

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**  
**“CIMAD”**  
**MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO ECOSISTÉMICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA  
DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA CASCABEL POR AFECTACIÓN  
AL RECURSO HÍDRICO GENERADO EN EL PROCESO DE EXPLOTACIÓN  
AURÍFERA EN MARMATO, CALDAS, COLOMBIA**

**Tesis presentada como requisito para optar al Título de Magíster en  
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Autoras: GENNY ALEXANDRA ÁNGEL MARÍN  
DIANA CAROLINA ALVEAR NARVAEZ**

**Director de Tesis: Mg. DIEGO HERNÁNDEZ GARCÍA**

**MANIZALES, NOVIEMBRE DE 2013**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>I. DISEÑO TEORICO</b> .....	<b>18</b>
<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>19</b>
3.1 Características de la Historia Poblacional Marmateña.....	20
3.2 Historia de la Actividad Minera en Marmato .....	22
3.3 Recurso Hídrico en Marmato .....	24
3.4 Condiciones Socio-Económicas.....	26
3.5 Condiciones Político Institucionales .....	27
3.6 Impactos Socio- Ambientales en la Quebrada Cascabel.....	28
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>30</b>
4.1 Objetivo General .....	30
4.2 Objetivos Específicos.....	30
<b>5. HIPOTESIS</b> .....	<b>30</b>
<b>6. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</b> .....	<b>31</b>
6.2 Incidencia del Enfoque Ecosistémico (EE) en el mundo: .....	32
6.3 Estudios realizados en Marmato .....	34
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>37</b>
<b>1. MARCO LEGAL</b> .....	<b>37</b>
1.1 Tratados y Acuerdos Internacionales .....	37

1.2 Legislación Colombiana.....	39
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>41</b>
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN ECOSISTÉMICA .....	41
2.2 IMPACTO ECOSISTEMICO.....	42
2.3 ECOSISTEMA, MINERÍA E IMPACTO ECOSISTÉMICO.....	42
2.4 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES Y MINERALES DE COLOMBIA .....	44
2.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN EN COLOMBIA.....	46
2.5.1 Explotación a Cielo Abierto .....	46
2.5.2 Materiales de Arrastre y Aluviones:.....	47
2.5.3. Explotación Subterránea.....	47
2.6 EXPLOTACIÓN DE ORO EN COLOMBIA .....	49
2.7 PROCESOS DE EXPLOTACIÓN AURÍFERA EN COLOMBIA.....	50
2.7.1 Métodos de Minería Subterránea más Empleados en Colombia.....	51
2.8 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN AURÍFERA UTILIZADOS EN MARMATO – CALDAS.....	52
2.9 IMPACTOS ECOSISTÉMICO – EN EL RECURSO AGUA DEBIDO A LA EXTRACCIÓN DE ORO .....	54
2.10 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	56
2.10.1. Enfoque Ecosistémico:.....	57
2.10.2. Matriz de Leopold:.....	60
2.10.3. NTC ISO 14001:2004 .....	63
<b>III. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>65</b>
1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	65

2. UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDAD DE TRABAJO .....	66
3. DESARROLLO METODOLOGICO .....	66
3.1 Fase 1: Acercamiento Teórico, Conceptual y Metodológico. ....	66
3.2 Fase 2: Definición de Técnicas de Recolección de Información. ....	66
3.3 Fase 3: Construcción y Aplicación de Instrumentos para Recolección de Información .....	67
3.4 Fase 4: Sistematización. ....	67
<b>IV. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>70</b>
1. IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE IMPACTOS ECOSISTÉMICOS Y SU NORMATIVIDAD MINERA APLICADA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO .....	70
1.1 Actores Clave .....	71
1.2 Requisitos Legales.....	73
1.3 Metodología para Evaluación de Impactos Ecosistémicos .....	73
2. PROCESOS DE EXTRACCIÓN AURIFERA EN MARMATO, CALDAS Y SU INCIDENCIA EN LOS ECOSISTEMAS .....	85
3. IMPACTOS ECOSISTEMICOS POR EXPLOTACIÓN MINERA EN LA MICROCUENCA CASCABEL, MARMATO, CALDAS. ....	88
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación geográfica del municipio de Marmato.....	22
Figura N°2. Fuentes Hídricas de Marmato.....	23
Figura N° 3. Matriz de valoración de Impactos Ecosistémicos.....	80
Figura N° 4. Proceso de Extracción y Beneficio de Oro en Marmato.....	86

## INDICE DE GRAFICAS

Gráfica N° 1. Impactos Ecosistémicos por Modificación del Régimen.....	94
Gráfica N° 2. Impactos Ecosistémicos por Extracción y Transformación al Recurso Natural.....	95
Gráfica N° 3. Impactos Ecosistémicos por Cambios Paisajísticos y Socio-culturales....	96
Gráfica N° 4. Impactos Ecosistémicos por Tratamiento y Vertido de Residuos.....	97
Gráfica N° 5. Impactos Ecosistémicos por Procesos Productivos o Industriales.....	99
Gráfica N° 6. Impactos Ecosistémicos que Influyen en la Salud y Seguridad.....	99

