

**DETERMINACIÓN DE MERCURIO POR DESCARGAS DE LOS ENTABLES
MINEROS EUROINVERSIONES Y LOS AMBUILA DEL MUNICIPIO DE
SUÁREZ, (CAUCA).**



FANOR MORIANO CORTÉS

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN
2023**

**DETERMINACIÓN DE MERCURIO POR DESCARGAS DE LOS ENTABLES
MINEROS EUROINVERSIONES Y LOS AMBUILA DEL MUNICIPIO DE
SUÁREZ, (CAUCA).**



FANOR MORIANO CORTÉS

Trabajo de grado modalidad de pasantía para optar al título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

NATALIA EUGENIA SAMBONÍ RUÍZ

Químico MSc. Ingeniería Sanitaria y Ambiental

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez revisado el documento final del trabajo de grado titulado “**Determinación de mercurio por descargas de los entables mineros Euroinversiones y Los Ambuila del municipio de Suárez, (Cauca).**”, realizado por el estudiante **Fanor Moriano Cortés**, se aprueba el documento y la sustentación para optar, al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Natalia Samboni R.

Msc. Natalia Eugenia Samboni Ruiz
Director – Docente
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Carlos Felipe Uribe

Esp. - Carlos Felipe Uribe
Jurado 1 - Docente
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Arnol Arias Hoyos

Esp. – Arnol Arias Hoyos
Jurado 2 - Docente
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar a Dios padre celestial por permitirme tener el don de existir, gozar de buena salud y en el transcurso de mi vida hacer de mí un joven visionario capaz llegar a este momento tan importante en mi vida de convertirme en un profesional, el segundo en mi numerosa familia.

A mis padres Hugo German Moriano y Mireya Cortes Quiñonez por el constante apoyo económico y espiritual cargado de bendiciones, amor y muchos consejos en mi proceso de educación superior, donde entendí que ellos han hecho de mí lo que quizá en su momento sus padres no tuvieron la oportunidad de hacer por ellos y es una de las cosas que más valoro y aprecio como ser humano.

También quiero dedicar este gran logro a mis abuelos Harold Boanerge Cortés y Erminda Quiñones por ser el mayor ejemplo de vida, unión y lealtad. En especial a mi abuelo que me ha demostrado que soy su nieto favorito y desde mi infancia me ha confirmado ese gran amor y en honor a todo ese amor y respeto que le tengo, me he inspirado en superarme de todas las maneras posibles con el fin de no defraudar su corazón y que simplemente se sienta orgulloso de que en realidad soy lo que él siempre ha querido.

AGRADECIMIENTOS

Yo, Fanor Moriano Cortés le agradezco a Dios por darme el don de sentir siempre la necesidad de aprendizaje constante y superación personal, por llenarme de fe y valentía de que todos los sueños y metas que me propongo, con esfuerzo y dedicación puedo hacer realidad sin importar los obstáculos y adversidades que se puedan presentar en los caminos de la vida.

Quiero agradecer a mis hermanas Yudi Moriano y Karen Moriano porque siempre han cumplido con el rol de hermandad, amistad y en ocasiones de maternidad, ellas son las personas que pueden dar constancia de mis noches de desvelo con el lápiz, la calculadora y muchas hojas en la mesa o incluso en la cama con los ojos rojos del sueño hasta llegar el momento en que decía que lo había logrado y ya estaba listo para el día siguiente.

A mis hermanos Darley Moriano y Edinson Moriano que al igual que mis demás familiares siempre han creídos en mí aun sabiendo lo difícil que ha sido nuestro andar. Agradezco a mi cuñado, Javier Galarza quien con el pasar de los tiempos se ha convertido en mi segundo padre con un apoyo incondicional y sin límite alguno.

Agradezco a mi querida profesora Natalia Eugenia Samboní por acogerme y enseñarme tanto desde el primer semestre hasta aceptar ser mi tutor de trabajo de grado con tanto profesionalismo y en general a toda la comunidad Autónoma Del Cauca, amistades, enseñanzas y vivencias en tan bonito proceso.

Finalmente agradezco a la familia CRC, Corporación Autónoma Regional Del Cauca, en especial al Director Yesid Gonzales Duque y mi amigo Cayo Antonio Guzmán por darme la oportunidad de hacer parte de la Autoridad Ambiental del Departamento y con ello culminar con tanto aprendizaje mi carrera y poder decirle a mi familia que soy un gran Ingeniero Ambiental y Sanitario.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I. PROBLEMA	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Justificación	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.3.1 <i>Objetivos específicos</i>	7
CAPITULO II. REFERENTES TEÓRICOS	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Bases Teóricas	9
2.2.1. <i>Minería</i>	9
2.2.2. <i>Extracción de oro</i>	10
2.2.3. <i>Mercurio</i>	11
2.3 Zona de estudio	14
2.4. Bases legales.....	15
CAPÍTULO III. METODOLOGIA	17
3.1. Fase I. Evaluación de los vertimientos mineros:.....	17
3.1.1. <i>Actividad 1. Reconocimiento del área de influencia:</i>	17
3.1.2. <i>Actividad 2. Medición de parámetros fisicoquímicos:</i>	17
3.1.3. <i>Actividad 3. Comparación de resultados con la normatividad:</i>	17
3.2. Fase II. Grado de afectación de las fuentes superficiales.	18
3.2.1. <i>Actividad 1. Evaluación de calidad del agua</i>	18
3.3. Fase III. Evaluación del impacto ambiental.....	20
3.3.1. <i>Actividad 1. Aspectos a evaluar</i>	20
3.3.2. <i>Actividad 2. Construcción de matriz.</i>	20
3.3.3. <i>Actividad 3. Propuestas</i>	22
CAPITULO IV. RESULTADOS	23
4.1. Evaluación de los vertimientos mineros	23
4.1.1. <i>Reconocimiento del área de influencia</i>	23
4.1.2. <i>Medición de parámetros fisicoquímicos</i>	24
4.1.3 <i>Comparación de resultados</i>	27
4.2 Grado de afectación de las fuentes superficiales	32
4.2.1 <i>Evaluación de la calidad del agua</i>	32
4.3. Evaluación del impacto ambiental	35
4.3.1 <i>Recurso Hídrico Euroinversiones</i>	36
4.3.2 <i>Recurso Hídrico Los Ambuila</i>	38
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. Conclusiones	42

5.2. Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFIA	45
ANEXO 1	50
ANEXO 2	60

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad aplicada a la minería en Colombia.....	16
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos a determinar.....	18
Tabla 3. Significancia de los índices de contaminación.....	19
Tabla 4. Variables y ponderaciones para ICA	20
Tabla 5. Matriz grado de afectación ambiental	21
Tabla 6. Importancia ambiental	22
Tabla 7. Identificación y ubicación de las muestras.....	24
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos entable Euroinversiones.....	25
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos entable Los Ambuila	26
Tabla 10. Evaluación de calidad del agua quebrada El Tamboral (Euroinversiones).....	33
Tabla 11. Evaluación de calidad del agua quebrada El Canelo (Los Ambuila)	34
Tabla 12. Grado de afectación ambiental del entable Euroinversiones	36
Tabla 13. Grado de afectación ambiental del entable Euroinversiones	37
Tabla 14. Grado de afectación ambiental del entable Los Ambuila	38
Tabla 15. Grado de afectación ambiental del entable Los Ambuila	40

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Zona de estudio	15
Ilustración 2. Flujograma de procesos de los entables mineros	23

CONTENIDO DE GRAFICAS

Grafica 1. pH en entables mineros.	27
Grafica 2. Mercurio en agua entable Euroinversiones	30
Grafica 3. Mercurio en agua entable Los Ambuila	31
Grafica 4 .Mercurio en suelo después de entables mineros	32

RESUMEN

Se determinaron los niveles de mercurio en agua y sedimento generados en los entables mineros Euroinversiones y Los Ambuila en el municipio de Suarez- Cauca, para ello se realizaron cinco monitoreos antes y después en las quebradas El Tamboral y El Canelo, fuentes intervenidas por estos entables, del mismo modo se tomaron cinco muestras de sedimentos después de las plantas de beneficio de mineral aurífero en estudio.

Las muestras recolectadas se analizaron en el laboratorio ambiental de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca (CRC), certificado por el IDEAM. Los parámetros fisicoquímicos de estudio son los siguientes: mercurio, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), color, turbiedad, dureza, alcalinidad, nitratos, nitritos, Ortofosfatos, coliformes totales y coliformes fecales.

La metodología utilizada consto de tres fases, la primera hace referencia a la evaluación de los entables mineros donde se comparó los resultados de los parámetros con la resolución 0631 de 2015 donde se reportaron niveles de mercurio hasta de 0.00813mg/L excediendo el 0.002mg/L permisible para este tipo de fuentes, en la segunda fase se evaluó el grado de afectación en las corrientes superficiales mediante evaluación de calidad del agua y finalmente, se realizó una evaluación de impacto ambiental donde a partir de una matriz de impactos ambientales se indicó la magnitud e importancia de cada variable ambiental en los procesos de extracción de oro.

Se obtuvieron resultados de mercurio en lodos entre 2.5mg/kg y 4.1mg/kg los cuales no excedieron los 24mg/kg establecidos en el decreto supremo N° 002-2013-MINAM (ministerio del ambiente), con el que se reglamenta y se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Perú, se tuvo en cuenta esta norma porque en Colombia no existe legislación que limite los valores de mercurio en suelo.

Palabras claves: Beneficio de oro, Entable Minero, Mercurio, vertimiento. .

ABSTRACT

The levels of mercury in water and sediment generated in the Euroinversiones and Los Ambuila mining farms in the municipality of Suarez-Cauca were determined, for which 5 monitorings were carried out before and after in the El Tamboral and El Canelo streams, sources intervened by these farms. In the same way, 5 sediment samples were taken after the gold ore processing plants under study.

The collected samples were analyzed in the environmental laboratory of the Regional Autonomous Corporation of Cauca (CRC), certified by IDEAM. The physicochemical parameters of study are the following: Mercury, BOD5, COD, total suspended solids, color, turbidity, hardness, alkalinity, nitrates, nitrites, Orthophosphates, total coliforms and fecal coliforms.

The methodology used consisted of three phases, the first refers to the evaluation of the mining establishments where the results of the parameters were compared with resolution 0631 of 2015 where mercury levels of up to 0.00813mg/L were reported, exceeding 0.002mg/ L permissible, in the second phase the degree of affectation to the surface sources was evaluated by evaluating the quality of the water and finally, an environmental impact evaluation where an environmental impact matrix was made, which shows the magnitude and importance of each variable in the gold extraction processes.

Results for mercury in the soil between 2.5mg/kg and 4.1mg/kg were obtained, which did not exceed the 24mg/kg established in SUPREME DECREE No. 002-2013-MINAM (environmental ministry), which regulates and approves the Standards of Environmental Quality (ECA) for Peru, this standard was taken into account because in Colombia there is no legislation that limits the values of mercury in soil.

Key words: Gold beneficiation, Mining Accounting, Mercury, Leopold, landfill. .

INTRODUCCIÓN

En Colombia una de las actividades económicas que está en auge es la minería, la cual se desarrolla en gran parte del territorio colombiano, de acuerdo a un estudio del ministerio de minas y energía la exploración y explotación de recurso minero se extiende a 4'485.910 ha aproximadamente, los cuales generan 227.000 empleos directos, esto ha generado el interés público con una serie de cuestionamientos sobre sus impactos positivos y negativos en la economía, la sociedad y el medio ambiente [1]

Dentro de la macro actividad de la minería se encuentra la minería artesanal o a pequeña escala que se lleva a cabo en algunas regiones del país, no se desconoce que para las familias es una actividad rentable y generadora de empleo, aunque, por otro lado, hay impactos negativos que están afectando el medio ambiente particularmente las fuentes hídricas cercanas a los entables o establecimientos artesanales de extracción de mineral, por lo cual es necesario buscar estrategias enfocadas a una sostenibilidad ambiental las cuales disminuyan de manera significativa los impactos negativos de esta actividad [2].

En el noroccidente del departamento del Cauca se encuentra ubicada una de las zonas más afectada por la explotación minera del oro, como lo es el municipio de Suarez, cuenta con la represa de la salvajina la cual impacta en la parte turística del sector, la otra parte de la moneda son la explotación de los yacimientos auríferos y su impacto en los recursos hídricos. Los entables mineros Euroinversiones y Los Ambuila en este municipio, donde se realizan extracciones de oro mediante la utilización de Mercurio, este metal pesado que es una sustancia neurotóxica, pasando a la cadena trófica, bioacumulándose y afectando de esta manera a los seres vivos [2].

La necesidad especificada anteriormente es una de las preocupaciones de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, la cual se especifica en el programa de competitividad y minería limpia, que busca conocer el estado actual de la región teniendo en cuenta la investigación, organización, planificación, regulación y normalización del sector minero, como un objetivo que permita a la minería ser sostenible, amigable con el medio ambiente y una fuente de ingresos para los explotadores del recurso minero (oro).

Se evaluaron los entables mineros Euroinversiones y Los Ambuila del municipio de Suarez –Cauca, a lo largo de la presente investigación se monitorearon por 5 meses las dos fuentes hídricas intervenidas por dichas plantas, quebrada El Tamboral y El Canelo respectivamente. También se recolectaron muestras de sedimentos después del vertimiento de las plantas de beneficio de mineral aurífero.

La metodología llevada a cabo se basó en diferentes actividades analíticas empezando por la georreferenciación y reconocimiento del área de influencia para posteriormente empezar a tomar las muestras a estudiar en el laboratorio, una vez revisados los reportes de laboratorio se procedió a comparar estos con la resolución 0631 de 2015 donde se evidenció que estos valores específicamente en sólidos suspendidos totales (SST) están por encima de los 50mg/L establecidos, específicamente en las muestras tomadas después del vertimiento con niveles entre 250mg/L – 708mg/L.

En cuanto a mercurio en agua se obtuvieron valores después del vertimiento de 0.00813mg/L, 0.007mg/L, 0.006.9mg/L entre otros niveles que exceden el 0.002mg/L estipulado en la normatividad, por otro lado se logró apreciar que las fuentes hídricas en estudio, antes de la intervención de estos entables, reportan niveles de 0.001mg/L, valor que no supera los límites máximos permisibles.

Para el grado de afectación de las fuentes hídricas superficiales se llevó a cabo una evaluación de calidad del agua mediante los indicadores índices de calidad del agua ICA, índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS e índice de contaminación por materia orgánica ICOMO mediante tablas de Excel implementada por la CRC, en el estudio se logró evidenciar que los valores en las muestras tomadas después del vertimiento afectan significativamente la calidad del agua siendo esta en Bocatoma de BUENA calidad y después de los vertimientos ponderada como agua MUY MALA.

Dentro de la evaluación de impacto ambiental mediante la matriz establecida en la Resolución 2086 de 2010 según la calificación en cuanto a cada uno de los atributos relacionados en cuanto a agua y suelo, para los dos entables se obtuvo una medida de afectación SEVERA.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La minería artesanal se lleva a cabo en ochenta países, aproximadamente cien millones de personas a nivel global se dedican a esta actividad, la cual cerca del 20% del oro que se obtiene a escala mundial, comúnmente es adquirido en naciones de bajos ingresos, especialmente en África, Asia, Oceanía, así como en América del Sur y Centroamérica [3].

La Minería de Subsistencia y Pequeña Escala (ASGM) es la principal fuente de liberaciones de mercurio al ambiente, representando cerca del 35% del total de las liberaciones de dicho metal. Colombia se posiciona primero dentro de los tres emisores de mercurio por el sector ASGM a nivel global, liberando 150 toneladas/año. La mayoría de estas emisiones se originan en los departamentos de Chocó, Antioquia, Bolívar, Cauca y Nariño también tienen una actividad de ASGM y liberaciones de mercurio importantes [4].

