

**DETERMINACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO AL RECURSO  
HÍDRICO, POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE ORO, EN LOS MUNICIPIOS DE  
LA SIERRA Y ROSAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



**ADRIANA MARÍA LASSO BEDOYA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
DESARROLLO TECNOLÓGICO O EXPERIMENTAL  
POPAYÁN  
2016**

**DETERMINACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO AL RECURSO  
HÍDRICO, POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE ORO, EN LOS MUNICIPIOS DE  
LA SIERRA Y ROSAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**



**ADRIANA MARÍA LASSO BEDOYA**

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Director  
Ingeniero de Minas  
**FRANCISCO JOSÉ IDROBO IDROBO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
DESARROLLO TECNOLÓGICO O EXPERIMENTAL  
POPAYÁN  
2016**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado DETERMINACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO AL RECURSO HÍDRICO, POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE ORO, EN LOS MUNICIPIOS DE LA SIERRA Y ROSAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA, de la autora Adriana María Lasso Bedoya, cumple con los requisitos para optar el título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria.

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Popayán, 2016

## DEDICATORIA

A Dios por concederme la inteligencia, sabiduría, paciencia, entendimiento y la capacidad para culminar este proyecto, a mi padre y a mi madre, Que siempre han estado brindándome su apoyo incondicional.

A mi Asesor de Tesis el Ing. Francisco Idrobo por compartir sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto haberme apoyado, guiado, por su esfuerzo y tiempo dedicado al desarrollo del proyecto.

A mis profesores que son los que me llenaron día a día de conocimiento por compartir sus experiencias por su dedicación, don de enseñanza fueron unos años que enriquecieron mi conocimiento y se hicieron agradables y beneficiosos por la calidad humana de los docentes.

A mis amigos, por ser parte de mi vida, de mis momentos tristes, alegres, por apoyarme, por estar siempre ahí. Victoria Hurtado, Lizeth Barrera y Kelly España.

A la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas la personas que me apoyaron y creyeron en mis capacidades, aportaron un granito de arena para cumplir este sueño y volverlo realidad.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por ser mi guía por darme la sabiduría, la vida, haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, fortalecerme espiritualmente para no decaer en este camino y permitirme disfrutar con mi familia, amigos, docentes estos años que terminaron formándome como ingeniera.

Es de gran felicidad y satisfacción hoy finalizar una etapa más de mi vida, cumplir un sueño y ver el fruto de un gran esfuerzo, y por ello quiero agradecer a mis padres, abuelos, tíos, hermanos.

A mis padres, por darme la vida y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

A mi padre **Benito Lasso Bolaños**, por ser el apoyo más grande durante mi vida, ya que sin él no hubiese logrado mis metas y sueños. Por ser mi ejemplo a seguir, por enseñarme a seguir aprendiendo todos los días sin importar las circunstancias y el tiempo a quien admiro por su superación personal ejemplo fundamental en mi vida.

A mi madre **Ruby Bedoya Realpe**, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de los logros se los debo a ella en los que incluyo este. Me formo con reglas y ciertas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron con constancia para alcanzar mis anhelos gracias por tu dedicación y amor. Tus esfuerzos son impresionantes y tu amor es para mí invaluable. Junto con mi padre me has educado, me has proporcionado todo y cada cosa que he necesitado. Tus enseñanzas las aplico cada día; de verdad que tengo mucho por agradecerte.

A mi hermana, familiares, amigos que han hecho parte de mi vida con los cuales he compartido momentos alegres y dificultades gracias por sus consejos por su compañía y gran aporte para este logro de mi vida.

A todo el personal de la Subdirección de Defensa del Patrimonio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca donde realice mi trabajo por todo el apoyo que me brindaron, especialmente al Ecólogo Fabián Fabricio Bonilla Muñoz, mil gracias.

## LISTA DE ACRÓNIMOS

**CRC:** Corporación Autónoma Regional del Cauca

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Biológica de Oxígeno

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**OD:** Oxígeno Disuelto

**pH:** Pehachimetro

**A.M.A:** Agencia Minera Ambiental

**S.S.T:** Sólidos Totales Suspendidos

**Hg:** Mercurio

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I. PROBLEMA .....</b>	<b>23</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	24
1.3 OBJETIVOS .....	26
1.3.1 Objetivo general .....	26
1.3.2 Objetivos Específicos .....	26
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>28</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	28
2.1.1 Política Minera en Colombia.....	28
2.1.2 Actividad Minera en el Departamento del Cauca .....	29
2.1.3 Impactos Ambientales y a la salud humana.....	30
2.2 BASES LEGALES .....	32
2.2.1 Etapas y actividades de la minería aurífera .....	35
2.2.1.1 Prospección y exploración.....	35
2.2.1.2 Explotación.....	37
2.2.2 Beneficio y transformación del mineral .....	38
2.2.2.1. Clasificación de tamaño.....	38
2.2.2.2. Trituración .....	39

2.2.2.3.	Molienda.....	39
2.3	IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS AL RECURSO HIDRICO POR LA EXPLOTACION DE ORO.....	40
2.3.1	Grado de afectación ambiental .....	40
2.3.2	Drenajes Ácidos .....	45
2.3.3	Contaminación por metales pesados y lixiviación .....	45
2.3.4	Contaminación química por los tóxicos empleados en la minería .....	46
2.3.5	Aumentos de la sedimentación.....	46
	<b>CAPITULO III. METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
3.1	MUESTREO .....	47
3.2	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO .....	49
	<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DE LAS MINAS.....	53
4.2	HIDROGRAFIA .....	60
4.3	AFECTACIÓN OCASIONADA POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE MINERALES AL RECURSO HÍDRICO EN LOS MUNICIPIOS DE LA SIERRA Y ROSAS.....	60
4.4	VISITA A LAS MINAS Y DETERMINACIÓN DE LA AFECTACIÓN AMBIENTAL.....	61
4.4.1	Breve descripción de la visita a la mina Gabino Leal y estimación del grado de afectación ambiental .....	62
4.4.2	Grado de afectación ambiental de la mina ilegal 1: Gabino Leal .....	63
4.4.3	Breve descripción de la visita a la mina Walter Ausecha y estimación del grado de afectación ambiental.....	66

4.4.4	Grado de afectación ambiental (i). Mina 2 Walter Ausecha .....	67
4.4.5	Breve descripción de la visita a la mina Gabriel Peregrino y estimación del grado de afectación ambiental.....	69
4.4.6	Grado de afectación ambiental (i). Mina 3 Gabriel Peregrino.....	70
4.5	RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS EN LA SUB ZONA DEL RIO LA ESMITA EN LOS MUNICIPIOS DE ROSAS Y LA SIERRA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.....	74
4.5.1	pH (potencial de Hidrogeno) .....	78
4.5.2	Conductividad.....	80
4.5.3	Oxígeno Disuelto .....	82
4.5.4	Temperatura.....	85
4.5.5	Color.....	86
4.5.6	Turbiedad .....	88
4.5.7	Análisis de DBO <sub>5</sub> .....	89
4.5.8	Análisis de DQO .....	90
4.5.9	Análisis SST .....	92
4.5.10	Análisis alcalinidad .....	93
4.5.11	Análisis de mercurio .....	95
	<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	98
5.2	RECOMENDACIONES.....	99
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.Efectos Causados en la salud humana del mercurio en la minería informal en diferentes partes del mundo .....	31
Tabla 2.Normatividad relacionada con la Minería ilegal objeto de estudio de la presente pasantía .....	33
Tabla 3. Grado de Afectación Ambiental.....	41
Tabla 4.Grados establecidos para medir el impacto ambiental. ....	44
Tabla 5. Coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud) de los puntos de muestreo tomadas con el GPS. Los puntos de muestreo se referencian en los mapas 1,2 y 3. ....	48
Tabla 6. Identificación de las muestras de agua tomadas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca. .	49
Tabla 7. Análisis físico-químicos realizados a las muestras de agua tomadas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca.....	50
Tabla 8. Parámetros técnicos del agua evaluados por el laboratorio de la corporación autónoma regional del Cauca.....	51
Tabla 9.Ubicación y características de la mina Gabino Leal .....	53
Tabla 10.Ubicación y características de la mina Walter Ausecha. ....	55
Tabla 11. Ubicación y características de la mina Los Peregrinos.....	57

Tabla 12. Grado de afectación ambiental de la mina Gabino leal .....	63
Tabla 13. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Gabino Leal .....	65
Tabla 14. Grado de afectación ambiental de la mina Walter Ausecha .....	67
Tabla 15. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Walter Ausecha ..	69
Tabla 16. Grado de afectación ambiental de la mina los peregrinos .....	70
Tabla 17. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Los Peregrinos. ...	73
Tabla 18. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del rio Esmita tomadas en el punto de muestreo número 1. ....	75
Tabla 19. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del rio Esmita tomadas en el punto de muestreo número 2. ....	76
Tabla 20. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del rio Esmita tomadas en el punto de muestreo número 3. ....	77

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Potencial de Hidrogeno.....	79
Figura 2. Conductividad.....	81
Figura 3.Oxígeno Disuelto. ....	83
Figura 4.Temperatura. ....	85
Figura 5.Color.....	87
Figura 6.Turbiedad. ....	88
Figura 7. DBO <sub>5</sub> .....	90
Figura 8. DQO. ....	91
Figura 9. SST.....	93
Figura 10. Alcalinidad. ....	94
Figura 11.Mercurio.....	96

## LISTA DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
Foto 1. Mina Gabino Leal, molinos para la trituración de Roca .....	54
Foto 2.Mina Gabino Leal, túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina .....	54
Foto 3.Mina Walter Ausecha, túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina .....	55
Foto 4. Mina Walter Ausecha se observan los molinos para la trituración de la roca. ....	56
Foto 5.Mina los peregrinos. Túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina .....	57
Foto 6. Mina Los Peregrino, se observan los molinos para la trituración de la roca.....	58

## LISTA DE MAPAS

	<b>Pág.</b>
Mapa 1.Ubicación del Rio Esmita entre el Municipio de Rosas y La Sierra Cauca. ....	59
Mapa 2.Delimitación del área del Rio Esmita y terrenos aledaños.....	59

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Mina Gabino leal.....	108
Anexo 2. Mina Gloria Píamba .....	109
Anexo 3. Walter Ausecha .....	110
Anexo 4. Mina Emanuel.....	111
Anexo 5. Mineros Tradicionales.....	112
Anexo 6. Mina Peregrinos.....	113

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo brindar Apoyo técnico a la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), en el marco del proyecto DETERMINACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO AL RECURSO HÍDRICO, POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE ORO, EN LOS MUNICIPIOS DE LA SIERRA Y ROSAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA, en conjunto con la subdirección de la Defensa de Patrimonio Ambiental se identificaron 4 entables en la vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra y 2 entables en la vereda de la Laja Municipio de Rosas Cauca donde se verificó si cumplían con los permisos de ley y se determinó el impacto ambiental de los vertimientos generados por estas minas, se evaluó la subzona del Río Esmita que es la fuente hídrica más cercana a estos entables y se estableció la potabilidad del agua basándose en el Decreto 475 de 1998.

En las visitas a las minas y la fuente hídrica, se realizaron muestreos de agua en la subzona del Río Esmita con el fin de evaluar parámetros fisicoquímicos del agua como: pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Color, Turbiedad, Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Alcalinidad, Mercurio; los resultados de estos parámetros se interpretaron tomando como referencia el decreto único ambiental 1076 del 2016, como resultado se obtuvo el grado de afectación ambiental de cada entable y se definió los parámetros de potabilidad del agua de la Subzona del Río Esmita.

Los resultados de los análisis físico-químicos de las aguas del río Esmita revelaron condiciones normales (se encontraron dentro del parámetro establecido por la Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 en las pruebas de pH,  $DBO_5$ , DQO, Oxígeno Disuelto, Color, Turbiedad, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales

(SST), Alcalinidad) sin embargo en mercurio revelaron que se encuentran por fuera el parámetro establecido, indicando que las minas si están alterando estos parámetros físico-químicos del agua del rio Esmita en los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del Cauca.

Así mismo se determinó el grado de afectación ambiental que producen las minas Walter Ausecha, Gabino Leal y Los Peregrinos de acuerdo en lo establecido por la resolución 2086 de 2010 del ministerio del medio ambiente, los resultados observados es que las minas están produciendo una afectación severa en el caso de Walter Ausecha y Los peregrinos y el grado de afectación es crítico en la mina Gabino leal.

## ABSTRACT

This work search to give technical support to the Regional Autonomous Corporation of Cauca (C.R.C) under the Project environment damage to the water resource, due that removing illegal gold in the municipalities of the sierra and Rosas (Cauca depart.) in association with the sub adres of defense environment were identificated four strike in high Frontino of the Sierra and the village of the Laja in Rosas town,vericating if they have permissions daw and environmental impact as such as these mines affect the sub area of Esmita River that is a water source more near, using us the decree 475 of 1998.

In visits to the mines and the water sources, we took samples of the subzone of river Esmita for make evaluate water physic-chemical parameters about pH, conductivity, dissolved oxygen, temperature, colour, turbidity, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical demand oxygen (QDO), Total suspended solids (TSS), alkalinity, mercury.

The parameters are interpreted according reference to the unique environment decree 1076- 2016 and towatch the result of environment impact of each strike comparating with the parameters of water potability of subarea defined for Esmita.

The results of the physico-chemical water of the Esmita river revealed normal conditions but aplicating parameters of Resolution 631/2015 they were out testing DBO<sub>5</sub>, pH, dissolved oxygen, color, tubidity, conductivity, suspendind solids, alkalinity and mercury; indicating that the mines are altering these physic-chemical parameters of river water Esmita in the municipality of Sierra and Rosas Cauca department.

Like wise, the level of environment impact producing mines from Walter Ausecha, Gabino Leal and the Pilgrius agree as stable shed by resolution 2086/2010 the ministry of the environment was determined, the observed result is that the mines are producing severe impairment in the case of Walter Ausecha and pilgrims and the degree is critical in Gab.

## INTRODUCCION

La explotación de oro en Colombia se realiza en gran medida a pequeña escala y de manera artesanal, en los últimos años se ha ido desarrollando el sector de la minería legal, proyectando este rubro como uno de los más representativos para el crecimiento de la economía colombiana impulsada por la inversión extranjera, sin embargo la minería ilegal sigue representando gran parte de esta actividad, la minería ilegal se financia principalmente por grupos al margen de la ley vinculando al narcotráfico y otras figuras no identificadas, adicionalmente la falta de control sobre la utilización de sustancias tóxicas en la minería ilegal hace que esta actividad tenga consecuencias ambientales mayores.

La minería ilegales una actividad que al no ser controlada adecuadamente puede generar gran impacto en el medio ambiente. Por ejemplo en el campo geológico se pueden producir cambios topográficos y geomorfológicos que a su vez alteran el sub suelo generando inestabilidad del terreno, y desencadenando deslizamientos de tierras, así mismo la minería a cielo abierto puede desencadenar procesos erosivos aumentando más las consecuencias. Los daños de la minería en las fuentes hídricas puede ocasionar cambios en los cauces de ríos, contaminación de sus aguas debido a la adición de sustancias tóxicas como el cianuro, mercurio y ácidos minerales que se utilizan en la minería informal del oro, de hecho las consecuencias en los ríos se evidenciaron cuando la revista semana publicó un artículo titulado “El primer río en Colombia que desaparece por completo” [1]. En dicho artículo se cuenta como la minería ilegal de oro en el departamento del Cauca ocasiono la sequía del río San bingó, en el Municipio de Bolívar.

Durante el proceso de extracción de oro, se utiliza mercurio, cianuro y otros elementos de alta toxicidad que al ser manipulados en forma inadecuada

ocasionan grave daño a la salud y al medio ambiente, la falta de controles en estas minas hace que dichas sustancias sean vertidas directamente al suelo o al río ocasionando contaminación de sus aguas, por otro lado la manipulación inadecuada de dichas sustancias ocasiona deterioro en la salud de las personas.

Por ello es necesario conocer las consecuencias que tienen este tipo de prácticas en el medio ambiente con el fin de tomar medidas para contrarrestar estos cambios, en la presente investigación pretende determinar de daño ambiental ocasionado al recurso hídrico, por la extracción ilegal de oro en los municipios de La Sierra y Rosas en el departamento del Cauca.

## **CAPITULO I. PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Colombia es un país con gran biodiversidad en el mundo y alberga a más del 10% de las especies de plantas y animales mundiales, su riqueza de flora y fauna lo posicionan como el segundo país más biodiverso del mundo. Sin embargo, el desarrollo económico mediante la extracción de recursos naturales en el país, ha venido deteriorando dicha biodiversidad. Una de las actividades que más ha sido criticada es la minería ya que ocasiona deterioro de las fuentes hídricas, el suelo, aire y alteración de ecosistemas[2]. Dentro de las prácticas mineras la minería a cielo abierto, se caracteriza por cubrir extensas áreas de terreno obligando a la deforestación de dichas regiones, alterando profundamente los ecosistemas, en algunos casos se utilizan grandes cantidades de agua y elementos químicos de alta toxicidad para recuperar el oro de estas. El deterioro ambiental que genera la extracción de minerales es evidente, especialmente por los insumos que se utilizan para la extracción de oro, proceso en el cual se emplean sustancias tóxicas como el cianuro y mercurio que contaminan la tierra, las fuentes hídricas, alteran el entorno y calidad de vida de los habitantes de las zonas explotadas[3].