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Acueductos que abastece la Microcuenca de la Quebrada Cascabel.....	24
Tabla N°2. Explotación del Oro en Colombia.....	50
Tabla N° 3 Principios que integran el Enfoque Ecosistémico.....	57
Tabla N° 4 Cinco pasos para la Implementación del Enfoque Ecosistémico.....	58
Tabla No.5. Identificación de Actores Claves.....	71
Tabla No.6. Actores que pueden concurrir en una problemática por contexto.....	71
Tabla No.7. Requisitos Legales de Acuerdos Internacionales.....	72
Tabla No.8. Requisitos Legales Nacionales.....	72
Tabla No.9. Existencia del Requisito Legal.....	76
Tabla No.10. Cumplimiento del Requisito Legal.....	77
Tabla No.11. Frecuencia del aspecto Ecosistémico.....	77
Tabla No.12. Grado de Control del Aspecto Ecosistémico.....	77
Tabla No. 13. Resiliencia.....	78
Tabla No.14. Alcance del Aspecto Ecosistémico.....	79
Tabla No.15. Significancia Total.....	79
Tabla No.16. Valoración cualitativa.....	80
Tabla N° 17. Guía de preguntas para el análisis de impactos Ecosistémicos y la generación de propuestas de manejo.....	83
Tabla N° 18. Usos actuales de la Quebrada Cascabel desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Cauca.....	89
Tabla N° 19. Parámetros físico-químicos de la Quebrada Cascabel.....	90

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Enfoque Ecosistémico:** Es un marco conceptual y metodológico que incluye las bases del manejo Ecosistémico (ANDRADE A., 2011). Es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivientes que ponen al hombre y sus necesidades en el centro (SHEPHERD H. , 2006)

**Explotación:** Es la aplicación de un conjunto de técnicas y normas geológico mineras y ambientales, para extraer un mineral o depósito de carácter económico, para su transformación y comercialización. El Código de Minas (Artículo 95 de la Ley 685 de 2001) define la explotación como "el conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacientes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura" (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

**Impacto Ambiental:** Alteración o cambio neto parcial, positivo o negativo (adverso o benéfico), en el medio ambiente o en alguno de sus componentes, resultante de actividades, productos o servicios de una organización. Un impacto ambiental conlleva a un problema ambiental. La intensidad de la alteración está relacionada con la capacidad de acogida del territorio donde se desarrolla la actividad impactante (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

**Minería:** Ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales. Estrictamente hablando, el término se relaciona con los trabajos subterráneos encaminados al arranque y al tratamiento de una mena o la roca asociada. En la práctica, el término incluye las operaciones a cielo abierto, canteras, dragado aluvial y operaciones combinadas que incluyen el tratamiento y la transformación bajo tierra o en superficie. La minería es una de las actividades más

antiguas de la humanidad, consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

## RESUMEN

El oro es uno de los minerales que más demanda tiene en el mundo, sin embargo, en torno a la explotación de este mineral se generan problemas tanto en el ámbito social como ambiental, dificultando las condiciones de sostenibilidad en los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones dedicadas a esta actividad.

En este trabajo de Investigación se presenta la problemática ecosistémica generada por la minería aurífera en el municipio de Marmato, Caldas, Colombia, específicamente en la afectación al recurso hídrico de la microcuenca de la Quebrada Cascabel. Para la identificación y el análisis de los impactos se aplicó una metodología donde se agruparon los lineamientos descritos en el Enfoque Ecosistémico (EE), en el método de Leopold y en la Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14001:2004, por ser herramientas que permiten realizar un análisis con una visión ecosistémica, que apunta al uso sostenible de los bienes y servicios, y al mantenimiento de la integridad ecológica.

Como resultado de la Investigación se identificó que la integración de las 3 metodologías facilita la visualización y valoración cuantitativa y cualitativa de los impactos de una manera sistemática; que la agrupación de los estudios que se elaboran aisladamente por diferentes actores, debe ser una práctica para evitar reprocesos y lograr la optimización de los recursos; que la agrupación y análisis de información permite la generación de un diagnóstico que puede facilitar la toma de decisiones, el control territorial desde la base y la definición de programas de manejo para inversiones o trabajos futuros. Adicionalmente se creó una cartilla como una herramienta de socialización de la investigación y promoción de la conservación de los recursos naturales a través de la aplicación de la metodología aquí propuesta (ver anexo N° 8). Otro de los resultado es la elaboración de un listado de normatividad aplicable en lo internacional y nacional en cuanto al uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales; donde se encontró que algunos requisitos legales ya describen una mirada

ecosistémica. Con respecto a la valoración de estos requisitos legales en la zona de estudio se identificó que existe un bajo cumplimiento legal, generado por la baja socialización de los mismos, el bajo control por parte de las instituciones responsables, la falta de opciones laborales, el arraigo cultural; el bajo control territorial y sobre todo la baja organización comunitaria local.

## **ABSTRACT**

Gold is one of the minerals with the most demand in the world; however, due to the exploitation of this mineral several problems are created on the environmental and social level, complicating the conditions for sustainability of the ecosystems and the wellbeing of the population dedicated to this activity.

