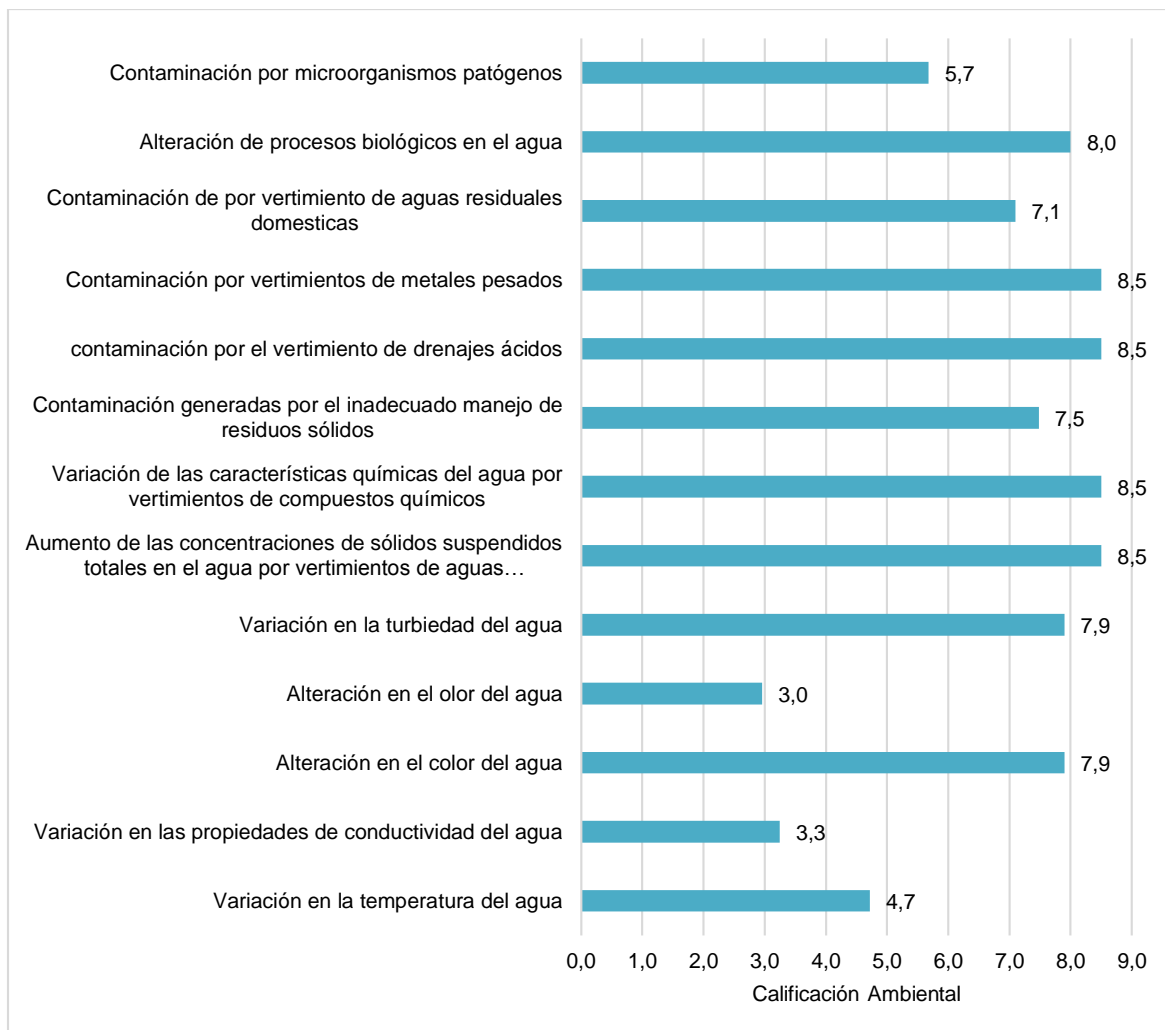
Factor	Impacto	C	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación	Importancia Ambiental
Propiedades térmicas	Variación en la temperatura del agua	N	0,8	0,1	1	0,8	4,7	Moderadamente significativo o moderado
	Variación en las propiedades de conductividad del agua	N	0,5	0,3	1	0,8	3,3	Moderadamente significativo o moderado
Propiedades estéticas	Alteración en el color del agua	N	1	0,3	1	1	7,9	Muy significativo o grave
	Alteración en el olor del agua	N	0,8	0,3	0,8	0,5	3,0	Moderadamente significativo o moderado
	Variación en la turbiedad del agua	N	1	0,3	1	1	7,9	Muy significativo o grave
Sólidos y residuos	Aumento de las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el agua por vertimientos de aguas residuales no domésticas	N	1	0,5	1	1	8,5	Muy significativo o grave
	Variación de las características químicas del agua por vertimientos de compuestos químicos	N	1	0,5	1	1	8,5	Muy significativo o grave
	Contaminación generadas por el inadecuado manejo de residuos sólidos	N	1	1	0,8	0,8	7,5	Significativo o relevante
Factores químicos inorgánicos	contaminación por el vertimiento de drenajes ácidos	N	1	0,5	1	1	8,5	Muy significativo o grave
	Contaminación por vertimientos de metales pesados	N	1	0,5	1	1	8,5	Muy significativo o grave

Factor	Impacto	C	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación	Importancia Ambiental
Factores químicos inorgánicos	Contaminación de por vertimiento de aguas residuales domésticas	N	1	0,5	1	0,8	7,1	Significativo o relevante
Factores químicos orgánicos	Alteración de procesos biológicos en el agua	N	1	0,8	1	0,8	8,0	Muy significativo o grave
Factores microbiológicos	Contaminación por microorganismos patógenos	N	0,8	0,5	1	0,8	5,7	Significativo o relevante

Fuente: Autor

Al respecto de la calificación obtenida y la clasificación de importancia ambiental se tiene que, de un total de 13 impactos evaluados, 7 de ellos cuentan con importancia ambiental muy significativa o grave, 3 significativo o relevante y 3 moderadamente significativo o moderado. En la Figura 24 se presentan los resultados obtenidos para los factores e impactos evaluados.

Figura 24. Calificación ambiental de los impactos evaluados



Fuente: Autor

Al analizar los resultados se tiene que el desarrollo de actividades de extracción de minerales en la zona de estudio tiene efectos entre moderados y graves en el recurso hídrico según el método de evaluación aplicado, donde los impactos más bajos se encuentran asociados a la variación en las propiedades de conductividad y alteración en el olor, por su parte, los más altos están relacionados contaminación por metales pesados,

vertimiento de drenaje ácidos, variación de las características químicas del agua por vertimiento de compuestos químicos y aumento en las concentraciones de sólidos suspendidos totales.

Los efectos de los procesos de extracción de oro sobre el recurso hídrico resaltan a simple vista con variación en las características organolépticas del agua, de igual manera teniendo en cuenta la situación actual de operación de los entables donde no se dan actividades al 100% de operación, las lluvias aceleran los procesos de lavado de los lodos mal dispuestos, así como rebose en tanques de sedimentación que cuentan con material almacenado, y que aun generan alteración en el caudal de la quebrada.

Los vertimientos realizados de tanques de sedimentación y tinas de cianuración aportan a la corriente altas cantidades de sólidos, que modifican las características propias del cuerpo de agua, con alteraciones en los procesos de transporte de sedimentos del cuerpo de agua, así como efectos en el ecosistema con alteración de las concentraciones de oxígeno, y evidente pérdida de diversidad en el cuerpo de agua.

Por su parte con los procesos químicos desarrollados en las tinas de cianuración para la extracción de trazas finales se aplican compuestos que modifican el pH del agua, con alteración de las características naturales de la corriente, para el caso de los vertimientos de las tinas cianuradoras estos cuentan con pH básicos generados por la adición de cal en el proceso.

Los vertimientos desarrollados generan alteraciones fisicoquímicas y biológicas del agua, con modificación del ecosistema y efectos negativos en la biodiversidad en este presente, con efectos además en sus posibilidades de uso. Por otra parte, el cuerpo de agua se ve afectado en términos de cantidad por el alto número de captaciones realizadas y la deposición de sedimentos en el cauce que modifica su capacidad de transporte.