En este sentido, es pertinente considerar que existen consecuencias de la exposición a contaminantes, tales como el Hg, están relacionadas con la posibilidad de intoxicación durante el desarrollo del cerebro, ya que el metil-mercurio (MeHg) puede atravesar fácilmente la placenta y la barrera sanguínea cerebral. Adicionalmente, la exposición prenatal al Hg interfiere con el crecimiento y la migración de neuronas y tiene el potencial de causar daños irreversibles al sistema nervioso central en desarrollo, lo anterior es una problemática social, ya que muchas personas trabajadoras se exponen a diario a esta sustancia que puede acumularse en el organismo. [3].

El Cauca es uno de los departamentos más explotados en el país, los daños causados por los más de 350 entables mineros, 800 retroexcavadoras y 50 dragones son cada vez mayores. Suárez – Cauca está ligada principalmente a la explotación del oro, su segunda actividad económica más importante y representan cerca del 27% de la economía local [5] [6]. Por lo anterior es de gran importancia para la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) realizar monitoreos a las fuentes hídricas del municipio de Suárez que se encuentran en el área de influencia de los entables mineros, con la finalidad de implementar alternativas que ayuden a disminuir las afectaciones medioambientales por el uso de mercurio (Hg) en la recuperación de mineral aurífero [7]

1.2 Justificación

En Colombia la minería es un sector estratégico para su desarrollo, con 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. Cabe resaltar que los impactos negativos generados por la minería de oro afectan en su gran mayoría al recurso hídrico [8].

El uso del mercurio está ligado al trabajo de la minería en pequeña escala (MPE), que permite el sustento de un gran número de familias. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Global Mercury Project (GMP) estiman que en el Mundo más de 12 millones de personas dependen de la MPE aurífera y usan predominantemente el mercurio para recuperar el oro; como consecuencia esta actividad contamina el ambiente con más de 800 Toneladas/año de mercurio [9].

La Contraloría General ha afirmado que 17 Departamentos y 80 Municipios del país están afectados por la minería del oro. No obstante, otro aspecto importante de esta problemática es el relacionado con el consumo de agua por parte de pobladores en regiones afectadas por la minería del oro, o localizadas aguas abajo de las mismas; así como su impacto en la salud humana [10]. Adicionalmente, poco se dice sobre el incumplimiento de la ley cuando se trata de garantizar bajos niveles de contaminantes en las fuentes hídricas, con el fin de proteger la vida acuática y la destinación del recurso para consumo humano y doméstico. [11]

Dentro de las actividades de la Corporación Autónoma Regional del Cauca referentes a su razón de ser, es importante apoyar en la estrategia de educación ambiental y sensibilización sobre los impactos del mercurio en el medio ambiente y la salud, en este orden de ideas, se organizarán talleres de sensibilización dirigidos a la comunidad minera del área de influencia en el municipio de Suárez, vinculando en los contenidos y desarrollo de las actividades los aspectos relacionados con igualdad de género y enfoque diferencial [11].

Por lo anterior se hace necesario que la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), continúe la evaluación y seguimientos de diferentes entables mineros para determinación de mercurio y evaluación de calidad del agua en las fuentes hídricas receptoras de este tipo de descargas, con la finalidad de proponer e implementar tecnologías limpias que contribuyan en la disminución de las concentraciones de dicho metal.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar los niveles de mercurio por descargas de los entables mineros Euroinversiones y Ambuila del municipio de Suárez, (Cauca).

1.3.1 Objetivos específicos

- Comparar los parámetros fisicoquímicos de los vertimientos puntuales de los entables Euroinversiones y Ambuila con la Resolución 0631 de 2015.
- Definir el grado de afectación ambiental de las fuentes superficiales en los entables Euroinversiones y Ambuila en Suárez, Cauca.
- Evaluar el impacto ambiental en el Municipio de Suárez producido por minería de subsistencia en los entables Euroinversiones y Los Ambuila en el municipio de Suárez, Cauca.

CAPITULO II. REFERENTES TEÓRICOS

2.1. Antecedentes

El mercurio es uno de los metales pesados implementado en el proceso de beneficio de oro que mayor preocupación está causando en el mundo por su acción sumamente tóxica para los organismos y para el hombre. Cuando éste llega a la naturaleza y ha transcurrido un tiempo, es transformado a metilmercurio(CH_3Hg), que es un compuesto organometálico, liposoluble y con una elevada toxicidad, puesto que puede atravesar fácilmente las membranas biológicas y en particular la piel, a partir de aquí sigue la incorporación del metal en la cadena trófica [12].

Se han llevado a cabo numerosos estudios de casos sobre el uso del mercurio utilizado en el proceso de minería aurífera a nivel mundial, lo anterior teniendo en cuenta que la extracción de oro utilizando métodos artesanales o con un bajo grado de mecanización y baja productividad, es practicada por entre 10 y 15 millones de mineros en todo el mundo, quienes extraen en promedio 350 toneladas/año de oro y liberan en el proceso 640 a 1350 toneladas/año de mercurio en el ambiente [13].

Estudios realizados en Perú, revelan que existe una alta tasa de contaminación con mercurio en zonas mineras en los sedimentos de los ríos, en peces y en otros animales, así como en humanos. El grupo de mayor riesgo está constituido por las comunidades nativas debido al alto consumo de pescado según demuestran los estudios en otros países [14].

Colombia dentro de las expectativas de cumplimiento del Convenio de Minamata, para la eliminación de uso de mercurio en sus operaciones mineras, ha sancionado una Ley que le permite definir estrategias tendientes al cumplimiento de este convenio. Conforme los lineamientos de la Ley 1658 del 13 de julio de 2013, la prohibición del uso del metal comenzará a regir en 10 años para los proyectos industriales y en cinco para los mineros, para dar un plazo de adaptación tanto a las industrias como a los mineros [15].

La Corporación Universitaria Autónoma del Cauca a través del Semillero de Investigación de Minería Responsable (SIMIR) ha desarrollado proyectos en el municipio de Suárez (Cauca), donde se realizan pruebas que permitieran verificar el efecto del bórax como sustituto del mercurio en la minería de oro, a fin de aportar a la búsqueda de un reemplazo del elemento, que a futuro posibilite su erradicación, logrando así disminuir los impactos negativos causados por este, además de brindar una alternativa que permita a los mineros acogerse a la legislación vigente sin abandonar su labor [16].

El 18 de mayo de 2017 la Corporación Autónoma Regional del Cauca, suscribió un convenio interadministrativo con el Ministerio de Minas y Energía, para desarrollar

el proyecto "IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO SECTORIAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL USO DEL MERCURIO DE LA ACTIVIDAD MINERA EN EL TERRITORIO NACIONAL" cuya acta de inicio se firmó el 24 de mayo del mismo año [15]. En la ejecución de proyecto se contemplaron acciones de regularización de plantas de beneficio y de coordinación con autoridades locales y departamentales para el cumplimiento del objetivo del mismo [17]. De acuerdo a la información consolidada por la Dirección de Formalización Minera a través de los convenios ejecutados en vigencias anteriores, en el departamento del Cauca se tiene un registro estimado de 112 plantas de beneficio para la recuperación del oro, de las cuales 30 están asociados a título minero. A solicitudes de legalización y 77 no presentan figura jurídica definida, incluidas plantas independientes no asociadas a título que procesan minerales de terceros [17].

2.2. Bases Teóricas

Para la realización de la pasantía fué necesario tener en cuenta unos conceptos que permiten la estructuración del trabajo, estos conceptos son claves para comprender la práctica de la minería artesanal o a pequeña escala, y nos dan un acercamiento a la teórico relevante y significativo dentro de las definiciones principales se tienen los conceptos de Minería, minería a pequeña escala, extracción de oro, sustancias utilizadas para la extracción de oro, mercurio, impacto ambiental:

2.2.1. Minería

La minería es un proceso de extracción de minerales del suelo. Estos minerales deben ser extraídos con máquinas y herramientas y llevados a su lugar de aprovechamiento o industrialización. Cuando los minerales se extraen del suelo, quedarán agujeros, con formas y tamaños diferentes dependiendo de cuánto se depositó originalmente dentro de ellos y a qué profundidad se encontró. Los trabajos mineros son consecuencias inevitables de esta escisión de la corteza terrestre [18].

En algunas circunstancias, los minerales pueden quedar en su área de minería. Estos depósitos de rocas deben ser procesados, para que podamos extraer minerales de ellos. Pero no puede simplemente arrojar los desechos sean sustancias químicas o residuos sólidos directamente al suelo, porque contaminará las aguas subterráneas y dañará el medio ambiente. Para conservar este valioso recurso y evitar daños, debemos asegurarnos de que nuestros desechos se transfieran a contenedores seguros o haya nuevas estrategias sostenibles que disminuyan el impacto [18].

También conocida por sus siglas (MAPE), entendida en un sentido amplio como toda actividad de explotación minera con poca tecnificación, uso intensivo de mano de obra no calificada y bajos márgenes de producción, la minería artesanal o a pequeña escala es una práctica cultural entendida en el contexto como una actividad

de trabajo familiar, al transcurrir el tiempo generación tras generación se ha dedicado a esta actividad y, a pesar de que puedan existir opciones de transferencia tecnológica y de canalización de recursos financieros, los mineros prefieren seguir produciendo como lo hicieron sus abuelos [19]

La actividad minera ilegal es la exploración o extracción de minerales, ya sea de propiedad de la nación o de particulares, que se desarrolla sin el correspondiente título minero o sin la autorización del dueño de la propiedad privada donde se ubica el proyecto. Asimismo, es delito en el Código Penal (Congreso de la República, Ley 599 de 2000 Art. 244) que la legislación ambiental (Congreso de la República, Ley 99 de 1993) regule sobre cómo ejercer la autoridad ambiental sobre ellos; cuando destruyen su entorno y/o dañan a humanos y animales. Por otro lado, cabe resaltar que la minería ilegal crece, primero, por el valor del oro, y segundo, por los desempleados masivos en las empresas y la falta de gestión del Estado en la reubicación de las personas, pues por búsqueda de recursos, optan por la práctica de esta actividad [20] [21]

2.2.2. Extracción de oro

Según la historia el oro es uno de los primeros elementos conocidos por el hombre y desde ese primer momento ha despertado un interés, tanto por su utilización como moneda, por sus usos decorativos o por su uso en otros campos, además para los mineros es fuente de ingresos y sustento de las familias; [22].

Es conocido químicamente que el oro es un elemento con baja reactividad, por lo cual es natural encontrarlo como metal puro en forma de pepitas grandes en los cauces de ríos de montaña, e incluso en lagos y mares. De manera general, se encuentra en pequeñas inclusiones en algunos minerales como vetas de cuarzo, pizarra, rocas metamórficas y depósitos aluviales originados de estas fuentes; de esta forma, la presencia de oro se podría decir que es común, sin embargo, hallar concentraciones que hacen fácil o rentable su explotación, termina siendo un reto en el que amplios conocimientos geológicos son requeridos por parte de los interesados en realizar la explotación y por ende muchos han optado por realizar una explotación artesanal que funcione como mecanismo para la extracción de oro convirtiéndose en una actividad económica en diferentes regiones del país [22].

Métodos en la extracción de oro: Existen varios métodos para la extracción de oro, los métodos más comunes en la minería artesanal o a pequeña escala son los mencionados a continuación:

En la búsqueda de este metal precioso, los, pequeños mineros o los artesanales, usan entonces un utensilio denominado batea, que permite mediante movimientos circulares, separar los materiales de mayor peso, como el oro, de una matriz de

arena y agua del río, mientras que la arena superficial se retira con el agua por la misma densidad.

Por otro lado, se utilizan algunas técnicas teniendo en cuenta las propiedades químicas del oro, este método utiliza el mercurio como sustancia principal para extraer oro de las rocas o suelo, el mercurio permite que el mineral se disponga en una masa moldeable que se denomina amalgama; posteriormente, esta amalgama se somete a presión para retirar el exceso de mercurio en algunas ocasiones utilizando el fuego o en minería a gran escala con prensadoras; por último, se procede a calentar la amalgama hasta el punto de ebullición del mercurio, con el objeto de evaporarlo, aquel que aún se encuentra presente [22]

Otro método conocido y utilizado en la extracción de oro es la cianuración, se viene implementando desde hace casi un siglo. La cianuración por agitación, consiste en agregar solución lixivante que, en algunos casos, se trata solo de cianuro concentrado, y en otros, de cianuro y sales como cloruros y nitratos, que luego se pone en contacto con material que contiene el oro que previamente ha sido molido hasta un nivel muy fino. Lo que se logra entonces, es que el oro pueda entrar en solución con la fase acuosa, dejando de lado todo el resto de materiales minerales, los cuales son retirados de la mezcla para seguir el trabajo con la solución, que a través de una precipitación química permite recuperar el oro dejando la solución con cianuro y otros subproductos que debe ser manejada de forma adecuada para evitar contaminación [22].

2.2.3. Mercurio

El mercurio (Hg) es un elemento químico catalogado como metal y considerado tóxico para la salud humana y los ecosistemas; este es liberado al medio ambiente mediante actividades humanas, así como también por fuentes naturales. En los últimos años las actividades humanas han contribuido a elevar significativamente las emisiones de mercurio. Más de 2500 toneladas de mercurio se emiten anualmente de fuentes antropogénicas globales. Las fuentes principales de contaminación con mercurio son: la combustión de carbón para la generación de energía eléctrica; la minería de oro a grande y pequeña escala; varios procesos industriales, como la producción de cloro-álcali, pulpa de papel, fertilizantes, procesamiento de cuero y refinería de combustibles; y la generación de residuos agrícolas y municipales [23]

Propiedades fisicoquímicas: El mercurio es un metal brillante color plata, que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido, es el único metal pesado extrema volátil. En estado metálico posee una alta presión de vapor ($1,3 \times 10^{-3}$ mm), lo cual hace que se evapore fácilmente a temperatura ambiente. Su

concentración en el aire puede alcanzar hasta 0,014 mg/m³ y a 100°C hasta 2,4 mg/m³. Generalmente se habla de vapor de mercurio (es incoloro), cuando el mercurio elemental se encuentra presente en la atmosfera o de mercurio metálico cuando está en su forma líquida. Químicamente el mercurio es bastante inerte, como lo indica su elevado potencial estándar positivo +0,85 V y su posición en la serie electromotriz. No se oxida en el aire a temperaturas ordinarias, pero se combina lentamente con el oxígeno cuando se mantiene en la atmosfera cerca de su punto de ebullición (300 a 350 °C) y se mantiene en forma el óxido de mercurio Hg₂O, pero alrededor de 400°C la energía libre [24]

Uso del mercurio en minería de oro: El mercurio se usa para separar y extraer el oro de las rocas o piedras en las que se encuentra. El mercurio se adhiere al oro formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material. Luego se calienta la amalgama para que se evapore el mercurio y quede el oro. La minería del oro artesanal y en pequeña escala es, por sí sola, la mayor fuente de liberación intencional de mercurio del mundo. Según un informe del PNUMA fechado en 2007, anualmente, esta actividad consume 806 toneladas y genera emisiones del orden de 150 toneladas [25]

Niveles de mercurio a nivel ambiental y exposición humana: El metal posee características potencialmente tóxicas. La inadecuada disposición de los residuos del mercurio junto con el de sustancias químicas utilizadas en la minería aurífera disminuyen el oxígeno disuelto e incrementan los niveles de demanda bioquímica y demanda química del oxígeno en aguas superficiales, que afecta la existencia de vida orgánica y su aprovechamiento en otras actividades antrópicas. [26]

La vía de exposición que más debe preocupar a los mineros es la inhalación del vapor de mercurio que se libera durante la quema de las amalgamas que a menudo se realiza en presencia de otras personas o incluso en el hogar. Esta situación de exposición a mercurio elemental, conlleva el riesgo de padecer hidrargirismo o mercurialismo, que cursa con alteraciones funcionales expresadas en déficits orgánicos, neurológicos, cognitivos y psicológicos del individuo [26]

Los lugares con altas concentraciones comprobadas de mercurio (zonas mineras críticas), son fuentes importantes de dispersión del mercurio en los sistemas acuáticos y contribuyen a la contaminación por metilmercurio que es mucho más tóxico que el mercurio elemental y las sales inorgánicas. La contaminación alcanza los peces, la fauna y flora silvestres, con los efectos consiguientes en la vida de miles de personas, tanto de las que participan directamente en las actividades mineras como de las que viven en las cercanías [27]

La principal incorporación de mercurio a las cadenas tróficas, es a partir del propio mercurio metálico debido a que es volátil y a temperatura ambiente se está sublimando. En persistencia y bioacumulación; aproximadamente un 95% se

encuentra en los suelos, en los sedimentos y en todo organismo viviente, alrededor de un 3% en el agua mientras que el 2% restante, existe como vapor en la atmósfera. [27]

De acuerdo con la organización mundial de la salud (OMS), el mercurio puede ocasionar trastornos neurológicos y de comportamiento, síntomas como temblores, insomnio, pérdida de memoria, efectos neuromusculares, cefalea o disfunciones cognitivas aunque el mercurio está presente de manera natural en el aire, el agua y los suelos, la exposición a este metal puede ser toxica.