This research work presents the problematic Eco systemic generated by the gold mining in the town of Marmato, Caldas, Colombia, Specifically the impact to the hydric resource of the quebrada Cascabel. For the identification and analysis of the impact a methodology where the group of guidelines described on the Enfoque Ecosistémico (EE), the method Leopold and the NTC ISO 14001:2004, were used for being tools that allow to achieve an analysis with an Eco systemic vision that aims to the sustained use of the goods and services and the maintaining of the ecologic integrity.

As a result of the investigation it was identified that the integration of the three methodologies facilitates the visualization and the quantitative and qualitative valuation of the impact in a systematic manner; that the aggrupation of studies that were elaborated individually from different actors, should be a practice to avoid reprocessing and achieve the optimization of the resources; that the grouping and analysis of information permits the generation of a diagnosis that might facilitate the decision making, the territorial control from the base and definition of management programs for future investment or projects. Additionally a booklet was created as a tool for the socialization of the investigation and promoting of the conservation of the natural resources by means of the application of the methodology proposed herein. Another result is the elaboration of a list of normativity applicable in the international and

national use pertaining to use, management and maximization of natural resources; where some legal requisites were found that already describe an Eco Systematic view.

With Respect to the valuation of these legal requisites on the zone of study, it was identified that a low legal fulfillment exists, generated by the poor socialization of the same, the poor control of the responsible institutions, the lack of employment options, the culture, lack of territorial management and above all the low local community organization.

**PALABRAS CLAVE:** Marmato, Quebrada Cascabel, Explotación Aurífera, Impacto Ecosistémico, Enfoque Ecosistémico.

## INTRODUCCIÓN

El oro es uno de los minerales que más demanda tiene en el mundo por su múltiple aprovechamiento (joyería, las reservas en los bancos, industria electrónica, de comunicaciones, microchips y en telefonía móvil), sin embargo, en torno a la explotación de este mineral se generan problemas tanto en el ámbito social como ambiental creando diferencias entre el interés económico y las condiciones de sostenibilidad ambiental y bienestar de la población afectada por este fenómeno minero. En Colombia la minería es una de las principales actividades económicas y su práctica que ha sido desarrollada de forma indiscriminada desde hace más de 500 años, ha traído también además del desarrollo económico la generación de impactos socio-ambientales significativos.

Parte del oro que se exporta al mundo, proviene del municipio de Marmato en el departamento de Caldas. La explotación, en su mayoría artesanal, genera beneficios económicos, que también van acompañados de impactos ecosistémicos y conflictos sociales, objeto de la presente investigación. Lo anterior hace que la comunidad deba enfrentar situaciones particulares que influyen la afectación de los recursos naturales disponibles, por falta de trabajo concertado y planificado entre los actores que intervienen en esta actividad económica. Es así como, uno de los recursos que más ha afectado y que amenaza directamente el clímax de los ecosistemas es el Agua, elemento clave para el desarrollo económico y social de una comunidad, que se usa además de la minería, en diferentes actividades como la agricultura, ganadería, el sector industrial y de servicios.

La presente investigación, se centra en la afectación generada a la microcuenca de la Quebrada Cascabel ubicada en el municipio de Marmato - Caldas, partiendo de la valoración de los impactos Ecosistémicos, frente al desarrollo de esta actividad. Aunque en el municipio se han realizado algunos estudios ambientales y sociales, esta

investigación, pretende particularmente trabajar en los impactos Ecosistémicos que ha generado la minería sobre el recurso hídrico, agrupando las investigaciones previamente realizadas e identificando los actores clave.

Para el desarrollo metodológico se agruparon tres metodologías que facilitaron la visualización y valoración de los impactos de manera sistemática la cual se describe en el capítulo III. Adicionalmente, se creó una cartilla para socializar ante las comunidades la metodología propuesta y promover la conservación de los recursos naturales como un medio de educación ambiental. También se identificaron del contexto internacional y nacional los requisitos legales aplicables a la zona de estudio. Para finalizar, en el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la aplicación metodológica, la identificación del proceso minero de la zona y su relación con la valoración de los impactos Ecosistémicos en la Quebrada Cascabel.

## JUSTIFICACIÓN

En Colombia, existen grandes depósitos de oro, que son explotados usando técnicas de extracción de filón y aluvión, realizadas tanto por grandes grupos corporativos como por decenas de personas que de forma independiente se dedican a la minería. Esto ha causado que se generen impactos socio-ambientales notables, no solo porque se ha considerado la posibilidad de minería a gran escala (minería a cielo abierto), sino por ser un país caracterizado en su mayoría por la explotación aurífera artesanal, lo que implica características especiales de las comunidades que la realizan. (RONDEROS, 2012).

En este trabajo, se presenta la situación de Marmato, municipio del departamento de Caldas, donde prácticas de aprovechamiento minero han generado impactos socio-ambientales significativos, como los problemas de contaminación del recurso hídrico, de los cuales aquí se manejan específicamente los relacionados con la afectación de la Microcuenca de la Quebrada Cascabel, que es de relevante importancia para la comunidad por su cercanía a la zona urbana y por hacer parte de una historia de creencias mitológicas que dan identidad a la comunidad Marmateña.