La variación de las condiciones organolépticas del agua de la Quebrada generaron además impacto visual con alteración del paisaje, con residuos acumulados en las zonas de inundación, formación de depósitos de sólidos en aguas bajas y color gris y apariencia espesa del caudal transportado, con impactos que han ido cesando desde las acciones desarrolladas en la zona que llevaron a disminución en los vertimientos realizados y que

hoy corresponden a operación clandestina, lavado de lodos mal almacenados y rebose en tanques de sedimentación con material acumulado.

Vale indicar que las visitas a las plantas de beneficio fueron realizadas cuando se contaba con operación a toda capacidad de los sitios, una vez desarrollada la operación Greta en el año 2016, muchos de ellos dejaron de operar u operan de manera clandestina, con disminución de los vertimientos realizados, y contaminación del recurso hídrico por procesos de lavado de los lodos mal almacenados y de los excedentes en los tanques de sedimentación. En ese sentido y teniendo en cuenta que las caracterizaciones de aguas se realizaron luego de la operación Greta los resultados no presentaron un escenario tan crítico como el mostrado en la evaluación de impactos, pero darán una idea de las condiciones actuales de la calidad del agua y los efectos de los vertimientos que a la fecha persisten, así como las condiciones de recuperación de las condiciones de la corriente.

Con los impactos evaluados, las plantas de beneficio activas y con el fin de prevenir y mitigar los impactos ambientales generados por el proceso debieran aplicar las acciones establecidas en la Guía Minero Ambiental de explotación del Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Medio Ambiente, donde se orienta en el proceso de extracción y las actividades adicionales para su adecuada ejecución, por su parte se debería lograr el trámite de permisos ambientales que regulen las características de tomas de caudal y limiten los vertimientos de aguas sobre la corriente, obligando la implementación de sistemas de tratamiento y su adecuada operación. De igual manera la administración municipal a través de la secretaria de Medio Ambiente y Planeación deben ejercer control en la construcción de nueva infraestructura, o aprovechamiento de la existente para el proceso de extracción del oro.

11 CONCLUSIONES

Los procesos de extracción de mineral aurífero desarrollados en la zona tienen efectos entre moderados y graves en el recurso hídrico, donde los vertimientos de aguas residuales modifican las características naturales, con efectos en el ecosistema y en la posibilidad de uso del recurso para otras destinaciones.

El 54% de los impactos ambientales evaluados sobre el recurso agua cuentan con una calificación relacionada *importancia ambiental muy significativa o grave*, es decir presentan alta probabilidad, duración y magnitud con evolución entre muy lenta y media, que obliga se de implementación de medidas de manejo ambiental a las plantas de beneficio que aún se encuentran operativas en la zona.

Los impactos evaluados en el recurso agua como parte de la dimensión física generan efectos en otras dimensiones como la social, política y económica, con conflictos generados por el uso del agua que se limita para los sectores doméstico, agrícola y recreativo, efectos en el paisaje y condiciones de vida de las comunidades aledañas, así como choques políticos relacionados con los beneficios económicos y efectos negativos del desarrollo de las actividades mineras.

El análisis de los resultados físicos, químicos y microbiológicos del agua, indican que es el punto 2 de monitoreo el que mayor afectación de la calidad del agua presenta, con efectos negativos por el aumento de las concentraciones de sólidos vertidos por los procesos de extracción aurífera que afectan las dinámicas del ecosistema, con recuperación de las características en el punto 3 antes de la confluir con la Quebrada La Clara.

El cuerpo de agua presenta buenas condiciones de transporte y capacidad de oxigenación por la morfología de su cauce, que propician la autodepuración de los contaminantes vertidos.

El análisis de resultados de la medición de alcalinidad en los puntos de monitoreo, presenta concentraciones de 90 mg/l CaCO_3 que están relacionadas con la dilución de depósitos minerales propios de la región, de igual manera ocurre con las concentraciones de dureza total que superan los 150 mg/l, con valores característicos por la geología de la zona, y que se pueden ver afectados por los vertimientos realizados. Estos resultados son

coherentes con los obtenidos en la aplicación del Índice de Contaminación por Mineralización.

El análisis de la aplicación de indicadores de calidad indica que son los puntos 2 y 3 del monitoreo realizado en aguas bajas (febrero de 2018) los que presentan mayor grado de contaminación presentan. Análisis coherente con lo evidenciado en los recorridos de campo previos a la campaña de monitoreo, donde se identificaron entables clandestinos operativos, con caudales bajos de vertimiento con aportes contaminantes sobre el cuerpo de agua.

El desarrollo de actividades de explotación aurífera en la zona y los vertimientos realizados sobre la quebrada Bemango y algunos de sus efluentes generan impactos de *importancia ambiental muy significativa o grave* en el cuerpo de agua con alteraciones de tipo físico, químico y microbiológico que modifican el ecosistema y su posibilidad de uso en actividades de tipo agrícola y recreativo, con efectos no solo de tipo ambiental sino también, de tipo social, económico y político en la zona.

12 RECOMENDACIONES

Los entables mineros operativos deben generar medidas de tipo ambiental que disminuyan los impactos generados, y se acojan a procesos de legalización, donde elaboren planes de manejo ambiental adecuados según la actividad desarrollada, que permitan la implementación de acciones de mitigación y compensación por los efectos negativos generados sobre el recurso hídrico, en términos de cantidad y calidad y que afectan a la comunidad aledaña y a la asentada aguas abajo.

El recurso agua, es eje fundamental en el funcionamiento sistémico del planeta, en ese sentido se debe propender su protección, con el desarrollo por parte de las autoridades municipales y ambientales de acciones y medidas de manejo desde las diferentes dimensiones, a través de instrumentos de planificación donde se regule su uso y contaminación por vertimientos de aguas residuales.

En el proceso de actualización de los planes de ordenamiento territorial el municipio de Buriticá debe tener como línea base para su elaboración la determinación de áreas de uso industrial donde se regule el desarrollo de actividades de explotación y extracción (beneficio) de minerales auríferos, limitando con ello se presenten nuevas zonas de explotación construidas de manera informal y sin los respectivos permisos.

A la par de las acciones implementadas desde las diferentes instituciones se deben desplegar acciones de sensibilización y capacitación a la comunidad de mineros, que permitan su participación y empoderamiento no solo en el desarrollo de la actividad económica sino en la sostenibilidad del proceso desarrollado.

La autoridad ambiental debe generar acciones no solo encaminadas en la legalización y sanción sino en el desarrollo de instrumentos de planificación y protección de los recursos, ya que además de los efectos en el agua se da afectación en otros componentes, como el suelo y el aire.

Se recomienda realizar un diagnóstico detallado de la situación de explotación y beneficio de oro en el Municipio de Buriticá, de manera que puedan lograr procesos de formalización en el desarrollo de la actividad, limitando con ello el desarrollo de la aparición de nuevas actividades ilegales.

Teniendo en cuenta el desarrollo de las acciones de desmantelamiento de plantas de beneficio aurífero en la zona realizadas por autoridades gubernamentales, los resultados del presente estudio pueden ser un punto de partida para el desarrollo de estudios detallados de la recuperación ambiental de los diferentes componentes (agua, suelo, aire), que permitan además proyectar acciones de manejo puntuales para aquellos que aún se encuentran operativos y en proceso de formalización.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. (2011). *Preparativos en emergencias en la exploración y explotación minera subterránea en el Municipio de Buriticá, Antioquia, Colombia*. Proyecto de grado, Medellín. Obtenido de http://bdigital.ces.edu.co:8080/jspui/bitstream/10946/2394/1/Preparativos_emergencias_exploracion.pdf
- Ángel, Carmona, & Villegas. (2010). *Gestión ambiental en proyectos de desarrollo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Ángel, G., & Alvear, D. (2013). *Análisis del impacto ecosistémico en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada Cascabel por afectación al recurso hídrico generado en el proceso de explotación aurífera en Marmato, Caldas, Colombia*. Tesis Maestría, Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1272/Analisis%20de%20Impactos%20Ecosist%C3%A9micos%20en%20la%20zona%20de%20Influencia%20de%20la%20Q.%20Cascabel%20por%20Explotaci%C3%B3n%20Aur%C3%ADfera%20en%20Marmato%20Caldas.pdf?sequence=1>
- Arboleda. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín.
- BIRD. (2008). *Potencial Minero Antioqueño, Visión general*. Banco de Iniciativas Regionales para el Desarrollo de Antioquia, Antioquia.
- Cano, D. (2017). *Impacto social y ambiental asociado a la minería aurífera de subsistencia en Sabanalarga - Antioquia 2017*. Tesis de Maestría, Medellín. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/64458/1/1026140233.2018.pdf>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17). doi: <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Chamizo, H. (2011). Territorio y gestión de las políticas de saneamiento ambiental en asentamientos humanos en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47E). Obtenido de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2524>
- Contraloría General de la Republica. (2012). *Informe de estado de los recursos naturales y del ambiente 2011 -2012*. Bogotá: Imprenta Nacional. Obtenido de <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/10/informe-contraloria-estado-ambiente-2011-2012.pdf>