El mercurio en la atmósfera: Las emisiones a la atmósfera se producen en la forma vapor de mercurio elemental, y su transporte se realiza a escala global, ya que su tiempo de residencia en la atmósfera es algo superior a un año, tiempo suficiente como para que se transporte y distribuya a lo largo de extensas zonas antes de que llegue a depositarse en el medio terrestre o en el medio acuático, circunstancia ésta que determina que las emisiones de mercurio constituyan hoy día una preocupación de alcance mundial [28]. Por su parte, el mercurio adsorbido en partículas y los compuestos de mercurio iónico se depositan sobre todo en el suelo y el agua cercanos a las fuentes (distancias locales y regionales).

Generando problemas de contaminación y representa un riesgo para la salud humana y la de los ecosistemas, ya que puede modificar una gran variedad de células y de procesos bioquímicos; adicionalmente, se ha demostrado que el mercurio interfiere en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos e inhibe varias enzimas citosólicas, afectando el sistema nervioso central. [29]

El mercurio en el suelo: El mercurio (Hg) puede aparecer de forma natural en el suelo, aunque en concentraciones muy bajas o como resultado de las actividades humanas. Además, es uno de los reservorios más importantes de este metal al ser liberado al ambiente, lo cual puede proporcionar un registro de su deposición. El contenido de Hg a nivel mundial en suelos es de alrededor de 0.06 µg/g. [30]

En suelos contaminados con Hg, su contenido depende en gran medida de las fuentes contaminantes como la minería de cinabrio, la extracción de oro y la industria química entre otras.

La contaminación por Hg puede deberse a fuentes naturales tales como volcanes, erosión del suelo y océanos, o bien a fuentes antrópicas tales como combustibles fósiles, producción de metales, minería del oro y plantas de cloro-álcali, entre otras, siendo la minería aurífera la principal causa de contaminación ambiental por este metal debido a la utilización de mercurio metálico para formar amalgamas con el oro durante la extracción del mismo [30]

El mercurio presente en proporciones muy pequeñas en suelos y sedimentos, pero de gran importancia debido a su toxicidad y capacidad para la bioacumulación, es el metilmercurio; que presenta gran afinidad por la materia orgánica, hecho que limita su movilidad en el medio ambiente. En particular el metilmercurio presenta una clara acumulación en las cadenas alimenticias de los ecosistemas acuáticos. Esta bio-acumulación puede ser separada en dos grandes subgrupos, macroinvertebrados presentes en los sedimentos bénticos, la comunidad de fitoplancton y zooplancton. [31]

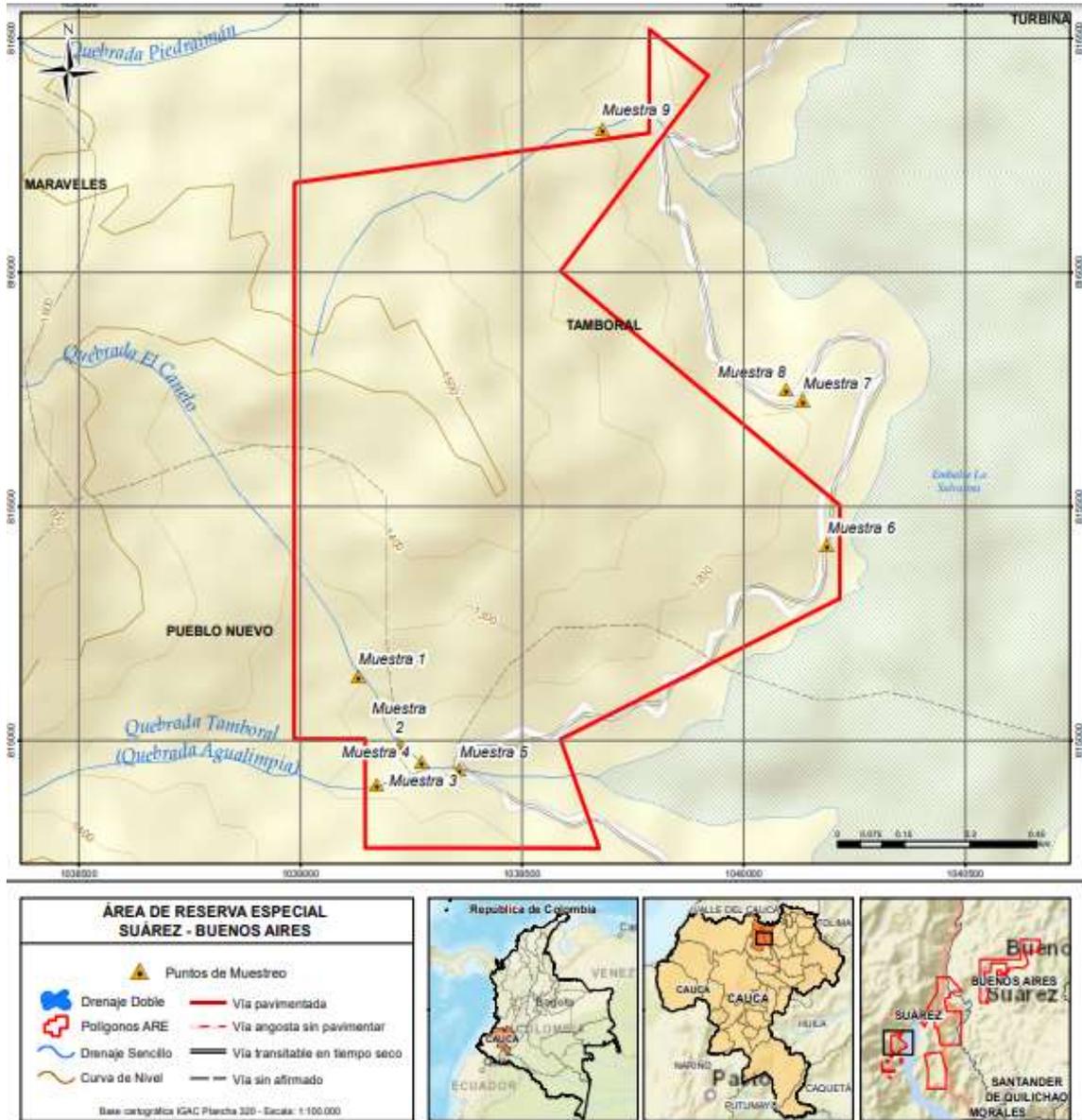
2.3 Zona de estudio

Los entables Euroinversiones y Ambuila, se encuentran ubicados en el departamento del Cauca, en el municipio de Suarez localizado en el noroccidente del departamento del Cauca; en la margen de la cordillera occidental, sobre el valle geográfico del río Cauca (Ilustración 1).

Este territorio hace parte de la región que comprende el norte del departamento del Cauca, Limita al norte y oriente con el municipio de Buenos Aires, al Suroriente y al Sur con el Municipio de Morales y al Occidente con López de Micay, con una extensión de 389,87 Km² Con una altura sobre el nivel del mar de 1.050 m. El entable Euroinversiones conformado por una sociedad, y el entable Ambuila de conformación familiar, procesan respectivamente 500g y 280g de oro mensualmente, esta cantidad significativa y la posición de los entables en zonas hídricas son criterios para ser considerados como Zonas Mineras Criticas y por consiguiente realizar el presente estudio. [32].

El clima del municipio de Suarez es húmedo tropical, con estaciones de verano e invierno, la temperatura promedio es de 19 °C con una precipitación de 2600 mm; la topografía que posee es con pendientes medias a moderadas y serranías moderadas, en la zona norte del municipio la topografía tiende a ser plana. Por otro lado, las actividades económicas que se realizan en el municipio son la agricultura donde predomina el cultivo de café, yuca, maíz, caña panelera entre otros; también la minería es una de las actividades económicas más sobresalientes que provee empleo a las familias campesinas del sector [33].

Ilustración 1. Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.4. Bases legales

Para dar estructuración al presente trabajo de grado se indagaron las acciones realizadas en torno a la minería en Colombia, estas normatividades van enfocadas a los derechos y deberes del sector minero con especificaciones vigentes para cada área, el marco normativo se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1. Normatividad aplicada a la minería en Colombia

Norma	Descripción
Decreto 2811 de 1974	Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Art: 135, 147 [26].
Ley 685 del 2001	Código de Minas
Resolución 333 del 2008	Mediante Resolución 424 del 13 de noviembre de 2007 se declaró un Área de Reserva Especial, en jurisdicción de los municipios de Suárez y Buenos Aires, en el departamento del Cauca. Art 31 de la Ley 685 de 2001 "Reservas Especiales. El Gobierno Nacional por motivos de orden social o económico determinados en cada caso, de oficio o por solicitud expresa de la comunidad minera" [34].
Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010	Caracterización de los vertimientos de acuerdo con la frecuencia que se determine en el protocolo para el Monitoreo de los vertimientos en aguas [35].
Resolución 3930 de 2010	Reglamenta parcialmente el título I de la ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del título VI- parte III- libro II del decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones esta resolución tiene por objeto las disposiciones relacionadas con el recurso hídrico. [36].
Resolución 2086 de 2010	Adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1o del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009. Grado de afectación ambiental [37].
Ley 1658 del 15 de julio de 2013	Establece las disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación. ART.1, 3, 6, 7 [38].
Resolución 0631 del 17 de mayo de 2015	Establece en su artículo 100 los parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ArnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades de la minería [39].
Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015:	"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible" [40].

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

Para la ejecución del proyecto se desarrolló en tres fases, las cuales se describen a continuación:

3.1. Fase I. Evaluación de los vertimientos mineros:

3.1.1. Actividad 1. Reconocimiento del área de influencia: La Corporación Autónoma Regional del Cauca estableció los contactos de manera directa con los propietarios de los entables mineros y para ser georreferenciados, caracterizados teniendo en cuenta el tipo de entable, horas de trabajo, cantidad de material procesado y uso de agua.

Georreferenciación: Se determinó la ubicación exacta de los entables de aprovechamiento de mineral aurífero Euroinversiones y Los Ambuila mediante el programa Avenza maps.

Caracterización: Para cada entable se realizó el diagrama de procesos, cantidad de material a procesar, gasto de insumos (agua, energía, reactivos) y horas de trabajo.

3.1.2. Actividad 2. Medición de parámetros fisicoquímicos: Para evaluar la calidad fisicoquímica del agua se realizaron (5) cinco monitoreos durante cinco (5) meses donde se tomaron las muestras antes y después de la descarga de los entables mineros, del mismo modo se determinaron los parámetros in – situ en cada uno de los puntos anteriormente mencionados.

Para la toma de muestra se siguen los protocolos establecidos por el IDEAM, teniendo en cuenta el instructivo diseñado en el laboratorio ambiental de la CRC con código IN – PDPA – LA023. Las muestras fueron llevadas en custodia al laboratorio de fisicoquímica de la Corporación Autónoma Ambiental del Cauca CRC certificada por el IDEAM para su procedimiento y tratamiento. En la tabla 2 se presentan las variables tomadas in-situ y laboratorio, como también el equipo y metodología usada.

3.1.3. Actividad 3. Comparación de resultados con la normatividad: Los parámetros fisicoquímicos evaluados son: Mercurio, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, color, turbiedad, dureza, alcalinidad, nitratos, nitritos, ortofosfatos, coliformes totales y coliformes fecales; los cuales se comparan con los valores mínimos y máximos.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos a determinar

	Variable	Equipo	Metodología
In situ	pH	Multiparámetro de referencia Orión A329612326	Electrométrico
	Conductividad		Electrométrico
	Temperatura		Termométrico
	Caudal	Molinete GlobalWater – Cinta métrica	Medición en campo
Laboratorio	Mercurio	Espectrofotómetro AA. ICE – 300. Vp 100 sistema vapor Thermo Scientific.	Espectroscopia de absorción atómica por vapor frío.
	DBO ₅	Oxímetro WTM NOLAB 7310. Incubadora controlada a 20°C más o menos	Ensayo a 5 días, electrodo de membrana.
	DQO	Fotómetro	Reflujo cerrado y Colorímetro
	Sólidos suspendidos totales	Balanza 925M – 2020A	Gravimétrico
	Color	DR 3900	Colorimétrico
	Turbiedad	NACH 2100	Nefelométrico
	Dureza	DL 53	Volumétrico
	Alcalinidad	DL 53	Volumétrico
	Nitratos	HA10 RB - 10	Colorimétrico
	Nitritos	Merck SD 118	Colorimétrico
	Ortofosfatos	Merck SD 118	Colorimétrico
	Coliformes totales	Bomba filtración	Filtro de membrana volumen 100 mL incubación cultivo agua por 24 horas.
	Coliformes fecales	Incubadora diez	Test enzima – substrato. Luz UV. Incubación 24 horas. (MPN) número más Probable

Fuente: Elaboración propia

3.2. Fase II. Grado de afectación de las fuentes superficiales.

3.2.1. Actividad 1. Evaluación de calidad del agua.

Para realizar la respectiva evaluación de calidad del agua, se tuvieron en cuenta los índices de calidad y contaminación (ICA – ICO), los cuales se muestran a continuación:

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Este índice se evalúa

mediante DBO₅, Coliformes Totales, fecales y Oxígeno disuelto determina el consumo de oxígeno por los microorganismos, indicando el impacto de contaminación.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos, constituyen los procesos erosivos y extractivos, y su efecto sobre los ecosistemas acuáticos se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello impedimento de fotosíntesis.

En Colombia el estudio y formulación de estos índices han sido abordados desde 1977 principalmente por el creador Ramírez, estos indicadores se evalúan (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación como se muestra en la siguiente tabla [41]

Tabla 3. Significancia de los índices de contaminación

ICO	CONTAMINACION	CARACTERIZACION	ESCALA DE COLOR
0-0.2	Ninguna	Aguas puras y quizá con aportes biogénicos	
> 0.2-0.4	Baja	Con leve incidencia antrópica	
> 0.4-0.6	Media	Notable actividad antrópica	
> 0.6-0.8	Alta	Incidencia importante de la industria del petróleo	
> 0.8-1	Muy alta	Áreas contaminadas por hidrocarburos petrogénicos	

[41].

Índice de calidad del agua (ICA): Este índice se evalúa mediante las siguientes variables. Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, DQO, conductividad, pH.

El IDEAM mediante la Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico toma la iniciativa de realizar dicho indicador para los estudios de monitoreo y caracterización de las fuentes hídricas superficiales a nivel nacional enfocando las actividades económicas que generan mayor presión hacia la flora y fauna en las fuentes superficiales. [42]

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la siguiente tabla se registra la relación entre valores y calificación: [42]

Tabla 4. Variables y ponderaciones para ICA

RANGO PARA EL VALOR DEL INDICADOR	SEÑAL DE ALERTA DEL INDICADOR	CALIFICACION DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL INDICADOR
$0.00 > y \leq 0.25$	Rojo	Muy Mala
$0.25 > y \leq 0.50$	Naranja	Mala
$0.50 < y \leq 0.70$	Amarillo	Regular
$0.70 > y \leq 0.90$	Verde	Aceptable
$0.90 > y \leq 1.00$	Azul	Buena

[42].

