



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria  
de Manresa



# Trabajo final de grado

## *IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*

**Grado de ingeniería**

**Máster en ingeniería de los recursos  
naturales**

Autor: Diego Andrés Delgado Ramírez

Director: Carlos Hoffmann Sampaio

Data: 14/01/2022

Localidad: BARCELONA



# AGRADECIMIENTOS.

A Dios por abrirme el camino hacia esta gran oportunidad, a mi madre que lo es todo, a mi padre que es incondicional, a mi novia por su apoyo tan incondicional y por su gran amor en cada logro, a cada uno de mis familiares que me brindan su apoyo y su amor y comparten cada victoria conmigo , a mi tutor , a mis queridos docentes en este lindo proceso y a la universidad que me abrió las puertas y me permitió este crecimiento académico y profesional.



## **RESUMEN DEL PROYECTO.**

Los efectos productos de la actividad y explotación minera en una región son nocivos para el medio siempre que no son controlados, mapeados o identificados a tiempo, acabando así con la riqueza ecosistémicas de las zonas de explotación, por ende, en la presente monografía se realiza de manera teórica un análisis contextual de los impactos que posee la actividad minera en Colombia teniendo un enfoque en la región de Boyacá, donde se identifica que producto de la explotación minera en el municipio de Iza se presenta drenaje acido de mina en afluentes hídricas cercanas a la zona, por ende mediante la recolección y análisis de muestras se identifica que a pesar de que los efectos no son específicamente graves en la zona, ya se presenta una alteración en los factores que influyen en la potabilidad del agua o de los estándares mínimos permitidos para el uso de esta que a futuro pueden llegar a generar daños en el ecosistema y los afluentes de la zona.



## **ABSTRACT**

The effects of mining activity and exploitation in a region are harmful to the environment as long as they are not controlled, mapped or identified in time, thus ending the ecosystem richness of the exploitation areas, therefore, in this monograph it is carried out In a theoretical way, a contextual analysis of the impacts of mining activity in Colombia, focusing on the Boyacá region, where it is identified that, as a result of mining exploitation in the municipality of Iza, there is acid mine drainage in water tributaries near the area, therefore through the collection and analysis of samples it is identified that although the effects are not specifically serious in the area, there is already an alteration in the factors that influence the potability of the water or the minimum standards allowed for the use of this that in the future may generate damage to the ecosystem and tributaries of the area.



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
1.1. INTERNACIONALES .....	5
1.2. NACIONALES.....	6
1.3. REGIONALES .....	6
<b>2. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	<b>9</b>
2.1. LA ACTIVIDAD MINERA EN COLOMBIA. ....	9
2.1.1. Descripción de la actividad minera en Boyacá.....	9
2.2. MINERÍA ILEGAL EN COLOMBIA.....	10
2.3. PROBLEMAS AMBIENTALES QUE GENERA LA ACTIVIDAD MINERA EN LOS ECOSISTEMAS.....	10
2.4. DRENAJE ACIDO DE MINA. ....	11
2.5. LIXIVIACIÓN.....	11
2.6. EROSIÓN.....	11
2.7. ANALISIS CASO BOYACA - COLOMBIA. ....	12
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
<b>4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>17</b>
4.1. ANÁLISIS DE LA ZONA AFECTADA.....	17
4.2. TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	19
4.2.1. DATOS DE LA ZONA.....	19
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>29</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología. ....	15
Figura 2. Micro cuenca Afectada, Tópaga Boyacá.....	17
Figura 3. Imagen de ubicación Iza Google Earth. ....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de Puntos Mina de Tópaga.....	18
Tabla 2. Análisis de Muestra #1 en Iza, Boyacá.....	22



## 1. INTRODUCCIÓN

Las industrias extractivas a lo largo de la historia se han convertido en un punto de impulso para el desarrollo económico y social de diversas regiones en el mundo, esto se puede observar en el comportamiento y dependencia económica de industrias como la minería, las cuales a pesar de ser un eje fundamental para el desarrollo de la sociedad misma, conlleva daños medioambientales, los cuales tienen que ver principalmente con la contaminación del aire (emisiones de gases de efecto invernadero, incluido el CO<sub>2</sub>), contaminación del agua, uso intensivo de agua fresca, deforestación, uso inadecuado de la tierra y generación de desechos y residuos (Arbeláez y Parra 2020) para controlar estos efectos de la actividad en el medio, se generan métodos de regulación y control de la explotación en las regiones, donde el estado nación mediante políticas gubernamentales y entes de control establecen las adecuadas formas de extracción, las cuales permitan un tiempo de regeneración del medio explotado o que por lo menos reduzcan el impacto negativa en la explotación al efecto más mínimo alcanzado.