- Correa, R. (2017). Desarrollo socio-económico regional: Impactos de la minería artesanal en el Bajo Cauca antioqueño. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 4(1), 46-61. Recuperado el 9 de Febrero de 2019, de <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Cooperacion/article/view/3116>
- Dirección general de asuntos ambientales mineros del Perú. (2006). Guía para la elaboración de impactos ambientales.
- Eslava, A., Silva, S., Tobón, A., & Vélez, S. (2014). Oro sin sangre basado en la nueva confianza. Ideas para una nueva economía política de la minería aurífera Colombiana. *Revista Opera* (14), 119-135. Obtenido de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/opera/article/view/3843>
- Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo; Centro de Estudios para el Desarrollo, Santiago de Chile. Obtenido de <http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf>
- Fernández, N., & Solano, F. (2005). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Pamplona: Universidad de Pamplona.
- Gómez, S., & Rojas, S. (2014). *Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada Cascabel generada por la explotación minera artesanal del Municipio de Marmato departamento de Caldas*. Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/1614>
- González, J., Montoya, L., Botero, B., Arevalo, D., & Valencia, V. (2012). Aproximación de la estimación de la huella hídrica de la minería del oro en el Municipio de Segovia, Antioquia (Colombia). *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y Humanismo*, 29-44. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/13291>
- Güiza, L. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión Jurídica*, 123-140. Recuperado el diciembre de 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ojum/v10nspe/v10nspea08.pdf>
- IDEAM. (2011). *Hoja metodológica para del indicador índice calidad del agua. Sistema de indicadores ambientales de Colombia. Indicadores de calidad del agua superficial*. Bogotá.
- Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz - INDEPAZ. (Mayo de 2013). Impacto de la minería de hecho en Colombia. Bogotá. Obtenido de http://www.ambientalex.info/infoCT/Impacto_mineria_hecho_Colombia.pdf

- Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología EAWAG. (2006). *Saneamiento ambiental centrado en el hogar (HCES)*. EAWAG. Ginebra. Suiza.
- Lagarejo, M. (2015). *Análisis de los impactos ecológicos generados por la actividad minera sobre los ensamblajes ícticos en complejos cenagosos de Sanceno y Puné en la cuenca media del Atrato*. Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2471/2/Informe%20Final%20Tesis.pdf>
- Leandro, H., Coto, J., & Salgado, V. (2010). Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del Río Virilla. *Uniciencia*, 24(1). Obtenido de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/372>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076. Bogotá. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/81-normativa/2093-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30#decreto-%C3%BAnico-hipervinculos>
- Ministerio de Minas. (2016). *Política Minera de Colombia. Bases para la minería del futuro*. Bogotá. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/698204/Pol%C3%ADtica+Minera+de+Colombia+final.pdf/c7b3fcad-76da-41ca-8b11-2b82c0671320>
- Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energética y Universidad de Córdoba. (2014). *Estudio de la Cadena de Mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro- Tomo II*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Cadena_Mercurio_Tomo_II.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Diagnóstico y proyecciones de la gestión minero ambiental para las regiones auríferas de Colombia*. Bogotá. Obtenido de <https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/Gestion%20minero%20ambiental.pdf>
- Municipio de Buriticá. (1999). *EOT*.
- Olivero, J. (2011). *Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana*. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Obtenido de http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum_topic/3655/files/efectos_mineria_colombia_sobre_salud_humana.pdf
- Quesada, J. (2015). *Revisión del impacto socio ambiental por la minería en el Departamento del Chocó " Caso región del San Juan"*. Trabajo de Grado

- Especialización, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6461>
- Ramírez, F. (2007). Tierra y Minería, el conflicto en Colombia. *Revista Semillas*(32/33). Obtenido de <http://www.semillas.org.co/es/revista/tierra-y-minera-el-conflicto-en-colombia>
- Ramírez, G., & Ledezma, E. (2007). Efectos de las actividades socio-económicas (Minería y explotación maderera) sobre los bosques del departamento del Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*(26), 58-65. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2544441.pdf>
- Restrepo, I. (2015). *Evaluación de la calidad del recurso hídrico del río Cabé a través de la formulación de un índice de contaminación asociado a la actividad minera aurífera*. Tesis de Maestría, Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2438>
- Rivas, L. (2015). *Análisis de las afectaciones socioambientales de la explotación minera aurífera en la parte central de la cuenca del Río San pablo, Municipio del Cantón del San Pablo, Departamento del Chocó*. Tesis de Maestría, Manizales. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2502/Rivas_Perrea_Laura_Dissa_2015_Tesis_Maestria.pdf?sequence=1
- Rodríguez, A., Grisales, D., & Gutiérrez, E. (Diciembre de 2013). Conflictos asociados a la gran minería en Antioquia. *AGO.USB*, 13(2). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4734295>
- Roldán P., G. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- Sanchez Arriaga, D., & Cañon Barriga, J. (2010). Análisis documental del efecto de vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río Condoto (Chocó, Colombia). *Gestión y Ambiente*, 13(3), 115-130. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169419996009>
- Serna, A., & Montaña, W. (2013). *Minería de oro en Barbosa - Antioquia. Riqueza mineral vs Desarrollo social. Una mirada desde el desarrollo sostenible*. Tesis de Maestría, Universidad de Manizales, Manizales. Obtenido de

- http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1420/Albeiro_Serna_Walter_Monta%C3%B1o_2014.pdf?sequence=1
- Silva Jaramillo, S. (2015). *Minería aurífera y construcción de normas informales: análisis institucional del caso Buriticá, Antioquia en 2009-2014*. Trabajo de Grado para optar al título de magister en Gobierno y Políticas Públicas, Universidad EAFIT, Medellín.
- Toro, Martínez, & Arrieta. (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2). Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/990/967>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*. Obtenido de <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/59/43>
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2014). *Indicadores de la Minería en Colombia*. Bogotá. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Indicadores_de_la_mineria_en_Colombia.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2014). *Plan Nacional de Ordenamiento Minero PNOM*. Bogotá. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNOM_EN_EXTE_NSO.pdf
- Valdes, J., Samboni, N., & Carvajal, Y. (2011). Desarrollo de un indicador de la calidad del agua usando estadística aplicada, caso de estudio: Subcuenca Zajón Oscuro. *TecnoLógicas*(26). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992011000100010
- Villa, V., & Franco, G. (2013). Diagnóstico minero y económico del departamento de Antioquia. *Revisa Boletín Ciencias de la Tierra*(33), 125-134. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/35048/45878>

ANEXOS.

Anexo 1. Formatos de campo (Entrevista y Lista de chequeo Impactos Ambientales)

Anexo 2: Formatos monitoreo de calidad del agua

Anexo 3. Resultados de laboratorio.

Anexo 1. Formatos de campo (Entrevista y Lista de chequeo Impactos Ambientales)

Anexo 1.1 Formato Entrevista

Entrevista habitantes veredas La Palma y Llano de Uruarco (Buriticá – Antioquia)

Fecha: _____ Hora: _____

Lugar: _____

Entrevistado: _____ Contacto: _____

Nota: se realiza introducción del desarrollo del trabajo de grado en la evaluación ambiental de la calidad del agua de la Quebrada Bemango, se menciona además que los fines de la entrevista no tienen que ver con procesos sancionatorios de la autoridad ambiental o administración municipal, que solo hacen parte del reconocimiento de la zona de estudio y sus características específicas, así como la percepción de los cambios que se han dado en la región por temas de minería y su afectación a la quebrada Bemango.

Se menciona además que la información suministrada es confidencial y de fines académicos.