Para el cálculo de cada indicador se utilizó la base de datos de Excel de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca, esta herramienta computacional facilita el cálculo de gran variedad y cantidad de índices de calidad del agua e índices de contaminación, los cuales se representan mediante fórmulas establecidas según los protocolos e indicaciones del IDEAM. De igual manera dicha herramienta permite generar y guardar, tanto reportes como historiales y gráficos, además facilita realizar estudios comparativos de calidad del agua

3.3. Fase III. Evaluación del impacto ambiental

3.3.1. Actividad 1. Aspectos a evaluar

La evaluación de impacto ambiental se realizó mediante matriz establecida en la resolución 2086 de 2010 Artículo 7 del Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial donde se tienen en cuenta los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos de la zona de influencia.

3.3.2. Actividad 2. Construcción de matriz.

La tabla 4 muestra el método matricial para evaluar los impactos ambientales que se presenta en la zona de estudio, mediante parámetros como: Intensidad (IN), Extensión (EX), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV) y Recuperabilidad (MC), además de la calificación ambiental y la significancia.

Tabla 5. Matriz grado de afectación ambiental

Atributos	Definición	Calificación	Ponderación
INTENSIDAD(IN)	Define el grado de incidencia de la acción sobre el bien de protección	Afectación de bien de protección representada en una desviación de estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 0 y 33%	1
		Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 34% y 66%	4
		Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 67 y 99%	8
		Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma igual o superior al 100%	12
EXTENSIÓN (EX)	Se refiere al área de influencia del impacto en relación con el entorno	Cuando la afectación puede determinarse en un área localizada e inferior a una (1) hectárea	1
		Cuando la afectación incide en un área determinada entre (1) hectárea y cinco (5) hectáreas	4
		Cuando la afectación se manifiesta en un área superior 5) hectáreas	12
PERSISTENCIA (PE)	Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y	Si la duración del efecto es menor a seis (6) meses	1
		Cuando la afectación no es permanente en el tiempo se	3

Luego de calificar cada uno de los atributos, se procedió a determinar la importancia de la afectación representada en la siguiente ecuación:

$$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + MC \text{ Ecuación 1}$$

Grado de afectación: Permitted clasificar los recursos (hídrico y suelo) calculando el valor obtenido de la importancia (I): Irrelevante, Leve, Moderada, Severa o Crítica, atendiendo los valores presentados en la siguiente tabla:

Tabla 6. Importancia ambiental

Calificación	Descripción	Medida Cualitativa	Rango
IMPORTANCIA (I)	Medida cualitativa del impacto a partir del grado de incidencia de la alteración producida y de sus efectos.	Irrelevante	8
		Leve	9 – 20
		Moderado	21 – 40
		Severo	41 – 60
		Crítico	61 – 80

[43]

Una vez determinada la importancia de afectación, se define el grado de afectación ambiental para finalmente realizar las recomendaciones o propuestas que ayuden a disminuir, mitigar y/o evitar impactos ambientales generados por la actividad de beneficio de mineral aurífero.

3.3.3. Actividad 3. Propuestas.

Luego de realizar la Evaluación de Impacto Ambiental, y según los impactos más relevantes observados en la misma, se formularon propuestas que ayuden a mitigar y/o compensar los mismos. En los que se incluye procesos físicos, químicos y/o biológicos.

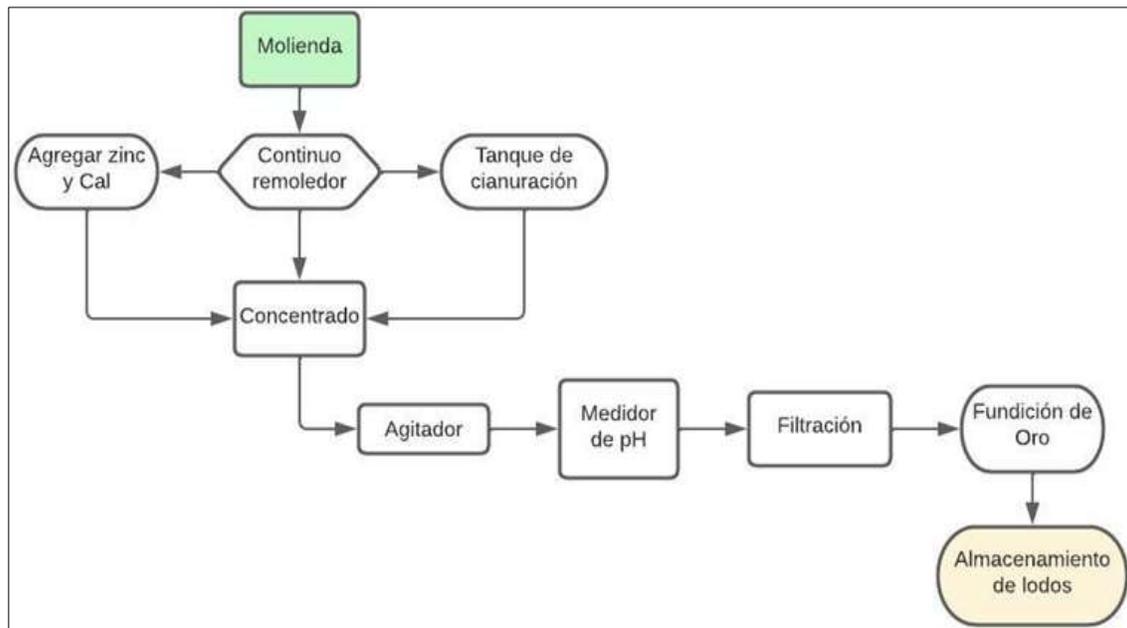
CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de los vertimientos mineros

4.1.1. Reconocimiento del área de influencia

De acuerdo a la información obtenida los entables Euroinversiones y Los Ambuila ubicados en el municipio de Suarez Cauca, en el siguiente flujograma se indican los procesos que se realizan en la obtención del oro.

Ilustración 2. Flujograma de procesos de los entables mineros



Fuente: Elaboración propia

Entable Los Ambuila: La planta se creó en el año 2015 y ha venido operando por seis años consecutivos. En la ilustración 3 se esquematiza los procesos que se realizan en esta plata, que actualmente se cuenta con 5 personas trabajando de martes a sábado; cuenta con un tanque de almacenamiento de 7.000 litros de capacidad para procesar 2,5 toneladas de arenas o lodos, su producción depende del porcentaje de contenido del material es decir para 2,5 toneladas pueden variar entre 25 - 40 g de oro y en ocasiones hasta una 1 lb de oro. Inicialmente cuenta con los lodos de rechazo minero que provienen de los entables más pequeños donde se trabaja con el sistema de amalgamación (mercurio). Una vez estos lodos llegan a la planta, se continúa con el proceso que permite la recuperación del oro mediante el uso de cianuro y de esta manera se almacena gran cantidad de lodos contaminados de estas sustancias altamente peligrosas para el ambiente y la salud humana.

Entable Euroinversiones: La planta se creó en el año 2013 y ha venido operando por nueve años consecutivos. En la ilustración 3 se esquematiza los procesos que se realizan en esta plata, que actualmente se cuenta con 8 personas trabajando de martes a sábado; cuenta con un tanque de almacenamiento de 6.000 litros de capacidad para procesar 3.8 toneladas de arenas o lodos, su producción depende del porcentaje de contenido del material es decir para 3.8 toneladas pueden variar entre 30 – 60 gramos de oro y en ocasiones hasta una 1 lb de oro. Inicialmente cuenta con los lodos de rechazo minero que provienen de los entables más pequeños donde se trabaja con el sistema de amalgamación (mercurio). Una vez estos lodos llegan a la planta, se continúa con el proceso que permite la recuperación del oro mediante el uso de cianuro y de esta manera se almacena gran cantidad de lodos contaminados de estas sustancias altamente peligrosas para el ambiente y la salud humana.

4.1.2. Medición de parámetros fisicoquímicos

En la tabla 7, se indican la georreferenciación de los puntos monitoreados en los dos entables estudiados

Tabla 7. Identificación y ubicación de las muestras

SITIO DE MUESTRO	LATITUD	LONGITUD
Bocatoma Euroinversiones, quebrada Tamboral	-76.7247	2.9230
Q. Tamboral después de vertimiento Euroinversiones.	-76.7252	2.9223
Vertimiento mina los Ambuila	-76.7243	2.9227
Bocatoma vereda los Ambuila	-76.7235	2.9226

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas se indican en la tabla 8 correspondiente al entable Euroinversiones y tabal 9 Los Ambuila (ANEXO 1 generados por el laboratorio ambiental CRC)

Es importante hacer énfasis que, en los periodos de monitoreo realizados, algunas veces las plantas de beneficio de mineral aurífero no estaban en funcionamiento, es por ello que los niveles tienden a variar constantemente, por otro lado, cabe resaltar que la zona de estudio cuenta con otros entables en la parte alta los cuales también aportan cierta cantidad de material que influyen en la variación de los parámetros.

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos entable Euroinversiones

Parámetros	RESULTADOS - MONITOREO ENTABLE EUROINVERSIONES										UNIDAD	Res 0631 de 2015 límite máximo permisible
	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5			
	B	DV	B	DV	B	DV	B	DV	B	DV		
DBO ₅	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	mg/L	50
DQO	< 15	116	< 15	56	< 15	49.7	21.4	54.1	< 15	61	mg/L	150
SST	110	708	40	390	50	420	35	297	55	435	mg/L	50
Color aparente	34	203	5	263	60	90	13	132	99	280	UPC	Análisis y reporte
Turbiedad	3.5	20.4	0.3	*	15.5	106	8.6	20.6	14.8	29.6	UNT	Análisis y reporte
Dureza	89.8	122	109	*	4.1	9.7	3.9	11.3	5.1	12.7	mg/L	Análisis y reporte
Alcalinidad	58.2	51.2	101	*	20	34.7	20.6	34.7	33.9	35.6	mg/L	Análisis y reporte
Nitratos	< 0.1	< 0.1	1.09	*	0.21	0.80	0.24	0.80	0.97	1.02	mg/L	Análisis y reporte
Nitritos	0.03	0.05	< 0.02	*	<0.02	0.02	0.03	0.05	<0.02	<0.02	mg/L	Análisis y reporte
Ortofosfatos	< 0.1	< 0.1	< 0.1	*	<0.1	*	< 0.1	0.16	<0.1	<0.1	mg/L	Análisis y reporte
Coliformes Totales	15100	24000	14600	19000	13000	22000	17000	23000	14300	26000	Ufc/100ml	N/A
Coliformes Fecales	100	800	0	*	130	101	100	800	300	590	Ufc/100ml	N/A
Mercurio en agua	0,0021	0,0048	0,0015	0,007	0,001	0,00813	0,001	0,0069	0,001	0,0067	mg/L	0,002
mercurio en lodos	4,018		3,98		4		4,1		3,6		mg/kg	N/A

B: Bocatoma, **DV:** Después del Vertimiento

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos entable Los Ambuila

Parámetros	RESULTADOS - MONITOREO ENTABLE LOS AMBUILA										UNIDAD	Res 0631 de 2015 límite máximo permisible
	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5			
	B	DV	B	DV	B	DV	B	DV	B	DV		
DBO5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	mg/L	50
DQO	<15	<15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	68.1	< 15	35	mg/L	150
SST	70	79.2	66	325	69	446	100	470	37	250	mg/L	50
Color aparente	223	303	385	178	138	240	223	181	200	390	UPC	Análisis y reporte
Turbiedad	27.3	33.8	196	*	23.9	26.8	27.3	113	28.1	34.9	UNT	Análisis y reporte
Dureza	70.6	83.4	89.8	*	14.1	78.6	4.6	10.5	70.6	83.4	mg/L	Análisis y reporte
Alcalinidad	53.0	57.6	57.6	*	10.7	27.4	20.5	40.6	53.0	57.6	mg/L	Análisis y reporte
Nitratos	1.93	< 0.1	< 0.1	*	0.45	1.61	0.27	0.89	0.85	1.02	mg /L	Análisis y reporte
Nitritos	< 0.02	< 0.02	< 0.02	*	0.02	0.06	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	mg /L	Análisis y reporte
Ortofosfatos	< 0.1	< 0.1	< 0.1	*	< 0.1	0.22	0.15	< 0.1	< 0.1	0.14	mg /L	Análisis y reporte
Coliformes Totales	11000	16700	10000	14000	9000	13000	11500	13600	15000	19000	Ufc/100ml	N/A
Coliformes Fecales	0	0	0	*	110	110	540	890	0	0	Ufc/100ml	N/A
Mercurio agua	0,001	0,001	0,0018	0,0059	0,001	0,0061	0,001	0,005	0,0013	0,0047	mg/L	0,002
Mercurio en lodos	3,2		2,95		2,7		3,05		2,5		mg/kg	N/A

B: Bocatoma, **DV:** Después del Vertimiento

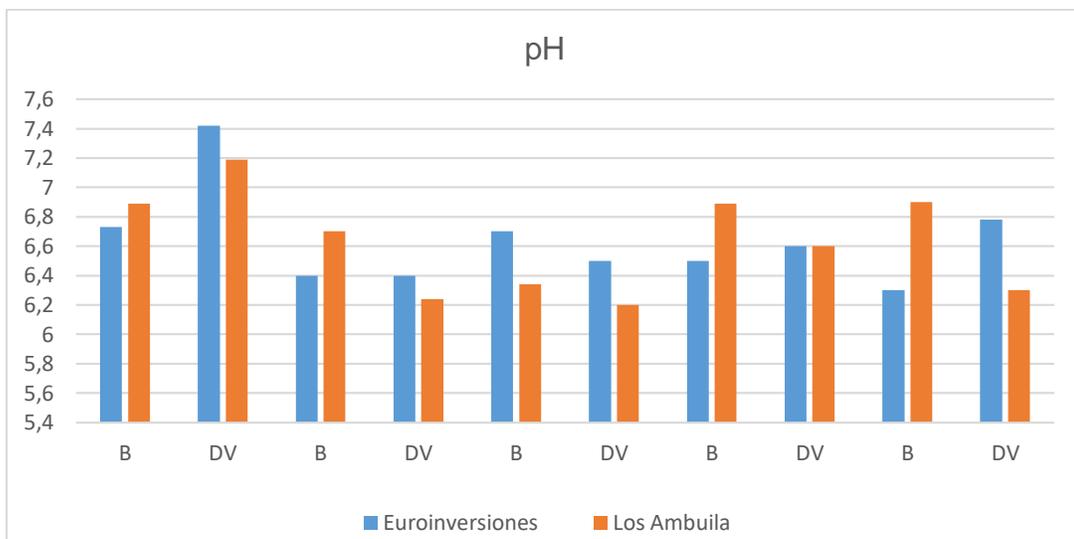
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Comparación de resultados

De acuerdo a los resultados reportados se realizó un análisis comparativo teniendo en cuenta todas y cada uno de los parámetros y sus límites máximos permisibles estipulados en la resolución 0631 de 2015:

pH: De acuerdo a los resultados obtenidos en los cinco monitoreos realizados para los entables Euroinversiones y Los Ambuila, se evidencia que a pesar de que existan algunas variaciones en relación al pH (6,2 a 7,4), estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015 como se evidencia en la siguiente gráfica.

Grafica 1. pH en entables mineros.