La Microcuenca de la Quebrada Cascabel ha sido objeto de varios estudios relacionados con las fuentes hídricas y ha sido escogida por la entidad autónoma de la región, CORPOCALDAS, para desarrollar acciones de cumplimiento legal para la conservación de los recursos hídricos, insumo para el ordenamiento del recurso hídrico en la microcuenca de las quebradas Cascabel y Aguasclaras, sin embargo, a pesar de que se han utilizado diversas metodologías para la realización de estos estudios, investigaciones y programas, no se ha aplicado una metodología que permita una visión ecosistémica, en donde se articulen aspectos como: la conservación, el uso sostenible, y la distribución justa y equitativa de los bienes y servicios de la biodiversidad, en la cual

se incluyan las redes ecológicas. De igual manera se han realizado investigaciones aisladas que no articulan los diferentes actores inmersos en la problemática.

Siendo el municipio de Marmato una zona de importancia para Colombia por su historia y su riqueza mineral, se hace necesario construir un plan de vida local<sup>1</sup> que permita la participación de la comunidad y demás actores clave en la implementación de acciones que favorezcan la permanencia de la población y la conservación de los recursos naturales, especialmente del recurso agua, posibilidad que trae consigo la aplicación de la metodología de Enfoque Ecosistémico, que ha sido utilizada en diferentes partes del mundo para el análisis de los impactos de la actividad minera.

---

<sup>1</sup> Plan de Vida Local: son los procesos participativos con las comunidades locales, quienes sueñan y planifican el desarrollo municipal a largo plazo desde cinco dimensiones del desarrollo territorial: lo cultural, lo político, lo social, lo económico y lo ambiental. Texto disponible en: <http://conciudadania.org/2012/09/planes-de-vida-local-por-la-reconciliacion-2/>. Consultado: Marzo, 9 de 2013.

## **I. DISEÑO TEORICO**

### **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La minería es una de las principales actividades económicas en Colombia y su práctica trae consigo la generación de impactos socio-ambientales significativos, además del desarrollo económico. Adicionalmente, en el país se ha practicado la minería de forma artesanal desde hace más de 500 años, cuando los indígenas veían en los minerales la fertilidad de la tierra. Actualmente, y desde hace unos siglos la práctica indiscriminada de esta actividad ha hecho que el impacto negativo que genera se incremente también.

El municipio de Marmato, Caldas, es una de las poblaciones Colombianas donde se practica la minería aurífera y esta práctica en su mayoría artesanal, hace que la comunidad deba enfrentar impactos socio-ambientales por la falta de trabajo concertado y planificado entre los diferentes actores, evidenciado en una población que carece de una vida digna.

Uno de los recursos más afectados con la explotación minera aurífera es el agua, tema fundamental en las diferentes cumbres mundiales. En la agenda política internacional la escasez del agua se ha vuelto asunto prioritario, debido a que este elemento es clave para el desarrollo económico y específicamente en el caso colombiano resulta de importancia por su utilización en actividades como la agricultura, ganadería, diversos tipos de industrias y servicios, entre otras además de la minería, situación que afecta y amenaza directamente los ecosistemas alterándolos de manera tan significativa que permea toda las actividades del hombre y su entorno. Por lo tanto, es indispensable contar con una planificación y visión ecosistémica de las actividades que usan recursos naturales para lograr un servicio sostenible del medio natural en cada territorio, lo que incluye el análisis del ecosistema como unidad básica y funcional donde se desarrollan diversos tipos de relaciones entre los elementos bióticos y abióticos, incluyendo al ser humano,

que se ha empeñado en modificar y adaptar el ecosistema a sus necesidades; sin medir si estos son benéficos o nocivos para los mismos, situación que se evidencia en la actividad objeto de estudio en esta investigación: La Minería Aurífera.

El municipio de Marmato, ubicado en el departamento de Caldas, se toma como un ecosistema referente para la presente investigación. Está ubicado sobre el flanco oriental de la Cordillera Occidental y sobre la vertiente occidental de la hoya del Río Cauca, su actual cabecera se localiza en las coordenadas planas 5° 29 de latitud Norte y 75° 36 de longitud Oeste, su cabecera Municipal se encuentra sobre los 1.300 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 23° centígrados; posee una superficie total es de 4.081 Hectáreas, de las cuales 17,9 Has corresponden a la actual cabecera Municipal (0,49%) 4.063 Hectáreas corresponden al área rural (99,51%). En el Municipio se encuentra el Distrito Minero o área de aporte 1017, con una extensión de 7,20 km<sup>2</sup>, con yacimientos de Oro y Plata y de acuerdo con datos de MINERCOL, es la segunda reserva aurífera del País (CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011).

## **2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué impactos ecosistémicos se han generado en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada Cascabel por afectación al recurso hídrico por el proceso de explotación aurífera de Marmato, Caldas, Colombia?

## **3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA**

El Municipio de Marmato es uno de los pueblos más antiguos de Caldas, se localiza en al noroccidente del departamento, en las coordenadas planas 5° 29 de latitud Norte y 75°

36 de longitud Oeste, sobre el flanco oriental de la Cordillera Occidental y sobre la vertiente occidental de la hoya del Río Cauca. Presenta una altitud de 1310 m.s.n.m., la altura máxima del Municipio se encuentra sobre los 2.200 m.s.n.m. en el Alto Cruz de Helecho y mínima de 670 m.s.n.m. en la margen izquierda del Río Cauca. Su temperatura promedio de 23°C. La extensión municipal es de 40.08 km<sup>2</sup>.