Preguntas:

1. ¿Desde qué año inicio el auge minero en el Municipio?
2. ¿Desarrolla actividades mineras?
3. ¿Vendió o arrendo sus tierras para la construcción de plantas de beneficio de oro?
4. ¿A dónde son descargadas las aguas residuales domésticas y no domésticas generadas en su propiedad?
5. ¿Cómo era la Quebrada antes del inicio de las actividades de minería en la zona?
6. ¿Cómo es la quebrada en la actualidad?
7. ¿Desarrollaba actividades de consumo, recreativas o de otro tipo en la quebrada?

Para el caso de las plantas de Beneficio (Entables de minería) se tiene además.

8. ¿Qué manejo se da a los lodos almacenados y lagunas de sedimentación?
9. ¿A dónde son vertidas las aguas residuales no domésticas y descoles del entable?
10. ¿Tienen conocimiento de quejas por parte de la comunidad, respecto a las actividades que se desarrollaban?

Anexo 1.2 Lista de Chequeo Impactos Ambientales

Lista de Chequeo Impactos Entables Mineros					
Municipio	Buriticá	Veredas	La Palma - Llanos de Uruarco		
Impactos Generados		Etapa del Proyecto			
Componente	Impacto	Adecuación del área del proyecto	Trituración	Molienda	Cianuración
Aire	Aumento de decibeles de ruido				
	Contaminación por emisión de gases				
	Contaminación por material particulado				
Agua	Alteración de la calidad del agua por vertimiento de sustancias contaminantes				
	Disminución del recurso hídrico				
	Alteraciones en el cauce				
	Disminución de la capacidad de transporte				
Suelo	Contaminación por vertimiento de sustancias contaminantes				
	Contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos				
	Cambios en el uso del suelo				
Geomorfología	Procesos de Erosión				
	Modificación del paisaje				
	Procesos de remoción de masa				
	Socavación				
	Deposición de sedimentos				
Ecosistemas dulceacuícolas	Afectación de la calidad Del hábitat				
	Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas				
Flora	Disminución de la cobertura vegetal				
	Pérdida de biodiversidad				
	Cambio en la estructura y composición florística				
Fauna	Disminución de la riqueza faunística				
Demografía/Población	Cambio sobre el componente demográfico				
Económico	Cambio en las dinámicas de empleo				
	Valoración de la tierra				
	cambios en los ingresos económicos de la población				
Dimensión espacial	Cambios en el acceso y movilidad				
Otros impactos					
Observaciones:					

Anexo 2: Formatos monitoreo de calidad del agua

Anexo 2.1 Aforo Monitoreo

A FORO - MONITOREO CALIDAD DEL AGUA QUEBRADA BEMANGO (REMANGO)			
PROYECTO: Trabajo de Grado			
MUNICIPIO:	Buriticá	FECHA:	dd / mm / aa
FOTOS:			
SITIO DE MUESTREO:			
TEMPERATURA AMBIENTE :	°C	Ph:	
TEMPERATURA AGUA :	°C		
DISTANCIA =x :	m		
	No.	Tiempos=t (s)	Velocidad = x/t (m/s)
	1		
	2		
	3		
	4		
Observaciones generales del punto de monitoreo:			

Química básica del agua			Impactos locales sobre la corriente		Uso local del suelo		
Parámetro	Valor	Unidad	Escoja una o más categorías y describa en detalle c/u		Escoja una categoría para cada ribera (izquierda o derecha)		
Temperatura		°C	Tubería de descarga	recreación	IZ.	Der	
Conductividad		μS/cm	Planta de azúcar	Canal rectificado			
Salinidad		mg/l	Carretera	Extracción del agua.			Pastos (pasturas nativas o no)
PH			Puente	Dragado			Forestería nativa
Oxígeno disuelto		mg/l	Alcantarilla	Pastoreo			Cultivos no irrigados (lluvia)
Saturación de O ₂			Embarcadero	Mantillo			Cultivos irrigados
Fósforo total	Muestra tomada?	mg/l	Vadi / rampa	Trabajos de mejora del río.			Forestería de coníferas o eucaliptus
Nitrógeno total		mg/l	Minería de arena o grava	Efluente de aguas residuales			Pradera exótica(céspedes, etc. No pastoreo)
Alcalinidad			Otra minería	Otro			Urbano residencial
.. Cant. agua		ml	Escorrentía o tubería de descarga de irrigación	Otro			Bosque nativo
Cant. H ₂ SO ₄		ml	Descripción:				Comercial
alcalinidad		mg/l					
							Agricultura intensiva
							Recreación
							Otros

Anchura del plano de inundación		m	m	m	Promedio de anchura	m
Características de la llanura de inundación. Escoja una o más características cuando estén presentes						
El sitio del muestreo no tiene ningún plano de inundación definido (distinguible).			Sistemas meandricos. Cortas, bandas o los parches en forma de media luna que se forman a lo largo del banco interno de un meandro de la corriente.			
Oxbows / billabongs. Agua de superficie que ocupa un meandro anterior del río, aislada con un cambio en el canal de la corriente.			Derrames. Pequeños abanicos aluviales donde una corriente sobrecargada se rompe a través de un dique y deposita el material en el plano e inundación			
Canales remanentes. Formado durante un régimen hidrológico anterior. Pueden ser llenos de sedimentos			Lavados y excavaciones del plano de inundación. Cavidades excavadas formadas por lavado concentrado y acción de cavar del agua que fluye.			
Canales de inundación Un canal que distribuye el agua sobre el plano de inundación y se desvanece durante las inundaciones .			Ningunas características del plano de inundación presente. Plano de inundación presente en el sitio del muestreo pero no contiene cualesquiera de las características antes enunciadas			

Forma del valle

Elija una categoría solamente

	Valle con pendientes en ángulo agudo.
	Valle poco profundo
	Valle amplio (plano)
	Valle estrecho profundo con los lados escarpados (general/ corte de la corriente a través de roca dura)
	Plano de inundación simétrico
	Plano de inundación asimétrico.

Extensión longitudinal de la vegetación riparia

Elija una categoría para cada ribera. No incluya la capa sobre el suelo (la capa inferior) a menos que el sitio esté done haya pradera nativa

		Ribera lz.	Ribera lz.
Ninguno.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aislados/dispersos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espaciados regularmente.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grupos ocasionales.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-continuos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Continuos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vegetación riparia exótica y nativa %	
% Nativa	
% exótica	
% Total	100

Composición de la zona riparia

Evalúe el sitio de muestreo completo

Árboles (> 10 m altura)	% cobertura	descripción de la vegetación
Árboles (< 10 m altura)		
Arbustos		
Hierbas/helechos/juncos		
Total	100	

Extensión de la vegetación rastrera de la ribera.

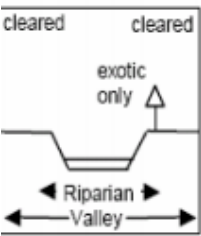
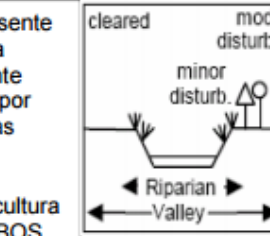
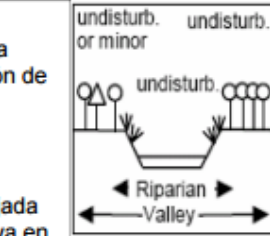
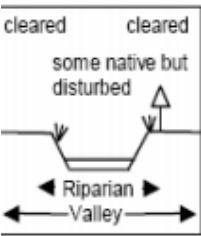
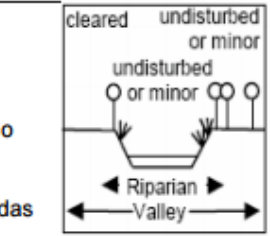
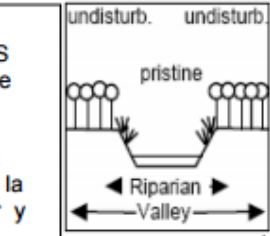
Sombreado del canal

Regeneración de vegetación de árboles maderables nativos

	<5 %	6-25 %	26-50 %	51-75 %	>76 %	No	SI	
Nada.								
Leve.								
Moderada.								
Extensa								
El sitio de muestreo es un bosque no intervenido?								
Si no, registrar las categorías de cobertura de regeneración:								
Saludable y abundante >5%								
Presente								
Muy limitada <1%								