B: Bocatoma, **DV:** Después del Vertimiento

Fuente: elaboración propia

Demanda Biológica y Química de Oxígeno: Para los dos entables se puede observar en la tabla 8 y 9, que la DBO₅ se encuentra con valores menores a 10mg/L indicando el bajo contenido de materia orgánica tanto en la bocatoma como después del vertimiento. Frente a los valores de la DQO estos aumentan en algunos casos después del vertimiento para los dos entables, pero los niveles encontrados están dentro de los límites máximos permisibles estipulados en la resolución 0631 de 2015. Es claro que estos dos valores indican que no hay una afectación de material orgánico biodegradable y no biodegradable oxidable.

Sólidos suspendidos Totales - Turbiedad - Color (UPC): Para los valores de (SST) en las muestras tomadas después del vertimiento en los dos entables se

evidencia que los procesos que se llevan a cabo en las actividades de minería aportan de una manera muy significativa lodos y arenas los cuales quedan suspendidos en la fuente hídrica con valores entre 250mg/L – 708mg/L, sobrepasando los límites máximos permisibles de 50mg/L establecidos en la resolución 0631 de 2015 y por ende afectan notoriamente la calidad del agua. Las muestras tomadas en bocatoma presentan niveles bajos de sólidos suspendidos totales (SST) cumpliendo de esta manera con la normatividad.

Los valores analizados en laboratorio para (Turbiedad) son relacionados en que los altos niveles se obtienen justo en las muestras después del vertimiento de actividades de beneficio de mineral aurífero, razón por la que se concluye que los procesos e insumos utilizados en los montajes de minería de subsistencia alteran dicho parámetro.

Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son responsables del color, las concentraciones de las sustancias determinan la transparencia del agua puesto que limita el paso de luz a través de ella.

Los niveles más altos analizados en cuanto a (color) se obtuvieron en los muestreos realizados después del vertimiento en los montajes de minería en estudio sobre todo cuando estaban en función de sus actividades y procesos. Existe una correlación directa de los resultados para sólidos, turbidez y color en las muestras justo después de la actividad minera por su aporte de material particulado en el proceso, esto explica los valores más altos de estas variables, respecto a los valores obtenidos en la bocatoma donde no existe tal actividad.

Dureza – Alcalinidad: Los valores registrados en el análisis de laboratorio, tanto en la captación como en el vertimiento se caracterizan como aguas duras por el alto contenido de iones metálicos divalentes que bien pueden ser calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), estroncio (Sr^{2+}), Hierro (Fe^{2+}) y aniones como bicarbonato (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-), nitratos (NO_3^-) y silicatos y que fueron liberado en los procesos de trituración y molienda generando condiciones no aptas para el consumo humano.

En los resultados para alcalinidad, se puede determinar que los valores obtenidos antes y después de las descargas son similares y se encuentran dentro de los límites permisibles de la calidad del agua según las resoluciones 475/98 y 2115/07, lo anterior debido a que la cuenca tiene un buen caudal y por ende buena capacidad de asimilación a ciertos factores.

Aunque estos parámetros no se encuentren estrechamente relacionados, pero considerando que la alcalinidad del agua es causada por la presencia de carbonatos de calcio y magnesio, por ello la dureza se considera una buena aproximación de

alcalinidad, si bien los valores de dureza fueron altos, los de alcalinidad se encuentran dentro del rango permitido

Nitrógeno – fosforo: El valor determinado en el análisis de laboratorio indica que el proceso de beneficio no altera significativamente las concentraciones de nitritos y nitratos ya que los resultados son inherentes al proceso de beneficio pues sus valores finales son iguales o varían en cantidades muy bajas antes y después de las descargas mineras. Considerando la zona y su actividad, para estos parámetros cuyos valores fueron bajos, e indicadores en aguas de la calidad del agua, ambos relacionados con el ciclo del nitrógeno en suelo y plantas, no obstante, con la salvedad que los nitratos son añadidos por fertilizantes, pero para este caso una zona minera y los valores reportados son bajos, se puede afirmar su bajo impacto en estas aguas.

El valor determinado en el análisis de laboratorio indica unas cantidades muy pequeñas de ortofosfatos siendo <1.0 antes y después de las descargas, aunque el trabajo se centra en el impacto al medio ambiente por actividades de explotación minera, el bajo valor de fosforo soluble indica que las aguas no han sido impactadas mediante escorrentía por fertilizantes que contengan fosforo, usados comúnmente en actividades agrícolas y/o uso de detergentes , esto es consistente en lo analizado en nitritos y nitratos.

Ortofosfatos: Las dos fuentes intervenidas por los entables Euroinversiones y Los Ambuila dentro del periodo que se realizaron los monitoreos indican bajos niveles de Ortofosfatos, la muestra que mayor nivel presentó fue de 0,22mg/L en la Unidad de Producción Minera Los Ambuila y 0,16mg/L en la otra UPM, aun así estos valores no son de mayor afectación para las fuentes hídricas en estudio ya que la norma Colombiana resolución 2115 de 2007 establece valores de hasta 0.5mg/L para agua potable.

ColiformesTotales - Fecales: Según los valores de coliformes fecales en la quebrada Los Canelos, fuente intervenida por el entable Los Ambuila en los meses 1, 2 y 5 no hubo presencia de este tipo de bacteria anaerobia facultativa, sin embargo para las mismas muestras sí se presenciaron valores significativos de coliformes totales ya que estos se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pueden estar en el suelo y en las superficies del agua dulce por mayores periodos de tiempo debido a que no siempre son intestinales a diferencia de la Escherichia Coli.

El resto de los valores respecto a Coliformes fecales y totales reportados por el laboratorio ambiental de la CRC muestran presencia significativa de este tipo de coliformes excediendo así los límites admisibles de 0 microorganismos/100mL estipulados en el Decreto 475 de 1998.

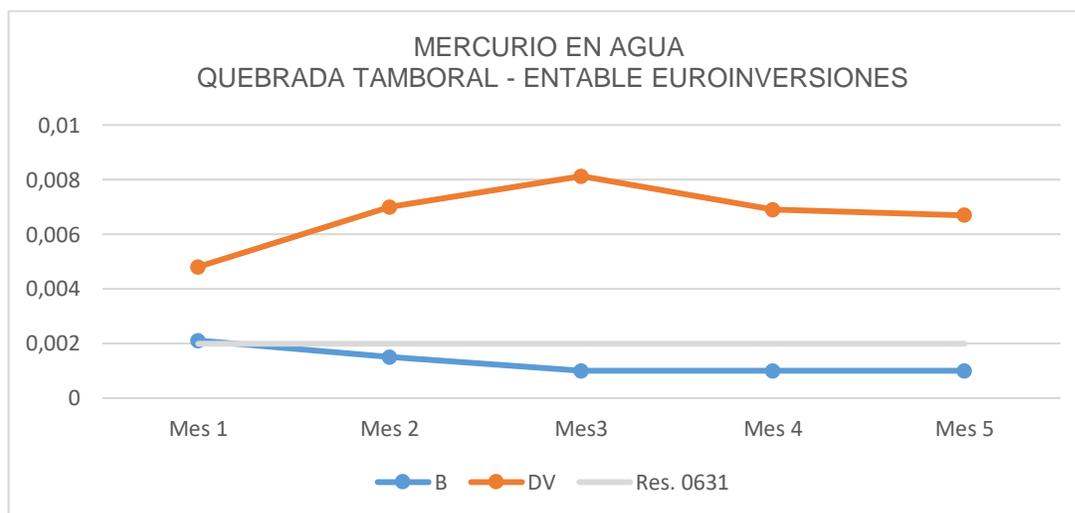
Con lo anterior se define que las fuentes hídricas en estudio no son aptas para el consumo humano sin tratamiento preliminar, por lo menos en estos puntos monitoreados ya que de acuerdo a las variables previamente mencionadas se puede intervenir en procesos patológicos como la producción de cuadros intestinales, diarreas e infecciones extra intestinales diversas.

No obstante, se pueden realizar otro tipo de actividades como agricultura, silvicultura, explotación minera, riego, generación de energía eléctrica entre muchas otras.

Mercurio en agua: De acuerdo a las muestras de agua tomadas en la quebrada Tamboral, fuente hídrica intervenida por el entable Euroinversiones, se logra apreciar que, según los resultados obtenidos en Bocatoma, los niveles de mercurio cumplen con el límite máximo permisible de 0.002 mg/L establecido en la resolución 0631 de 2015. A excepción del primer mes, donde se evidencia un valor de 0.0021, este aumento se da posiblemente a que los entables aguas arriba habían estado operando el día que se realizó este muestreo. Sin embargo, dicho valor no es representativo ya que no excede significativamente lo estipulado en la normatividad.

En cuanto a los resultados obtenidos en los muestreos después del vertimiento, en la gráfica número 2 claramente se corrobora que los niveles de mercurio son extremadamente altos y por ende sobrepasan los límites máximos permisibles con valores entre 0,0048mg/L y 0,00813mg/L.

Grafica 2. Mercurio en agua entable Euroinversiones



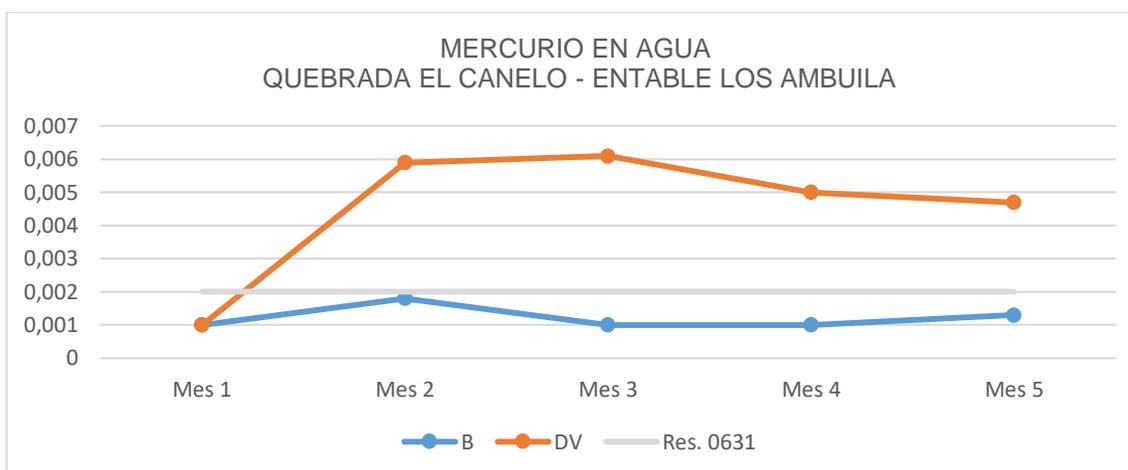
B: Bocatoma, **DV:** Después del Vertimiento

Fuente: elaboración propia

Los datos anteriormente mencionados se convierten en una preocupación ambiental y sanitaria principalmente para las personas que laboran en este entable teniendo el previo conocimiento de todos los impactos que causa la presencia de este metal en el ambiente, por otro la do la afectación a la fauna y flora acuática de la zona es el siguiente factor afectado con el uso desmedido de mercurio en la recuperación de mineral aurífero.

Los niveles de mercurio reportados en el laboratorio ambiental de la CRC para las muestras de agua tomadas en la quebrada El Canelo, fuente hídrica intervenida por el entable Los Ambuila según la gráfica número 3, se evidencia que durante los 5 meses de monitoreo en el punto de Bocatoma las concentraciones de dicho parámetro cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015, es importante destacar que en el mes 2 el reporte en este punto llegó a su máximo nivel, con lo que se puede inferir que aunque no superó los niveles de la normatividad, existe presencia de dicho metal antes del entable.

Grafica 3. Mercurio en agua entable Los Ambuila



B: Bocatoma, **DV:** Después del Vertimiento

Fuente: elaboracion propia

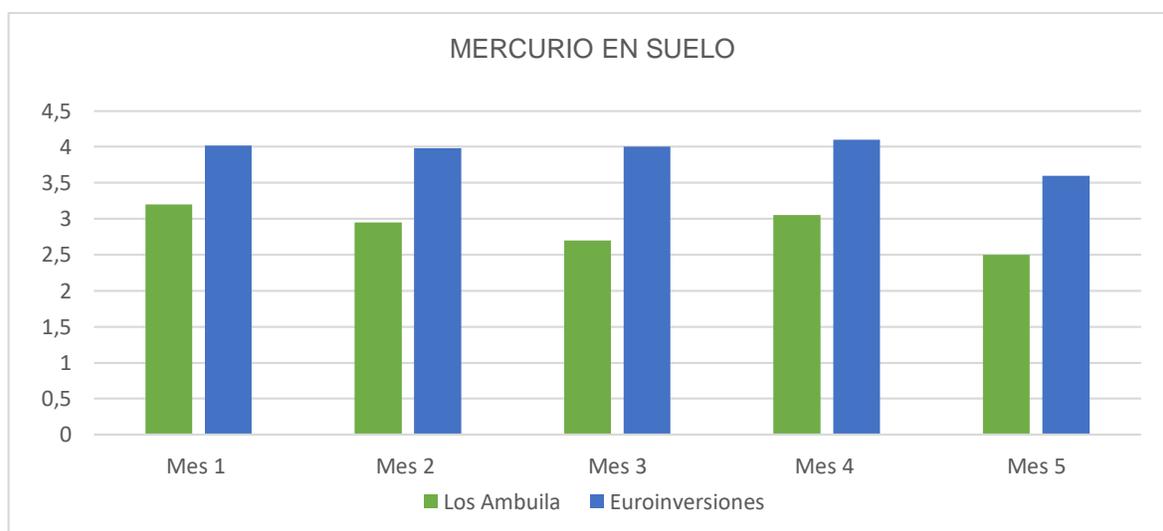
En relación a los reportes después del vertimiento, el comportamiento de la curva en la anterior gráfica demuestra los altos niveles de mercurio en este punto partir del segundo mes sobrepasando significativamente los valores de 0.002mg/L, indicando concentraciones que oscilan entre 0.0047mg/L y 0.0061mg/L.

En el primer mes se logra analizar que tanto en el punto de bocatoma como después del vertimiento los niveles de mercurio reportados cumplen con lo establecido en la resolución 0631 donde se aprecia que ambas muestras tienen concentraciones de

0,001mg/L, lo anterior debido a que este entable estaba en mantenimiento el día que se tomaron las muestras y por ende no se utilizó dicho metal en ese momento.

Mercurio en sedimentos: Según resultados obtenidos en las muestras de sedimentos tomadas después de los entables minero Los Ambuila y Euroinversiones, en la gráfica 4 se puede apreciar que evidentemente el segundo entable utiliza mercurio en mayores cantidades los cuales se han ido acumulando en el suelo con el pasar de los tiempos, cabe resaltar que el entable en mención es más grande y por ende se trabaja mucho más material lo cual les permite mayor extracción de oro respecto al otro entable.

Grafica 4 .Mercurio en suelo después de entables mineros



Debido a que en Colombia aún no existe una normatividad que establezca y limite los valores máximos permisibles para mercurio en suelos, se realiza la comparación con el decreto supremo N° 002-2013-MINAM donde se reglamenta y aprueba los estándares de calidad ambiental (ECA) siendo para mercurio un nivel máximo permisible de 24 mg/kg.

Dicho lo anterior se puede concluir que ninguno de los valores de mercurio reportados en los suelos después de los entables mineros sobre pasan los niveles establecidos en la normatividad de Perú ya que estos oscilan entre 2.5mg/kg y 4.1mg/kg.

4.2 Grado de afectación de las fuentes superficiales

4.2.1 Evaluación de la calidad del agua

A continuación, se muestran las tablas y las graficas donde se aprecia la calificación de calidad del agua de la **quebrada Tamboral**, fuente hídrica intervenida por el

entable Euroinversiones según los valores obtenidos en la determinación de los parámetros fisicoquímicos.

Tabla 10. Evaluación de calidad del agua quebrada El Tamboral (Euroinversiones).