La contaminación por mercurio o cianuro a las fuentes hídricas ocasionan daños a la salud humana. Por ejemplo los primeros síntomas de contaminación con cianuro son: vértigo, debilidad, náusea, arritmias, ansiedad, cefalea y en un periodo más avanzado la persona puede llegar a tener taquicardia, edema agudo de pulmón y puede ocasionar un coma profundo [4]. Por otro lado la contaminación por mercurio produce sudoración profusa, taquicardia, aumento de la salivación, hipertensión y puede inducir enfermedades mentales como depresión y esquizofrenia[5].

Así mismo el daño ambiental ocasionado involucra el suelo, agua y atmosfera. En el suelo se altera la topografía y se pueden ocasionar cambios en el sub suelo haciendo este inestable, ocasionando deslizamientos de tierras, infertilidad y deforestación. En los ríos se pueden inducir cambios en el cauce, contaminación química del agua, alteración de procesos erosivos e incluso puede llegar a secar el rio como fue el caso reciente en el departamento del Cauca [6]. En la atmosfera se genera la emisión de gases tóxicos que deterioran la calidad del aire. Por ello en el departamento del cauca donde prevalece mayoritariamente la minería ilegal es necesario conocer en qué medida se está afectando el medio ambiente, con el fin de tomar medidas que contrarresten estos cambios.

En el departamento del Cauca se realiza la explotación minera de oro, de manera legal e ilegal; en la actualidad existen 249 títulos mineros inscritos vigentes, distribuidos en varios Municipios; para el desarrollo de este proyecto se tomarán dos (2) minas del municipio de Rosas y cuatro (4) minas del municipio de la Sierra, todas ilegales, las cuales están causando impactos ambientales y sociales en la región[7].

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La sub Región del Macizo Colombiano se ha visto afectada considerablemente por las extracciones ilegales de oro y de otros minerales, en consideración a lo anterior debe crearse una alerta ambiental porque se trata de la estrella fluvial colombiana y es una importante región productora de agua dulce en el país [8].

En este sentido, es necesario poder contar con el apoyo institucional de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C) que conjuntamente con estudiantes de pregrado de la Universidad Autónoma del Cauca se inicie acciones de protección y vigilancia a los recursos naturales más afectados por la actividad

minera a fin de poder implementar acciones que minimicen los daños o problemas que pueden ocasionar a los recursos naturales. El apoyo de la C.R.C será la realización de los análisis para evaluar las propiedades fisicoquímicas del agua y con ello poder determinar el deterioro en el recurso hídrico.

Se puede decir que la actividad ilegal para la explotación de oro está causando devastadores impactos ambientales, según lo ha informado la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC), se han identificado los lugares donde se desarrollan estas actividades, sin embargo no se cuentan con estudios técnicos y/o análisis de la real afectación al medio ambiente por el desarrollo de estas actividades mineras. El apoyo de estudiantes capacitados de pregrado de la Universidad Autónoma del Cauca está en la realización de dichos estudios técnicos, con el fin de evaluar dicho impacto, por ello la CRC, tiene especial interés en desarrollar estudios conjuntos que permitan profundizar los conocimientos científicos en este tema.

En este sentido el presente estudio tiene una justificación desde lo teórico, metodológico y práctico. Ya que se cuenta con el apoyo de los laboratorios de la C.R.C para hacer todos los análisis correspondientes y con la formación académica necesaria para poder realizar este trabajo. Los parámetros que se van a evaluar en el agua son: pH, conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, Demanda Química de Oxígeno DQO, y demás parámetros que nos identifiquen la calidad, además se debe realizar un trabajo exhaustivo en el manejo y uso del mercurio tomando muestras del agua. Por esta razón se ha emprendido el diseño de una propuesta de investigación, encaminada a determinar el daño ambiental ocasionado al recurso hídrico por la extracción ilegal de oro, en los Municipios de La Sierra y Rosas del Departamento del Cauca, de acuerdo a la situación encontrada en las visitas que se puedan realizar a los Municipios referenciados que hacen parte de las Sub Región del

Macizo Colombiano, por lo cual se tiene reportes preliminares sobre esta situación en el registro del formato cuadro de visitas[7].

Según informes técnicos efectuados por la CRC, en los Municipios relacionados de la sub región del Macizo Colombiano, se ha reportado una serie de problemas relacionados con la extracción ilegal de oro, donde se evidencian daños graves al medio ambiente [7].

Con la Ley 1658 de 2013 en la que se establecen las disposiciones para la comercialización y uso del mercurio, el gobierno nacional da un plazo máximo a la minería para erradicar el uso del mercurio en el país [9].

Además es importante resaltar que existen programas de innovación de Colciencias enfocados a la investigación de tecnologías limpias para la reducción y eliminación del mercurio en los procesos de beneficio de oro y demás procesos industriales y productos que requieran la utilización del mercurio [10].

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el daño ambiental ocasionado al recurso hídrico, por la extracción ilegal de oro, en los Municipios de la Sierra y Rosas en el Departamento del Cauca.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de los daños ocasionados por las explotaciones de minería ilícita al recurso hídrico de los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del cauca, de acuerdo a los reportes de la Corporación Regional del Cauca C.R.C.

- Determinar el pH, Conductividad, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Turbidez, Alcalinidad y contenido de mercurio en las muestras de agua tomadas de los entables en la sub zona del río Esmita en los municipios de Rosas y La Sierra en el Departamento del Cauca.
  
- Determinar el Grado de Afectación ambiental de algunas de las minas ilegales dedicadas a la extracción de oro en los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento de Cauca, de acuerdo a la resolución 2086 de 2010 del ministerio del medio ambiente.

## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1 Política Minera en Colombia.**

La política minera en Colombia se ha definido según Julio Fierro Morales en su libro políticas mineras en Colombia de la siguiente manera. “una apuesta del gobierno nacional de desarrollo minero sustentada en la participación de la industria privada y en una legislación adecuada para dicho desafío. Desde finales de la década de los 80 se comenzó a reestructurar la institucionalidad minera, con el objetivo de adelgazar la labor del Estado en términos de la participación en el negocio minero a través de la liquidación de entidades o de la venta de activos mineros” [11].

De hecho el interés del gobierno nacional por fomentar la minería en Colombia va encaminado a mejorar el desarrollo económico del país, el día 22 de abril de 2016 el ministerio de minas y energía presento un documento sobre la política minera en el país, con el fin de fijar lineamientos claros a seguir por las actividades extractivas que se dan en el país hasta el 2025. En el documento la asociación colombiana de minería y la viceministra de minas fijaron líneas de trabajo para hacer la minería en el país una actividad, organizada, legítima y competitiva. Si bien es cierto que dicho documento no representa una ley de la nación, este busca organizar, promover y legalizar la minería con el fin de que desaparezcan las actividades mineras de tipo ilegal, que al no ser reguladas no contribuyen al desarrollo económico del país y pueden generar efectos ambientales marcados [12].

Toda la normativa minera en el país se rige por el Código de Minas considerado en la Ley 685 de 2001, el cual generó un cambio en las políticas con respecto a la

minería; pues estableció un país que promocionará y fiscalizará las labores extractivas, pero sin la posibilidad de empresas mineras de capital público o mixto. A cambio, los particulares nacionales y extranjeros pagarían una contraprestación económica por el costo de los recursos naturales no renovables denominada regalía, la cual se tasó en función del tipo de material como un porcentaje del valor de mercado. De igual manera, flexibilizó las normas con el fin de facilitar la inversión privada y estableció la prelación de quien primero solicite el título minero (primero en tiempo, primero en derecho)” [13].

### **2.1.2 Actividad Minera en el Departamento del Cauca**

La explotación minera en el Departamento del Cauca en su mayoría es de tipo ilegal, si bien es cierto que en el departamento existen empresas multinacionales dedicadas a la extracción del oro que poseen licencias por parte del estado, la disputa entre la minería legal e ilegal se está convirtiendo en un problema social. Según un artículo publicado por el diario el espectador [14]. En el departamento del cauca los pequeños mineros ilegales están en una lucha continua con las multinacionales por terrenos en los que se da el proceso de extracción, generando problemas de orden público y de pobreza a la población, es necesario una intervención por parte del estado con el fin de que ambas partes puedan salir beneficiadas, generando conciencia entre los pobladores e incitando a las multinacionales a generar empleo en la región, la minería ilegal puede generar un mayor deterioro al medio ambiente al no controlarse los procesos y sustancias químicas que tienen lugar en la actividad.

Por tanto la formalización de la minería ilegal en el departamento del Cauca por parte del gobierno nacional es importante desde los puntos de vista ambiental y social.

### **2.1.3 Impactos Ambientales y a la salud humana**

El cianuro, el Mercurio y otros contaminantes de la pequeña minería en Colombia (que generalmente es de tipo ilegal), utiliza el mercurio para la extracción del oro de las rocas, el mercurio en forma elemental forma amalgamas con varios metales incluidos entre ellos el oro y de esta forma este último es extraído de la roca, posteriormente la amalgama formada es calentada para evaporar el mercurio y obtener los metales en la amalgama, en este proceso los vapores de mercurio son inhalados por las personas dedicadas a la actividad al no poseer la instrumentación adecuada para generar este proceso, otra parte del mercurio se queda en la atmosfera y posteriormente puede llegar al suelo o cuerpos de agua cercanos generando contaminación[15].

La exposición al mercurio es un peligro para la salud cada vez más latente la exposición puede ocurrir en el ambiente, en los entornos laborales y en los domésticos.[16]. La mayor parte del mercurio absorbido llega a los pulmones donde es distribuido a otros órganos del cuerpo humano como el cerebro, hígado y riñón. En el cerebro desencadena enfermedades mentales como: esquizofrenia, depresión y ansiedad. En el riñón causa problemas renales y en el hígado altera el metabolismo desencadenando consecuentemente otros males.

Probablemente el mayor problema del mercurio radica en que es un metal que el cuerpo no puede eliminar fácilmente, por tanto este se bioacumula generando toxicidad por largos periodos de tiempo que pueden llegar a ser hasta de 20 años. Cuando el mercurio llega a acuíferos la biota presente absorbe el metal generando una bioacumulación que posteriormente es consumida por los humanos siguiendo con la cadena. En la tabla 1 tomada de [15] se resumen algunos efectos causados en la salud humana del mercurio en la minería informal en diferentes partes del mundo.

**Tabla 1.** Efectos Causados en la salud humana del mercurio en la minería informal en diferentes partes del mundo

País	Efecto	Comentario	Referencia
Filipinas	Tremor, pérdida de la memoria, dificultad para dormir, gusto metálico.	Exposición a una combinación vapor de $\text{Hg}$ , mercurio inorgánico y metilmercurio, característica de áreas de minería aurífera en el tercer mundo. Las personas fueron tratadas con DMPS, un agente quelante, con buenos resultados.	Böse-O'Reilly et al. (2003).
Indonesia	Desórdenes del movimiento: Ataxia, tremor, disdiadocoquinesia.	Intoxicación crónica por mercurio fue observada en las personas encargadas de quemar las amalgamas y en niños expuestos que viven en los asentamientos mineros.	Böse-O'Reilly et al. (2010); Bose-O'Reilly et al. (2008).
Indonesia y Simbabwe	Ataxia.	Muchos niños inician el contacto directo con mercurio a los siete años de edad.	Böse-O'Reilly et al. (2008).
Nicaragua	Afectación de la audición.	$\text{Hg}$ , $\text{Pb}$ , $\text{Al}$ , $\text{Mn}$ , $\text{As}$ en uñas por encima de los niveles de referencia.	Saunders et al. (2013).
Nigeria	Muerte de aproximadamente 400 niños, afectando a otros miles.	El procesamiento del mineral aurífero produjo la contaminación del suelo con plomo, a niveles hasta de 185.000 ppm.	Plumlee et al. (2013).

Otro de los métodos de extracción de oro de las rocas que lo contienen, emplea la lixiviación con cianuro, en este caso el oro presente en las rocas es depositado en piscinas de cianuro, sustancia con la cual forma complejos y posteriormente es

precipitado sobre gránulos de zinc. Generalmente este proceso con cianuro se realiza sobre arenas que ya han sido tratadas en el proceso de amalgamiento con mercurio con el fin de extraer pequeñas cantidades que han quedado aun en la roca [17], [18].

El contacto con cianuro ya sea por inhalación de sus vapores o en contacto con la piel puede causar efectos sobre la salud como: Vértigo, debilidad, náusea, arritmias, ansiedad, cefalea y en un periodo más avanzado la persona puede llegar a tener taquicardia, edema agudos de pulmón y puede ocasionar un coma profundo, en concentraciones mayores el cianuro causa muerte[4].

Al llegar a los cuerpos de agua el cianuro al ser soluble, fácilmente mata la biota presente incluyendo peces, plantas y microorganismos alterando el ecosistema acuático, por otro lado estas fuentes de agua pueden ser utilizadas para consumo humano generando otra vía de administración del toxico [15].

## **2.2 BASES LEGALES**

Las leyes expuestas en la tabla 2 se relacionan directamente con este trabajo, por ejemplo la ley 1658 de 15 Julio del 2013 que trata sobre la normativa de comercialización del mercurio en el país, en dicha ley se establece que para el año 2018 debe quedar radicado el uso del mercurio en el país dada su peligrosidad para la salud humana, este trabajo pretende resaltar la importancia de dicha ley ya que la minería ilegal puede dar lugar a un mal uso del mercurio generando liberación de este al medio ambiente así como el contacto con seres humanos. Así mismo los decretos 3930 de 2010, 1594 de 1984 usos del agua y residuos líquidos, 631 de 2015. Por la cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos no puntuales a cuerpos de aguas superficiales y la Ley 373 de 1997 sobre el uso del agua y la disposición de

residuos líquidos, en este trabajo se pretende hacer ver que disposición de los residuos líquidos, uso del agua, manejo y formas eficientes de cuidar el recurso no están siendo cumplidos por parte de las minas ilegales donde se realizó este trabajo. Así mismo la Ley 1333 de 2009 por la cual se establecen las sanciones ambientales a estas minas. Finalmente la Ley 685 de 2001 establece toda la normativa legal por la que se deben regir las minas, que en este caso no se cumple.

En Colombia existen diferentes leyes mediante las cuales se regula la actividad minera en el país. Así mismo existen decretos y resoluciones las cuales están orientadas a la minería, estas normativas se enlistan en la tabla 2 a continuación:

**Tabla 2. Normatividad relacionada con la Minería ilegal objeto de estudio de la presente pasantía**

Area	Identificación	Tematica
<b>Mineria</b>	Ley 685 de 2001 [19]	Código de Minas.
<b>Ambiental</b>	Ley 99 de 1993 [20]	Creación del Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental.
	Decreto 1594 de 1984 [21]	<p>Crterios para la calidad del agua.</p> <p>PH: entre 6.5 y 8.5</p> <p>OD <math>\geq</math>5 mg/L Para clima frio</p> <p>DBO5 <math>\leq</math>3.0 mg/L</p> <p>SST &lt; 5 mg/l</p> <p>TEMPERATURA: 5 grados por encima o debajo de lo normal.</p>
	Decreto 631 de 2015 [22]	Por la cual se establece los parámetros

Area	Identificación	Tematica
		y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 2115 de 2007 [23]	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
	Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 [24]	Caracterización de los vertimientos de acuerdo con la frecuencia que se determine en el protocolo para el Monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales en los cuales se regular todo el tema de los métodos de análisis y de la toma de muestra.
	Ley 1658 de 15 Julio del 2013 [25]	Disposiciones para la comercialización y el uso del Mercurio en las diferentes actividades industriales del país Prohibición de nuevas plantas de beneficio de minerales preciosos y control de las existencias
	Resolución 2086 del 25 de Octubre del 2010 [26]	Metodología para la tasación de multas

## **2.2.1 Etapas y actividades de la minería aurífera**

### **2.2.1.1 Prospección y exploración**

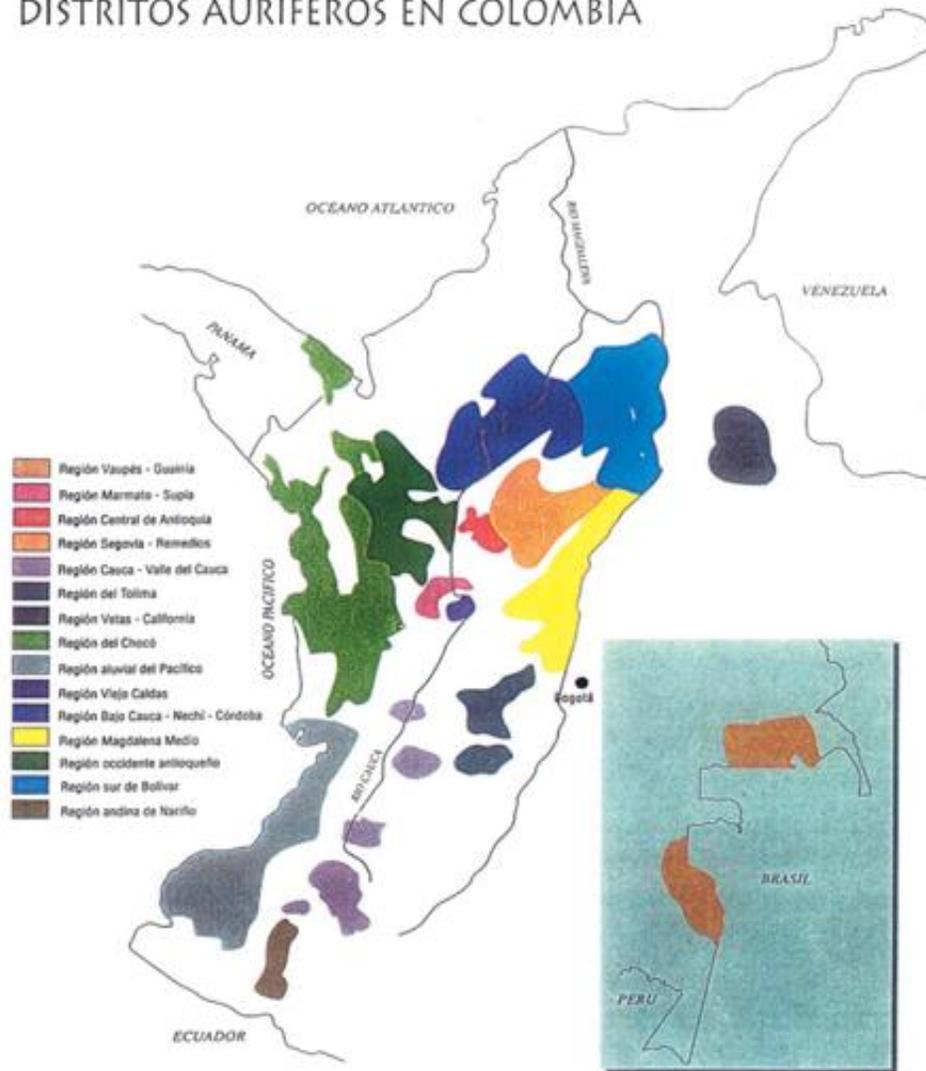
Las actividades de exploración permiten planear adecuadamente la explotación, con el fin de obtener una mayor eficacia productiva y evitar el alto desperdicio del mineral por falta de conocimiento de las características del yacimiento [27].