Pero a pesar de que muchas organizaciones sin ánimo de lucro, gubernamentales, y ambientales generan medidas de mitigación de los riesgos, mediante modelos operativos de explotación, conciencia ambiental mediante un fomento de cultura entorno a la gravedad de los efectos que puede generar la explotación minera sin seguir lo protocolos adecuados, muchas empresas en su necesidad por generar capital y ser competentes en el mercado, no acatan estas medidas, dejando expuesto no solo a su personal, si no destruyendo todo el ecosistema que enmarca la zona de explotación, e inclusive hay casos en los cuales se opera dentro del margen de la ilegalidad lo que aumenta aún más el problema social y ambiental entorno a la explotación minera, pues este espectro en marca un impacto transversal en toda la actividad económica, generando daños graves en todos los factores influyentes en la actividad, como lo indica (Garzón Bolaños 2019) Esta

práctica termina afectando varios bienes jurídicos que son ámbito de protección del derecho penal como el medio ambiente, la salud pública, y el patrimonio estatal.

El impacto negativo de tener malas prácticas de extracción u operar en la ilegalidad, posee un espectro que abarca la totalidad de los factores implicados en la actividad minera, pues afecta el medio mismo generando daños irreparables en los ecosistemas, atenta directamente contra la económica nacional, e impacta en el desarrollo social, por ende generar estrategias de acción entorno a estas problemáticas resulta de vitalidad para las poblaciones que dependen su modelo económico de estas actividades.

En el caso de Colombia, la actividad minera abarca el 4,1% del PIB nacional representando así 9,14 billones (DANE 2021b) de moneda local en ingresos anuales para el estado, que en consecuencia se ven reflejados en el desarrollo estructural y social de la región, en regiones de la nación como Boyacá donde la minería representa el 5,9% del PIB regional (DANE 2021a) lo que representa un impacto considerable en la región, pero a pesar de que esta actividad económica de por si representa para la región un gran foco de desarrollo local, se debe mencionar que Boyacá es una región colombiana caracterizada por poseer un estatus hídrico importante para el país, una mala práctica en la actividad minera puede generar la contaminación de afluentes que llegan a todo el centro y nororiente del territorio nacional del estado colombiano.

Problemas derivados de una mala práctica en la actividad minera como el drenaje acido de mina el cual es problema que se estructura en que el agua contaminada por la oxidación de sulfuros metálicos- tiene típicamente un pH ácido y niveles elevados de sulfato y metales pesados que se dispersan en el entorno, lo que ocasiona problemas de contaminación ambiental a nivel local Su generación, separación, movilidad y mitigación abarcan procesos complejos que implican la combinación de factores físicos, químicos y biológicos (Salas Urviola et al. 2020) tienden hacer factores de alerta y preocupación para regiones las cuales poseen

***IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ***

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ

riqueza hídrica y más cuando el contexto determina que otros sectores dependen de sus afluentes, una mala práctica no solo pone en riesgo el ecosistema y deja en riesgo un problema social, si no que atenta directamente contra la salud de todos los habitantes que se ven beneficiados de estos afluentes.



## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1. INTERNACIONALES**

De La Cruz Romero & Valencia Chavarría, (2021) en su trabajo titulado “Evaluar la influencia del pH en el proceso de lodos de alta densidad en la remoción de aluminio, magnesio y sulfato de drenaje ácido de roca de una planta beneficio” mediante un modelo cuantitativo y mediante pruebas de laboratorio disminuye los efectos del magnesio, y aluminio en el pH del agua, donde aunque la disminución es considerable, esta no alcanza los químicos encontrados en el líquido, esto brinda un modelo metodológico para el análisis de los metales pesados en el agua.

Denegri-Muñoz & Iannacone (2020) en su investigación titulada “Tratamiento De Drenaje Ácido De Minas Mediante Humedales Artificiales” mediante métodos pasivos y activos les dan un tratamiento a los residuos del drenaje ácido de mina, mediante el uso de humedales artificiales y uso de proyecciones, todo esto mediante un análisis bibliográfico, brindando a la investigación aportes teóricos de tratamiento del problema.

Cieza Zamora & Guevara Terrones (2021) en su trabajo titulado “Influencia Del Tiempo Y Espesor De Capa De Caliza Sobre La Remoción De Hierro Total Y Sulfatos Mediante Un Humedal Artificial De Un Drenaje Ácido De Minas Del Distrito De Hualgayoc, Cajamarca” donde mediante un análisis de campo se hace un levantamiento de toda la región afectada por el drenaje ácido, generando un modelo de tratamiento de la problemática y aportando modelo metodológicos de abordaje acerca de los efectos que genera en el medioambiente.