ENTABLE EUROINVERSIONES						
INDICADOR	MES	1	2	3	4	5
ICA	B	0,82	0,8	0,82	0,79	0,86
	DV	0,51	0,33	0,35	0,26	0,43
ICOSUS	B	0,31	0,1	0,13	0,09	0,14
	DV	1	1	1	0,87	1
ICOMO	B	0,63	0,68	0,68	0,67	0,63
	DV	0,73	0,76	0,76	0,98	0,67

B: bocatoma, **DV:** Después del vertimiento

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 10, en el indicador ICA se evidencia que la calificación es ACEPTABLE para las muestras tomadas en bocatoma, caso totalmente contrario en los puntos después del vertimiento del entable Euroinversiones puesto que los resultados obtenidos se encuentran en el rango $>0,25$ y $\leq 0,50$ lo que define una calificación al agua de MALA calidad como se observa en la tabla 4. Con lo anterior se puede inferir que la operación y procesos que utilizan en el entable de recuperación de mineral aurífero alteran significativamente la calidad del agua de la fuente hídrica Quebrada el Tamboral del municipio de Suarez.

Es importante resaltar que de acuerdo a los parámetros que se tienen en cuenta para este indicador, la afectación al recurso hídrico por la actividad minera es de mala calidad para consumo humano, es decir, que estas aguas se pueden utilizar para otro tipo de actividades como agricultura, silvicultura, generación térmica o nuclear de electricidad, explotación petrolera entre otras, sin mayor afectación.

En relación a los resultados obtenidos en el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, claramente se evidencia que el entable Euroinversiones en los procesos de trituración, lavado e insumos que utilizan para la recuperación de mineral aurífero aportan grandes cantidades de sólidos suspendidos totales (SST) en el vertimiento hacia la quebrada Tamboral, según los valores finales de este indicador, se tiene que el rango oscila entre $>0,8$ y 1 determinando así una contaminación MUY ALTA como se muestra en la tabla 3. Los altos niveles de sólidos suspendidos totales impiden que la luz del sol ingrese directamente a la fuente hídrica, afectando así la flora y fauna acuática.

Según los monitoreos en bocatoma, es importante hacer referencia a que la quebrada Tamboral es una fuente hídrica de MUY BAJA contaminación por sólidos suspendidos ya que en la tabla 12 se aprecia que los valores de dicho parámetro determinados en el laboratorio ambiental de la CRC, cumplen con lo establecido por la normatividad en este punto.

Según los resultados analizados para el indicador ICOMO en la tabla 3 se tiene en cuenta que la fuente hídrica superficial en estudio es la receptora de todas las aguas residuales domésticas y no domésticas de su vereda “El Tamboral” razón por la cual se evidencia que los valores determinados para los parámetros DBO, Coliformes totales y porcentaje de saturación son alterados significativamente, debido a que en especial las aguas residuales domésticas contienen niveles altos de concentración de materia orgánica, lo que finalmente se convierte en el indicativo esencial para determinar incidencia de contaminación ALTA con rangos $>0,6 - 0,8$.

En el cuarto muestreo se aprecia que después del vertimiento del entable Euroinversiones el valor aumentó a rango de 0,98 indicando contaminación MUY ALTA, esto debido a que en el lugar de trabajo se cuenta con una vivienda la cual contiene dos sanitarios para uso de los 8 trabajadores del entable.

Para el caso de la **quebrada Los Canelos** se logra evidenciar que el indicador ICA según la tabla 4, la afectación es menor que en la quebrada Tamboral, esto se debe a que el material que se trabaja semanalmente en el entable Los Ambuila es menor en una gran proporción respecto a Euroinversiones, lo anterior sumado a que la quebrada Los Canelos, fuente intervenida por este entable tiene una buena capacidad de asimilación y aguas arriba no se evidencian muchos entables que aporten contaminación significativa en este punto.

Tabla 11. Evaluación de calidad del agua quebrada El Canelo (Los Ambuila)

ENTABLE LOS AMBUILA						
INDICADOR	MESES	1	2	3	4	5
ICA	B	0,87	0,83	0,72	0,8	0,84
	DV	0,82	0,61	0,65	0,25	0,48
ICOSUS	B	0,19	0,18	0,19	0,28	0,09
	DV	0,22	0,96	1	1	0,73
ICOMO	B	0,61	0,63	0,59	0,69	0,63
	DV	0,71	0,66	0,65	0,9	0,75

B: bocatoma DV: Después del vertimiento

Fuente: Elaboración propia

No obstante, en el cuarto monitoreo realizado se aprecia que la afectación a la calidad del agua es MUY MALA para ser catalogada de uso doméstico, dentro de

un rango $>0,00$ y $\leq 0,25$ esto se da debido a que el día del muestreo la planta de beneficio estaba en funcionamiento y por ende vertiendo a la fuente.

Por otro lado, se verifica que el ICA en las muestras tomadas en bocatoma se encuentran dentro del rango de 0,7 y 0,9 calificando la fuente como ACEPTABLE según tabla 4, con lo que se concluye que tiene leve incidencia antrópica.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS reportado en los monitoreos realizados en la quebrada El Canelo en los puntos de bocatoma y después del vertimiento respectivamente del entable minero Los Ambuila, confirma lo analizado en la quebrada El Tamboral con lo cual se puede corroborar que efectivamente los procesos de trituración y lavado de material para la recuperación de mineral aurífero afectan significativamente la fuente hídrica ya que los valores en el parámetro de sólidos suspendidos totales SST, después del vertimiento son extremadamente altos y por ende sobre pasan los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015.

Así mismo, se puede evidenciar que los monitoreos realizados en bocatoma indican una MUY BAJA contaminación por sólidos suspendidos, con lo que se infiere que la fuente hídrica no es muy intervenida previamente, o quizá en el momento de los muestreos los entables aguas arriba no estaban operando.

Cabe destacar que en el primero monitoreo este indicador califica la fuente con leve incidencia antrópica después del vertimiento ponderando un valor de 0,22, esto se da debido a que el entable no estaba en funcionamiento el día de la toma de muestra.

El valor del índice de contaminación por materia orgánica ICOMO de los muestreos realizados en bocatoma y después del vertimiento del entable Los Ambuila oscila entre 0,6 – 0,8 como se muestra en la tabla 3, con lo que se determina que es incidencia de contaminación ALTA. Esto se da debido a que Las veredas Maraveles y Pueblo nuevo son la comunidad aportante de las aguas residuales domesticas ARD vertidas a la quebrada El Canelo, fuente hídrica receptora del área de influencia.

Dentro de los resultados obtenidos en la tabla 13 se observa que en el cuarto muestreo después del vertimiento, este índice aumentó a 0,9, el parámetro mayormente alterado para este caso es el % de saturación, esto se da posiblemente porque cuando se realizó el muestreo se estaba llevando a cabo una actividad en la planta de beneficio de mineral aurífero y por ende la comunidad presente era significativa

4.3. Evaluación del impacto ambiental

A continuación, se realiza la evaluación de impacto ambiental en relación al recurso hídrico y suelo del área de influencia de los entables Euroinversiones y Los Ambuila

para lo cual se deberá estimar la importancia de la afectación mediante la calificación de cada uno de los atributos, atendiendo los criterios y valores estipulados en la resolución 2086 de 2010.

4.3.1 Recurso Hídrico Euroinversiones

En la tabla 14, se valora el grado de afectación ambiental en el recurso del agua por la producción del beneficio de mineral aurífero del entable Euroinversiones.

Tabla 12. Grado de afectación ambiental del entable Euroinversiones

Atributos	Descripción de la Calificación	Calificación según ponderación	P
INTENSIDAD (IN)	Esta actividad utiliza recursos naturales como el agua para la extracción de minerales en lo cual se generan vertimientos a fuentes hídricas superficiales.	Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 67% y 99%.	8
EXTENSIÓN (EX)	En el reconocimiento y georreferenciación del área de influencia del entable, se evidenció que se aproxima a 1.2 hectáreas.	Cuando la afectación incide en un área determinada entre (1) y cinco (5) hectáreas	4
PERSISTENCIA (PE)	Los procesos generan impacto negativo en el recurso, los cuales persisten en el tiempo, en un periodo mayor a cinco años hasta que este los asimile	El efecto supone una alteración de los bienes de protección con una alteración es superior a 5 años.	5
REVERSIBILIDAD (RV)	La mejora de la situación ambiental depende de que los propietarios de los entables, inicien la sustitución del Mercurio e implementen prácticas de minería limpia y sistemas de tratamientos para mitigar el impacto.	La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en el mediano plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio. Es decir, entre uno (1) y diez (10) años	5
RECUPERABILIDAD (MC)	Cuando se deje de actuar sobre el recurso y desarrollen las medidas correctivas, así como la implementación de tecnologías limpias y alternativas de mitigación, sustitución y/o manejo	Caso en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como la acción humana	10

	adecuado de los insumos tóxicos de mayor contaminación al recurso.		
--	--	--	--

[43]

En relación a los valores obtenidos en la tabla 14 su valor calificado de importancia ambiental de acuerdo a la tabla 6 es de 52 con lo cual se concluye que la afectación al recurso hídrico por parte del entable de recuperación de mineral aurífero Euroinversiones es **SEVERA**.

Las actividades de extracción del beneficio de oro, generan impacto en la calidad fisicoquímica y biológica de los cuerpos de agua, debido al uso de sustancias químicas tóxicas como el mercurio, que, aunque algunas fuentes tienen buena capacidad de asimilación se encuentran trazas de mercurio en los sedimentos al fondo del cuerpo receptor.

El mercurio contenido en el agua es bioacumulando por los peces a través del proceso de biotransformación realizado por los microorganismos acuáticos, generando pérdida de flora y fauna en el ecosistema acuático.

Recurso Suelo Euroinversiones: En la tabla a continuación se presenta el grado de afectación ambiental al recurso suelo generado mediante las actividades y procesos realizadas en el entable Euroinversiones para la recuperación de oro.

Tabla 13. Grado de afectación ambiental del entable Euroinversiones

Atributos	Descripción de la Calificación	Calificación según ponderación	P
INTENSIDAD (IN)	Dentro de las actividades de beneficio de mineral aurífero es indispensable la extracción de material rocoso por método de socavones, proceso que causa eliminación de capa vegetal y pérdida de su estado natural, vertimientos al suelo, entre otras afectaciones.	Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 67% y 99%.	8
EXTENSIÓN (EX)	En el reconocimiento y georreferenciación del área de influencia del entable, se evidenció que se aproxima a 1.2 hectáreas.	Cuando la afectación incide en un área determinada entre (1) y cinco (5) hectáreas	4
PERSISTENCIA (PE)	Las actividades generan en el recurso una afectación que persiste en el tiempo en un periodo mayor a cinco años donde el recurso asimila un	El efecto supone una alteración de los bienes de protección con una alteración superior a 5 años.	5

	porcentaje luego de los impactos causados.		
REVERSIBILIDAD (RV)	La mejora de la situación ambiental depende de que los propietarios de los entables, inicien la sustitución del Mercurio e implementen prácticas de minería limpia y sistemas de tratamientos para mitigar el impacto.	La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en el mediano plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio. Es decir, entre uno (1) y diez (10) años	5
RECUPERABILIDAD (MC)	Una vez se deje de actuar sobre el recurso y desarrollen las medidas correctivas, así como la implementación de nuevas alternativas y programas de recuperación de estos suelos.	Caso en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como la acción humana	10

[43]

De acuerdo a los datos obtenidos en la anterior tabla 15 su valor calificado de acuerdo a la importancia de afectación es de 52, lo que define que la afectación al suelo por parte del entable de aprovechamiento de mineral aurífero Euroinversiones es **SEVERA** según la medida cualitativa calificada en relación a la tabla 6 de la metodología. Las actividades en los procesos de extracción del beneficio del oro, generan que las propiedades del suelo sean susceptibles al ser modificadas por los residuos de los reactivos tóxicos como el mercurio.

Debido a esta intervención antrópica se genera pérdida de la cobertura vegetal induciendo a procesos erosivos y la pérdida de especies endémicas. Como también la alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

4.3.2 Recurso Hídrico Los Ambuila

En la tabla 14, se valora el grado de afectación ambiental en el recurso del agua por la producción del beneficio de mineral aurífero del entable Los Ambuila.

Tabla 14. Grado de afectación ambiental del entable Los Ambuila

Atributos	Descripción de la Calificación	Calificación según ponderación	P
INTENSIDAD (IN)	Esta actividad utiliza el recurso hídrico para la extracción de minerales en lo cual se generan vertimientos a fuentes hídricas superficiales.	Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la	8

		norma y comprendida en el rango entre 67% y 99%.	
EXTENSIÓN (EX)	En el reconocimiento y georreferenciación del área de influencia del entable, se evidenció que se aproxima a 1.05 hectáreas.	Cuando la afectación incide en un área determinada entre (1) y cinco (5) hectáreas	4
PERSISTENCIA (PE)	Los procesos generan impacto negativo en el recurso, los cuales persisten en el tiempo, en un periodo mayor a cinco años hasta que este los asimile	El efecto supone una alteración de los bienes de protección con una alteración es superior a 5 años.	5
REVERSIBILIDAD (RV)	La mejora de la situación ambiental depende de que los propietarios del entable, inicien la sustitución del Mercurio e implementen prácticas de minería limpia y sistemas de tratamientos para mitigar el impacto.	la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en el mediano plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio. Es decir, entre uno (1) y diez (10) años	5
RECUPERABILIDAD (MC)	Cuando se deje de actuar sobre el recurso y desarrollen las medidas correctivas, así como la implementación de tecnologías limpias y alternativas de mitigación, sustitución y/o manejo adecuado de los insumos tóxicos de mayor contaminación al recurso.	Caso en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como la acción humana	10

[43]

De acuerdo a los datos obtenidos en la anterior tabla 16 su valor calificado de acuerdo a la importancia de afectación es de 52, se concluye que la afectación al recurso hídrico por parte del entable de recuperación de mineral aurífero Los Ambuila es **SEVERA** ya que el valor final de ponderación está entre 41 y 60 como se define en la tabla 6.

Las actividades de extracción del beneficio de oro, generan impacto en la calidad fisicoquímica y biológica de los cuerpos de agua, debido al uso de sustancias químicas tóxicas como el mercurio, que, aunque algunas fuentes tienen buena capacidad de asimilación se encuentran trazas de mercurio en los sedimentos al fondo del cuerpo receptor y en las piscinas sedimentarias.

El mercurio contenido en el agua es bioacumulando por los peces a través del proceso de biotransformación realizado por los microorganismos acuáticos, generando pérdida de flora y fauna en el ecosistema acuático.

Recurso Suelo Los Ambuila: En la tabla 15, se estima el grado de afectación ambiental en el recurso suelo por la producción del beneficio de mineral aurífero del entable Los Ambuila.

Tabla 15. Grado de afectación ambiental del entable Los Ambuila

Atributos	Descripción de la Calificación	Calificación según ponderación	P
INTENSIDAD (IN)	Dentro de las actividades de beneficio de mineral aurífero es indispensable la extracción de material rocoso por método de socavones, proceso que causa eliminación de capa vegetal y pérdida de su estado natural, vertimientos al suelo, entre otras afectaciones.	Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 67% y 99%.	8
EXTENSIÓN (EX)	En el reconocimiento y georreferenciación del área de influencia del entable, se evidenció que se aproxima a 1.2 hectáreas.	Cuando la afectación incide en un área determinada entre (1) y cinco (5) hectáreas	4
PERSISTENCIA (PE)	Las actividades generan en el recurso una afectación que persiste en el tiempo en un periodo mayor a cinco años donde el recurso asimila un porcentaje luego de los impactos causados.	El efecto supone una alteración de los bienes de protección con una alteración es superior a 5 años.	5
REVERSIBILIDAD (RV)	La mejora de la situación ambiental depende de que los propietarios de los entables, inicien la sustitución del Mercurio e implementen prácticas de minería limpia y sistemas de tratamientos para mitigar el impacto.	la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en el mediano plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio. Es decir, entre uno (1) y diez (10) años	5
RECUPERABILIDAD (MC)	Una vez se deje de actuar sobre el recurso y desarrollen las medidas correctivas, así como la implementación de nuevas alternativas y programas de recuperación de estos suelos.	Caso en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como la acción humana	10

[43]

De acuerdo a los datos obtenidos en la anterior tabla 15 su valor calificado de acuerdo a la importancia de afectación es de 52, teniendo en cuenta la tabla 6 se define que la afectación al suelo por parte del entable de aprovechamiento de mineral aurífero Los Ambuila es **SEVERA**. Las actividades en los procesos de extracción del beneficio del oro, generan que las propiedades del suelo sean susceptibles al ser modificadas por los residuos de los reactivos tóxicos como el mercurio.