La prospección geológica tiene como objetivo la localización de anomalías debidas, a depósitos minerales, con el fin de definir tales indicios, evaluar los recursos y reservas que albergan los yacimientos En esta etapa se usan métodos geológicos, geoquímicos, aéreos (teledetección) [27].

El proceso geológico más utilizado es la cartografía geológica, en este caso se utilizan mapas geológicos de escalas que varían entre 1:10.000 a 1:2000 siendo la última de más resolución, estos mapas son interpretados por geólogos expertos los cuales extrapolan datos consignados en estos mapas a diferentes profundidades.

Los métodos físicos son de diferente naturaleza y abarca gran número de técnicas que se basan en principios físicos diferentes, algunos de estos métodos son: Magnéticos, gravimétricos, electromagnéticos, eléctricos y sísmicos. La elección de un método dependerá del tipo de suelos en los que se vayan a realizar, así como el tipo de mineral que se vaya a explotar.

## DISTRITOS AURIFEROS EN COLOMBIA



Fuente instituto de investigación geocientífica minero ambiental y nuclear, Ministerio de Minas Minerales Para el desarrollo de Colombia Bogotá D.C. 1995.

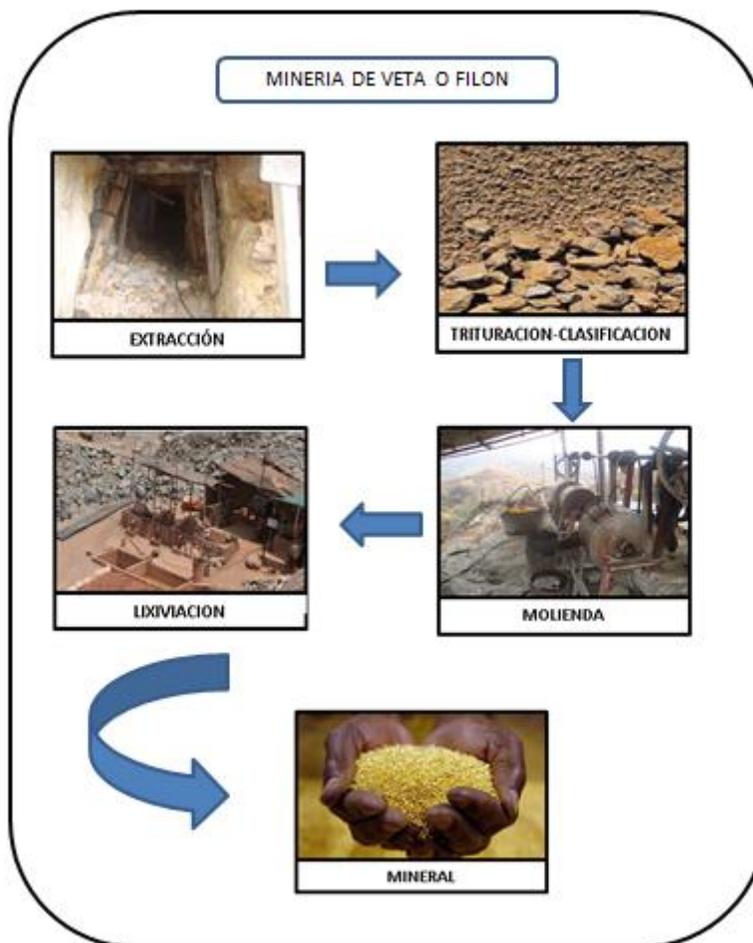
### **1.1.1.2 Explotación**

Se considera iniciada la etapa de explotación cuando se da comienzo a las obras de infraestructura para la producción minera. En lo concerniente a la explotación, la diversidad de los ambientes geológicos donde se encuentran las reservas auríferas del País, hacen que existan distintos sistemas de aprovechamiento del mineral y que los tipos de minería varían de acuerdo a factores tales como profundidad, forma e inclinación de los depósitos, distribución de leyes del mineral, características geo mecánicas de las rocas encajantes y del propio mineral, condiciones físicas y culturales de la zona, magnitud de la operación y maquinaria utilizada [27].

La duración de este periodo es variable ya que es descontado del periodo de exploración y de construcción y montaje, sin embargo hay posibilidad de prórrogas para la explotación hasta un periodo de 30 años[28], toda la etapa de exploración tiene ciertas restricciones que se encuentran consignadas en el código de minas (Ley 685 del 15 de agosto de 2001) el cual establece que el área debe ser utilizada estrictamente para la explotación del recurso específico y de ninguna manera puede ser utilizado para otros fines, así mismo se debe cumplir con la normativa ambiental correspondiente[13].

Los métodos de explotación de la minería artesanal (ilícita) difieren significativamente de los utilizados en la gran minería, en la primera se realiza la extracción de las rocas con la ayuda de taladros neumáticos, cuando la minería es subterránea, luego de que las rocas han sido liberadas, estas se transportan en morrales para su posterior trituración a la superficie, por otro lado cuando la minería es a cielo abierto se utilizan generalmente retroexcavadoras para retirar el material rocoso el cual es posteriormente triturado en los procesos subsecuentes, en ambos casos (minería a cielo abierto y subterránea) se utiliza la ayuda de explosiones con dinamita cuando las menas de roca son de gran tamaño y dureza.

## 2.2.2 Beneficio y transformación del mineral



Fuente: Elaboración Propia

El beneficio del mineral consta de las siguientes operaciones unitarias:

### 2.2.2.1. Clasificación de tamaño

La separación de granos en fracciones por tamaño se realiza de forma visual y manual por la pequeña minería utilizando zarandas, mallas o angeos o mediante romel, cribas, hidroclarificador o ciclones en la mediana minería[27], este proceso ayuda a descartar las rocas más grandes a las cuales no se puede hacer el proceso de extracción del mineral, estas rocas descartadas pueden ser almacenadas para posteriormente ser trituradas y de esta forma ser aprovechadas.

#### **2.2.2.2. Trituración**

En esta operación se reduce el tamaño del material para adecuarlo a la molienda, se utilizan trituradoras de mandíbula y de quijada o manualmente con porra o almádana [27], en este punto el tamaño de las rocas es mayor de 4.75mm lo que indica que el material en este punto del proceso es una grava cuyo tamaño de partícula es considerablemente menor al inicial, sin embargo sigue siendo muy grande para los procesos de extracción con mercurio y cianuro.

#### **2.2.2.3. Molienda**

Pretende que el mineral alcance liberación de la partícula para ser recuperado gravimétricamente por amalgamación o cianuración. El proceso se realiza en molinos californianos o de pistones, de bolas, antioqueños, de barras o de arrastre. En los filones auríferos la amalgamación es simultánea a la molienda las pequeñas gotas de mercurio son arrastradas por los efluentes. Entre otros equipos se encuentran barriles, tambores, botellas, placas amalgamadores, mesa y prensa de amalgama [27], después de la molienda el tamaño de las partículas es aún más reducido ( $< 4,75\text{mm}$ ) clasificándolo como una arena, en este punto los minerales son expuestos en la superficie de la partícula y es adecuado para el proceso de extracción.

#### **2.2.2.4. Lixiviación con cianuro**

Se realiza únicamente en la minería de filón, el sistema más empleado es por percolación en tanques, en donde las colas de amalgamación se mezclan con cal, hasta alcanzar un pH alcalino, para su deposición en tintas de cianuración, en el fondo de la tina se encuentra un medio filtrante que permite que la solución fluya por gravedad hacia cajas de precipitación con viruta de zinc, el precipitado de cianuración se pasa a un recipiente de acero donde se calcina a fuego lento para su fundición[27].

## **2.3 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS AL RECURSO HIDRICO POR LA EXPLOTACION DE ORO**

Los problemas de contaminación minera en el agua son de diversa naturaleza, inicialmente se presenta contaminación química y física del agua, los drenajes ácidos y de diversas sustancias químicas como el cianuro de sodio, mercurio ocasionan la contaminación química del agua. Por otro lado la remoción de tierras contribuye a la generación de sedimentos en el recurso hídrico alterando las propiedades físicas de esta [29].

### **2.3.1 Grado de afectación ambiental**

El grado de afectación ambiental por parte de la minería es una realidad, en general cuando la minería es legal y se tienen en cuenta ciertos procesos este grado de afectación puede disminuir, sin embargo la minería ilegal no se encuentra sujeta a la normativa ambiental que busca mitigar el impacto y por tanto este tipo de prácticas mineras generan afectación ambiental aumentada. Según la resolución 2086 de 2010 del ministerio del medio ambiente el grado de afectación ambiental puede ser cuantificado dependiendo de ciertos criterios de evaluación [29] en la tabla 3 tomada de dicha resolución se resume los aspectos más importantes que se tienen en cuenta para estimar el grado de afectación ambiental.

**Tabla 3. Grado de Afectación Ambiental**

Atributos	Definición	Calificación	Ponderación
<b>Intensidad (IN)</b>	Define el grado de incidencia de la acción sobre el bien de protección	Afectación de bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida el rango 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 o al 100%	12
	Se refiere al área de influencia del	Cuando la afectación puede determinarse en un área localizada e inferior a una (1) hectárea.	1
		Cuando la afectación	4

Atributos	Definición	Calificación	Ponderación
<b>Extensión (Ex)</b>	impacto en relación con el entorno	incide en un área determinada entre una (1) hectárea y cinco (5) hectáreas	
		Cuando la afectación se manifiesta en un área superior a cinco (5) hectáreas.	12
<b>Persistencia (PE)</b>	Persistencia (PE): se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y hasta que el bien de protección retorne a las condiciones previas a la acción	Si la duración del efecto es inferior a seis (6) meses.	1
		Cuando la afectación no es permanente en el tiempo, se establece un plazo temporal de manifestación entre seis (6) meses y cinco (5) años.	3
		Cuando el efecto supone una alteración, indefinida en el tiempo, de los bienes de protección o cuando la alteración es superior a 5 años.	5
		Cuando la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en un periodo menor de 1 año.	1
		Aquel en el que la alteración puede ser	3

Atributos	Definición	Calificación	Ponderación
<b>Reversibilidad (RV)</b>	Capacidad del bien de protección ambiental afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medios naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el ambiente	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.	
		Cuando la afectación es permanente o se supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a sus condiciones anteriores. Corresponde a un plazo superior a diez (10) años.	5
<b>Recuperabilidad (MC)</b>	Capacidad de recuperación del bien de protección por medio de la implementación de	Si se logra en un plazo inferior a seis (6) meses.	1
		Caso en que la afectación puede eliminarse por la acción humana, al establecerse las oportunas medidas correctivas, y así mismo, que en que la alteración que sucede puede ser compensable en un	3

Atributos	Definición	Calificación	Ponderación
	medida de gestión ambiental	periodo comprendido entre 6 meses y 5 años.	
		Caso en que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la acción humana.	10

Una vez calificados cada uno de los atributos, se procede a determinar la importancia de la afectación de acuerdo con la siguiente relación:

$$I = (3 * IN) + (2 + EX) + PE + RV + MC$$

La importancia de la afectación, puede ser calificada como Irrelevante, Leve, Moderada, Severa o Crítica, atendiendo los valores presentados en la siguiente tabla 4

**Tabla 4. Grados establecidos para medir el impacto ambiental.**

Calificación	Descripción	Medida Cualitativa	Rango
<b>Importancia</b>	Medida cualitativa del impacto a partir del grado de incidencia de alteración producida y de sus efectos.	Irrelevante	8
		Leve	9-20
		Moderado	21-40
		Severo	41-60
		Crítico	61-80

Una vez se ha logrado estimar el grado de afectación ambiental, la resolución 2086 de 2010 puede establecer el grado de afectación ambiental en unidades monetarias, mediante la siguiente relación:

$$I = (22,06 + SMMLV) * P$$

Dónde:

I: Valor monetario de la importancia de la afectación

SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente

P: Importancia de la afectación

[29].

### **2.3.2 Drenajes Ácidos**

Estos son generados por la oxidación de los sulfuros contenidos en la roca que es removida, el proceso oxidativo es generado por el oxígeno presente en la atmosfera y se ve aumentado cuando los minerales de la roca se encuentran en contacto con el agua, esto es un proceso natural, en el cual los metales presentes en la roca son oxidados generando óxidos ácidos. Adicionalmente el vertimiento directo que se hace por parte de los mineros contiene ácidos minerales que contribuyen a la acidez del agua, estos vertimientos se pueden dar directamente a la fuente hídrica o en el suelo, sin embargo en este último caso por lixiviación puede mezclarse con aguas subterráneas ocasionando el mismo efecto o peor, dependiendo de la hidrología que presente la cuenca [29].

### **2.3.3 Contaminación por metales pesados y lixiviación**

La principal fuente de metales pesados proviene de la utilización de mercurio para el proceso de extracción de oro en la mina, la evaporación de este metal cerca de las fuentes hídricas tras el amalgamamiento ocasiona su precipitación en estas aumentando la concentración de mercurio en el agua. Adicionalmente los metales

pesados presentes en los minerales de la roca triturada después de la molienda puede dar origen a la liberación de metales como hierro, aluminio y dependiendo de la naturaleza de los minerales que se encuentren presentes en la roca puede llegar a producir manganeso, cromo y otros metales de transición. Metales como el aluminio y hierro hacen disminuir el pH del agua al presentarse como ácidos de Lewis [29].

#### **2.3.4 Contaminación química por los tóxicos empleados en la minería**

Probablemente la sustancia química más tóxica que se utiliza en la minería del oro es el cianuro de hidrogeno, su evaporación y vertimiento ya sea al suelo o fuentes hídricas genera toxicidad en estos, alterando la biodiversidad del sistema acuático o en el suelo. Adicionalmente este compuesto se adiciona directamente a la roca molida para generar la liberación de metales, liberación que no solo se restringe al oro si no a otros que no tienen importancia económica como el hierro y aluminio facilitando la llegada de estos las fuentes hídricas [29].

Si bien es cierto que el cianuro, mercurio o los metales producidos por los minerales de roca pueden ser arrojados directamente al agua, estos pueden llegar a esta por diferentes mecanismos de lixiviación en el suelo dependiendo de la hidrología de la cuenca donde se trabaje [29].

#### **2.3.5 Aumentos de la sedimentación**

Después del proceso de molienda de la roca, cuando el oro ya ha sido extraído ya sea por amalgamiento con mercurio o por lixiviación por cianuro, estos sobrantes de roca son depositados en fuentes hídricas causando aumento de turbidez en el agua, el aumento en los sedimentos pueden llegar a ocasionar obstrucción de las riberas, alterar la vegetación del lugar cambiando los ecosistemas.

## **CAPITULO III. METODOLOGIA**

Para determinar la afectación al recurso hídrico por la extracción ilegal de oro, la cual se realizó en los municipios de Rosas y La Sierra Cauca se planteó la siguiente metodología: De acuerdo a la información recopilada en la Corporación Autónoma Regional del Cauca se planifica de acuerdo a la importancia las visitas técnicas a realizar, iniciando de la siguiente manera:

Se programaron y realizaron visitas del orden técnico en coordinación con el equipo de profesionales de la subdirección de la defensa del patrimonio ambiental cuyo objeto es la recolección de muestras de agua en el Rio Esmita.

El equipo técnico de la Corporación, una vez seleccionado el sitio de visita, y ya localizados en campo procede hacer una evaluación preliminar identificando los recursos naturales afectados ocasionados por la extracción de minerales.