## **1.2. NACIONALES**

Rodríguez Casas (2019) en su estudio titulado “El extractivismo minero en la localidad de Ciudad Bolívar y su afectación a las fuentes hídricas: modelo de gobernanza para mejorar la calidad del agua” Brinda un referente metodológico de análisis entorno a la problemática social y ambiental que se desenvuelve bajo los efectos que generan las industrias extractivas, y da un panorama nacional sobre la problemática a analizar.

Arismendy Vidales (2020) En su trabajo titulado “Problemática ambiental generada por el drenaje acido de mina en la explotación de yacimientos mineros en Colombia” mediante un modelo teórico, explica los impactos que posee el drenaje acido en mina en los ecosistemas colombianos, dando un punto de partida en cuanto a referente teórico de análisis de la problemática.

Morales Aparicio (2018) En su investigación titulada “Determinación del contenido de metales pesados en suelos colindantes a un drenaje ácido de mina en el municipio de California, Santander, Colombia” da un abordaje metodológico sobre el análisis a realizar para identificar las clases de metales que se pueden llegar a presentar en los suelos y afluentes hídricas donde se presentan los efectos del drenaje acido de Mina.

## **1.3. REGIONALES**

Barrera Beltrán, (2020) en su trabajo titulado “Formulación del plan de manejo ambiental para la Empresa Fertifoscal en el municipio de Tibasosa Boyacá” formula un modelo de cumplimiento de la normatividad vigente en cuanto al modelo de operación de la empresa, donde brinda una proyección de abordaje legal en el área minera en Colombia.

Buitrago (2020) en su investigación “Diagnóstico Ambiental Del Proceso Productivo Y Drenaje Minero En La Explotación De Carbón (Socha-Boyacá)” donde brinda un

***IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ***

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ

diagnóstico del contexto que se desenvuelve los modelos de explotación en la región boyacense, dando un enfoque practico para poder analizar cómo se desenvuelve la zona en cuanto a las problemáticas que abordan la explotación minera en la zona.



## **2. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.**

### **2.1. LA ACTIVIDAD MINERA EN COLOMBIA.**

En Colombia el sector minero es uno de los pilares económicos, abarcando el 4.1% del PIB del país, se caracteriza por la explotación de sal, arcilla, oro, plata, platino, carbón, esmeraldas, cobre, níquel, materiales para la construcción, entre otros.

El país cuenta con Cerrejón, la mina de carbón a cielo abierto más grande de América latina

#### **2.1.1. Descripción de la actividad minera en Boyacá**

Boyacá es uno de los 32 departamentos de Colombia, se encuentra ubicado en el centro-este del país sobre la cordillera oriental de los Andes. Tiene una superficie de 23 189 km<sup>2</sup> (2,03%) del territorio nacional; debido a sus accidentes geográficos, el departamento cuenta con todos los pisos térmicos y con tres cuencas hidrográficas sobre los ríos Magdalena, Arauca y el Meta (Gobernación de Boyacá 2020).

En relación al sector minero, la principal explotación minera del departamento de Boyacá se realiza en torno a la esmeralda (primero productor a nivel nacional), seguida de la producción de carbón, la cual se realiza tanto de forma legal, aunque cabe resaltar que una parte de dicha producción se realiza de forma ilegal (Gobernación de Boyacá 2020).

El departamento tiene una alta actividad extractiva, cuenta con un total de 1208 títulos mineros, de los cuales 465 son de carbón, 198 de esmeraldas, 97 de arcillas, 72 de calizas, 279 de materiales de construcción (Arenas, Recebo, Gravas, Asfaltitas, Material de arrastre, Material de canteras), 36 de roca fosfórica, 12 de Mármol, 9 de hierro y 40 de otros minerales (yeso, cobre, diatomitas, caolín).

## **2.2. MINERÍA ILEGAL EN COLOMBIA.**

La minería ilegal en Colombia a lo largo de la historia ha sido abordada desde muchos aspectos sociales que han influido en su desarrollo histórico, debido a que Colombia ha tenido un conflicto interno prolongado en su margen histórico de desarrollo social, esto ha facilitado el desarrollo de las actividades ilícitas en la nación, y esto también ha visto ligada a la actividad minera, permitiendo la explotación de recursos provenientes del subsuelo de la nación, a un modelo al margen de la ley, o no controlado en su operatividad, como lo indica Caicedo Gutiérrez & Espitia Duarte, (2018) este modelo se caracteriza por desarrollarse en lugares remotos donde la presencia del estado no es muy evidente, lo que dificulta la vigilancia y control de esta práctica, la ilegalidad en que se desenvuelve este tipo de actividad termina convirtiéndose no solo en una problemática ambiental si no de salud pública en la región.