Se caracteriza por su ubicación desafiante loma arriba sobre la arisca ladera del cerro El Guamo, y ha sido bautizado con el apelativo de **"Pesebre de oro de Colombia** (Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS - Corporación Aldea Global, 2010)". La historia dice que hacia el año 1536, en plena época de la conquista, Sebastián de Belalcázar recorrió sus terrenos con varios de sus hombres. Dos años más tarde, de paso hacia lo que hoy es Anserma, el Mariscal Robledo también cruzó por estas tierras que son reconocidas en todo el país por su riqueza aurífera. No se conoce, sin embargo, la fecha exacta de su fundación, aunque algunos señalan que en 1537 el mismo Belalcázar y su compañero de andanzas Juan Badillo declararon fundado el pueblo. El hecho de que se reconozca a Anserma como el primer pueblo fundado en esta región hace pensar que la fundación de Marmato debió haberse dado años más tarde. Lo cierto es que el poblado fue fundado inicialmente en el sitio donde está ubicado el corregimiento de San Juan (ALZATE, 2009).

### **3.1 Características de la Historia Poblacional Marmateña**

Marmato es un municipio que desde épocas anteriores ha tenido influencia de diferentes grupos o razas, siendo sus primeros pobladores indígenas los Cartamas y Amoramas, seguidos por comunidades afrodescendientes, blancos y mulatos, hasta finalizar con una mezcla de todas las anteriores razas. En los documentos referentes a la historia poblacional de Marmato se describe que se presentaron procesos migratorios de grupos indígenas provenientes de Riosucio y Supía que finalmente se localizaron en los sectores de Monte Redondo y la República, atraídos por la demanda de mano de obra en las minas de Marmato; contrario a lo sucedido referente a la concentración de familias de

mulatos y afrodescendientes, que corresponde a los vestigios de la época de la esclavitud y no a procesos migratorios. Su asentamiento se dio en la Vereda El Llano, y se han dedicado en su gran mayoría al barequeo y en menor proporción a la ganadería y agricultura. (MINERALCO S.A., 1996)

### **3.1.1 Condiciones Geofísicas**

Topografía predominante: Presenta una región montañosa de fuertes pendientes hacia las zonas altas donde sobresalen a manera de cerros aislados, estructuras de tipo cóncavo, y una región moderadamente ondulada hacia la zona baja en cercanías del cañón del Río Cauca. La disección predominantemente recta de las quebradas forman cuchillas alargadas (DIAZ A., 2013). En el cerro de Marmato los filones auríferos atraviesan una dirección general entre este y oeste, unos diez principalmente tienen por lo regular inclinaciones entre 69 y 90 hacia el sur raras veces, hacia el norte en las vetas de los Mellizos y Santa Inés (GALLEGO E., 1984). El área urbana del municipio se encuentra en la ladera oriental del cerro del mismo nombre, y se une al paisaje de la cordillera central (Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS - Corporación Aldea Global, 2010).

Pluviosidad promedio: La precipitación media anual es de 1.885 mm, siendo los periodos más lluviosos abril-mayo y octubre-noviembre. Según los pisos térmicos existentes su precipitación es: Cálido oscila entre 2.000 y 6.000 mm por año; medio entre 1.000 y 3.000 mm por año, y frío entre 1.000 y 4.000 mm por año (Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS - Corporación Aldea Global, 2010).

Ecosistemas tipo predominante:

- Bosques: bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montado bajo y bosque húmedo premontano, transición cálido seco.

- Zonas de manejo especial: alto del burro, en Santa cruz y la ladera del cauce en Santa Inés; las microcuencas de las quebradas Cascabel y Piedra Labrada; cuenca del río Arquía; nacimientos y microcuencas abastecedoras de los acueductos rurales; y el cauce de la quebrada Pantano.

Cuenca, Microcuenca o Subcuenca:

Cuenca del Río Cauca

Microcuencas: Cantarrana, La Llorona, Los Indios, Carmaná, La Calima, El Roble y Taisá, San Jorge, Piedra Labrada, La Candelaria y Cristalina, y Cascabel.

### **3.2 Historia de la Actividad Minera en Marmato**

La historia de Marmato habla que a mediados del siglo XVI, las minas eran ya explotadas bajo orientación española, siendo la minería del Oro la actividad principal de la región. Por esta razón en el año de 1625, Marmato figura como un Real de Minas<sup>2</sup>, que para mencionado año ya se componía de dos encomiendas<sup>3</sup>. (Alcaldía de Marmato Caldas, 2013).

El área de explotación minera objeto de estudio está ubicada sobre la Microcuenca de la Quebrada Cascabel, que atraviesa la zona urbana y cuenta con un área de 5.3 has, es una de las fuentes hídricas de las que dependen cuatro acueductos de la zona.