### **3.1 MUESTREO**

Las muestras fueron tomadas en la parte baja de la cuenca del río la Esmita entre los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del Cauca. Las coordenadas elipsoidales de los puntos donde se tomaron las muestras se resumen en la tabla 5 a continuación:

**Tabla 5.** Coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud) de los puntos de muestreo tomadas con el GPS. Los puntos de muestreo se referencian en los mapas 1,2 y 3.

Puntos toma de muestras	Coordenadas Geográficas		
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Punto 1:	2°13'22.66"N	76°43'15.09"O	1638,50
Punto2	2°13'23.25"N	76°44'39.53"O	1248,40
Punto 3	2°13'18.72"N	76°45'33.95"O	1167,91

El muestreo se realizó de acuerdo con el manual de procedimientos de toma de Muestras de aguas para análisis físico-químico y microbiológico del servicio nacional de aprendizaje (SENA) centro agro empresarial y minero de Bolívar [30].

Las muestras de agua se recolectaron los días 6 de noviembre de 2015, 20 de noviembre de 2015 y 4 de diciembre de 2015. En cada visita se tomó una muestra de volumen suficiente en cada punto de muestreo.

Las muestras fueron recolectadas a la mitad del área del flujo, con el fin de que esta fuera representativa. A media corriente y a profundidad media, las cuales posteriormente se mezclaron para buscar homogenizar. Los recipientes donde se tomó la muestra eran de polietileno y la cantidad de muestra tomada en cada visita fue de dos litros [30]. Después de esto los recipientes fueron etiquetados como se muestra en la tabla 6, posteriormente las muestras fueron cubiertas para protegerlas de la luz solar directa y se enfriaron en una hilera a una temperatura menor a 10°C y más de 0°C y los análisis correspondientes en los laboratorios de

la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) fueron realizados en un periodo menor a 48 horas.

**Tabla 6.** Identificación de las muestras de agua tomadas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca.

Fecha de muestreo	Identificación de la muestra		
	Punto de muestreo 1	Punto de muestreo 2	Punto de muestreo 3
6 noviembre de 2015	P1/(6-11-15)/ 76°43'15.09"O	P2/(6-11-15)/76°44'39.53"O	P3/(6-11-15)/76°45'33.95"O
20 noviembre de 2015	P1/(20-11-15)/ 76°43'15.09"O	P2/(20-11-15)/76°44'39.53"O	P3/(20-11-15)/76°45'33.95"O
4 Diciembre de 2015	P1/(4-12-15)/ 76°43'15.09"O	P2/(4-12-15)/76°44'39.53"O	P3/(4-12-15)/76°45'33.95"O

Para más detalle sobre el tratamiento de la muestra antes de su análisis en el laboratorio de la corporación autónoma regional del Cauca (CRC) puede consultarse la referencia [30].

### 3.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Una vez almacenadas las muestras en el laboratorio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) fueron analizados los siguientes parámetros físico-químicos de las muestras de agua obtenidas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca (Ver Tabla 7).

**Tabla 7. Análisis físico-químicos realizados a las muestras de agua tomadas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca.**

Variable	Método	Unidad
pH	SM 4500-H B	Unidad
Conductividad	SM 2510 B	μS/cm.
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G	mg/L
Temperatura	SM 2550 B	°C
Color	SM 2120 C	UPC
Turbiedad	SM 2130 B	UNT
Alcalinidad	SM 2320 B	mgCaCO <sub>3</sub> /L
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D, modificado	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Mercurio	SM 3112 B, modificado	μg/L

Fuente: Laboratorio C.R.C.

Los parámetros que se eligieron para determinar la calidad de las muestras de agua tomadas en la sub zona del río la Esmita en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca, se eligieron acorde con la disponibilidad de análisis que poseía el laboratorio de la corporación autónoma regional del Cauca (CRC). En la tabla 8, tomada del registro de la CRC, se muestran algunas descripciones de cada uno de los parámetros técnicos evaluados en las muestras de agua [31].

**Tabla 8. Parámetros técnicos del agua evaluados por el laboratorio de la corporación autónoma regional del Cauca.**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
<b>pH</b>	El potencial de hidrógeno refleja la proporción de iones de hidrogeno y iones hidroxilo presentes en el medio. La neutralidad teórica se encuentra a 7 unidades de pH. El intervalo adecuado para la existencia de la mayor parte de la vida acuática es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. [32].
<b>Conductividad (K)</b>	Es un parámetro relacionado a los Sólidos Disueltos Totales (SDT). En general, a medida que los SDT y la CE se incrementan, aumenta la salinidad y también se incrementa la corrosividad del agua [33].
<b>Oxígeno Disuelto (OD)</b>	Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir [34].
<b>Color</b>	Se trata de un parámetro de significado predominantemente estético, tiene un sentido sanitario ya que puede indicar presencia de materia orgánica. Esta materia orgánica puede reaccionar durante la desinfección causando olores o sabores o subproductos de la desinfección[33].
<b>Turbiedad</b>	La Turbiedad es el parámetro que evalúa la materia orgánica e inorgánica, coloidal y suspendida presente en el agua. La turbiedad es un parámetro de importancia sanitaria dado que: Cuanto menor es la turbiedad de un agua, menor es la concentración de microorganismos, bacterias, protozoos [33].

<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	La DBO <sub>5</sub> es un parámetro de contaminación orgánica relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. La DBO permite controlar el cumplimiento de los valores permisibles que están sujetos los vertidos, en especial los industriales [32].
Demanda química de oxígeno (DQO)	La Demanda Química de Oxígeno representa la cantidad total de materia presente que puede oxidarse tanto biológica como químicamente. Mediante este parámetro y su comparación con la DBO <sub>5</sub> es posible identificar la procedencia de un vertimiento o el tipo de contaminación a la que es sometida un agua [35].
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Es la cantidad total de material particulado suspendido en el agua, este parámetro refleja la cantidad de carga contaminante presente, que además de contribuir a incrementos en la turbiedad, generalmente también incrementa el consumo del oxígeno disuelto en el agua. [36].
Alcalinidad	Representa la demanda de ácido de un volumen dado de agua para alcanzar la neutralización frente a un indicador apropiado. Es impartida por los bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> ) e hidróxidos (OH <sup>-</sup> ) contenidos en las aguas naturales o tratadas[33].
Mercurio (Hg)	Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente (punto de fusión -38.4°C o -37.46°F); ebulle a 357°C (675.05°F) a presión atmosférica. Es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. El mercurio sólido es tan suave como el plomo. El metal y sus compuestos son muy tóxicos. El mercurio forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio)[37].

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MINAS

Se realizaron 3 visitas en los días, 6 y 20 de noviembre de 2015 y el 4 de diciembre de 2015, en las que se llevó a cabo los muestreos, en los mismos días se hizo una visita a 3 minas que fueron denominadas: Gabino Leal, Walter Ausecha y Gabriel Peregrino. Las coordenadas de estas y algunas de sus características se presentan en las tablas 9, 10y 11 y las evidencias se muestran en las fotografías indicadas a continuación.

**Tabla 9.Ubicación y características de la mina Gabino Leal**

Territorial		Macizo
Municipio		La Sierra
Corregimiento		
Vereda		Quebrada azul
Tipo de mina		Subterránea
Predio		
Urbano	Rural	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Coordenadas Geográficas		
Norte	Este	Altura
2°13'23.77"N	76°44'25.02"O	1386,05 msnm

**Foto 1. Mina Gabino Leal, molinos para la tritución de Roca**



**Foto 2. Mina Gabino Leal, túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina**



Esta mina poseía una extensión aproximada de 2000 m<sup>2</sup> y era la más pequeña de las minas visitadas, poseía un túnel de más de 50 metros de profundidad del cual se sacaban los materiales rocosos para la extracción del oro.

**Tabla 10. Ubicación y características de la mina Walter Ausecha.**

Territorial		Macizo
Municipio		La Sierra
Corregimiento		
Vereda		Quebrada azul
Tipo de mina		Subterránea
Predio		
Urbano	Rural	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Coordenadas Geograficas		
Norte	Este	Altura
2°13'11.53"N	76°44'41.81"O	1380,53msnm

**Foto 3. Mina Walter Ausecha, túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina**



**Foto 4. Mina Walter Ausecha se observan los molinos para la trituración de la roca.**



Esta mina posee un tamaño similar a la mina Gabino Leal y su característica más importante es que es una mina de explotación a cielo abierto, careciendo de túneles, el material rocoso utilizado para la extracción del oro es tomado directamente de las montañas cercanas, posee un número tres (3) molinos para la trituración de la roca, los cuales son suficientes para el procesamiento de todo el material rocoso.

**Tabla 11. Ubicación y características de la mina Los Peregrinos**

Territorial		Macizo
Municipio		Rosas
Corregimiento		
Vereda		El diviso
Tipo de mina		Subterránea
Predio		
Urbano	Rural	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Coordenadas Geograficas		
Norte	Este	Altura
2°13'33.84"N	76°44'42.67"O	1433,42msnm

A continuación se muestran algunas fotografías de la mina los peregrinos

**Foto 5. Mina los peregrinos. Túnel subterráneo dónde sacan el material rocoso de la mina**



**Foto 6. Mina Los Peregrino, se observan los molinos para la trituration de la roca.**

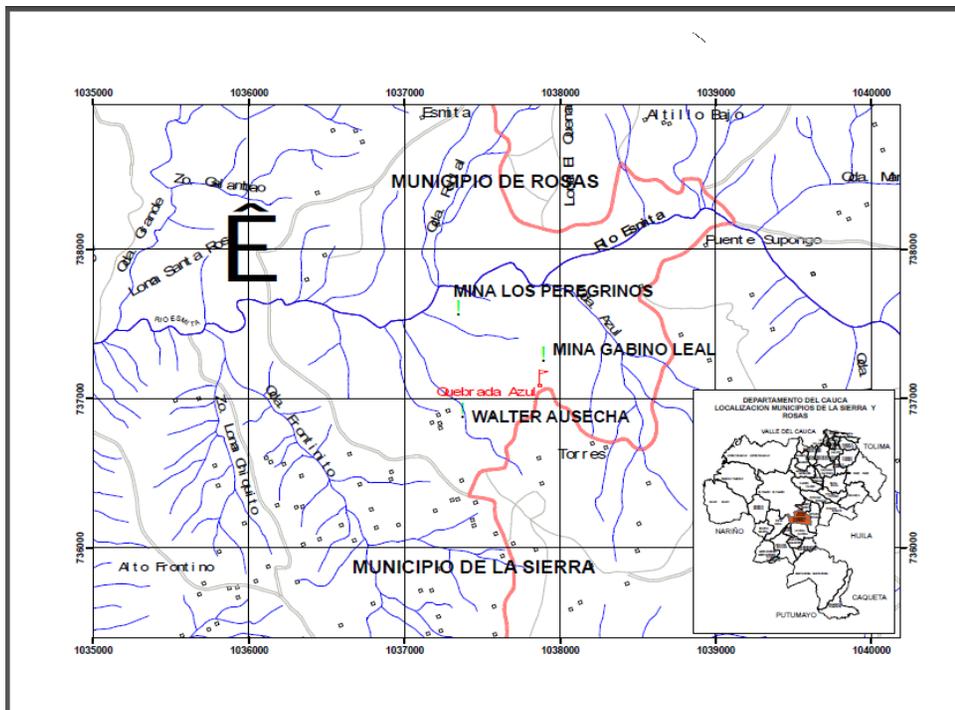


La mina los peregrinos es la más grande de las minas visitadas, pose una extensión aproximada de 5000 m<sup>2</sup>, en dicha extensión hay un túnel que alcanza los 80 metros de longitud y cuenta con 6 molinos para la trituration del material rocoso, así mismo esta es la mina que se encuentra más cerca del rio Esmita (10 metros aproximadamente).

**Mapa 1. Ubicación del Río Esmita entre el Municipio de Rosas y La Sierra Cauca.**



**Mapa 2. Delimitación del área del Río Esmita y terrenos aledaños.**



## **4.2 HIDROGRAFIA**

El municipio de Rosas en su territorio contiene la subcuenca del río Quilcace y la micro cuenca del río Esmita. Los afluentes que generan estas fuentes de agua descienden de La cordillera Central para desembocar en el río Patía, en sentido este a oeste [38].

La Micro cuenca del Río Esmita posee una extensión aproximada de 89 km<sup>2</sup> y una altura promedio de 1300 metros sobre el nivel del mar, debido a que el instituto de Hidrología, metrología y estudios ambientales de Colombia (IDEAM) no cuenta con una estación limnigráfica sobre el río la Esmita no es posible determinar el aforo promedio anual del río, sin embargo en este trabajo se determinó un caudal puntual en el punto de muestreo 1 (véase tabla 5) mediante el aforo con molinete, el valor obtenido para el caudal del río en este punto fue de 2,47 m<sup>3</sup>/s, sin embargo este valor puede cambiar dependiendo de la época del año y del nivel de precipitaciones que se presenten. Este río nace en la división de los municipios de Rosas y la Sierra a una altura de 2.600 metros sobre el nivel del mar y desemboca en el municipio del Tambo a una altura aproximada de 1.000 metros de altitud para conformar con el río Timbío y Quilcacé el nacimiento del río Patía. El río Esmita riega los municipios de Rosas, la Sierra y El Tambo [38].

## **4.3 AFECTACIÓN OCASIONADA POR LA EXTRACCIÓN ILEGAL DE MINERALES AL RECURSO HÍDRICO EN LOS MUNICIPIOS DE LA SIERRA Y ROSAS**

Para el desarrollo del primer objetivo se inició el proceso de visitas a 3 minas (2 de ellas en el municipio de la sierra y una en el municipio de rosas), los resultados y el método utilizado para el análisis de cada parámetro se presentan en la tabla 18,

Y se interpretan tomando como referencia los Decreto 1594 de 1984, Resolución 631 del 2015, decreto 3930 de 2010 y el 2115 de 2007, normatividad absorbida por el decreto único ambiental 1076 del 2016.

La Corporación realiza el monitoreo y control con el fin de verificar el cumplimiento de las medidas correctivas impuestas mediante las cuales se pretende prevenir, mitigar y compensar, los impactos generados por las diferentes actividades de los procesos, procurando que los ecosistemas locales y en general el medio ambiente de la zona de dichas actividades, no sufran alteraciones graves o incontrolables.

#### **4.4 VISITA A LAS MINAS Y DETERMINACIÓN DE LA AFECTACIÓN AMBIENTAL**

En atención a acciones de oficio enmarcadas en el proyecto de protección y vigilancia de los Recursos Naturales la subdirección de defensa del patrimonio ambiental de la C.R.C., mediante un equipo interdisciplinario se realizan visitas técnica a los sitios objetos de la diligencia, en los cuales se están realizando acciones de extracción ilegal de minerales que tiene como consecuencia afectación a los recursos naturales (Agua, suelo, bosque, fauna), dicha actividad se realiza de manera anti técnica utilizando para el beneficio el mercurio y otros elementos que aportan de manera negativa los ecosistemas.

Conforme a lo anterior se realizaron 3 visitas técnicas a la fuente hídrica (sub zona del rio la Esmita en los municipios de la sierra y Rosas en el departamento del Cauca) en las cuales se determinó en cada una, puntos específicos de toma de muestras (ver tabla 18). En cada punto de muestreo se procedió a realizar el llenado de los recipientes plásticos de dos litros unidad de medida, para verificar los siguientes parámetros en campo y laboratorio pH, OD, Alcalinidad, Temperatura, DBO<sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (mg/L),

Color, Turbiedad, SST, Mercurio, los análisis fueron realizados por el laboratorio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Cauca acreditado ante el IDEAM.

#### **4.4.1 Breve descripción de la visita a la mina Gabino Leal y estimación del grado de afectación ambiental**

En la visita técnica a esta mina se evidenció la extracción del material mineralizado para ser procesado en planta de beneficio mediante el uso de barriles donde se carga el material y se adiciona agua, bolas de acero y limón mandarina el cual actúa como desengrasante y evitar el mayor consumo de mercurio para atrapar el oro libre posteriormente después de dos horas continuas se realizan las descargas del material finamente molido y se lava las cuales se vierten en un canal con una pendiente menor a 30° donde por diferencia de gravedad o peso específico el oro libre es retenido, pero continua la descarga hacia un pozo en tierra donde quedan todavía algunos valores que pueden ser beneficiados mediante un sistema de cianuración por percolación o agitación.

Se evidencio un socavón referenciado del cual se extrae el material para ser procesado y los diferentes sectores afectados por las descargas, debido a que los tanques sedimentadores son en tierra lo cual genera el riesgo en el suelo, en las aguas superficiales por escorrentía y en las aguas subterráneas por infiltración, analizando la situación relacionada con la minería ilegal en esta vereda y los diferentes riesgos por la continuidad extracción de material mineralizado y los diferentes sectores afectados, a causa de sus descargas causando daños graves a los recursos naturales y al ambiente.

Al momento de la visita se pudo observar en esta zona el trabajo de minería que se está realizando por una planta de beneficio del oro, que están ocasionando desequilibrios estructurales, que traen como consecuencia directa el hundimiento

del suelo, grietas en la zona superficial, pérdida de la escorrentía de aguas superficiales, movimiento en masa de las laderas superficiales, degradación del área de cubierta, adición de mercurio en los recursos; agua y suelo, por la infiltración de los efluentes en el suelo generados por las plantas de beneficio y airea, producto de las emisiones de mercurio evaporado por el calentamiento de la amalgama.