## **2.3. PROBLEMAS AMBIENTALES QUE GENERA LA ACTIVIDAD MINERA EN LOS ECOSISTEMAS.**

La minería o explotación de los recursos del subsuelo generan ciertos impactos negativos en el medio el cual será explotado, y a pesar de que todas las medidas operativas diseñadas para la explotación de recursos señalan la disminución de los impactos ambientales, el medio a fin de cuentas se verá afectado, entre los efectos más relevantes que deja la operación minera, esto se ve reflejado en el medio, en el entorno social que abarca la zona de explotación, los impactos económicos y los efectos que generan en la región así mismo.

Estos impactos se ven delimitados en partes específicas del procesos de explotación, para (Mauro 2019) los puntos más críticos encontrados en el proceso se ven enfocados directamente en la extracción y transporte del mineral donde se deja más expuesto el medio y donde existe un mayor riesgo de contaminación en el medio, generando efectos negativos y en muchas ocasiones irreversibles.

## **2.4. DRENAJE ACIDO DE MINA.**

El drenaje ácido de mina consiste en un escurrimiento contaminado (aguas ácidas, ricas en sulfatos y metales pesados), derivado de la reacción química entre agua, aire y pirita (Gamión Abarca y Horna Collantes 2021; Ide Opazo 2019). Dicho drenaje se considera una fuente principal de contaminación de aguas tanto superficiales como subterráneas; lo cual, impacta directamente la actividad biológica (Aduvire 2006); por esta razón, y por el amplio uso y afectación de la calidad del agua en las actividades mineras (Gamión Abarca y Horna Collantes 2021), es de vital importancia en la prevención, el control y el tratamiento de este fenómeno natural.

## **2.5. LIXIVIACIÓN.**

La lixiviación es un proceso químico de extracción sólido-líquido que consiste en el desplazamiento a causa del movimiento del agua en el suelo, de sustancias solubles o dispersables; dentro de las que se encuentran la arcilla, el hierro, las sales y otros compuestos (Céspedes Urdanivia 2018; SAC 2000). En lo referente a la minería, este proceso incide en la extracción de minerales, la filtración de contaminantes en el suelo y aguas subterráneas y el enriquecimiento de los suelos (Cárdenas et al. 2010; SAC 2000; Díaz Díaz 2019; Céspedes Urdanivia 2018).

## **2.6. EROSIÓN.**

La erosión es el desgaste o la pérdida de la capa superficial del suelo por acción del agua o el viento, que puede ser mediada o no por el hombre y desencadena efectos principalmente ambientales (IDEAM 2015). Este proceso es acelerado por las actividades mineras y requiere medidas para controlar su aumento excesivo (Espinosa y Toro 2012; IDEAM 2015; SAC 2000).

## **2.7. ANALISIS CASO BOYACA - COLOMBIA.**

La minería en Colombia es una de las actividades económicas que influyen directamente en el desarrollo económico de la región, esto se ve reflejado en la influencia que posee en el PIB nacional el cual como lo indica el departamento Administrativo nacional de estadística de Colombia, esta actividad económica posee un impacto del 4,1% del producto interno bruto del país, pero el verdadero problema en Colombia no se haya netamente en la explotación de sus recursos minerales, si no los tipos de ecosistemas que este país posee, si bien Colombia es un región tropical en Latinoamérica, la cual posee grades afluentes hídricos, paramos, selvas tropicales los cuales abastecen a la población de los recursos necesarios para actividades como la ganadería, agricultura y los servicios básicos prestados en las grandes ciudades del país.

Por ende la actividad minera y sus efectos generados mediante malas prácticas de explotación de recursos ponen en riesgo no solo la biodiversidad hallada en los ecosistemas nacionales, el punto de enfoque en la presente investigación se enfoca directamente en la región de Boyaca – Colombia, en la provincia de sugamuxi de la cual se ven implicados tres municipios de la región (Topaga, Iza, Gameza) donde se presenta una degradación directa de los afluentes hídricos de la región, producto de malas practica en la actividad minera, los cual ha generado estas afectaciones.

La actividad minera en Colombia se ve regulada por ministerio de minas y energía de la Colombia, el cual expide la licencias de operación y explotación a las diversas empresas y organizaciones que dedican su actividad económica a la explotación del suelo nacional, para esto se analizan todos los factores y espectros de seguridad que se necesitan para explotar el suelo minimizando todos los impactos negativos en el ecosistema, pero a pesar de que los entes reguladores presentes en la región realizan un control de la explotación del suelo de mano con la fuerza pública, debido al contexto social que enmarca al país, se presenta el fenómeno de la minería ilegal la cual afecta directamente todos los ecosistemas implicados en la

región, como bien señala (Caicedo Gutiérrez y Espitia Duarte 2018) a pesar los múltiples esfuerzos del gobierno por combatir esta situación, se sigue percibiendo altos niveles de ilegalidad, es por esta razón que es necesario garantizar una minería responsable por parte de los actores involucrados, a pesar de que abarca un enfoque de dinamismo social, la degradación de los afluentes hídricos son producto de efectos como los drenajes ácidos de roca los cuales en palabras de (Castro Alvarez et al. 2021) este efecto precipita óxidos de hierro, cada uno asociado a condiciones específicas de pH lo que directamente altera directamente las condiciones de consumo del agua y directamente estos cambios fisicoquímicos del insumo hídrico alteran sus condiciones para el consumo humano, generando alteraciones en la salud de quienes lo consuman.