---

<sup>2</sup> Real de Minas: Poblamiento provisional de una cuadrilla de soldados en las inmediaciones de una explotación minera

<sup>3</sup> Encomiendas: Territorio asignado o encomendado a un español, con un grupo de indígenas que debían pagarle un tributo a la corona española.

Figura N° 1. Ubicación geográfica del municipio de Marmato



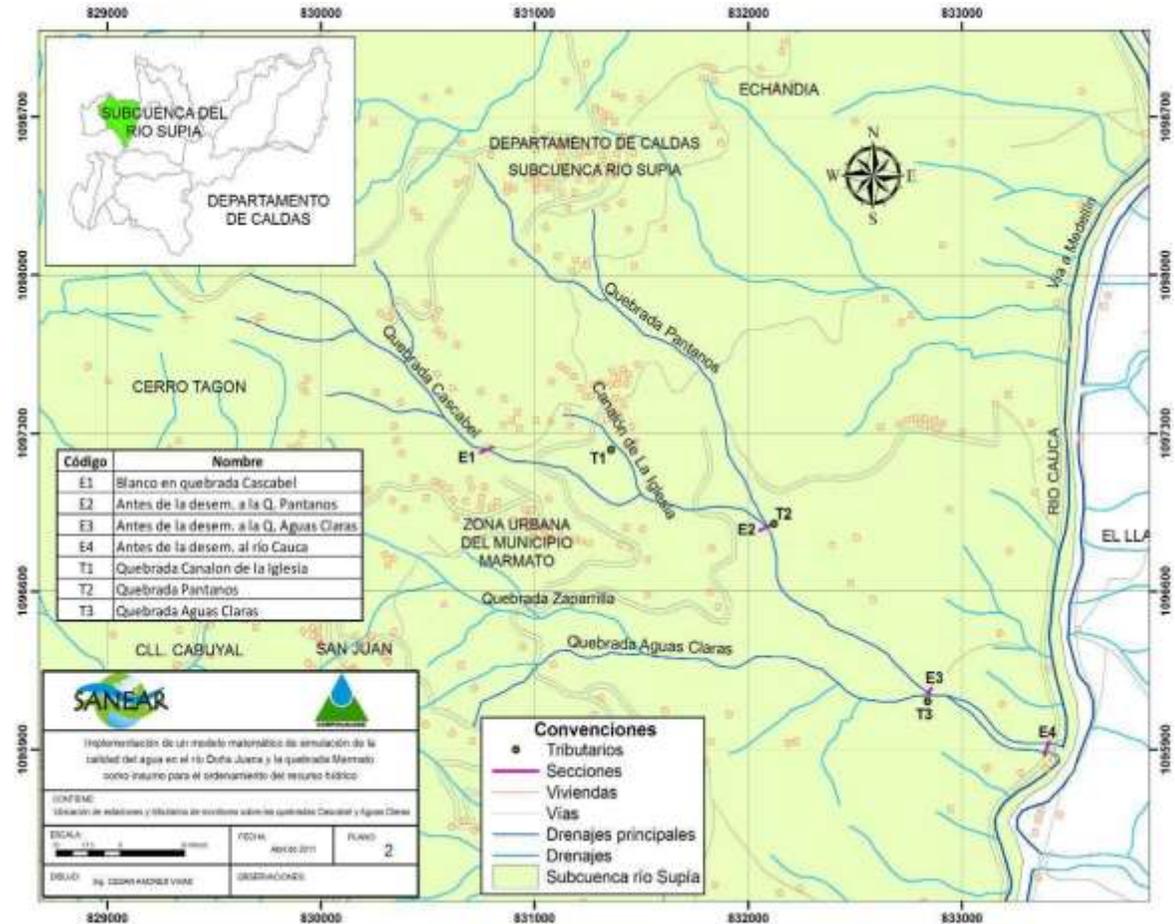
Fuente: EOT Marmato

En el municipio se encuentran las famosas minas de oro de Marmato y Echandía, las cuales constituyen un distrito minero de aproximadamente 25 Km<sup>2</sup> (TORRES M., 2010).

Marmato hace parte de cinco de las zonas estipuladas como zonas de minería restringida según el artículo 35 de la Ley 685 de 2001, donde se ubica a Marmato en un territorio de especial interés arqueológico, histórico o cultura; constituido como zonas mineras indígenas y de comunidades negras; en las que aún con las restricciones se pueden desarrollar actividades de exploración y explotación. Igualmente se ajusta al artículo 38 de la misma ley de acuerdo a la información geológico-minera disponible. Otro aspecto relevante que conlleva la historia minera de este municipio se da en la zona urbana, la cual es considerada desde 1982 por el Ministerio de Cultura como Patrimonio Histórico, quien además realizó para este una valoración Arquitectónica y un plan especial de protección, planteando dentro de este la creación del Parque Nacional de la Minería, por ser el último vestigio que queda en Caldas de la cultura de las minas. (Alcaldía de Marmato, 2007).

### 3.3 Recurso Hídrico en Marmato

Figura N°2. Fuentes Hídricas de Marmato



Fuente: (CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011)

El municipio de Marmato se encuentra ubicado en la cuenca del Río Cauca, haciendo parte de esta la Subcuenca de La Quebrada Marmato, que a su vez se encuentra conformada por las Microcuencas: Quebrada Cascabel, Aguas Claras, Pantanos y Seca.