En el lugar se evidencia un (1) montaje con tres (3) barriles metálicos, tanques plásticos donde se descarga y almacena el material molido proveniente del proceso para separar el oro amalgamado (retorta) y posteriormente llevarlo a fundición. Se evidencia la construcción de varias viviendas improvisadas en guadua, tabla y fibra sintética (polipropileno o propivida) utilizadas como albergue para las personas que trabajan directamente con la mina.

#### 4.4.2 Grado de afectación ambiental de la mina ilegal 1: Gabino Leal

**Tabla 12. Grado de afectación ambiental de la mina Gabino leal**

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
Intensidad (IN)	12	Superior al 100%	Cambio de uso del suelo, cambios del paisaje, descapote de material vegetal para el apilamiento de gran cantidad de material mineralizado para beneficio deteriorando las características físicas y químicas del recurso suelo y agua. Con la extracción del material mineralizado del túnel se genera remoción de sedimentos, ocasionando alteración en la

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
			turbiedad del agua y posteriormente afectación en la biota acuática.
Extensión (EX)	4	Entre una (1) y cinco (5) hectáreas	Aprovechamiento del recurso suelo en el área donde actualmente se realiza la extracción así como la influencia ambiental negativa comprende entre una y 5 ha aproximadamente.
Persistencia (PE)	3	Entre seis (6) meses y cinco (5) años	En la visita se pudo constatar que el medio se encuentra en un estado de afectación permanente en donde gran parte del suelo, agua y vegetación son objeto de intervención constante. Se evidencia que esta actividad se realiza de una manera ininterrumpida, lo que indica de retornar a las condiciones previas a la acción se encuentra en un lapso de periodo superior a 5 años.
Reversibilidad (RV)	3	Entre 1 y 10 años	Si se deja de actuar sobre el suelo este no podría recuperar con un proceso de recomposición e implementación de obras de manejo ambiental, como son reforestación rehabilitación del paisaje y repoblación forestal el

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
			lugar pretende una reversibilidad natural más rápida y de mayor impacto.
Recuperabilidad (mc)	3	Entre 6 meses y 5 años	Una vez se deje actuar sobre el suelo y se desarrollen las medidas de mitigación y compensación apropiadas se podría recuperar en gran medida la composición y estructura del suelo.

### Importancia (I).

Se estima con la siguiente fórmula:

$$I = (3 \cdot IN) + (2 \cdot EX) + PE + RV + MC$$

$$I = (3 \cdot 12) + (2 \cdot 4) + 3 + 3 + 3 = 53$$

**Tabla 13. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Gabino Leal**

Calificación	Medida Cualitativa	Rango	Valor Calificado
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	<b>53</b>

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se define que la afectación es **crítica**, teniendo en cuenta que el área donde se realiza la actividad genera impactos negativos para el recurso suelo y agua.

#### **4.4.3 Breve descripción de la visita a la mina Walter Ausecha y estimación del grado de afectación ambiental.**

El día 20 de Noviembre de 2015, el grupo interdisciplinario de la Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental CRC, realizo visitas previas de reconocimiento al sector quebrada azul Alto Municipio de La Sierra, donde se evidencia un sitio en el cual se ha realizado extracción y beneficio de oro, esto es verificable en el sitio abandonado, donde se han realizado descargas que pueden causar daños graves a los Recursos Naturales y al ambiente.

Se evidencio varios socavones referenciados y abandonados en los diferentes sectores afectados, se analiza la situación relacionada con la extracción ilegal de minerales en esta vereda y los diferentes riesgos por la continuidad de la extracción de material mineralizado y los diferentes sectores afectados.

En observancia a lo ocurrido en los sitios de extracción de oro de filón que se viene realizando desde hace dos años aproximadamente, se evidencio varios recipientes en los que se almacenan elementos químicos que son utilizados con elementos naturales como limones para capturar el material precioso.

En el lugar se encontró un (1) montaje con dos (2) tanques remoladores abandonados. Se evidencia un canalón en madera y rejilla (criba) metálica para retener el oro libre por la diferencia de densidad, tanques plásticos para almacenamiento de agua y lodos con la solución actuando para liberar el oro.

Se evidencia la construcción de varias viviendas improvisadas en guadua, tabla y fibra sintética (polipropileno o propivida) utilizadas como albergue para las personas que trabajan directamente con la mina.

#### 4.4.4 Grado de afectación ambiental (i). Mina 2 Walter Ausecha

**Tabla 14.**Grado de afectación ambiental de la mina Walter Ausecha

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
Intensidad (IN)	12	Entre 67 y 99%	Cambio del uso de suelo, alteraciones sobre el paisaje, posibles excavaciones incontroladas deteriorando las características físicas y químicas del recurso suelo y agua. Con la extracción del material mineralizado del túnel se genera remoción de sedimentos, ocasionando alteración en la turbiedad del agua y posteriormente afectación en la biota acuática.
Extensión (EX)	1	Cuando la afectación es un área determinada inferior a una ha.	Según lo verificado en la visita actual el sitio de influencia es menor a una hectárea.
Persistencia (PE)	5	Entre seis (6) meses y cinco (5) años	En la visita se pudo constatar que el medio se encuentra en un estado de afectación permanente en donde gran parte del suelo, agua y vegetación son objeto de intervención constante. Se evidencia que esta actividad se realiza de una manera ininterrumpida, lo que indica de retornar a las condiciones previas a

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
			la acción se encuentra en un lapso de periodo superior a 5 años.
Reversibilidad (RV)	5	Superior a 10 años	Con un proceso de recomposición e implementación de obras de manejo ambiental, como son reforestación rehabilitación del paisaje y repoblación forestal el lugar tiene como objeto una reversibilidad natural más rápida y de mayor impacto.
Recuperabilidad (MC)	3	Entre seis (6 ) meses y cinco ( 5) años	Se logra en un plazo entre seis meses y cinco años, una vez se deja de actuar sobre el recurso y se implementen actividades de gestión ambiental como reforestación, manejo y control de aguas localizadas en el área afectada por la extracción ilegal de minerales que pretende recuperar y mitigar el daño ocasionado por esta actividad.

### Importancia (I).

Se estima con la siguiente fórmula:

$$I = (3*IN) + (2*EX) + PE + RV + MC$$

$$I = (3*8) + (2*3) + 5 + 5 + 3 = 43$$

**Tabla 15. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Walter Ausecha**

Calificación	Medida Cualitativa	Rango	Valor Calificado
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	43
	Crítico	61 - 80	

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se define que la afectación es **severo**, teniendo en cuenta que el área donde se realiza la actividad genera impactos negativos para el recurso suelo y agua.

#### **4.4.5 Breve descripción de la visita a la mina Gabriel Peregrino y estimación del grado de afectación ambiental.**

Durante la visita realizada el día 6 de Noviembre de 2015, por parte de funcionarios de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, se hizo el recorrido hasta llegar al sitio donde se encuentra la mina de oro “Los peregrinos” la cual consta de dos bocaminas que al parecer están siendo rehabilitadas (reforzamiento mediante entibación con puertas de sostenimiento).

En el lugar se puede constatar que se han realizado labores de extracción de material para la obtención de oro, en el sitio se verifica el estado actual de una planta de beneficio compuesta por seis (6) barriles para la molienda del mineral con bolas de acero de diferente diámetro, en la parte baja de la vivienda a 20m se encuentra la bocamina del socavón para la extracción del material con un área de

3 metros por 2 metros la cual lleva una profundidad de 25 metros se observa material inerte el cual ha sido arrojado al lado de la del socavón propiciando impactos negativos tanto para el recurso suelo como a los cuerpos de aguas subterráneas debido a la infiltración y escorrentía.

Debido a la construcción de vías de acceso y establecimientos para la adecuación de la mina se evidencia la intervención del suelo por cambio en la cubierta vegetal para la siembra de cultivos de pan coger tales como maíz, plátano y yuca, observándose pequeños parches de rastrojo y vegetación herbácea. Esto demuestra que la alteración del paisaje es alta.

#### 4.4.6 Grado de afectación ambiental (i). Mina 3 Gabriel Peregrino.

**Tabla 16.** Grado de afectación ambiental de la mina los peregrinos

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
Intensidad (IN)	8	Entre 67 y 99%	Cambio del uso de suelo, alteraciones sobre el paisaje, posibles excavaciones incontroladas deteriorando las características físicas y químicas del recurso suelo y agua. Con la extracción del material mineralizado del túnel se genera remoción de sedimentos, ocasionando alteración en la turbiedad del agua y posteriormente afectación en la biota acuática.
	1	Cuando la	Según lo verificado en la visita

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
Extensión (EX)		afectación es un área determinada inferior a una ha.	actual el sitio de influencia es menor a una hectárea.
Persistencia (PE)	3	Entre seis (6) meses y cinco (5) años	En la visita se pudo constatar que el medio se encuentra en un estado de afectación permanente en donde gran parte del suelo, agua y vegetación son objeto de intervención constante. Se evidencia que esta actividad se realiza de una manera ininterrumpida, lo que indica de retornar a las condiciones previas a la acción se encuentra en un lapso de periodo superior a 5 años.
Reversibilidad (RV)	5	Superior a 10 años	Con un proceso de recomposición e implementación de obras de manejo ambiental, como son reforestación rehabilitación del paisaje y repoblación forestal el lugar pretende una reversibilidad natural más rápida y de mayor impacto.
Recuperabilidad (MC)	3	Entre seis (6 ) meses y cinco (	Se logra en un plazo entre seis meses y cinco años, una vez se

Atributos	Ponderación	Calificación según ponderación	Descripción de la Calificación
		5) años	deja de actuar sobre el recurso y se implementen actividades de gestión ambiental como reforestación, manejo y control de aguas localizadas en el área afectada por la extracción ilegal de minerales que pretende recuperar y mitigar el daño ocasionado por esta actividad.

### Importancia (I).

Se estima con la siguiente fórmula:

$$I = (3 \cdot IN) + (2 \cdot EX) + PE + RV + MC$$

$$I = (3 \cdot 8) + (2 \cdot 4) + 3 + 5 + 3 = 43$$

**Tabla 17. Cuantificación de la afectación ambiental de la mina Los Peregrinos.**

<b>Calificación</b>	<b>Medida Cualitativa</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor Calificado</b>
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	<b>43</b>
	Crítico	61 - 80	

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se define que la afectación es **severo**, teniendo en cuenta que el área donde se realiza la actividad genera impactos negativos para el recurso suelo y agua.

#### **4.5 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS EN LA SUB ZONA DEL RIO LA ESMITA EN LOS MUNICIPIOS DE ROSAS Y LA SIERRA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

Los resultados de pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Alcalinidad, temperatura, DBO<sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (mg/L), Color, Turbiedad, Mercurio Tomadas los días 6 de noviembre de 2015, 20 de noviembre de 2015 y 4 de diciembre de 2015 se presentan en la tabla 18 en el punto de muestreo número 1, se revisaron y compararon con las normas establecidas por la Resolución 631 de 2015.

**Tabla 18. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del río Esmita tomadas en el punto de muestreo número 1.**

Variable	Método	Unidad	Punto de muestreo 1 (2°13'22.66"N-76°43'15.09"O)		
			Resultados*		
			6/9/2015	20/9/2015	4/10/2015
pH	SM 4500-H B	Unidades de Ph	7,92	7,9	7,6
Conductividad	SM 2510 B	µS/cm	204	229	215
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G	mg/L	7,72	7,44	6,92
Temperatura	SM 2550 B	°C	21,8	21,4	21,6
Color	SM 2120 C	UPC	10,81	11,02	12
Turbiedad	SM 2130 B	UNT	42	36	47
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM 4500-OG	mg/L	1,6	1,2	1,8
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	10,4	12,1	12,9
SST	SM2540D	mg/L	5,6	6,3	4,92
Alcalinidad	SM 2340 C	mgCaCO <sub>3</sub> /L	70,5	69,1	72,5
Mercurio	SM 3112, modificado	mg/L	0	0	0

Para cada muestra de agua de 2 litros que fue tomada en el punto de muestreo 1 los días indicados se realizó cada análisis por triplicado, el valor que se presenta en esta tabla corresponde a la media de los 3 análisis realizados para cada prueba ya que el laboratorio donde se realizaron dichos análisis los reporto de esta manera (Laboratorio Ambiental CRC).

**Tabla 19. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del río Esmita tomadas en el punto de muestreo número 2.**

Variable	Método	Unidad	Punto de muestreo 2 ( 2°13'23.25"N-76°44'39.53"O)		
			Resultados*		
			6/9/2015	20/9/2015	4/10/2015
Ph	SM 4500-H B	Unidades de pH	7,91	7,98	7,78
Conductividad	SM 2510 B	μS/cm	215	240	324
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G	mg/L	7,42	7,12	6,89
Temperatura	SM 2550 B	°C	22,2	22,1	22,6
Color	SM 2120 C	UPC	13,05	12,92	13,12
Turbiedad	SM 2130 B	UNT	63	59	65
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	1,3	1,5	1,4
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	11,9	12,2	13,1
SST	SM2540D	mg/L	5,8	5,1	6,1
Alcalinidad	SM 2340 C	mgCaCO <sub>3</sub> /L	69,1	62,9	70,3
Mercurio	SM 3112, modificado	mg/L	0	0	0

Para cada muestra de agua de 2 litros que fue tomada en el punto de muestreo 2 los días indicados se realizó cada análisis por triplicado, el valor que se presenta en esta tabla corresponde a la media de los 3 análisis realizados para cada prueba ya que el laboratorio donde se realizaron dichos análisis los reporto de esta manera (Laboratorio Ambiental CRC).

**Tabla 20. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua del río Esmita tomadas en el punto de muestreo número 3.**

Variable	Método	Unidad	Punto de muestreo 3 (2°13'18.72"N-76°45'33.95"O)		
			Resultados*		
			6/9/2015	20/9/2015	4/10/2015
pH	SM 4500-H B	Unidades de pH	6,2	6,12	6,06
Conductividad	SM 2510 B	µS/cm	565	612	620
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G	mg/L	7,32	7,02	6,71
Temperatura	SM 2550 B	°C	23,1	22,9	23,3
Color	SM 2120 C	UPC	23,03	19,2	22,82
Turbiedad	SM 2130 B	UNT	164	170	178
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM 4500-OG	mg/L	3,4	3,9	3,1
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	9,5	11,8	12,2
SST	SM2540D	mg/L	12,2	13,4	11,6
Alcalinidad	SM 2340 C	mgCaCO <sub>3</sub> /L	38,9	30,7	43,4
Mercurio	SM 3112,modifica do	mg/L	0,0	0,0502	0,0027

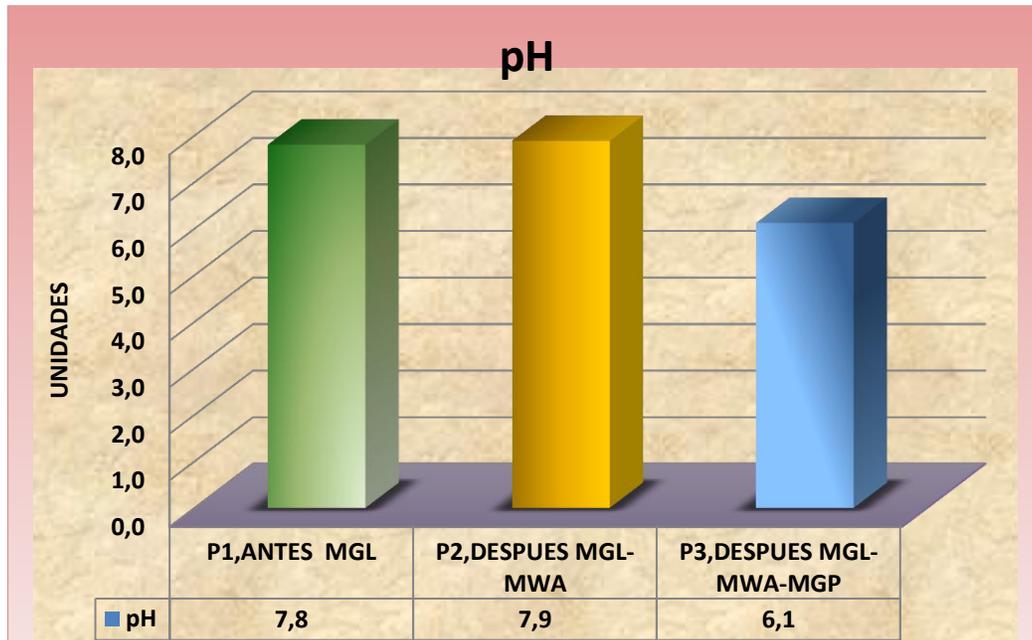
Para cada muestra de agua de 2 litros que fue tomada en el punto de muestreo 1 los días indicados se realizó cada análisis por triplicado, el valor que se presenta en esta tabla corresponde a la media de los 3 análisis realizados para cada prueba ya que el laboratorio donde se realizaron dichos análisis los reporto de esta manera (CRC).

#### **4.5.1 pH (potencial de Hidrogeno)**

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones. En una disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7 (la acidez es mayor, porque hay más iones hidrógeno en la disolución). Por otro lado, las disoluciones alcalinas tienen un pH superior a 7 (la alcalinidad es mayor, porque hay menor concentración iones hidrógeno). La disolución se considera neutra cuando su pH es igual a 7, por ejemplo el agua.