A pesar de que la minería es una de las actividades económicas fundamentales en el desarrollo económico de las naciones latinoamericanas debido a las propiedades de sus suelos y la calidad en los productos y la rentabilidad que estas generan, se deben preservar de manera directa el impacto que estas actividades generan sobre los ecosistemas en las regiones que se genera la actividades, puesto que países tropicales como Colombia como indica (Bello Bernal 2020) poseen una condición estratégica, por ende las acciones de conservación de la biodiversidad, y por tanto de los servicios ecosistémicos que prestan resultan ser fundamentales para el abastecimiento de servicios en la sociedad general.

Lo anterior implica que todos los efectos producto de la actividad minera, debe ser controlada y regulada, por ende, los análisis fisicoquímicos y geoquímicos que se le realizan a los sectores y ecosistemas aledaños se convierte en un modelo de control fundamental para evaluar el impacto que posee el desarrollo minero de la región, debido a que la actividad minera corre riesgos directos de afectación del medio, y esto entorno a los desechos reactivos que la actividad minera.

Efectos como el drenaje acido de mina y el drenaje acido de roca son efectos los cuales deben ser controlados de forma prioritaria al momento de realizar una

*IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ

operación de explotación minera, pues si bien estos efectos repercuten directamente sobre la calidad del suelo, y en la potabilidad del agua, y en zonas de Colombia como Boyacá donde se cuenta con afluentes hídricos que abastecen del líquido vital a un gran porcentaje de la población del centro y nororiente del país.

Por ende, la regulación misma de la actividad minera en estas regiones debe ser de manera estricta y adecuadamente estructurada, llevando de manera periódica controles, con el fin de analizar de manera preventiva los efectos que, generando la operación en el medio ambiente, ya que al detectar estos efectos a tiempo no solo se salva la rentabilidad de una operación, sino que se previene el propicio y adecuado estado de salud de la población que se ve beneficiada de estos modelos económicos.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología a implementar en la presente investigación se denomina una metodología mixta, ya que de manera cuantitativa se analiza el contexto bajo el cual se aborda el contexto de la zona de estudio, esto bajo un trabajo de campo y una investigación bibliográfica, estableciendo los factores que impacta directamente en la zona y como estos pueden llegar a afectar los afluentes hídricos cercanos.

Para el desarrollo metodológico del segundo objetivo específico se realiza un análisis de muestras de los afluentes hídricos de la zona donde se maneja los parámetros establecidos por la resolución 1315 de agosto del 2020 de la normatividad Colombiana la cual plantea los estándares que debe cumplir el agua para ser determinada como utilizable para consumo, actividades agrícolas y tratamiento de aguas potables, por consiguiente se realiza un análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio.

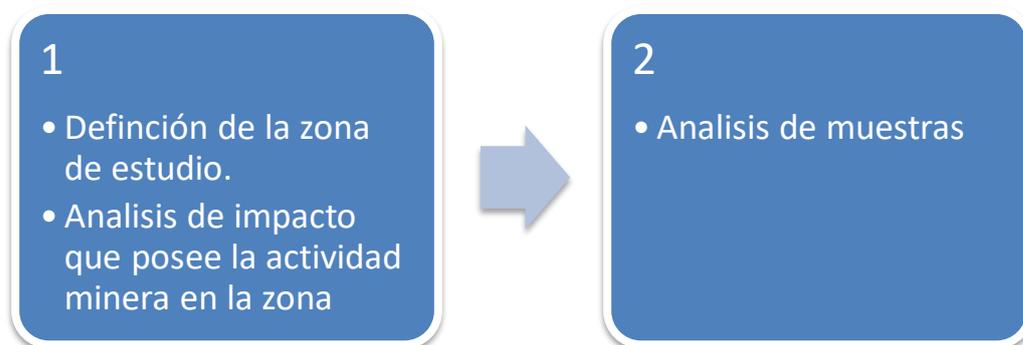


Figura 1. Metodología. Fuente: D. Delgado.



## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 4.1. ANÁLISIS DE LA ZONA AFECTADA.

Dentro de la zona del municipio de Tópaga en el sector aguas calientes se están realizando vertimientos de aguas de minería sobre el drenaje principal de la zona, se realizaron 3 muestras de agua: la primera “M1” en la zona inicial de la afectación, la segunda “M2” a una altitud más baja del drenaje donde los índices de pH entre otros son altísimos y se puede determinar que están generando un drenaje ácido, por último en el rio Sasa se tomó una muestra “M3” ya que este es el lugar donde desemboca el drenaje afectado.