La Microcuenca de la quebrada Cascabel, seleccionada para esta investigación, posee un área total de 5.3 Ha, con laderas de pendientes mayores al 35%, está ubicada en las coordenadas 830777E y 1097228N que corresponde a su nacimiento y 833394E y 1095900N en la desembocadura al río Cauca donde llega como Quebrada Marmato

(CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011) y es de importancia para el territorio Marmateño por su ubicación estratégica y por los usos que brinda a la comunidad, como abastecedora de cuatro acueductos como se indica en la Tabla N°1

Tabla N°1. Acueductos que abastece la Microcuenca de la Quebrada Cascabel.

MICROCUEENCA CASCABEL		
COMUNIDAD BENEFICIADA	QUEBRADA QUE ABASTECE	DESCRIPCIÓN
Algunas casas de la Vereda Bellavista	Cascabel	De la Quebrada la Victoria se benefician 9 usuarios, presenta 5lt/ segundo de captación y una conducción con un diámetro de 2". No presenta vertimientos de aguas negras y no está aislado con cerca amarilla. Cuando el agua pasa por la cabecera de Marmato, se contamina con aguas residuales de la minería.
Vereda Ladrillera	Volante	Posee 59 usuarios, presenta 9 lt/ segundo de captación y una conducción de 2". Se identifica como las contaminada por cultivos de café y viviendas alrededor de su bocatoma
Centro Poblado Agrovillas Jiménez	La Cidreira	Posee 26 usuarios. Con una captación de 8lt/segundo
Vereda Jiménez Bajo		Posee 20 usuarios. Con una captación de 8lt/segundo y con 3" de diámetro para la captación
Matadero		
Vereda el Llano (Viejo)	La Plata	Posee 54 usuarios. Con una captación de 20 lt/segundo y con un diámetro de conducción de 2". No se encuentra protegido por cerca amarilla y no posee vertimientos de aguas negras.

Fuentes: (Concejo Municipal de Marmato Caldas, 2004) y (Alcaldía de Marmato, 2007).

La Quebrada Cascabel también hace parte importante de los Mitos y Leyendas del Municipio, tal y como lo describe Alberto Gallego<sup>4</sup> al decir que: *“Esta es una leyenda de las más arraigadas en Marmato, se dice que es la Quebrada del Amor y que quien la toma queda embrujado y no vuelve a salir de Marmato, se la dan a beber a quien va a partir, para que la ausencia no se le haga muy larga. Se dice que el agua embrujada de*

<sup>4</sup> Alberto Gallego, Escritor del Libro Historia de Marmato y Autor del Himno del Municipio. En Honor a Él, el día del Maestro se hace la condecoración al Mérito Educativo de los Docentes en Marmato.

*Cascabel, es la amabilidad de los Marmateños y la cordial bienvenida que dan a los turistas”.* (Alcaldía de Marmato, 2007).

### **3.4 Condiciones Socio-Económicas**

Según el censo DANE de 2005 se detalla una población de 8.455 habitantes y una proyección al 2.011 de 8488 habitantes, dentro de los cuales 1.132 se ubican en la parte urbana y 7.716 en la parte rural. En cuanto al último Censo minero de Marmato (Agencia Nacional de Minería - Gobernación de Caldas - Ministerio de Minas y Energía, 2012) se estima una población minera de 2.900.

La tasa neta de cobertura escolar en Marmato para el año 2.010 según el Plan de Desarrollo Municipal (Alcaldía Municipal de Marmato, 2012) fue de: Transición 82.6%, Básica primaria 90.7%, Básica Secundaria 66.4%, Media 37.6%. En cuanto a la educación, el Municipio de Marmato en términos generales es bajo.

Teniendo en cuenta la información del censo 2005, el 36.0% de la población tiene Necesidades Básicas insatisfechas, el 8.4 está en situación de miseria. En la cabecera municipal el 77,8% tiene NBI, y 29.3% del resto de la población tiene NBI. La representación de estas necesidades se ofrece así: el 6.9% de la población tiene necesidades básica insatisfechas en temas de vivienda, 12% NBI en temas de servicios públicos, el 10% NBI por hacinamiento, 2.4% tiene NBI por inasistencia escolar, el 15.2% por dependencia económica (Alcaldía Municipal de Marmato, 2012).

La base económica de Marmato son la minería, la agricultura y el comercio, perteneciendo las dos primeras al sector primario y la última al terciario. La minería es la principal fuente de empleo e ingreso, a pesar de que la generación de estos ingresos depende de la cantidad y calidad del mineral que se extrae. Se estima que la producción de oro en lo que va corrido del año 2.013 según la publicación de Producción de Metales Preciosos en Colombia para el primer trimestre del año 2.013, elaborado por SIMCO (Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO, 2013), corresponde a 664.230.80 gramos. En cuanto a la agricultura el café, la caña panelera y el plátano son los cultivos más representativos del municipio representando el 87.9%, 1.26% y 3.9% del PIB anual del municipio respectivamente. Adicional a estos cultivos, igualmente se presentan plantaciones transitorias en menor escala de tomate chonto (0.2%), fríjol (0.17%), yuca (0,08%), maíz tecnificado (0,06%), y maíz tradicional (0,04%). La producción pecuaria del municipio es para la satisfacción de la demanda local (Alcaldía de Marmato, 2012). En el caso del comercio, es muy poco desarrollado; el flujo de sus mercancías proviene principalmente de Medellín y Pereira; en los fines de semana se presenta un alto porcentaje de comercio informal, con abundancia de vendedores llegados de Supía, Riosucio y otras ciudades vecinas, que se estacionan en los pocos y estrechos espacios públicos (Corporación Autonoma Regional de Caldas CORPOCALDAS - Corporación Aldea Global, 2010).