Para mayor claridad en las siguientes figuras se definen las siguientes siglas MGL (Mina Gabino Leal), MWA (Mina Walter Ausecha), MGP (Mina Gabriel Peregrino).

**Figura 1. Potencial de Hidrogeno.**



Fuente: *Elaboración Propia*

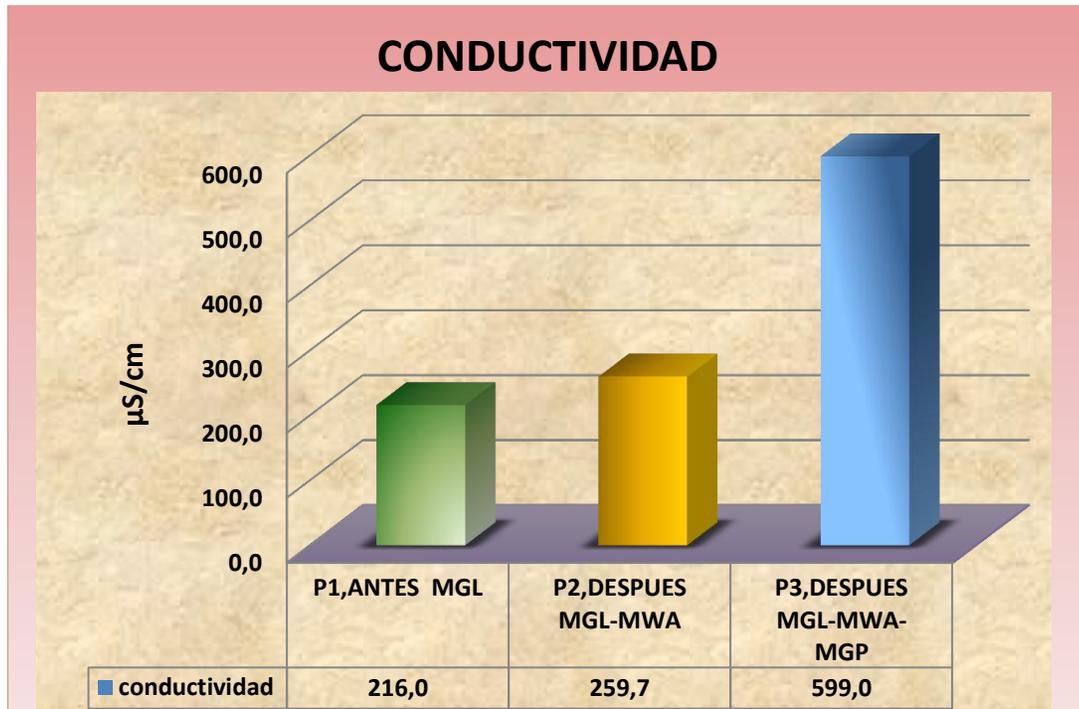
Según la figura 1, respecto a los datos tomados In Situ en los tres puntos monitoreados la variable pH se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de un vertimiento a un cuerpo de agua, establecido en la resolución 631 del 17 de marzo de 2015 (entre 6,00 a 9,00 Unidades de pH). No obstante en el punto 1 y 2 el pH es ligeramente básico, esto puede darse debido a que en los procesos de minería se utilizan agentes alcalinos como sales u óxidos de calcio o de magnesio. El óxido de calcio (Cal viva) es utilizado para controlar el pH de las pilas evitando la volatilización del cianuro que se utiliza en la extracción de los metales. También puede utilizarse directamente el hidróxido de calcio, para controlar dicho pH. En este caso en particular se utiliza cal agua en estos dos puntos. En el punto tres se observa que el pH tiende más a la neutralidad con una pequeña acidez, la que puede ser debido a que las personas que se dedican a esta actividad también utilizan algunos elementos naturales como el limón, jabones, que alteran las condiciones fisicoquímicas naturales del agua .

#### **4.5.2 Conductividad**

La conductividad de una sustancia se define como "*la habilidad o poder de conducir o transmitir calor o electricidad*". La unidad básica para medir la conductividad es el siemens por centímetro (S/cm). Al determinar la conductividad de una solución acuosa se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio).

Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la conductividad. La conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas. Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales. Cambios significativos pueden ser indicadores eventos puntuales de contaminación.

**Figura 2. Conductividad**



*Fuente: Elaboración Propia*

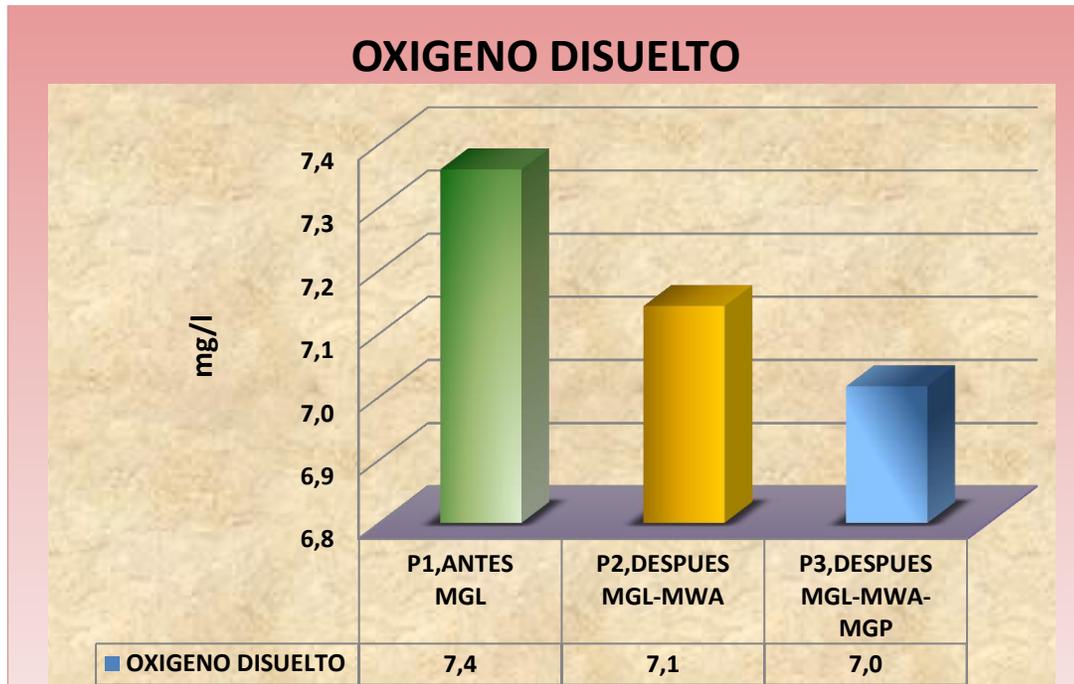
Según la figura 2, con respecto a los datos tomados In Situ en los tres (3) puntos monitoreados del Rio Esmita, se observa que después de las minas de Walter Ausecha, Gabino Leal y Gabriel Peregrino se evidencia aguas abajo que la variable de conductividad aumenta significativamente. Esto puede darse debido a que en las minas (legales o ilegales) en sus descargas de aguas residuales llevan elevadas concentraciones de iones como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , sales de cianuro, o iones metálicos debido a todos los reactivos químicos empleados en dicha labor de minería haciendo que se produzca este fenómeno. A pesar de este aumento se ve que estos niveles se encuentran por debajo de los niveles de conductividad permitidos para aguas potables que son  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$  según normatividades europeas.

### **4.5.3 Oxígeno Disuelto**

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos.

Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de  $O_2$  caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia (bajas [OD]).

Figura 3.Oxígeno Disuelto.



Fuente: Elaboración Propia

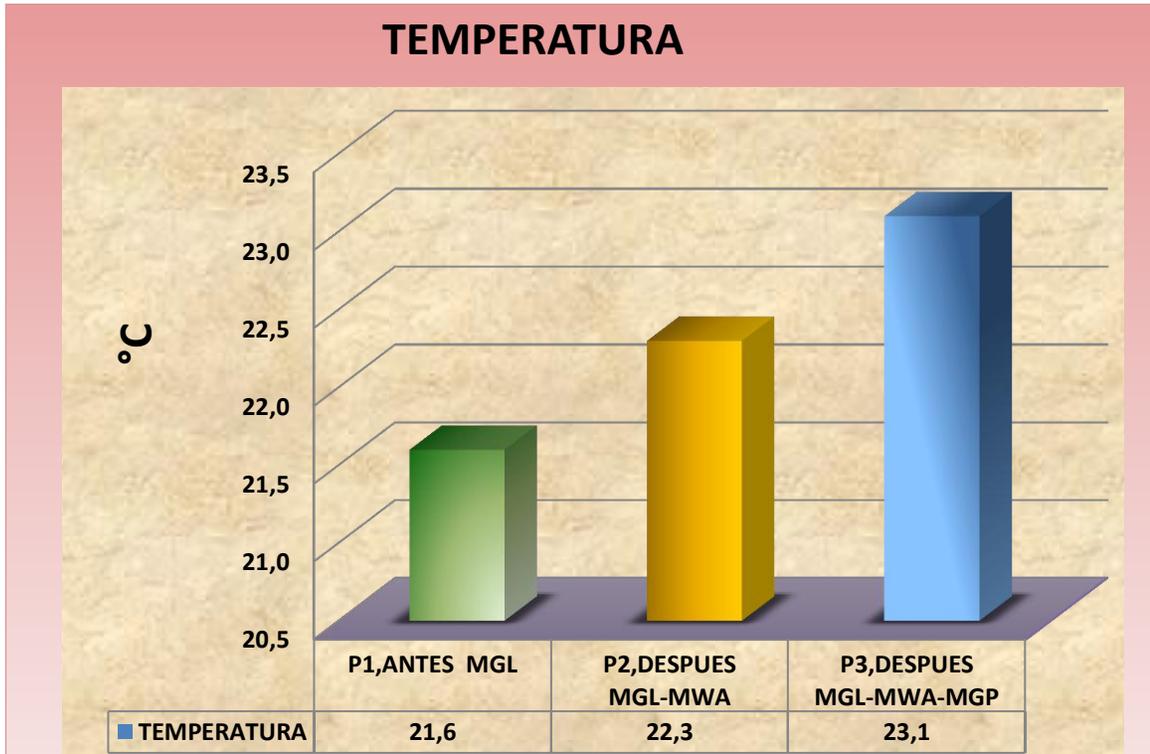
Con respecto al oxígeno, existen dos fuentes para la incorporación de éste a las aguas superficiales: a) la atmósfera; y b) la fotosíntesis. El oxígeno atmosférico se introduce en el agua debido a las perturbaciones físicas, tales como olas o turbulencias, que permiten “atrapar” a este elemento en su forma molecular ( $O_2$ ). La cantidad de oxígeno disuelta en el agua está limitada por parámetros físicos tales como la temperatura y la presión atmosférica. Para una presión constante, a mayor temperatura menos solubilidad. Otros factores que limitan la disponibilidad de oxígeno en el agua son los biológicos, bioquímicos, e inorgánicos. Los primeros guardan relación con la respiración de los organismos acuáticos (p.ej., peces), y la descomposición de éstos en condiciones oxidantes (paso de compuestos tipo  $CH_n$  a  $CO_2$ ). Entre los inorgánicos debemos destacar los procesos de oxidación de compuestos reducidos (p.ej., paso de piritita [ $FeS_2$ ] a compuestos tipo goethita [ $FeOOH$ ]). Como datos concretos, los peces requieren unas 5-6 ppm de oxígeno

disuelto para su actividad normal. Niveles del orden de 3 ppm son ya críticos, y entre 1 y 2 ppm un río no puede sostener un ecosistema que incluya peces.

De acuerdo a los datos In situ, para la variable de Oxígeno disuelto (Ver Figura 3) se evidencia que no existe una disminución significativa en relación a los puntos monitoreados, este comportamiento se debe a la capacidad de dilución que tiene la fuente hídrica. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir, los cuales en los 3 puntos monitoreados el agua tiene características de buena calidad.

#### 4.5.4 Temperatura

Figura 4. Temperatura.



Fuente: Elaboración Propia

Si el agua está demasiado caliente no habrá suficiente oxígeno en el agua. De acuerdo a los datos In situ, para la variable de Temperatura (Ver Figura 4) en las que el monitoreo se realizó en distintas fechas en el río Esmita presenta diferencia de temperatura que está influenciada por la vegetación que varía entre puntos y por la variación de la radiación solar entre las diferentes horas que se tomaron las muestras.

#### **4.5.5 Color**

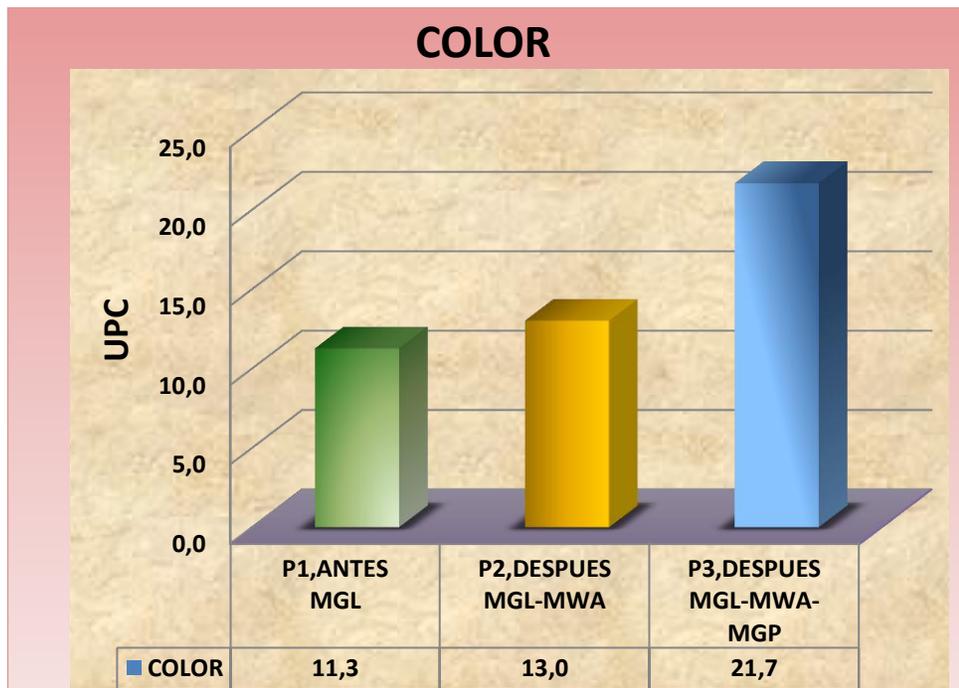
El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Existen muchas causas y por ello no podemos atribuirlo a un constituyente en exclusiva, aunque algunos colores específicos dan una idea de la causa que los provoca, sobre todo en las aguas naturales. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores.

En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales:

- Color amarillento debido a los ácidos húmicos.
- Color rojizo, suele significar la presencia de hierro.
- Color negro indica la presencia de manganeso.

El color, por sí mismo, no descalifica a un agua como potable pero la puede hacer rechazable por estética, en aguas de proceso puede colorear el producto y en circuito cerrado algunas de las sustancias colorantes hacen que se produzcan espumas. Las medidas de color se hacen en laboratorio por comparación, y se suelen medir en ppm de Pt, las aguas subterráneas no suelen sobrepasar las 5 ppm de Pt pero las superficiales pueden alcanzar varios cientos de ppm de Pt. La eliminación suele hacerse por coagulación-floculación con posterior filtración o la absorción en carbón activo.

**Figura 5.Color**



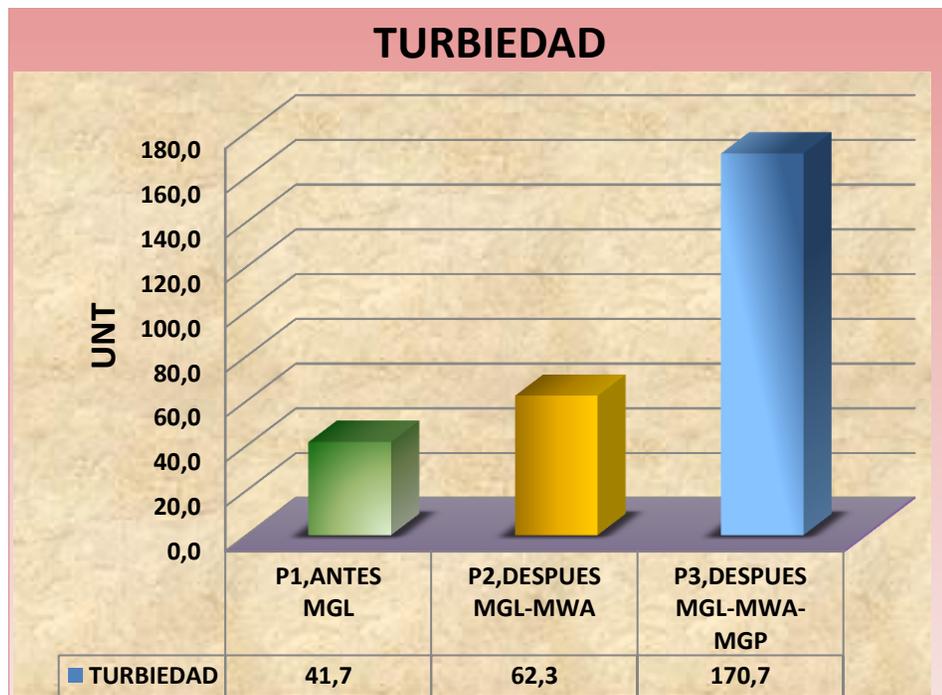
*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados obtenidos en los análisis (Ver Figura 5) en las que el monitoreo se realizó in situ, el color se encuentran dentro del límite máximo permisible de un vertimiento puntual de aguas residuales no domesticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividades de mineria, Articulo 10 Resolucion 631 del 17 de Marzo 2015. Con respecto al punto 3 despues de la mina gabino leal, walter ausecha y gabriel peregrino presenta un incremento debido a la temporada de invierno en la fecha que se tomaron las muestras y es probable la influencia por la presencia de las minas ya que el agua lluvia se mezcla con los residuos de los materiales sobrantes del proceso de beneficio y afecta el color de las aguas del rio Esmita.