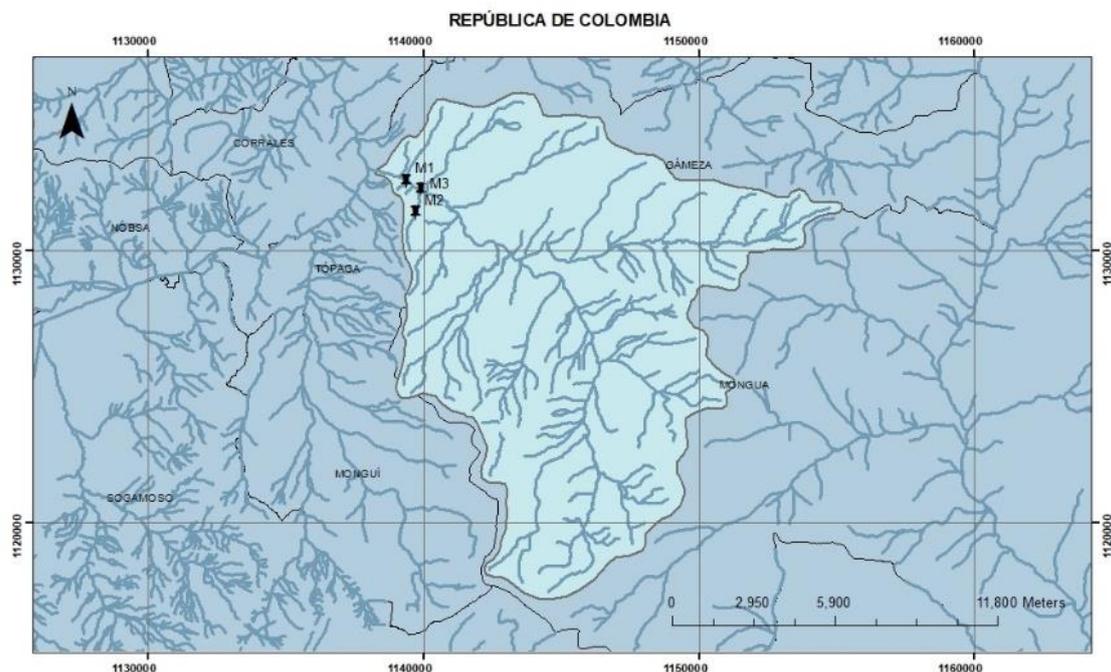


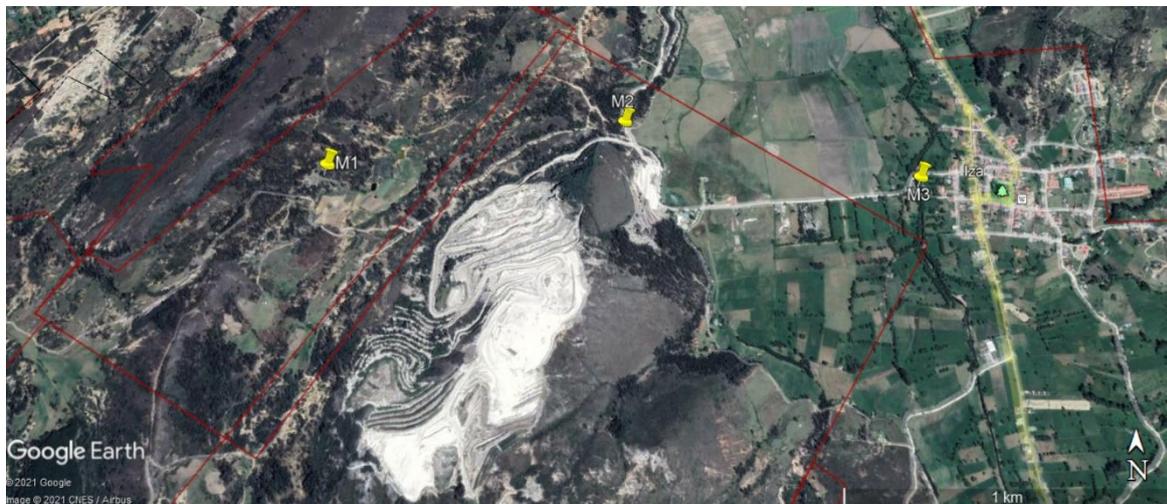
Figura 2. Micro cuenca Afectada, Tópaga Boyacá.