Debido a esta intervención antrópica se genera pérdida de la cobertura vegetal induciendo a procesos erosivos y la pérdida de especies endémicas. Como también la alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los más altos niveles de mercurio se evidencian en el recurso hídrico después de los vertimientos de los entables mineros Euroinversiones y Los Ambuila con valores entre 0.0048mg/L - 0.00813mg/L y 0.0047mg/L y 0.0061mg/L respectivamente lo que permite concluir que los procesos de extracción de oro empleados en estos entables utilizan dicho metal en grandes cantidades sobrepasando así los límites máximos de 0.002mg/L establecidos en la resolución 0631 de 2015.
- Aunque el Hg se sedimenta y acumula con el pasar del tiempo, para los entables estudiados se reportan niveles de 2.5mg/kg y 4.1mg/kg los cuales no superan los límites admisibles del DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM donde se reglamenta y aprueba los estándares de calidad ambiental (ECA) para Perú, siendo para mercurio un nivel máximo permisible de 24 mg/kg. Se adopta esta normatividad debido a que en Colombia aún no existe una que establezca límites máximos para mercurio en el suelo.
- En la comparación de los parámetros fisicoquímicos con la resolución 0631 de 2015 se concluye que las variables con mayor alteración, mismas que no cumplen con los límites máximos permisibles 50mg/L son los SST con valores entre 250mg/L – 470mg/L y 297mg/L – 708mg/L después del vertimiento en Los Ambuila y Euroinversiones respectivamente, Hg con valores entre 0.0047mg/L- 0.00813 mg/L sobrepasando los límites de 0.002mg/L.
- En relación a los parámetros DBO5 y DQO en los dos entables se concluye que los reportes obtenidos al compararlos con la resolución 0631 cumplen con los límites de 50mg/L y 150mg/L respectivamente, con lo que se infiere que los procesos, actividades e insumos utilizados en la extracción de oro para estos entables, no alteran ciertos parámetros.
- Al definir el grado de afectación ambiental de las fuentes superficiales quebrada El Tamboral y El Canelo mediante la evaluación de calidad del agua respecto a los indicadores ICA, ICOSUS e ICOMO se concluye que estas quebradas de no ser afectadas por este tipo de proyectos y actividades, con un tratamiento sencillo podrían ser utilizadas para uso doméstico de la comunidad aledaña en el área de influencia.

- La evaluación de impacto ambiental realizada en el área de influencia del municipio de Suarez, en los entables Euroinversiones y Los Ambuila según el valor calificado en la ponderación final de la matriz establecida en la Resolución 2086 de 2010 se obtiene una importancia de afectación ambiental SEVERA con lo que se concluye que las actividades de extracción del beneficio de oro, generan impacto en la calidad fisicoquímica y biológica de los cuerpos de agua, debido al uso de sustancias químicas tóxicas como el mercurio, que, aunque algunas fuentes tienen buena capacidad de asimilación se encuentran trazas de mercurio en los sedimentos al fondo del cuerpo receptor.
- La afectación al suelo por parte de Los entables de aprovechamiento de mineral aurífero Euroinversiones y Los Ambuila es **SEVERA**. Las actividades en los procesos de extracción del beneficio del oro, generan que las propiedades del suelo sean susceptibles al ser modificadas por los residuos de los reactivos tóxicos como el mercurio.

Debido a esta intervención antrópica se genera pérdida de la cobertura vegetal induciendo a procesos erosivos y la pérdida de especies endémicas. Como también la alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo

- Las altas concentraciones de mercurio utilizadas para el beneficio de mineral aurífero están siendo acumuladas significativamente, esto es un gran problema tanto para el medio ambiente como para la salud humana y animal a mediano plazo.
- Aunque existe supervisión por parte de las autoridades ambientales, la emisión de mercurio en los entables es significativa, es decir existe el riesgo químico, por ello es adecuado fomentar prácticas de protección personal y otras alternativas que sustituyan el uso de sustancias tóxicas para la salud humana y el medio ambiente.

5.2. Recomendaciones

- Es importante continuar con las prácticas de sensibilización y educación ambiental por parte de la Corporación autónoma Regional del Cauca que le permitan a la comunidad conocer de manera eficaz las nuevas alternativas para extracción de oro artesanal y mejoramiento del entorno.
- Es conveniente hacer inversión en tecnologías limpias que en su transferencia disminuyen o evitan el uso de mercurio para la extracción de

oro y a su vez permiten aprovechar en un mayor porcentaje las cantidades de material que se trabaja.

- Implementar tecnologías de coagulación, floculación y filtración con carbón activado granular pueden generar desarrollo sostenible, que permita la convergencia entre las necesidades productivas de la región y la obligación de cuidar el medio ambiente y sus recursos naturales como resultado del aprovechamiento de los mismos.
- Se debe priorizar y llevar a la práctica las alternativas de solución propuestas en este proyecto, es decir, realizar un plan piloto en las unidades de extracción de oro que promueva el mejoramiento de las prácticas y procesos en las plantas de extracción.
- Se recomienda un plan de acción en los entables mineros que ante un eventual suceso de tipo ambiental o social se tomen las medidas para la solución efectiva de problemáticas.
- Realizar estudios de investigación Geológica con la finalidad de estudiar a fondo estos suelos que se caracterizan por ser ricos en minerales, con lo que posiblemente en el futuro se aprovechen estos recursos naturales sin afectar a gran escala los mismos.
- La minería es una actividad económica que hace parte del sustento de muchas familias, es por ello que se debe buscar la mejora continua en los procesos que actualmente realizan los entables, teniendo en cuenta las estrategias del ministerio de minas y energía con las buenas prácticas e implementación de tecnologías limpias en la industria de extracción de oro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] U. C. Garcíaa, H. Cardona Trujillo y i. Restrepo, "Environmental management, sustainability and competitiveness in mining. Contextualization of situation, and challenges of the approach through the life-cycle assessment", *DYNA*, pp. 50–58, junio de 2017.
- [2] F. H. Pantoja Timarán y S. D. Pantoja Barrios, "Problemas y desafíos de la minería de oro artesanal y en pequeña escala en Colombia", *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, vol. 24, n.º 2, septiembre de 2016. Accedido el 01 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18359/rfce.2217>
- [3] N. F. Villalobos, «Exposición a mercurio de las personas que trabajan en la minería artesanal de oro, Costa Rica, 2015-2016», *Población y Salud en Mesoamérica*, vol.17, n.1, pp.67-94, 2019.
- [4] Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, «Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC», pp. 123, dic. 2020.
- [5] F. A. Díaz Arriaga, «Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano», *Revista de Salud Pública*, vol.16, n.6, pp. 947-957, 2014.
- [6] J. Anzola, «Suárez en la mira: Riqueza minera, conflictos sociales y grupos armados ilegales al acecho», *Controversia*, vol. 6, n. 3, pp. 75 - 106, octubre 2012
- [7] Corporación Autónoma Regional del Cauca Laboratorio Ambiental. Instructivo para toma de muestras de agua. 2016. Disponible en:file:///C:/Users/olimpica/Desktop/toma%20de%20muestras/Instructivo%20para%20la%20toma%20de%20muestras%20de%20agua%20-%20v5.pdf.
- [8] Diagnóstico de la información ambiental y social respecto a la actividad minera y la extracción ilícita en el territorio Colombiano.2017
- [9] Farith, A. Díaz, A. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. 2014
- [10] Villachica, C. Llamosas, L.Bueno, L.Oro ecológico tecnología para laobtención de oro sin mercurio en la minería de pequeña escala Disponible: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CC5180149410151E05257BF9007746A7/\\$FILE/oroecologico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CC5180149410151E05257BF9007746A7/$FILE/oroecologico.pdf)

- [11] Fernández, B. 2007. Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina Disponible en: <file:///C:/Users/olimpica/Desktop/nvos%20art/v17n1a12.pdf>.
- [12] Fisher, E., Mwaipopo, R., Mutagwaba, W., Nyange, D., & Yaron, G., 2009. The ladder that sends us to wealth: Artisanal mining and poverty reduction in Tanzania: *Resources Policy*, 34(1-2), pp. 32-38.
- [13] J. Nevado, R. Martín, F. Bernardo, M. Moreno, A. Herculano, et al. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: a review. *Environment International* 2010;36(6):593-608.
- [14] C. Sánchez, «Perú Postcode». Ubicaciones, código postal, etc. [en línea]. Disponible en: <http://per.postcodebase.com/node/65437> pág. 18, 19.
- [15] Ministerio de minas y energía, «Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro». [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/319993084/cadena-mercurio-tomo-iii>.
- [16] W. Juanillo, C. Garces, “Bórax en el proceso de recuperación de oro como un sustituto del mercurio en dos entables de la cooperativa minera de Suárez Cauca,” Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca, 2017.
- [17] Olivero J. Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana. Disponible: http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum_topic/3655/files/efectos_mineria_colombia_sobre_salud_humana.pdf.
- [18] E. Lavandaio, *Conozcamos más sobre Minería*, 2ª ed. Buenos Aires: INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES – SEGEMAR, 2014.
- [19] V. Torres, *Minería artesanal y a gran escala en el Perú: El caso del oro*. Lima, Perú: COOPERACCION, Acción Solidaria para el Desarrollo, 2007.
- [20] F. Juárez, "La minería ilegal en Colombia: Un conflicto de narrativas", *Agora U.S.B.*, vol. 16, n.º 1, p. 135, enero de 2016. Accedido el 1 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.21500/16578031.2169>
- [21] C. Roldán Pérez, C. A. Zarate Yepes y L. F. López Gómez, "Minería y comunidades étnicas en Colombia", *Advocatus*, n.º 36, mayo de 2021. Accedido el 9 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18041/0124-0102/a.36.7477>
- [22] M. Casallas y J. A. Martínez, "Panorama de la minería del oro en Colombia", *PLOUTOS*, vol. 5, n.º 1, pp. 20–26, marzo de 2016.
- [23] E. D. Mesquidaz, J. Negrete y J. Pinedo, "Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia", *Salud, Barranquilla*, vol. 29, n.º 3, pp. 534–541, septiembre de 2013.

- [24] Maurice-Bourgoin L, Quiroga I, Chincheros J, Courau P. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. *Science of the Total Environment*. 2000;260(1-3):73-86.
- [25] Camargo G., Carlos J. Evaluación del contenido de mercurio en suelos y lechos de quebradas en la zona minera de Miraflores, Quinchía, Colombia. *Acta Agronómica*(2014),64(2):165
- [26] Pinzón J., Ruiz M., JAIMES L. Actividades Técnicas del proyecto río Surata para el manejo de mercurio y cianuro. En Seminario taller Pequeña minería aurífera: Hacia un Manejo Ambiental de mercurio y cianuro. (2830 de julio de 2004: Bucaramanga). CD. 14p
- [27] Marín A., Gonzalez V., Lapo B., Molina E., Lemus M. Niveles de mercurio en sedimentos de la zona costera de El Oro, Ecuador. 2016
- [28] Yasno B. Impacto Medioambiental por la explotación ilegal de Oro en el Departamento del Chocó
- [29] Sánchez J., Sánchez P. Oro ilegal, alternativa criminal. 2015
- [30] International Institute for Environment and Development, "Minería artesanal y en pequeña escala," in *MMSD Abriendo Brecha*, vol. Capítulo 1, 2002, pp. 431–458
- [31] D. Moreno and N. Montenegro, "Análisis de la calidad del agua de la quebrada Limas, localidad de ciudad Bolívar," Universidad Distrital Francisco José de Córdova, 2016.
- [31] Coporacion Autónoma Regional del Cauca- CRC, "Contaminación Por Mercurio Y Otros Cauca " Apoyo a Proyectos De Producción Más Limpia En Minería Para Los Distritos Mineros Del Cauca " Crc," Popayán, Cauca, 2007. Universidad de Manizales, 2015.
- [32] D. Rojas-Lozano, N. López-Cerquera y D. Trujillo-Ospina, "Desbordamiento del extractivismo minero en Colombia: el caso de Suárez, Cauca", *Revista CS*, pp. 171–201, diciembre de 2018. Accedido el 01 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18046/recs.i24.2512>
- [33] La Administración Municipal de Suárez y la Firma Consultora Ambiental GEOSIG Ltda., "Esquema de Ordenamiento Territorial de Suárez, Cauca."
- [34] Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, «Gestion Del Riesgo,» 18 12 1974.[EnLínea].Available: https://Repositorio.Gestiondelriesgo.Gov.Co/Bitstream/Handle/20.500.11762/20167/Decreto_2811_1974.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y. [Último Acceso: 27 08 2022].
- [35] M. Por and L. A. Resolución, "Modificada por la resolución 344 de 2008," vol. 333, pp. 2002–2003, 2008.

[36] A. G. Parra, "Análisis del Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010," *D. Of. Cornare*, vol. 47873, p. 25, 2010, [Online]. Available: <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Memorias/decreto3930de2010-vertimientos2dic2010.pdf>

[37] Resolución 2086, "Resolución 2086: 'Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1 del artículo 40 de la Ley 133 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones.'" p. 11, 2010.

[38] C. de Colombia, "Ley 1658 / 15 de Julio de 2013. Disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y otras disposiciones.," Repub. Colomb. - Gob. Nac., pp. 1–9, 2013

[39] M. de A. y D. sostenible Minambiente, "Resolución 631 de 2015," *D. Of. No. 49.486 18 abril 2015*, vol. 2015, no. 49, p. 73, 2015, [Online]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf

[40] D. administrativo de la Función, "Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible - EVA - Función Pública," *D. Of. No. 49.523 26 mayo 2015*, pp. 1–920, 2015, [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

[41] N. Fernández, G. Ramos y F. Solano, «ICATEST V 1.0® Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad,» *ciencias_basica*, vol. 2, nº 2, p. 10, 2014

[42] IDEAM- Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales, "Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas." Bogotá, Colombia, pp. 10–15, 2017.

[43] Índice de Calidad de agua ICA, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá, 2020

[44] P. López, "apoyos a proyectos de producción más limpia en la minería para los distritos mineros del cauca.," Popayán, 2016

[45] Y. Caldera y E. Gutiérrez, «Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria,» *Scielo*, vol. 2, nº 5,6, p. 85, 2015.

[46] Organización Internacional del Trabajo (OIT). Social and labour issues in small-scale mines; report for the tripartite meeting on social and labour issues in small-scale mines: Geneva, Suiza, International Labour Office, Reporte Técnico.

[47] L. M. Gómez-Torres y C. A. Zafra-Mejía, «Evaluation of turbidity as a parameter indicator of treatment in a drinking water treatment plant,» *UIS Ingenierías*, vol. 19, nº 3,4, p. 11, 2019.

[48] A. Ramirez, R. Restrepo y G. Vina, "índices de contaminación para caracterización de aguas continentales", formulaciones y aplicación. C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro [online]. 1997, vol.1, n.3, pp.135-153. ISSN 0122-5383.

[49] organización Internacional del Trabajo (OIT). Social and labour issues in small-scale mines; report for the tripartite meeting on social and labour issues in small-scale mines: Geneva, Suiza, International Labour Office, Reporte Técnico.

[50] F. A. Díaz-Arriaga, "Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano Mercury in ASGM and its impact on water resources used for domestic water supply," Rev. salud pública, vol. 16, no. 6, pp. 947–957, 2014.

ANEXO 1.