#### 4.5.6 Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias, la medición en ppm de SiO<sub>2</sub> ha sido muy utilizada pero se aprecian variaciones según la sílice y la técnica empleadas. Otra forma es mediante célula fotoeléctrica, existen numerosos tipos de turbidímetros. Se elimina por procesos de coagulación, decantación y filtración.

**Figura 6. Turbiedad.**



*Fuente: Elaboración Propia*

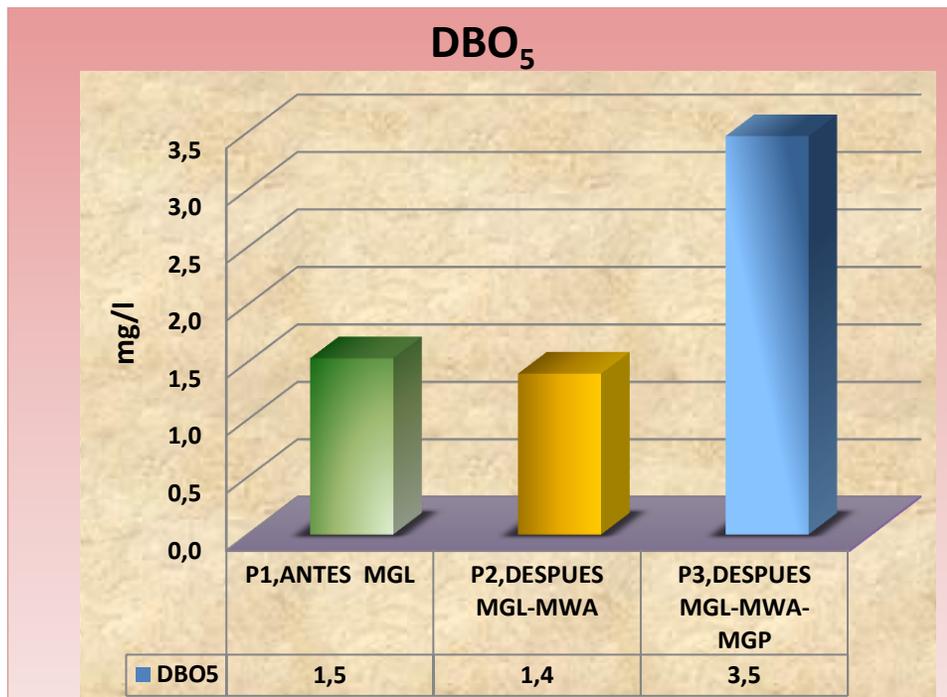
De acuerdo a los datos In situ, para la variable de Turbiedad (Ver Figura 6) arrojados por el laboratorio de la CRC se observa que en la muestra después de la mina Gabino Leal, Walter Ausecha y Peregrinos se incrementó, debido a que en la época de muestreo hubo alta pluviosidad arrastrando los residuos sobrantes de

roca del proceso de beneficio del mineral alterando los procesos fotosintéticos de las plantas acuáticas. Por tanto podemos decir que las minas si tienen una contribución significativa en el aumento de la turbiedad en el agua del río Esmita.

#### **4.5.7 Analisis de DBO<sub>5</sub>**

Esta técnica permite obtener una estimación de la materia orgánica contenida en el líquido residual. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es la cantidad de Oxígeno usado por la actividad respiratoria de los microorganismos que utilizan la materia orgánica de aguas residuales para crecer y para metabolizar a partir de ella y de otros microorganismos sus componentes celulares, representa el requerimiento de oxígeno producido por la biodegradación de la materia orgánica contenida en el agua y es de gran importancia, porque indica de forma indirecta la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua. Se determina de diversas formas, expresándose en cada caso como parámetros distintos: por ejemplo, el DBO<sub>5</sub> representa el consumo de oxígeno provocado por la bio-oxidación de una muestra de agua a 20°C durante 5 días. La DBO<sub>5</sub> es la medida por excelencia utilizada por las agencias reguladoras en todo el mundo para medir el impacto de la contaminación causada por las aguas residuales.

Figura 7. DBO<sub>5</sub>.



Fuente: Elaboración Propia

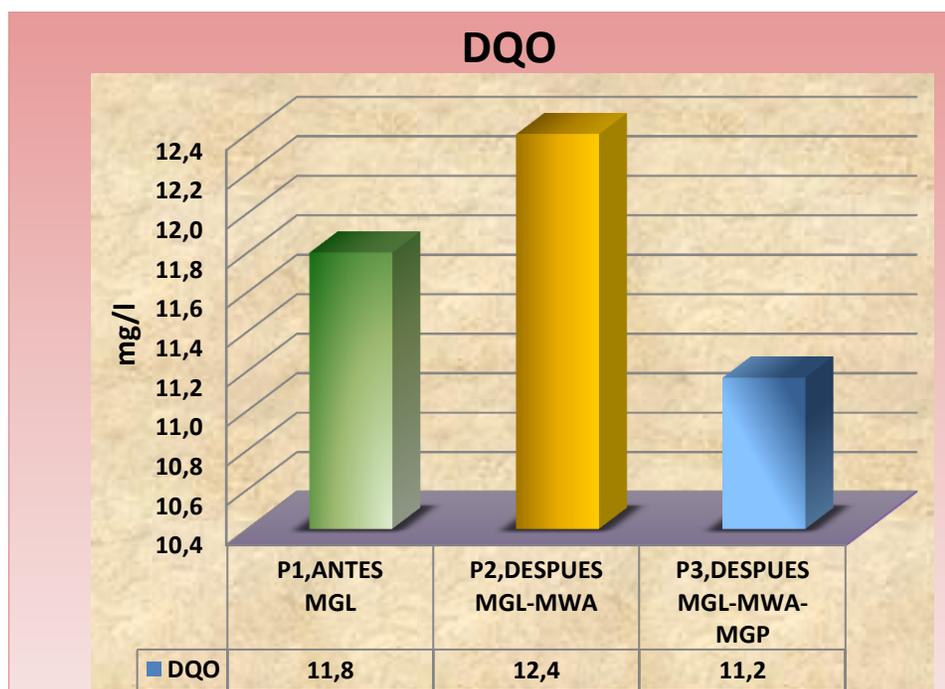
Según la figura 7, con respecto a los resultados la DBO<sub>5</sub> arrojo valores bajos, en el punto 1 arrojo un valor de 1,5 mg/L, en el punto 2 de 1,4 mg/L y en el punto 3 de 3,5 mg/L. De acuerdo a lo anterior se evidencia que en el río Esmita en los tres puntos objeto de estudio no presentan contaminación significativa por materia orgánica; se encuentran dentro de los límites permisibles en los vertimientos de la actividad minera a los cuerpos de aguas superficiales según resolución 631 del 17 de Marzo de 2015, la cual establece para la variable DBO<sub>5</sub> valores límites máximos de 150 mg/L.

#### 4.5.8 Analisis de DQO

La DQO o demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la totalidad de la materia oxidable, tanto Orgánica como Mineral. Se mide en ppm o mg O<sub>2</sub>/L. Es el resultado de una oxidación química en húmedo por

medio de mezcla Sulfo-Crómica en Caliente. Guarda cierta relación con la DBO<sub>5</sub>, siendo esta última una fracción de la primera que oscila entre el 2 y el 70 %. En deshechos poco biodegradables como la gasolina y los Hidrocarburos, se dan las relaciones más bajas. En Aguas poco contaminadas deberá ser inferior a 50 ppm. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm.

**Figura 8. DQO.**



*Fuente: Elaboración Propia*

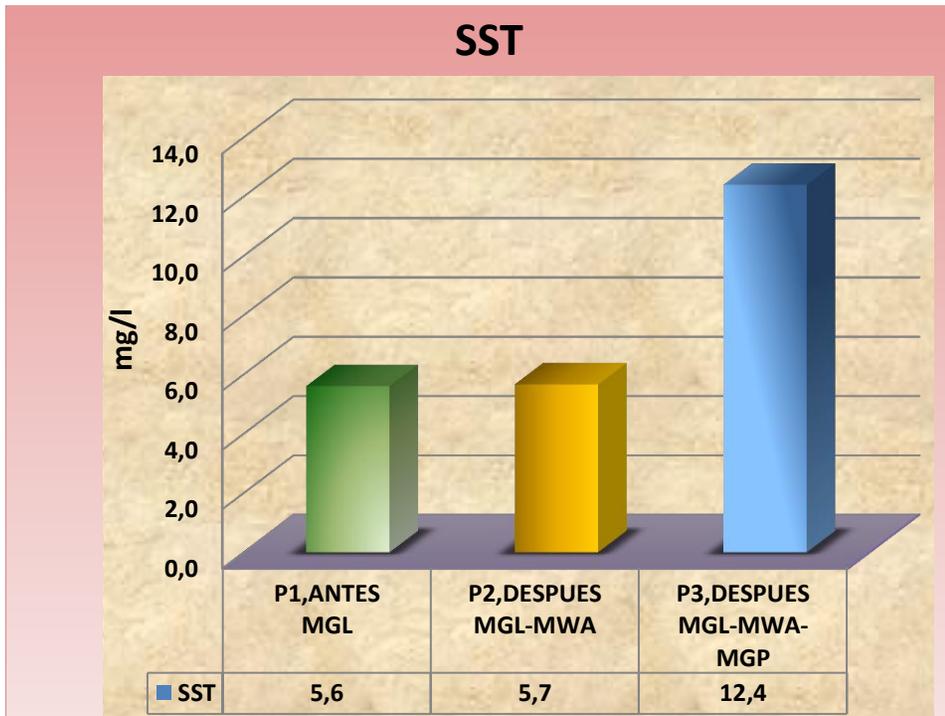
Según la figura 7, de acuerdo al Artículo 10, valores límites máximos en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividad de minería, los resultados se encuentran entre 11,2 mg/l y 12,4 mg/L la cual cumplen con la normatividad ambiental vigente resolución 631 del 17 de Marzo de 2015, la cual establece para la variable DQO valores límites máximos de 150,00mg/L. Se observa que los aportes de la minería

a la contaminación por material orgánico es mínima debido a que los valores tanto de la  $DBO_5$  como de la DQO son bajos y están dentro de la normatividad.

#### **4.5.9 Analisis SST**

Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

**Figura 9. SST**



*Fuente: Elaboración Propia*

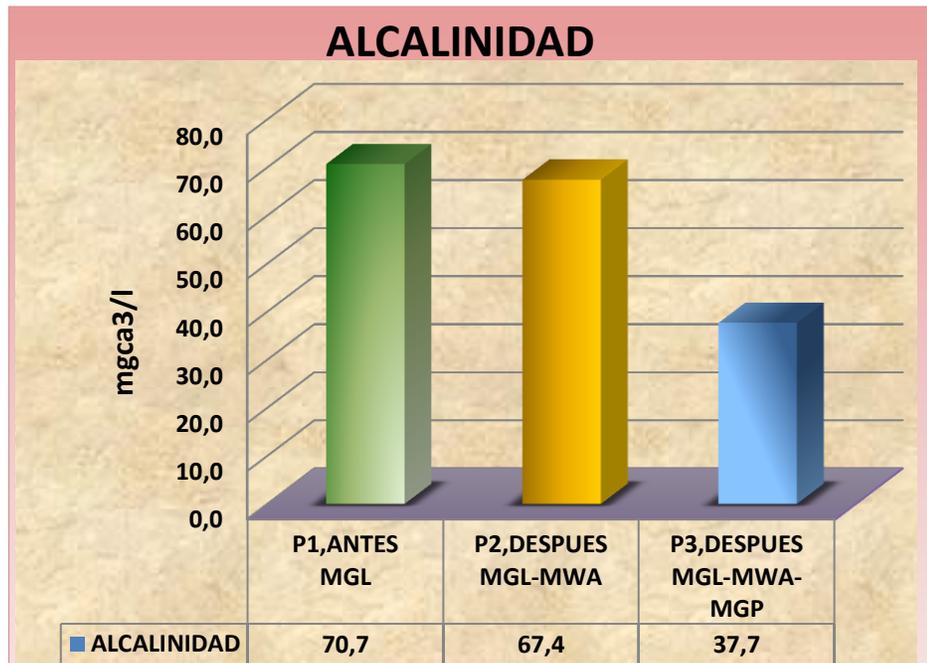
Según la figura 7, De acuerdo al Artículo 10, valores límites máximos en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividad de minería, los resultados se encuentran entre 5,6 mg/l y 12,4 mg/L la cual cumplen con la normatividad ambiental vigente resolución 631 del 17 de Marzo de 2015, podemos decir que las minas presentes en la zona cerca de la ribera del río la Esmita si tienen una influencia en el aumento de los sólidos suspendidos totales en la fuente hídrica. Posiblemente debido a los sobrantes de material en el proceso de beneficio el cual es arrastrado por la lluvia.

#### **4.5.10 Analisis alcalinidad**

La alcalinidad es una medida de neutralizar ácidos. Contribuyen, principalmente, a la alcalinidad de una solución acuosa los iones bicarbonato ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), y oxidrilo ( $\text{OH}^-$ ), pero también los fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Su presencia en el agua puede producir  $\text{CO}_2$  en el vapor de

calderas que es muy corrosivo y también puede producir espumas, arrastre de sólidos con el vapor de calderas, etc. Se mide en las mismas unidades que la dureza. Se corrige por descarbonatación con cal, tratamiento ácido o desmineralización por intercambio iónico.

**Figura 10. Alcalinidad.**



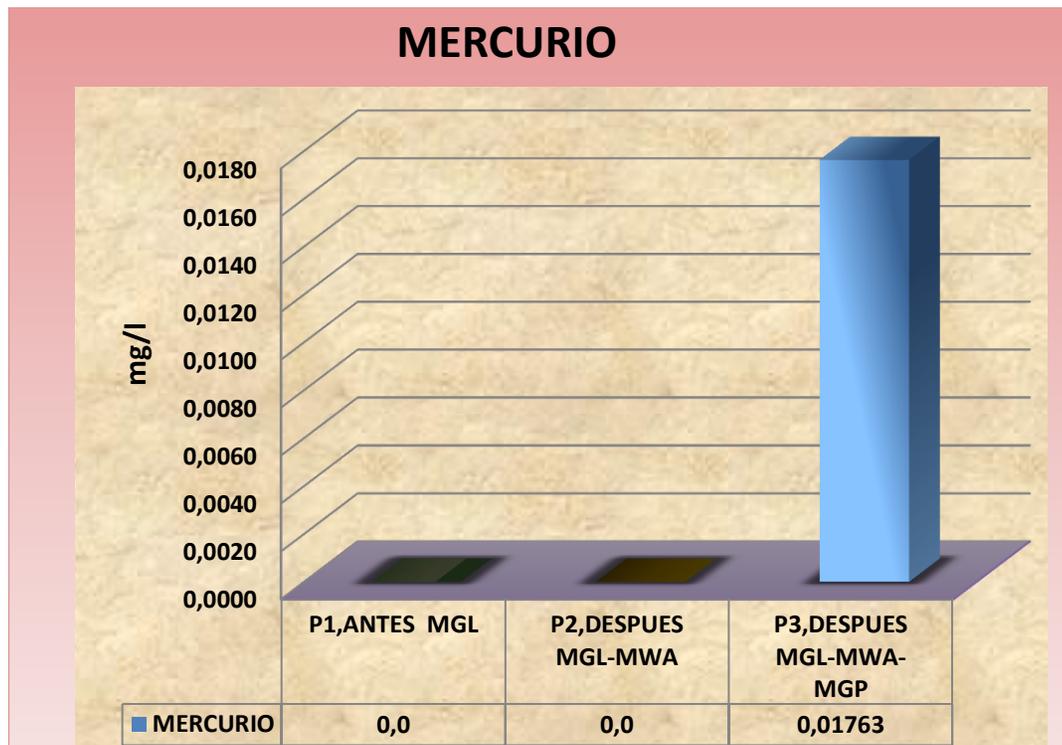
*Fuente: Elaboración Propia*

Con respecto a la Figura 10, las muestras que presentaron un valor más bajo corresponden a las tomadas después de la mina Gabino leal, Walter Ausecha y Gabriel Peregrino siendo coherente con el hecho de que estas muestras presentaron los valores de pH más bajos, este valor de alcalinidad se encuentra en un valor medio indicando que las minas no tiene una influencia en la calidad del agua en este parámetro físico-químico.