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ

	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altura (msnm)</b>	<b>Sitio</b>
1	72°48'59,60364" W	5°46'58,44721 " N	2740	<i>Punto 01. vista general del sitio de interés-Bocamina 1</i>
2	72°48'59,4087" W	5°46'58,74006 " N	2740	<i>Punto 2. Localización depósito de mineral tipo patio. de acopio</i>
3	72°48'59,4412" W	5°46'58,54482 " N	2736	<i>Punto 3. Tolva para depósito de mineral</i>

*Tabla 1. Ubicación de Puntos Mina de Tópaga.*



*Figura 3. Imagen de ubicación Iza Google Earth.*

## **4.2. TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS.**

### **4.2.1. DATOS DE LA ZONA.**

**MUNICIPIO:** IZA, BOYACÁ

**MUESTRA NUMERO** 1

**UBICACIÓN:** Se encuentra en el municipio de Iza Boyacá, Exactamente en la vereda Agua Caliente.

**PROBLEMA IDENTIFICADO:** Vertimiento de agua de la mina en el drenaje primario intermitente

---

#### **Fotos de Campo**



**Fotografía #1.1.** Disposición de aguas de subterráneas en el suelo

#### **Fotos de laboratorio**



**Fotografía # 1.2.** Muestra "M1" Preparada para pruebas de laboratorio

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ



**Fotografía # 1.3. Toma de Muestra “M1” en Iza, Boyacá**

**Fotografía # 1.4. Prueba de Laboratorio de Muestra “M1”**

*Resultado de PH:6.55*

*Conductividad 396.9*

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ



**Fotografía # 1.5. Ubicación de la muestra "M1" insitu**



**Fotografía # 1.6. Prueba de Laboratorio de Muestra "M1"**

Solidos Totales Disueltos:  
190.1ppm



**Fotografía # 1.7. Prueba de Laboratorio de Muestra “M1”**

**Salinidad: 0.233 psu**

*Tabla 2. Análisis de Muestra #1 en Iza, Boyacá.*

Los resultados del agua de laboratorio comparados con los valores de referencia establecidos en la Resolución 1315 están dentro de los límites admisibles (4-9) teniendo un pH 6.55 siendo casi neutro, los valores de conductividad también se encuentran por debajo de los 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  establecidos, los valores de sólidos disueltos poseen un valor de 190.1 este valor está por encima de los 50ppm lo cual representa una afectación leve para la fauna y Flora, el parámetro de Salinidad representa una muy leve afectación para especies puntuales en la zona.

## **MUESTRA NUMERO 2**

**UBICACIÓN:** Vereda Agua Caliente en Iza, Boyacá aguas provenientes del drenaje principal.

**Toma de Muestra:** Drenaje con aguas provenientes de la afectación minera

---

### **Fotos de Campo**



**Fotografía #2.1.** Toma de Muestra "M2" en drenaje Terciario tomado aguas debajo de la Muestra "M1"

### **Fotos de laboratorio**



**Fotografía #2.2.** Muestra "M2" Preparada para pruebas de laboratorio



**Fotografía #2.3.** Ubicación de la muestra "M2" insitu



**Fotografía #2.4.** Prueba de Laboratorio de Muestra "M1"

*Resultado de PH:4.42*

*Conductividad 392.6μ*

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ



**Fotografía #2.5.** Ubicación de la muestra "M2"



**Fotografía #2.6.** Prueba de Laboratorio de Muestra "M1"

*Resultado de solidos disueltos Totales:*

*192.9 ppm*



---

**Fotografía #2.3. Prueba de Laboratorio de Muestra “M1”**

***Resultado de Salinidad: 0236 psu***

---

Los resultados de laboratorio de la muestra “M2” demuestran que el agua del drenaje ha sido afectada por distintos agentes que han hecho bajar aún más la calidad del agua esto podría deberse a otros vertimientos drenaje abajo o a la misma afectación por la disposición de estériles directamente en el drenaje esto se ve reflejado en un pH mucho más bajo que el inicial llegando a estar cerca de los valores ácidos, aumentando levemente su conductividad, solidos totales disueltos y su salinidad-

## **5. CONCLUSIONES**

Luego de la toma de muestras y análisis de laboratorio realizados el laboratorio y el levantamiento de nuestras se determina realmente que a pesar de que no se encuentran alteraciones graves que afecten el nivel admisibilidad del uso del agua del rio, de manera futura se pueden notar afectaciones nocivas para los ecosistemas encontrados en la zona, esto pues se presenta un incremento de los índices de conductividad de los afluentes hídricos cercanos a la zona, existe un incremento en los índices de solidos disueltos en el agua, pero a pesar de que estos factores están siendo afectados de modo que a futuro puede repercutir de manera negativa en el medio, el drenaje no está sufriendo procesos de acidificación, lo que refleja un panorama alentador para el caso de estudio, pero al mismo tiempo emite una alerta de acción por parte de las entidades gubernamentales y de control de la zona, pues como ya fue nombrado a manera futura esto puede llegar a causar efectos nocivos y negativos en el medio, dando daños irreparables en la afluente hídricas, se menciona la afectación futura como alerta debido a que estas fuentes hídricas llegan alimentar no solo veredas aledañas o pueblos, si no que se conectan con fuentes hídricas que alimentas casi todo el centro y nororiente del país.