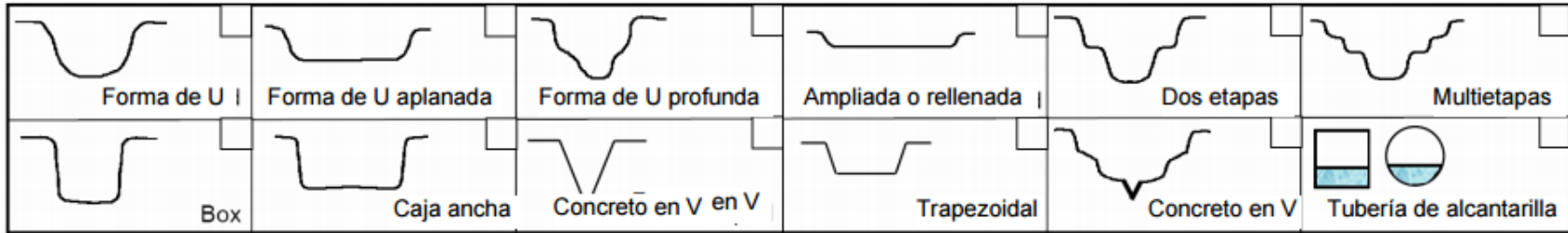
Grado de perturbación total de la vegetación.

Elija una categoría solamente. Los sitios con la vegetación del valle despejada en AMBOS lados, pero con la vegetación riparian en buenas condiciones se deben anotar en la alta categoría de la perturbación. Las palabras dentro de los dibujos resumen el texto detallado sobre el estado de la vegetación riparia y del valle para cada categoría.

PERTURBACIÓN EXTREMA	PERTURBACIÓN ALTA	PERTURBACIÓN BAJA
 <p>cleared cleared exotic only Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparia. ausente o reducida seriamente. La vegetación extremadamente perturbada (Ej. dominada por una especie exótica con las especies nativas raras o totalmente ausentes) Vegetación del valle - agricultura y/o tierra despejada a AMBOS lados. Las plantas presentes son todas virtualmente especies exóticas (pinos, eucaliptus, etc.)</p>	 <p>cleared mod. disturb. minor disturb. Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparia . moderadamente perturbada por ganado o por la intrusión de especies exóticas, aunque ciertas especies nativas permanecen. Vegetación del valle - agricultura y/o tierra despejada a UN lado, vegetación nativa en el otro lado claramente perturbada o con un alto porcentaje de especies introducidas presentes.</p>	 <p>undisturb. or minor undisturb. undisturb. Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparian - vegetación nativa presente en AMBOS lados del río y en condiciones relativamente buenas con pocas especies exóticas presentes. Cualquier perturbación presente es relativamente menor. Vegetación del valle - vegetación nativa presente en AMBOS lados del río, con un dosel virtualmente intacto y pocas especies exóticas.</p>
MUY ALTA PERTURBACIÓN	PERTURBACIÓN MODERADA	MUY BAJA PERTURBACIÓN
 <p>cleared cleared some native but disturbed Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparia - Alguna vegetación nativa presente, pero está seriamente modificada a ambos lados por pastoreo o por la intrusión de especie exóticas. Las especies nativas seriamente reducidas en número y cobertura. Vegetación del valle - agricultura y/o tierra despejada AMBOS lados. Las plantas presentes son todas virtualmente especies exóticas (sauces, pinos los etc.)</p>	 <p>cleared undisturbed or minor undisturbed or minor Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparia - vegetación nativa en AMBOS lados con el dosel del bosque intacto o con las especies nativas ampliamente distribuidas y comunes en la zona riparia. La intrusión de la especie exótica es de menor y de moderado importancia. Vegetación del valle - agricultura y/o tierra despejada en UN lado, en el otro vegetación nativa en estado razonablemente imperturbado</p>	 <p>undisturb. undisturb. pristine Riparian Valley</p> <p>Vegetación de Riparia - vegetación nativa presente en AMBOS lados del río y en un estado imperturbado. Las especies exóticas son ausentes o raras. Representativa de la vegetación natural en condiciones excelentes. Vegetación del valle - vegetación nativa presente en AMBOS lados del río con un dosel intacto. Las especies exóticas son ausentes o raras. Representativa de vegetación natural en condiciones excelentes</p>

Barreras físicas al paso local de los		Tipo de barra. Escoja una o más			Modificaciones del canal. Escoja una o más categorías					
Elija una categoría para cada condición del flujo		Flujo base	Flujo bajo	Flujo alto						
	Ningún paso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barra ausente. <input type="checkbox"/>		Ninguna modificación <input type="checkbox"/>		Reforzado <input type="checkbox"/>
	Paso muy restringido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barra puntual/lateral con vegetación <input type="checkbox"/>		Desnagged <input type="checkbox"/>		Revegetalizado <input type="checkbox"/>
	Paso moderadamente restringido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barra puntual/lateral sin vegetación <input type="checkbox"/>		Presas y desvíos. <input type="checkbox"/>		Canal vacío lecho colmatado Infilled <input type="checkbox"/>
	Paso parcialmente restringido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barra en medio del canal con vegetación <input type="checkbox"/>		Reseccionado (dragado) <input type="checkbox"/>		Bermas o terraplenes <input type="checkbox"/>
	Paso buen paso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barra en medio del canal sin vegetación <input type="checkbox"/>		Rectificado <input type="checkbox"/>	Signos de trabajos actuales	Canalizado recientemente. <input type="checkbox"/>
	Paso sin restricción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Barras alrededor de obstrucción <input type="checkbox"/>		Realineado <input type="checkbox"/>	Trabajos viejos y revegetalizado	Canalizado en el pasado <input type="checkbox"/>
						Canal trezado. <input type="checkbox"/>	Extensión de las barras. % del lecho de la corriente formado barra(s) de cualquier tipo:			
						Canal vacío en cauce colmatado Infilled. <input type="checkbox"/>	Tamaño de partícula dominante del sedimento en las barras			
						Depósitos de flujo altos. <input type="checkbox"/>	roca muy	Grava	Légame/arcilla	
							Gujarro	Arena		

Forma del Canal, escoja una categoría solamente.



Pendiente de la ribera, escoja una categoría para cada ribera

Forma de la ribera, escoja una categoría para cada ribera

Factores que afectan la estabilidad de la ribera. Escoja una o más

Ribera IZ		Ribera Der		Ribera IZ		Ribera Der		Factores que afectan la estabilidad de la ribera.			
	Vertical 80 – 90°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Concavo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ninguno	<input type="checkbox"/>	Vado, batea, puente, alcantarilla
	Escarpada 60 – 80°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Convexo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Minería	<input type="checkbox"/>	Escurrimientos de drenaje irrigación
	Moderada 30 – 60°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Escalonada o en terrazas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Esorrentía (escurrimientos)	<input type="checkbox"/>	Vertimientos de reservorios, depósitos
	Baja 10 – 30°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Banco ancho en lo más bajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acceso de ganado	<input type="checkbox"/>	Filtraciones
	Plana <10°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Socavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acceso humano	<input type="checkbox"/>	Flujo y olas
								<input type="checkbox"/>	Vegetación despejada	<input type="checkbox"/>	Tubos de desagüe
								<input type="checkbox"/>	Animales salvajes	<input type="checkbox"/>	Otros
										Descripción	

Afloramientos de las rocas del lecho. Determine en cada ribera el % de afloramientos del lecho rocoso	Ribera izquierda	<input type="text"/>
	Ribera derecha	<input type="text"/>

Grandes desechos leñosos de árboles. % de cobertura total de troncos y ramas mayores de 10 cm de diámetro	<input type="text"/>
--	----------------------

%	Notas sobre la visibilidad:
---	-----------------------------

Medidas artificiales de protección de riberas.
Escoja una o más categorías

- Ninguna
- Estructuras de cercas
- Diques de la ribera
- Capas de roca o muros
- Franjas filtrantes de piedra (Riprap)¹
- Acceso humano cercado
- Plantaciones de vegetación
- Troncos amarrados a la ribera
- Guarniciones de concreto del canal
- Filtraciones
- Puntos cercados para que beba el ganado
- Otros:

Descripción

Aceites en el sedimento

- Ausentes
- Moerados
- Pocos
- Profusos

Aceites en el agua

- Ninguno
- Góbulos
- Manchas
- Brillos
- Pegajosos

Olores en los sedimentos

- Normal/ninguno
- Aguas residuales
- Petróleo
- Químicos
- Anaeróbico
- Otro:

Olores en el agua

- Normal/ninguno
- Petróleo
- Aguas residuales
- Otro:

Estructuras artificiales en el sitio del

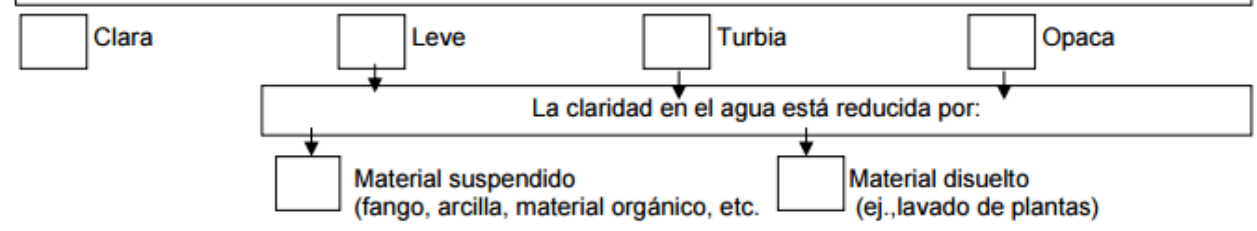
- Vertedero de mayor importancia
- Vado, batea
- vertedero de menor importancia
- puente
- Tubería de alcantarilla
- otro

Descripción




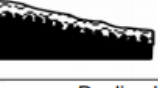




Nivel del agua al tiempo el muestreo

- Seco
- No hay flujo
- Bajo
- Flujo base o cerca del flujo base
- Alto
- Inundado (no muestreo)

Turbidez (Evaluación visual)



1. Rip rap: Una cubierta de tierra permanente resistente a la erosión de grandes piedras angulares flojas sobre telas de filtro o granulados, usados para proteger el suelo de la erosión de la fuerza de la escorrentía concentrada, retardar la velocidad de la escorrentía mientras, mientras que realiza el potencial de infiltración; también utilizado para estabilizar cuestas con problemas y/o suelos con poca cohesión.

Extensión de las características de las formas del lecho: Suma de % igual a 100%		
Alto > 1m Gradiente 60°	 Salto	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Alto de los peldaños < 1m Gradiente 5 –60° Corrientes fuertes	 Cascada	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Gradiente 3-5° Corrientes fuertes Las rocas quiebran la superficie del agua	 Rápido	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Gradiente 1 – 3° Corriente moderada Superficie del agua no se quiebra pero se riza.	 Rizos/caballitos	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Gradiente 1-3°. Poca corriente. La superficie no se quiebra y es lisa	 Deslizadero	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Gradiente 1-3°. Poca corriente pero distinguible y uniforme. No se quiebra la superficie	 Corriente	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Área donde la corriente se amplía o profundiza y la corriente declina	 Charca, remanso	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____
Una sección separada y abandonada del río de tamaño razonable: Mayor del 20% del ancho del canal	 Backwater	% en el sitio _____ Longitud _____ Alto _____ Ancho _____

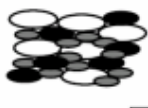



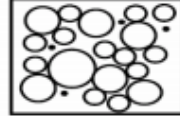


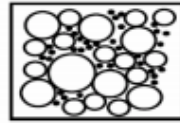


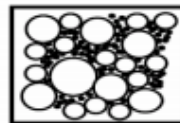


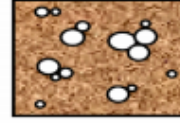




Cobertura de macrófitas.

Evaluación del porcentaje de cobertura en el sitio de muestreo por categoría. % Cobertura de todas las macrófitas Debe ser igual/menor a 100%.	}	% cobertura macrófitas flotantes	
		% cobertura macrófitas emergente	
		% cobertura macrófitas sumergidas	

Composición de las macrófitas. Use una guía de campo de macrófitas para ayudarse en la identificación. N denota una taxa nativa, I denota una taxa introducida

Macrófitas emergentes	Presenc.	% cobert.	Macrófitas sumergidas	Presencia	% cobert.
<i>Brachiaria</i> (Hierba pará) I			<i>Ceratophyllum</i> N		
<i>Crassula</i> (Crásula) N			<i>Chara</i> N		
<i>Cyperus</i> I/N			<i>Elodea</i> N		
<i>Eleocharis</i> N			<i>Myriophyllum</i> N		
<i>Juncus</i> I/N			<i>Nitella</i> I		
<i>Paspalum</i> N			<i>Potamogetum</i> N		
<i>Phragmites</i> N			<i>Triglochin</i> N		
<i>Ranunculus</i> I			<i>Vallisneria</i> N		
<i>Scirpus</i> N			Otra		
<i>Triglochin</i> N			Otra		
<i>Typha</i> N			Otra		
Otra			Macrófitas flotantes	Presencia	% cobert.
Otra			<i>Azolla</i> N		
Otra			<i>Callitriche</i> N		
% total de cobertura de Nativas _____			<i>Eicornia</i> N		
% total de cobertura de Introducidas _____			Otra		
			Otra		

Nota: Se eliminaría el tema de cobertura de macrofitas, ya que no se cuenta con experiencia en el tema.

Compactación del lecho Escoja una categoría solamente		Matriz de sedimentación Escoja una categoría solamente		Angularidad de los sedimentos Escoja una categoría solamente. Evalúe sólo piedras, guijarros y grava	
	Firmermente acomodados, armados. Organización de los sedimentos por tamaño, traslapados, firmermente empaçados y muy duros de desalojar.		Lecho de roca		Muy angular
	Empacados, armados. Organización de los sedimentos por tamaño, traslapados, firmermente empaçados pero pueden ser desalojados moderadamente.		Estructura abierta 0 – 5% de sedimento fino, alta disponibilidad de espacios intersticiales.		Angular
	Compactación moderada. Organización de los sedimentos por tamaño, pequeño traslape, algunos empaçados pero pueden ser desalojados moderadamente.		Estructura con la matriz de contacto llena 5- 32% de sedimento fino, moderado disponibilidad de espacios intersticiales.		Sub angular
	Baja compactación. Rango limitado de tamaño de los sedimentos. Poco traslape, algunos empaçados y estructurados pero pueden desalojarse muy fácilmente(1).		Estructura dilatada 32- 60 % de sedimento fino, baja disponibilidad de espacios intersticiales.		Redondeada
	Baja compactación. Floja organización de sedimentos finos, no traslapados, no empaçados y estructurados y pueden ser desalojados fácilmente.		Matriz dominante > 60 % de sedimento fino, espacios intersticiales virtualmente ausentes.		Muy redondeada
					No están presentes piedras, guijarros y grava

Grado de estabilidad del lecho. Escoja una categoría sólomente				
Inestable –erosión ←←←←←←←←←←		Estable →→→→→→→→→→		Inestable- Deposition
Erosión severa	Erosión moderada	Lecho estable	Deposition moderada	Deposition severa
Los sedimentos finos han sido lavados del lecho de la corriente. Signos de profundización del canal. Orillas desnudas severamente erosionadas. Cabezas de erosión. Lecho escarpado causado por la erosión.	Pocos sedimentos finos presentes. Signos de profundización del canal. Orillas erodadas. Lecho profundo y estrecho. Lecho escarpado constituido de material no consolidado (acomodado flojamente y no empaquetado)	Un rango de tamaños de los sedimentos presentes en el lecho. El canal está en un "relativamente natural" estado (no está profundizado ni rellenado). Lecho y barras de sedimento son aproximadamente del mismo tamaño. Orilla estable. Lecho constituido de material consolidado (acomodamiento compacto y empaquetado).	Moderada acumulación de sedimentos finos en las obstrucciones y barras. Lecho plano y uniforme. Canal ancho y somero.	Acumulación extensiva de sedimentos finos para formar un lecho plano. Canal bloqueado, pero ancho y somero. Barras grandes, cubriendo la mayor parte del lecho o la orilla. Lecho de la corriente constituido por material no consolidado acomodado flojamente y no empaquetado).

Anexo 3. Resultados de laboratorio.