#### **4.5.11 Análisis de mercurio**

En regiones afectadas por la minería del oro, la inhalación de vapores de mercurio junto con la ingesta de peces contaminados, constituyen las principales fuentes de contaminación con este metal, el cual afecta la salud humana de múltiples maneras. No obstante, otra fuente adicional reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el consumo de agua contaminada. Aunque por lo general las aguas superficiales contienen bajos niveles de mercurio debido a que este es rápidamente consumido por microorganismos acuáticos, se ha encontrado que bajo ciertas circunstancias su concentración en el agua puede alcanzar valores alarmantes, superando incluso los 2,0 µg/L (valor estipulado en la legislación colombiana para aquellas fuentes hídricas destinadas para consumo humano y doméstico).

**Figura 11.Mercurio**



Fuente: Elaboración Propia

Un factor muy importante de los efectos del mercurio en el medio ambiente es su capacidad para acumularse en organismos y ascender por la cadena alimentaria. El mercurio cuando se combina con compuestos orgánicos es una toxina que ataca el sistema nervioso central, y los riñones son los órganos más vulnerables ante el mercurio inorgánico.

De acuerdo a la Figura 11, dicha concentración no se observó en los dos primeros puntos de muestreo, debido a que al tratarse de una fuente que siempre está en continuo movimiento las concentraciones se diluyen tanto que no alcanzan a ser detectadas. El contenido de mercurio supero por mucho la concentración permitida en el punto de monitoreo después de la mina Gabino Iela, Walter Ausecha y Gabriel Peregrino. Este hecho probablemente se debe a que las minas hacen descargas de este metal pesado al río la Esmita en ciertos periodos de tiempo,

generando un aumento de concentración de este metal a lo largo de su recorrido en la fuente hídrica. Se observa que a medida que van aumentando los vertimientos aumenta la concentración de este venenoso metal en los ecosistemas acuáticos sobrepasando los niveles máximos permisibles según resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 ocasionando daños irreversibles al medio ambiente.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se logró identificar el grado de afectación ambiental que generan esos procesos de beneficio las minas ilegales Gabino Leal, Los peregrinos y Walter Ausecha, ubicadas en los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del Cauca, los resultados de acuerdo a la Resolución 2086 de 2010, revelo que el grado de afectación de las minas Walter Ausecha y Gabriel Peregrino es severo y que este valor es crítico para la mina ilegal Gabino Leal. Estos resultados llevan a pensar en tomar medidas de control de inmediato con el fin de controlar el grado de afectación ambiental que están realizando estas minas en sus procesos de beneficio en los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del Cauca.
- Los resultados de laboratorio tomados para las variables de pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Solidos Suspendidos Totales (SST), se encuentran por debajo del límite máximo permisible de un vertimiento a un cuerpo de agua (pH entre 6,00 y 9,00, DQO y DBO<sub>5</sub> se establecen valores de 150,00mg/L y SST 50 mg/L) este comportamiento nos indica que estas variables cumplen con la normatividad ambiental vigente Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015.
- El resultado en el punto 3 para la variable mercurio (Hg) (0,0176 mg/L), se encuentra por encima del límite permisible de un vertimiento a un cuerpo de agua (0,002 mg/L); esto indica que esta variable no cumple con la normatividad ambiental vigente Resolución 631 del 17 de Marzo de 2016.

- Las minas están contribuyendo a la contaminación por mercurio utilizado en el proceso de beneficio y las personas que actúan en la ilegalidad minera no tienen conciencia ni conocimiento del grave daño que están causando al ecosistema y al futuro de nuestro planeta.
- Los resultados de los análisis del contenido de mercurio en las aguas del río Esmita, no guardaron reproducibilidad en cuanto a los puntos de muestreo y las fechas en los que se realizaron, por tanto estos resultados no son concluyentes sobre la contaminación que este elemento puede estar ocasionando a las aguas del río. Probablemente el límite de detección del equipo utilizado (0,002 mg/L de mercurio) no fue suficiente para cuantificar este metal en el agua, por otro lado la insolubilidad del mercurio también pudo ocasionar que este elemento no se distribuyera uniformemente en las aguas.
- Con este trabajo se concluye que la fuente hídrica está siendo afectada por elementos contaminantes; con el transcurso de los años por infiltración o por escorrentía se pueden ver afectados acuíferos subterráneos y el Río Esmita, por tanto se pretende realizar un estudio más exhaustivo de los entables haciendo un estudio de suelo o una perforación para valorar las aguas subterráneas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Con el fin de complementar este trabajo de grado se recomienda realizar los análisis de los siguientes parámetros básicos pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Color, Turbiedad, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales (SST), Alcalinidad, Mercurio, en las aguas de afluentes del río la Esmita que sean cercanos a las minas ilegales con el fin de determinar el grado de

afectación ambiental que estos pueden tener y determinar si estos afluentes están contribuyendo a la contaminación de las aguas del río. Así mismo análisis de contaminación del aire, determinando la presencia de gases tóxicos que se producen en este tipo de minas como resultado de la extracción del oro de la roca, los análisis deben ser enfocados a determinar cualitativamente cianuro o mercurio, esto ayudara a establecer si es necesario que las personas que trabajan en dichas minas utilicen la indumentaria necesaria para poder realizar el trabajo en estas minas sí que inhalen estos contaminantes.

- Por otro lado también se considera importante analizar la posible contaminación de las aguas subterráneas, las cuales por procesos naturales de infiltración que se dan en la cuenca del río Esmita, que pueden llegar a las aguas de este, dando lugar también a la contaminación, cuyo grado de contaminación se hará visible a través de la toma de muestras de aguas subterráneas en la cercanía de las minas con el fin de realizar los respectivos análisis fisicoquímicos de pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Color, Turbiedad, Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales (SST), Alcalinidad, Mercurio.
- Para tener una perspectiva más amplia sobre el daño ambiental en la zona, se recomienda realizar análisis fisicoquímicos a muestras de suelo en la cercanía de las minas, con el fin de determinar el daño ambiental a este recurso fundamental para el crecimiento de la flora nativa. Realizadas todas estas recomendaciones en trabajos futuros será posible estimar de manera general e integral el daño ambiental (suelo, aire y agua) que están ocasionando estas minas en sus procesos de beneficio de oro que se realizan en los municipios de la Sierra y Rosas en el departamento del Cauca.
- Finalmente se recomienda fomentar y realizar campañas educativas a las comunidades de la región para ilustrarles de las consecuencias en la salud y el

ambiente que generan este tipo de prácticas, con el fin de disminuir este tipo de actividades y tratar de inculcar mejores prácticas para la explotación minera artesanal que generen menos daño ambiental y riesgo a la salud de los pobladores de la región.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. Disponible en:<http://www.semana.com/nacion/articulo/fenomeno-de-el-nino-se-seca-el-primer-rio-en-colombia/458485> el día 15 de mayo de 2016
- [2]. Colombia PBI Colombia, boletín informativo no 18. Noviembre de 2011
- [3]. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW); guía para evaluar EIAS de proyectos mineras. 2010
- [4]. Disponible en:[http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=453](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=453) el día 13/5/2016
- [5]. United States Environmental Protection Agency (diciembre de 1997) *Mercury Study Report to Congress* (PDF) 3. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency
- [6]. Disponible en:<http://www.semana.com/nacion/articulo/fenomeno-de-el-nino-se-seca-el-primer-rio-en-colombia/458485> el día 15 de mayo de 2016
- [7]. Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC. Informe técnico de Resultados y Acciones de Protección y Vigilancia adelantadas en el Departamento del Cauca sobre Minería Legal e Ilegal. Popayán, 5 de Enero del 2015.
- [8]. Torres Gutiérrez, Jorge Iván; Pinzón Salcedo, Miguel; Esquivia Zapata, Mauricio; Parra Pizarro, Alberto y Espitia Jiménez, Elkin Hernando. La Explotación Ilícita de Recursos Minerales en Colombia. Casos Valle del Cauca (Río Dagua) – Chocó (Río San Juan). Efectos Sociales y Ambientales. Contraloría General de la República. 2012. p. 4.

[9]. Secretaria senado; Ley 1658 de 2013, Diario Oficial No. 48.852 de 15 de julio de (2013)

[10].UPM; Producción Más Limpia en la Minería del Oro en Colombia. 2007

[11]. Julio Fierro Morales. Políticas mineras en Colombia. Instituto latinoamericano para una sociedad y un derecho alternativos.textos de aquí y ahora.

[12].Disponible en:<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/614096/3-Minas.pdf/bfd5ce86-3590-4ea9-9c25-2e567d22f2de>

[13]. Ley 685 de 2001. Por el cual se expide el código de minas y se dictan otras disposiciones. Congreso de Colombia.

[14]. Disponible en:<http://www.elespectador.com/noticias/nacional/magnates-del-oro-versus-pequenos-mineros-articulo-600767> el día 18 de mayo de 2016

[15]. Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana. Jesús Olivero Verbel. Disponible en [http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum\\_topic/3655/files/efectos\\_mineria\\_colombia\\_sobre\\_salud\\_humana.pdf](http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/forum_topic/3655/files/efectos_mineria_colombia_sobre_salud_humana.pdf) consultado el 18 de mayo de 2016

[16]. (Park y Zheng, 2012)

[17].Diagnóstico de Condiciones Sociales y Económicas. Línea Base de Indicadores Socio Económicos. Sub Región del Macizo Colombiano. Gobernación del Cauca. 2014.p.3

[18].Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2009) DANE. Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. DSCN. Metodología de las Cuentas Nacionales de Colombia. Año base 2000.

[19].R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ley 685 de 2001

[20]. R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ley 99 de 1993

[21].R. de C. Ministerio de Agricultura, Decreto 1594 de 1984 de 26 de junio del 1984

[22].R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,Resolución0631 de 17 marzo del 2015

[23].R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 2115 22 junio del 2007

[24].R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010

[25].R. de C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ley 1658 de 15 Julio del 2013

[25].Disponible en: <http://www.ucpypfe.gov.ar/BirfPIHNG/IEA-PmpaAnexo3.pdf>

[26]. Disponible en: [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm) consultado el día 22 de mayo de 2015

[27]. (Ministerio del Medio Ambiente Dirección General Ambiental Sectorial, 2002).

**[28].** Agencia nacional de minería, disponible en <http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/exploracion.pdf> consultado el día 19 de mayo de 2016.

**[29].** resolución 2086 de 2010. Ministerio del medio ambiente vivienda y desarrollo territorial. Disponible en <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2015/04/RESOLUCI%C3%93N-2086-DE-2010.pdf> consultado el día 20 de mayo de 2016.

**[30].** manual de procedimientos de toma de muestras de aguas para análisis físico-químico y microbiológico. Servicio nacional de aprendizaje SENA. 2011.

**[31].** Corporación regional autónoma del Cauca CRC disponible en <https://aplicaciones.crc.gov.co/docucrc/archivos/2012-09/150281.PDF> consultado el día 21 de mayo de 2016. Código 921206.

**[32].** JARA, Acuña Francisco. Aguas industriales, tratamiento de clarificación, intercambio iónico, Departamento técnico, EXRO LTDA, 4 Edición, Bogotá, 1983, Pág. 58-60.

**[33].** SEOANEZ CALVO. Mariano. Ecología Industrial. Ingeniería Medioambiental aplicada a la industria y la empresa. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, 1998 p 23,35,48,77,87,89,103,163,194,203,216,217,451.

**[34].** RESTREPO MEJIA, Ana Patricia. Curso sobre análisis físico-químico de aguas. Universidad Pontificia Bolivariana; p. 4

**[35].** Disponible: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

**[36]** Disponible en: <http://www.rosas-cauca.gov.co/apc-aa-files/30376430313039346430653362393139/plan-de-desarrollo-2012-2015-rosas-cauca.pdf>

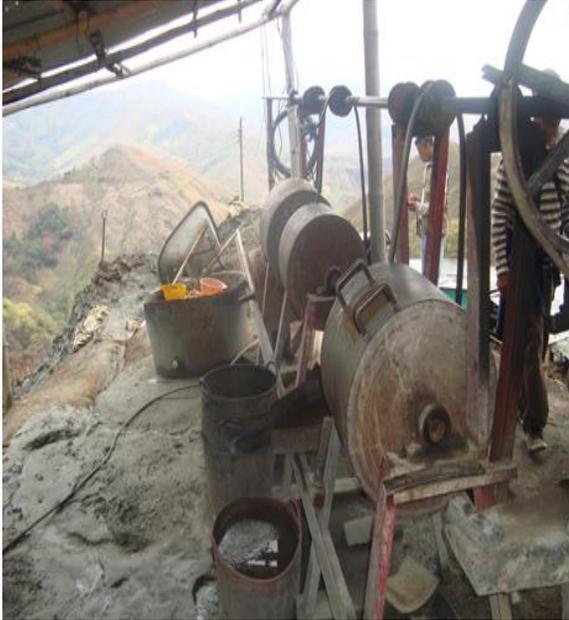
**[37]**<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alkalinidad.pdf> consultado el 17 de agosto de 2016

**[38]**. Agencia nacional de minería, disponible en [http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/cons\\_montaje.pdf](http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/cons_montaje.pdf) consultado el día 19 de mayo de 2016.

**[39]**. Métodos de explotación minera. Vetas y aluvión. Ministerio de minas y energía de Colombia. Disponible en: [http://www.simco.gov.co/simco/documentos/Seg\\_Minera/metodos\\_explotacion\\_minera0001.pdf](http://www.simco.gov.co/simco/documentos/Seg_Minera/metodos_explotacion_minera0001.pdf) consultado el 20 de mayo de 2016.

# ANEXOS

## Anexo 1. Mina Gabino leal



Fotografía No.1  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Barriles para lavar el mineral).



Fotografía No.2  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Recipiente plástico que contiene limón mandarino el cual se adiciona en los barriles durante la molienda para desengrasar el mineral).



Fotografía No.3  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Residuos en el suelo por el proceso de molienda).



Fotografía No.4  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (aguas contaminadas que se vierte en el suelo por el proceso de molienda).

## Anexo 2. Mina Gloria Píamba



Fotografía No.1  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Barriles para procesar el material).



Fotografía No.2  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.



Fotografía No.3  
Observación (Casas en tabla y fibra sintética (polipropileno o propivida) utilizados como albergue para las personas que trabajan directamente con la mina).



Fotografía No. 4  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Roturando los tarros para tomar las muestras de aguas).

### Anexo 3. Walter Ausecha



Fotografía No.1  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Mina las Minas Frontino Alto La Sierra).



Fotografía No.2  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.



Fotografía No.3  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Bocaminas para extracción de materiales).



Fotografía No.4  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de La Sierra Cauca.  
Observación (Material acumulado).

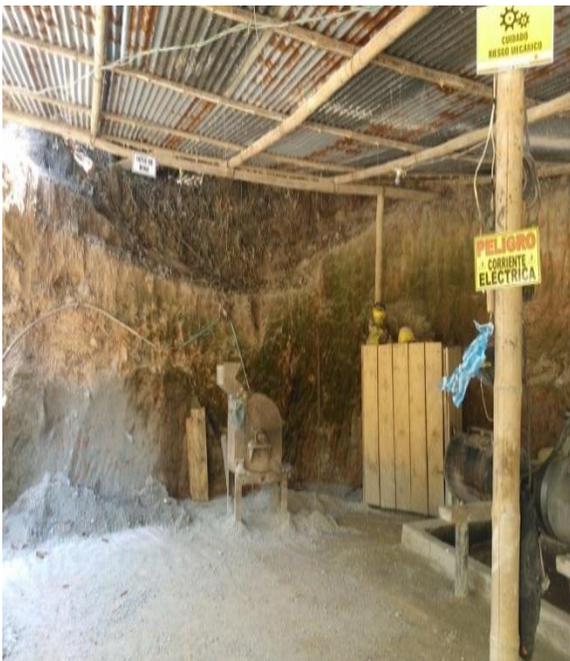
#### Anexo 4.Mina Emanuel



Fotografía No.1  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de la sierra Cauca.  
Observación (Barriles para lavar el material)



Fotografía No.2  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de la Sierra Cauca.  
Observación (Socavón para extraer el material).



Fotografía No.3  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de la Sierra Cauca.  
Observación: Planta para el proceso de molienda.



Fotografía No.4  
Lugar: Vereda Frontino Alto Municipio de la Sierra Cauca.  
Observación: Arenas acumuladas por el proceso de molienda.

## Anexo 5. Mineros Tradicionales



Fotografía No.1  
Lugar: Vereda La Laja Sector La Marta. Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Nacimiento de la quebrada con la que lavan el material).



Fotografía No.2  
Lugar: Vereda La Laja Sector La Marta. Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Tanque de almacenamiento de agua utilizada para lavar mineral).



Fotografía No.3  
Lugar: Vereda La Laja Sector La Marta Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Túnel de acceso para extraer material).



Fotografía No. 4  
Lugar: Vereda La Laja Sector La Marta Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Clavada para extraer material).

## Anexo 6. Mina Peregrinos



Fotografía No.1  
Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Montaje utilizado para beneficio del oro).



Fotografía No.2  
Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Material apilado para ser beneficiado en barriles).



Fotografía No.3  
Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Túnel de acceso para extraer material mineralizado)



Fotografía No. 4  
Municipio de Rosas Cauca.  
Observación (Material vegetal utilizado para la construcción del nuevo montaje).