## 6. BIBLIOGRAFIA.

- ADUVIRE, O., 2006. Drenaje ácido de mina generación y tratamiento. *Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente*,
- ARBELÁEZ, M.A. y PARRA, V., 2020. Industrias extractivas. ,
- BELLO BERNAL, N.C., 2020. Análisis de los impactos ambientales ocasionados por las actividades antrópicas en el páramo de Pisba. ,
- CAICEDO GUTIÉRREZ, V.N. y ESPITIA DUARTE, D.M., 2018. Impacto económico de la minería ilegal en Colombia. ,
- CÁRDENAS, F., DÍAZ, M., GUAJARDO, C. y OLIVA, M.B., 2010. Lixiviación de minerales mediante pilas y bateas. *Universidad de Chile, Santiago de Chile*,
- CASTRO ALVAREZ, M., GÓMEZ ARI, G., ROJAS QUISPE, J. y ROMUALDO PEÑA, J.A., 2021. Uso de imágenes satelitales para la localización de zonas mineralizadas con potencial generación de drenaje ácido de roca en la unidad minera Florencia-Tucari. ,
- CESPEDES URDANIVIA, E.E., 2018. Sistema de Automatización de Alineamiento para las Orugas de Traslación de la faja de apilamiento de mineral para mejorar su confiabilidad y disponibilidad, Caso: Área Lixiviación Minera Peruvian Copper. ,
- DANE, 2021a. Perfiles económicos departamentales. <https://www.mincit.gov.co/> [en línea]. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=4bebf02-33f4-48a2-be6d-ce426752f76d>.

DANE, 2021b. PIB 2021 COLOMBIA. <https://www.dane.gov.co/> [en línea].  
Disponible en:  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol\\_PIB\\_IIItrim21\\_produccion\\_y\\_gasto.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IIItrim21_produccion_y_gasto.pdf).

DÍAZ DÍAZ, E.E., 2019. Estimación del grado de saturación a partir de resistividades eléctricas, aplicados al caso de una pila de lixiviación: Minera Amalia, Región de Valparaíso. ,

ESPINOSA, D. de J.C. y TORO, L.J., 2012. Evaluación de la susceptibilidad a la erosión por el cambio de cobertura debido a la minería, en el Municipio de Anorí, Antioquia, Colombia. *Gestión y ambiente*, vol. 15, no. 3, pp. 51-64. ISSN 2357-5905.

GAMIÓN ABARCA, J.L. y HORNA COLLANTES, O.J., 2021. Revisión sistemática de los métodos activos y pasivos en el tratamiento de drenajes ácidos de mina.

GARZÓN BOLAÑOS, K.J., 2019. La estrategia del Estado colombiano para combatir la minería ilegal. ,

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ, 2020. Plan de desarrollo 2020-2023: Pacto por Boyacá tierra que sigue avanzando. . S.l.:

IDE OPAZO, V.A., 2019. Tratamiento integral de drenajes ácidos de mina mediante metodologías de adsorción química. ,

IDEAM, U., 2015. Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. *Bogotá DC, Colombia: Colombia: Instituto de Hidrología y Meteorología de Estudios Ambientales–Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvi>,*

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES QUE DETERMINA EL DRENAJE ACIDO DE MINA EN LAS FUENTE HÍDRICAS DEL MUNICIPIO DE IZA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

DIEGO ANDRES DELGADO RAMIREZ

MAURO, A.F., 2019. Protección ambiental en Argentina y desarrollo sostenible. Impactos de la minería. *Observatorio Medioambiental*, vol. 22, pp. 111. ISSN 1139-1987.

SAC, E.M.D.E.L.P., 2000. Manual de minería. *Recuperado de: [http://www.estudiosmineros.com/ManualMineria/Manual\\_Mineria.pdf](http://www.estudiosmineros.com/ManualMineria/Manual_Mineria.pdf),*

SALAS URVIOLA, F.B., GUADARRAMA GUZMÁN, P., GUTIÉRREZ BAZÁN, J.J., GARCÍA LUNA, N., FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ, G. y ALARCÓN HERRERA, M.T., 2020. DETERMINACIÓN DE POSIBLE DRENAJE ÁCIDO DE MINA Y CARACTERIZACIÓN DE JALES MINEROS PROVENIENTES DE LA MINA CERRO DE MERCADO, DURANGO, MÉXICO. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 36, no. 3, pp. 729-744. ISSN 0188-4999.