Noviembre de 2017



Página 1 de 2


LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
 REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 06

Código: 2017111808

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,22

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 9:30

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0,030	22/11/2017
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0,003	24/11/2017
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	14,6	23/11/2017
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Yodométrico	SM 4500-O C. M. Azida	7,70	18/11/2017
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B	7,4	20/11/2017
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H ⁺ B	8,10	18/11/2017
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	155,0	21/11/2017
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B	99,5	21/11/2017
Conductividad (µS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B	281	20/11/2017
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C	6	20/11/2017
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B, EPA 360.3	< 1,98	23/11/2017
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D	< 25	18/11/2017
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D	< 8,0	30/11/2017
Sólidos Suspendedos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D	14	30/11/2017
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E	< 0,060	21/11/2017
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F	0,1	21/11/2017
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C	0,791	23/11/2017
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C	< 0,500	21/11/2017
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	1,177	18/11/2017
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	42,793	18/11/2017
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B	< 0,0006	1/12/2017
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D	< 0,050	22/11/2017
Cianuro Total (mg CN/L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E	< 0,010	21/11/2017
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B	38,05	23/11/2017

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DCO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, tona de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 06

Código: 2017111808

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,22

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 9:30

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Dirección:

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda

Ferney Velasco Garzón
 Analista Líder Físicoquímico
 Tecnólogo Químico TQ-01691

Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitrato, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, Toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA

FRT10-02M VER 06

Código: 2017111808

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,22

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 09:30

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Direccion:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	15400	19/11/2017
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	700	19/11/2017

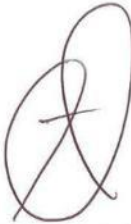
Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.


 Andres F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro:71-114-1366


 Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595

FIN DEL INFORME

laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Solidos disueltos totales, Solidos suspendidos totales, Solidos totales, Solidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeso total, Zinc total, Coliformes totales, E. coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

Código: 2017111809

FRT10-02F VER 06

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,47

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICA

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 13:15

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 2

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0,030	22/11/2017
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0,003	24/11/2017
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	21,9	23/11/2017
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Yodométrico	SM 4500-O C, M. Azida	7,60	18/11/2017
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B	4,1	20/11/2017
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H* B	8,35	18/11/2017
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	192,5	21/11/2017
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B	104,4	21/11/2017
Conductividad (µS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B	308	20/11/2017
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C	14	20/11/2017
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B; EPA 360.3	< 1,98	23/11/2017
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D	< 25	18/11/2017
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D	< 8,0	30/11/2017
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D	12	30/11/2017
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E	0,088	21/11/2017
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F	0,1	21/11/2017
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C	0,579	23/11/2017
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C	0,745	21/11/2017
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	1,692	18/11/2017
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	37,404	18/11/2017
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B	< 0,0006	1/12/2017
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D	< 0,050	22/11/2017
Cianuro Total (mg CN/L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E	< 0,010	21/11/2017
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B	41,05	23/11/2017

laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 06

Código: 2017111809

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,47

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 13:15

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 2

Dirección:

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada
 Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda

Ferny Velasco Garzón
 Analista Líder Físicoquímico
 Tecnólogo Químico TQ-01691

Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME

laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrito, Nitro, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados: en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA

Código: 2017111809

FRT10-02M VER 06

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,47

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICA

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 13:15

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 2

Direccion:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	54900	19/11/2017
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	12500	19/11/2017

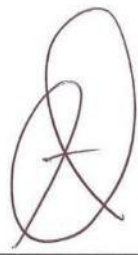
Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.


 Andrés F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro:71-114-1366


 Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595
FÍN DEL INFORME

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC-ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrito, Nitro, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, Toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados: en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

Código: 2017111810

FRT10-02F VER 06

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,24

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICA

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 14:45

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 3

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0.030	22/11/2017
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B	< 0.003	24/11/2017
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	25,5	23/11/2017
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Yodométrico	SM 4500-O C, M. Azida	7,95	18/11/2017
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B	3,3	20/11/2017
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H ⁺ B	8,38	18/11/2017
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C	227,5	21/11/2017
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B	119,3	21/11/2017
Conductividad (µS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B	367,5	20/11/2017
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C	8	20/11/2017
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B; EPA 360.3	< 1,98	23/11/2017
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D	< 25	18/11/2017
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D	< 8,0	30/11/2017
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D	12	30/11/2017
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E	< 0,060	21/11/2017
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F	< 0,1	21/11/2017
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C	0,688	23/11/2017
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C	0,725	21/11/2017
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	5,905	18/11/2017
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B	49,900	18/11/2017
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B	< 0,0006	1/12/2017
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D	< 0,050	22/11/2017
Cianuro Total (mg CN ⁻ /L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E	< 0,010	21/11/2017
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B	49,06	23/11/2017

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas. Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados: en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 06

Código: 2017111810
Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo:	Invierno	Procedencia:	BURITICÁ
Tipo de Muestra:	Cruda	Fecha y hora de toma:	17/11/2017 14:45
pH (U. pH):	5,24	Muestreado por:	Viky Gonzalez
Cloro residual libre(mg/L):		Sitio de Muestreo:	Q Remango Punto 3
Solicitado por:	Viky Gonzalez		

Dirección:

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada
 Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.

Ferney Velasco Garzón
 Analista Líder Físicoquímico
 Tecnólogo Químico TQ-01691

Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595

FIN DEL INFORME



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA

FRT10-02M VER 06

Código: 2017111810

Fecha y hora de recepción: 18/11/2017 10:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Invierno

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 5,24

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 17/11/2017 14:45

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 3

Direccion:

RESULTADOS

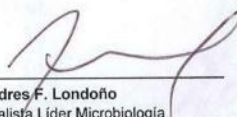
Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	13800	19/11/2017
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	3300	19/11/2017

Observaciones:


Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.



Andres F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro:71-114-1366



Carlos E. Rondón
 Coordinador de laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeso total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrito, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co

Febrero 2018


LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
 REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 07

 Código: 2018021907
 Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00
INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE
 Estado del tiempo: Verano
 Tipo de Muestra: Cruda
 pH (U. pH): 6,50
 Cloro residual libre(mg/L):
 Solicitado por: Viky Gonzalez

 Procedencia: BURITICÁ
 Fecha y hora de toma: 18/02/2018 11:00
 Muestreado por: Viky Gonzalez
 Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B**	< 0,003	24/02/2018
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B**	43,3	20/02/2018
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Mg B**	14	20/02/2018
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B*	0,641	24/02/2018
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B*	15	20/02/2018
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H* B**	8,41	19/02/2018
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C*	165,6	20/02/2018
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B*	105,9	20/02/2018
Conductividad (µS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B*	306	20/02/2018
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C*	33	20/02/2018
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B; EPA 360.3*	< 1,98	24/02/2018
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D*	< 25	19/02/2018
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Luminiscencia	EPA 360.3*	7,37	19/02/2018
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D*	9,3	21/02/2018
Sólidos Suspendedos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D*	76	20/02/2018
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E**	0,069	28/02/2018
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F*	0,4	19/02/2018
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C**	0,426	20/02/2018
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C**	< 0,500	22/02/2018
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	1,168	19/02/2018
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	58,387	19/02/2018
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B*	< 0,0006	7/03/2018
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D*	< 0,050	1/03/2018
Cianuro Total (mg CN ⁻ /L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E**	< 0,010	20/02/2018

Página 1 de 2



Código: 2018021907
 Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano
 Tipo de Muestra: Cruda
 pH (U. pH): 6,50
 Cloro residual libre(mg/L):
 Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ
 Fecha y hora de toma: 18/02/2018 11:00
 Muestreado por: Viky Gonzalez
 Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Dirección:

Observaciones: se le coloca oxígeno disuelto por luminiscencia

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada
 Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.
 *Análisis Acreditados con IDEAM bajo resolución 1230 de 2017
 **No Acreditados

Andrés F. Alvarez
 Analista Líder Físicoquímico
 Químico PQ-05484

Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA
 FRT10-02M VER 07

Código: 2018021907

Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 08:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 6,50

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 18/02/2018 11:00

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 1

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	13900	20/02/2018
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	300	20/02/2018

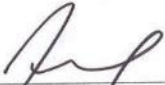
Observaciones:

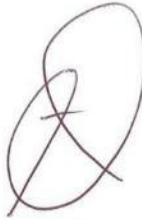
Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.