Anexo 1.1 Reporte de laboratorio CRC

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Código: FT-POPA-LA227 Fecha: 11/02/2020 Versión: 4 Página 1 de 2
--	--	---

Fecha: Mayo 30 de 2022		
Cliente: Subdirección de Gestión Ambiental Dirección: Carrera 7 N° 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232	Solicitud N°: 219
Municipio de muestreo: Suarez	Fecha de Recepción: Mayo 23 de 2022	

Muestreo:	
Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Suarez
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra		
Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0793	Bocatoma Euroinversiones, quebrada Tamboral	814986,918N 1030218,625E
0794	Quebrada Tamboral después de vertimiento Euroinversiones	814909,503N 1030163,021E
0795	Vertimiento mina los Ambula	814923,735N 1030263,102E
0796	Bocatoma los Ambula	814942,660N 1030352,050E

N/A: No aplica

Variable/Método/Unidad		
Variable	Método	Unidad
DBO ₅	SM5210B/SM4500-CO ₂	mg/L
DDO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Color	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Dureza	SM 2340 C	mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	SM 2320B	mgCaCO ₃ /L
Nitratos	SM 4500-NO ₃ -B	mg NO ₃ -N/L
Nitritos	Kit comercial	mg NO ₂ -N/L
Ortofosfatos	Kit comercial	mg PO ₄ -P/L
Coliformes Totales	SM 9222 B	Ufc/100ml
Coliformes Fecales	SM 9222 D	Ufc/100ml
Mercurio	SM3112B	µg/L

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

**REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA**

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0793	0794
2022-05-24	DBO ₅	< 10	< 10
2022-05-24	DQO	< 15	116
2022-05-24	SST	110	708
2022-05-24	Color	34	203
2022-05-24	Turbiedad	3.5	20.4
2022-05-24	Dureza	89.8	122
2022-05-24	Alcalinidad	56.2	51.2
2025-05-25	Nitratos	< 0.1	< 0.1
2025-05-25	Nitritos	0.03	0.05
2025-05-25	Ortofosfatos	< 0.1	< 0.1
2025-05-25	Coliformes Totales	15100	24000
2025-05-25	Coliformes Fecales	100	800
2025-05-25	Mercurio	2.1	4.8

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0795	0798
2022-05-24	DBO ₅	< 10	< 10
2022-05-24	DQO	< 15	< 15
2022-05-24	SST	78.2	70
2022-05-24	Color	303	223
2022-05-24	Turbiedad	33.8	27.3
2022-05-24	Dureza	83.4	70.6
2022-05-24	Alcalinidad	57.8	53.0
2025-05-25	Nitratos	< 0.1	1.03
2025-05-25	Nitritos	< 0.02	< 0.02
2025-05-25	Ortofosfatos	< 0.1	< 0.1
2025-05-25	Coliformes Totales	16700	11000
2025-05-25	Coliformes Fecales	0	0
2025-05-25	Mercurio	< 1.0	< 1.0

* Análisis NO realizado

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
-Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA
Responsable Laboratorio Ambiental

Anexo 1.2 Reporte de laboratorio CRC

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-IA027 Fecha: 11/02/2020 Versión: 4 Página 1 de 2
	REPORTE DE RESULTADOS - MUESTRA DE AGUA	

Fecha: Junio 13 de 2022

Cliente: Subdirección de Gestión Ambiental Dirección: Carrera 7 N° 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232	Solicitud N°: 187
Municipio de muestreo: Suarez	Fecha de Recepción: Junio 02 de 2022	

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Suarez
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0699	Bocatoma Euroinversiones, quebrada Tamboral	814986,968N 1039218,645E
0600	Quebrada Tamboral después de vertimiento Euroinversiones	814909,523N 1039163,081E
0601	Vertimiento mina los Ambula	814923,775N 1039283,115E
0602	Bocatoma los Ambula	814942,689N 1039052,075E

N/A: No aplica

Variable/Método/Unidad:

Variable	Método	Unidad
DRO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Color	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Dureza	SM 2340 C	mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	SM 2320B	mgCaCO ₃ /L
Nitatos	SM 4500-NO ₃ B	mg NO ₃ -N/L
Nitritos	Kit comercial	mg NO ₂ -N/L
Ortofosfatos	Kit comercial	mg PO ₄ -P/L
Coliformes Totales	SM 9222 B	Ufc/100ml
Coliformes Fecales	SM 9222 D	Ufc/100ml
Mercurio	SM3112B	µg/L

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Resorte N° 288

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
LABORATORIO AMBIENTAL

Código: FT-PORA-LA027

Fecha: 11/02/2020

Versión: 4

Página 2 de 2

REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0599	0600
2022-06-06	DBO ₅	< 10	< 10
2022-06-06	DQO	< 15	56
2022-06-06	SST	40	390
2022-06-06	Color	5	263
2022-06-06	Turbiedad	0.3	*
2022-06-06	Dureza	109	*
2022-06-07	Alcalinidad	101	*
2022-06-07	Nitratos	1.09	*
2022-06-07	Nitros	< 0.02	*
2022-06-07	Ortofosfatos	< 0.1	*
2022-06-07	Coliformes Totales	14600	19000
2022-06-07	Coliformes Fecales	0	*
2022-06-07	Mercurio	1.5	7.0

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0601	0602
2022-06-06	DBO ₅	< 10	< 10
2022-06-06	DQO	< 15	< 15
2022-06-06	SST	325	66
2022-06-06	Color	178	385
2022-06-06	Turbiedad	*	196
2022-06-06	Dureza	*	89.8
2022-06-07	Alcalinidad	*	57.8
2022-06-07	Nitratos	*	< 0.1
2022-06-07	Nitros	*	< 0.02
2022-06-07	Ortofosfatos	*	< 0.1
2022-06-07	Coliformes Totales	14000	10000
2022-06-07	Coliformes Fecales	*	0
2022-06-07	Mercurio	5.9	1.8

* Análisis NO realizado

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
-Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.


 DIEGO ZULUAGA VERA
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Anexo 1.3 Reporte de laboratorio CRC

Reporte N° 266

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-0427 Fecha: 11/02/2020 Versión: 4 Página 1 de 2
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	

Fecha: Junio 04 de 2022

Cliente: Subdirección de Gestión Ambiental Dirección: Carrera 7 N° 1N-26, Popayán	Teléfono: 8333232	Solicitud N°: 196
Municipio de muestreo: Suarez	Fecha de Recepción: Junio 27 de 2022	

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Suarez
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0390	Bocatoma EuroInversiones, quebrada Tamboral	814966,945N 1039218,657E
0391	Quebrada Tamboral después de vertimiento Euroinversiones	814986,938N 1039218,635E
0392	Vertimiento mina los Ambulla	814923,742N 1039263,099E
0393	Bocatoma los Ambulla	814942,651N 1039352,06E

N/A: No aplica

Variable/Método/Unidad:

Variable	Método	Unidad
DRO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Cólor	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Dureza	SM 2340 C	mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	SM 2320B	mgCaCO ₃ /L
Nitratos	SM 4500-NO ₃ B	mg NO ₃ -N/L
Nitritos	Kit comercial	mg NO ₂ -N/L
Ortofosfatos	Kit comercial	mg PO ₄ -P/L
Coliformes Totales	SM 9222 B	Ufc/100ml
Coliformes Fecales	SM 9222 D	Ufc/100ml
Mercurio	SM3112B	µg/L

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231



Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0390	0391
2022-06-29	DBO ₅	< 10	< 10
2022-06-29	DOO	< 15	49.7
2022-06-29	SST	50	420
2022-06-29	Color	60	80
2022-06-29	Turbiedad	15.5	106
2022-06-30	Dureza	4.1	9.7
2022-06-30	Alcalinidad	20	34.7
2022-06-30	Nitratos	0.21	0.80
2022-06-30	Nitritos	<0.02	0.02
2022-06-30	Ortofosfatos	<0.1	*
2022-06-30	Coliformes Totales	13000	22000
2022-06-30	Coliformes Fecales	130	101
2022-06-30	Mercurio	< 1.0	8.13

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0392	0393
2022-06-29	DBO ₅	< 10	< 10
2022-06-29	DOO	< 15	< 15
2022-06-29	SST	446	60
2022-06-29	Color	240	138
2022-06-29	Turbiedad	26.8	23.9
2022-06-30	Dureza	78.6	14.1
2022-06-30	Alcalinidad	27.4	10.7
2022-06-30	Nitratos	1.61	0.45
2022-06-30	Nitritos	0.06	0.02
2022-06-30	Ortofosfatos	0.22	< 0.1
2022-06-30	Coliformes Totales	13000	6000
2022-06-30	Coliformes Fecales	110	110
2022-06-30	Mercurio	6.1	< 1.0

* Análisis NO realizado

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
 -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA
 Responsable Laboratorio Ambiental

Anexo 1.2. Reporte de laboratorio CRC

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PCRA-LA02T
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Fecha: 11/02/2020
		Versión: 4
		Página 1 de 2

Fecha: Julio 13 de 2022

Cliente: Subdirección de Gestión Ambiental	Solicitud N°: 239
Dirección: Carrera 7 N° 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232
Municipio de muestreo: Suarez	Fecha de Recepción: Julio 04 de 2022

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Suarez
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0352	Ducaloma Euroinversiones, quebrada Tamboral	814086,917N 1039218,623E
0353	Quebrada Tamboral después de vertimiento Euroinversiones	814988,928N 1039218,628E
0354	Vertimiento mina los Ambula	814923,733N 1039263,110E
0355	Ducaloma los Ambula	814942,866N 1039352,050E

N/A: No aplica

Variable/Método/Unidad:

Variable	Método	Unidad
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D	mg/l
SST	SM2540D	mg/l
Color	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Dureza	SM 2340 C	mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	SM 2320B	mgCaCO ₃ /L
Nitratos	SM 4500-NO ₃ B	mg NO ₃ -N/L
Nitritos	Kit comercial	mg NO ₂ -N/L
Ortofosfatos	Kit comercial	mg PO ₄ -P/L
Coliformes Totales	SM 9222 B	Ufc/100ml
Coliformes Fecales	SM 9222 D	Ufc/100ml
Mercurio	SM3112B	µg/l

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

**REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA**

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0352	0353
2022-07-05	DBO ₅	< 10	< 10
2022-07-05	DQO	21.4	54.1
2022-07-05	SST	35	297
2022-07-05	Color	13	132
2022-07-05	Turbiedad	8.6	20.6
2022-07-05	Dureza	3.9	11.3
2022-07-05	Alcalinidad	20.6	34.7
2022-07-05	Nitratos	0.24	0.80
2022-07-05	Nitritos	0.03	0.05
2022-07-05	Ortofosfatos	< 0.1	0.16
2022-07-05	Coliformes Totales	17000	23000
2022-07-05	Coliformes Fecales	100	800
2022-07-05	Mercurio	< 1.0	6.0

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0354	0355
2022-07-05	DBO ₅	< 10	< 10
2022-07-05	DQO	68.1	< 15
2022-07-05	SST	470	100
2022-07-05	Color	181	223
2022-07-05	Turbiedad	113	27.3
2022-07-05	Dureza	10.5	4.8
2022-07-05	Alcalinidad	40.6	20.5
2022-07-05	Nitratos	0.89	0.27
2022-07-05	Nitritos	0.02	< 0.02
2022-07-05	Ortofosfatos	< 0.1	0.15
2022-07-05	Coliformes Totales	13600	11500
2022-07-05	Coliformes Fecales	690	540
2022-07-05	Mercurio	5.0	<1.0

* Análisis NO realizado

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
-Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA
Responsable Laboratorio Ambiental

Anexo 1.5 Reporte de laboratorio CRC

Reporte N° 268

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FI-PDPA-LA027 Fecha: 11/02/2020 Versión: 4 Página 1 de 2
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	

Fecha: Agosto 05 de 2022

Cliente: Subdirección de Gestión Ambiental Dirección: Carrera 7 N° 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232	Solicitud N°: 239
Municipio de muestreo: Suarez	Fecha de Recepción: Julio 28 de 2022	

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Suarez
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra:

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0435	Bocatoma Euroinversiones, quebrada Tamboral	814986,914N 1039218,619E
0436	Quebrada Tamboral después de vertimiento Euroinversiones	814986,922N 1039218,617E
0437	Vertimiento mina los Ambulla	814923,729N 1039263,106E
0438	Bocatoma los Ambulla	814942,673N 1039352,055E

N/A: No aplica

Variable/Método/Unidad:

Variable	Método	Unidad
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DOO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Color	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Dureza	SM 2340 C	mgCaCO ₃ /L
Alcalinidad	SM 2320B	mgCaCO ₃ /L
Nitratos	SM 4500-NO ₃ B	mg NO ₃ -N/L
Nitritos	Kit comercial	mg NO ₂ -N/L
Ortofosfatos	Kit comercial	mg PO ₄ -P/L
Coliformes Totales	SM 9222 B	Ufc/100ml
Coliformes Fecales	SM 9222 D	Ufc/100ml
Mercurio	SM3112B	µg/L

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231



Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0435	0438
2022-07-05	DBO ₅	< 10	< 10
2022-07-05	DQO	< 15	61
2022-07-05	SST	55	435
2022-07-05	Color	99	280
2022-07-05	Turbiedad	14.8	20.6
2022-07-05	Dureza	5.1	12.7
2022-07-05	Alcalinidad	33.9	35.6
2022-07-06	Nitratos	0.97	1.02
2022-07-06	Nitritos	<0.02	<0.02
2022-07-06	Ortostatos	<0.1	<0.1
2022-07-06	Coliformes Totales	14300	26000
2022-07-06	Coliformes Fecales	300	590
2022-07-06	Mercurio	< 1.0	6.7

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados	
		0437	0438
2022-07-05	DBO ₅	< 10	< 10
2022-07-05	DQO	35	< 15
2022-07-05	SST	280	37
2022-07-05	Color	390	300
2022-07-05	Turbiedad	34.9	28.1
2022-07-05	Dureza	83.4	70.6
2022-07-05	Alcalinidad	57.6	53.0
2022-07-06	Nitratos	1.02	0.85
2022-07-06	Nitritos	< 0.02	< 0.02
2022-07-06	Ortostatos	0.14	< 0.1
2022-07-06	Coliformes Totales	19000	15000
2022-07-06	Coliformes Fecales	0	0
2022-07-06	Mercurio	4.7	1.3

* Análisis NO realizado

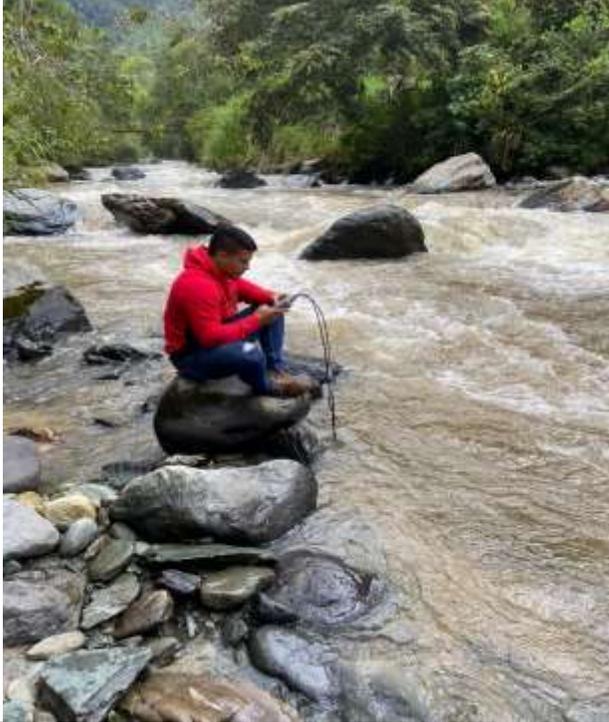
Observaciones:

Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
 Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA
 Responsable Laboratorio Ambiental

ANEXO 2

Anexo 2.1 Toma de muestra en el agua



Anexo 2.2 Toma de muestra en el suelo