* Análisis Acreditados por IDEAM

** No Acreditados


 Andrés F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro:71-114-1366


 Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME

Página 1 de 1

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disueta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrato, Nitró, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas: Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 07

Código: 2018021906

Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 6,40

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 18/02/2018 14:00

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 2

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Mg B**	< 2,4	20/02/2018
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B**	< 0,003	24/02/2018
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B*	0,726	24/02/2018
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B**	57,7	20/02/2018
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Yodométrico	SM 4500-O C, M. Azida**	7,80	19/02/2018
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B*	7,9	20/02/2018
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H* B**	8,32	19/02/2018
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C*	153,6	20/02/2018
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B*	132,7	20/02/2018
Conductividad (μS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B*	352	20/02/2018
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C*	10	20/02/2018
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B; EPA 360.3*	2,4	24/02/2018
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D*	< 25	19/02/2018
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D*	< 8,0	20/02/2018
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D*	114	20/02/2018
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E**	0,154	28/02/2018
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F*	0,4	19/02/2018
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C**	0,226	20/02/2018
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C**	1,030	22/02/2018
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	3,028	19/02/2018
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	66,650	19/02/2018
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B*	< 0,0006	7/03/2018
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D*	< 0,050	1/03/2018
Cianuro Total (mg CN/L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E**	< 0,010	20/02/2018

Página 1 de 2



Código: 2018021906
 Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo:	Verano	Procedencia:	BURITICÁ
Tipo de Muestra:	Cruda	Fecha y hora de toma:	18/02/2018 14:00
pH (U. pH):	6,40	Muestreado por:	Viky Gonzalez
Cloro residual libre(mg/L):		Sitio de Muestreo:	Q Remango Punto 2
Solicitado por:	Viky Gonzalez		

Dirección:

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada
 Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.
 *Análisis Acreditados con IDEAM bajo resolución 1230 de 2017
 **No Acreditados

Andrés F. Alvarez
 Analista Líder Físicoquímico
 Químico PQ-05484

Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA

FRT10-02M VER 07

Código: 2018021906

Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 08:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 6,40

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 18/02/2018 14:00

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 2

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	83000	20/02/2018
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	24000	20/02/2018

Observaciones:


Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

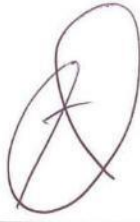
Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.

* Análisis Acreditados por IDEAM

** No Acreditados


 Andrés F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro:71-114-1366

FÍN DEL INFORME


 Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

Página 1 de 1

laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortofosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeso total, Zinc total, Coliformes totales, E. coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrito, Nitrito, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, Toma de muestras simples y compuestas; Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO AGUAS RESIDUALES Y CRUDAS

FRT10-02F VER 07

Código: 2018021905
 Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano
 Tipo de Muestra: Cruda
 pH (U. pH): 6,50
 Cloro residual libre(mg/L):
 Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ
 Fecha y hora de toma: 18/02/2018 15:40
 Muestreado por: Viky Gonzalez
 Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 3

Dirección:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Fecha
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B*	0,390	24/02/2018
Cadmio (mg Cd/L)	Absorción Atómica	SM 3111 B**	< 0,003	24/02/2018
Calcio (mg Ca/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Ca B**	57,7	20/02/2018
Magnesio (mg Mg/L)	Titulométrico EDTA	SM 3500-Mg B**	9,3	20/02/2018
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	SM 2130 B*	6,7	20/02/2018
pH (Unidades de pH)	Electrométrico	SM 4500-H ⁺ B**	8,40	19/02/2018
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	SM 2340 C*	182,4	20/02/2018
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	SM 2320 B*	141,6	20/02/2018
Conductividad (µS/cm)	Electrométrico	SM 2510 B*	403	20/02/2018
Color Verdadero (CoPt)	Espectrofotométrico	SM 2120 C*	5	20/02/2018
DBO (mg/L)	Test 5 días	SM 5210 B; EPA 360.3*	< 1,98	24/02/2018
DQO (mg O ₂ /L)	Colorimétrico - Reflujo Cerrado	SM 5220 D*	< 25	19/02/2018
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Luminiscencia	EPA 360.3*	7,44	19/02/2018
Grasas y Aceites (mg Grasas y Aceites/L)	Extracción Soxhlet	SM 5520 D*	< 8,0	20/02/2018
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L)	Gravimétrico	SM 2540 D*	32	20/02/2018
Fósforo Total (mg P/L)	Acido Ascórbico	SM 4500-P E**	0,096	28/02/2018
Sólidos Sedimentables (mL/L)	Volumétrico	SM 2540 F*	0,1	19/02/2018
Detergentes (mg SAAM/L)	Espectrofotométrico	SM 5540 C**	0,273	20/02/2018
Nitrógeno Total (mg N/L)	Fotométrico	SM 4500-N C**	0,843	22/02/2018
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	9,591	19/02/2018
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	SM 4110 B*	61,184	19/02/2018
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica	SM 3112 B*	< 0,0006	7/03/2018
Cromo Total (mg Cr/L)	Absorción Atómica	SM 3111 D*	< 0,050	1/03/2018
Cianuro Total (mg CN ⁻ /L)	Colorimétrico	SM 4500-CN E**	< 0,010	20/02/2018

Página 1 de 2



Código: 2018021905
 Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 8:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano
 Tipo de Muestra: Cruda
 pH (U. pH): 6,50
 Cloro residual libre(mg/L):
 Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ
 Fecha y hora de toma: 18/02/2018 15:40
 Muestreado por: Viky Gonzalez
 Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 3

Dirección:

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22
 Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada
 Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.
 *Análisis Acreditados con IDEAM bajo resolución 1230 de 2017
 **No Acreditados

Andrés F. Alvarez
 Analista Líder Físicoquímico
 Químico PQ-05484

Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

FÍN DEL INFORME

Página 2 de 2



LABORATORIO DE SERVICIOS - ANALISIS DE AGUAS
REPORTE DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO AGUA CRUDA
 FRT10-02M VER 07

Código: 2018021905

Fecha y hora de recepción: 19/02/2018 08:00

INFORMACION SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

Estado del tiempo: Verano

Tipo de Muestra: Cruda

pH (U. pH): 6,50

Cloro residual libre(mg/L):

Solicitado por: Viky Gonzalez

Procedencia: BURITICÁ

Fecha y hora de toma: 18/02/2018 15:40

Muestreado por: Viky Gonzalez

Sitio de Muestreo: Q Remango Punto 3

Direccion:

RESULTADOS

Parámetro	Método	Referencia	Resultados	Lectura
Coliformes Totales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	17300	20/02/2018
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Sustrato Definido Multicelda	SM 9223 B	1600	20/02/2018

Observaciones:

Los Métodos analizados son referencia de los Métodos Estándar Edición 22

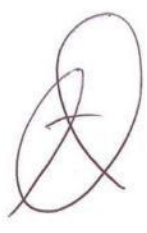
Los resultados del presente informe son válidos solo para la muestra analizada

Por ningún motivo debe hacerse reproducción del presente informe sin la autorización de Acuazul Ltda.

* Análisis Acreditados por IDEAM

** No Acreditados


 Andres F. Londoño
 Analista Líder Microbiología
 Registro: 71-114-1366


 Carlos E. Rondón
 Coordinador de Laboratorio
 Químico PQ-05595

FIN DEL INFORME

Página 1 de 1

Laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2005 Según resolución No 1230 del 31 de Mayo de 2017 para la realización de DQO, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos totales, Sólidos sedimentables, DBO5, Aceites y grasas, Alcalinidad, Fluoruros, Bromuros, Cloruros, Ortosulfatos, Nitratos, Sulfatos, Dureza total, Cromo total, Cromo disuelto, Mercurio total, Mercurio disuelto, Cobalto total, Cobre total, Manganeseo total, Zinc total, Coliformes totales, E.coli, Color verdadero, Molibdeno total, Molibdeno disuelto, Arsenico total, Arsenico disuelto, Plata total, Plata disuelta, Sodio total, Hierro total, Plomo total, Nitrito, Nitro, Recuento de bacterias heterótrofas, Sulfatos, Turbiedad, toma de muestras simples y compuestas. Variables medidas en campo: Temperatura, Caudal, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Cloro residual. Parámetros Subcontratados en convenio con otros laboratorios.

Carrera 77 N 45C - 30
 Telefax: 444 45 18
 E-mail: acuazul@une.net.co
 Medellín - Colombia
 www.acuazul.com.co