La minería en Marmato ocupa a 2.900 mineros distribuidos de la siguiente manera según el último Censo minero (Agencia Nacional de Minería - Gobernación de Caldas - Ministerio de Minas y Energía, 2012): Menores de 18: 10 mineros, Entre 19 y 25: 494, Entre 26 y 35: 450, Entre 36 y 45: 396, Entre 46 y 65: 297, Mayores de 65: 81 y Sin dato: 8.

### **3.5 Condiciones Político Institucionales**

Políticas locales en relación con la minería:

- **Programas, Proyectos en relación con la minería: no se tiene, solo formulados, en ejecución:** Panorama Ambiental de la minería de Oro en Colombia 1.996, Agenda para la Gestión Ambiental del Municipio de Marmato 1.998, Plan de Acción Inmediato - PAI para el Municipio de Marmato 2.010,

### **3.6 Impactos Socio- Ambientales en la Quebrada Cascabel**

En cuanto al recurso hídrico, la actividad de explotación aurífera está generando un deterioro ambiental a lo largo de las fuentes hídricas (Alcaldía de Marmato, 2012), sobre la afectación de la minería al recurso hídrico (estudios realizados, mediciones físico químicas, microbiológicas, toxicológicas, etc.):

En general la actividad minera en Marmato, se realiza con sistemas artesanales, en la que se cuentan 230 minas en actividad y 20 molinos de beneficio, de los cuales tres son propiedad del estado, en la que trabajan a menos de la mitad de su capacidad, por causa de la administración y mantenimiento; situación que obliga a los pequeños mineros, a utilizar las plantas de los particulares para beneficiar el oro, incrementando costos de producción, pero que a la larga se obtienen otros beneficios, por estar tecnificados y eficientes (Alcaldía de Marmato Caldas, 2013).

En la última década con el impulso de los últimos gobiernos en la explotación de recursos minerales en el país se ha ido presentando la llegada de inversionistas internacionales que han hecho estudios de exploración en diferentes departamentos de Colombia. Para el caso particular de Marmato las exploraciones y la compra de títulos mineros han sido realizadas por la compañía Canadiense Medoro, sus estudios han arrojado que para la mina de oro de su propiedad se tiene un deposito aurífero de 7.5 millones de onzas de oro, extracción que sería a cielo abierto durante un tiempo aproximado de 30 años (CARACOL, RADIO, 2010). Esta situación que en este momento se ha convertido en la principal preocupación de la comunidad de la zona, argumentando a través de: *“El Comité Ejecutivo del Consejo Regional Indígena de*

*Caldas (CRIDEC), siguiendo el mandato del IX Congreso del Pueblo Indígena de Caldas, celebrado en Supía entre el 30 de abril y el 2 de mayo de 2010, y la comunidad marmateña, representada en el Comité Cívico Pro Defensa de Marmato y el Comité por los Derechos de los Marmateños, Denuncian ante las instituciones y organismos de derechos humanos del estado, las organizaciones sociales y populares, los organismos internacionales defensores de los derechos humanos y ambientales, ONG's y a la opinión pública en general que: Después de cinco años de incertidumbre, las compañías multinacionales reconocen públicamente que su decisión es desaparecer el pueblo de Marmato, pueblo minero del occidente del Departamento de Caldas en Colombia, con el fin de hacer explotación a cielo abierto del oro de la montaña en la cual se encuentra asentada esta población desde hace 474 años, proyecto que cuenta con el aval y el apoyo activo del Gobierno colombiano<sup>5</sup>".*

Encadenado a los conflictos sociales, se presentan los conflictos ambientales que también despiertan interés entre los actores locales e institucionales con incidencia en la región analizados por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, que desde el año de 1995 realizó un Diagnóstico Ambiental para el distrito Minero de Marmato, como cumplimiento al programa de legalización de la pequeña minería, y en el que ha descrito con respecto a los recursos hídricos del Municipio que: “La Quebrada Santa Inés prácticamente ha desaparecido debido a las intensas labores mineras”, esto haciendo referencia a las Quebradas Pantanos y Cascabel (objeto del presente estudio), en las que se ha intensificado la captación para el proceso de la explotación minera. De otro lado en el Proyecto de Acuerdo de Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Marmato Caldas del 2004, en su Artículo 82 donde se clasifican los planes parciales para el Municipio como: Recuperación de la zona minera y Preservación del Centro Histórico; Creación del Parque Nacional Minero; Desarrollo del Nuevo Marmato y Desarrollo de la Zona de Expansión del Tejar y El Llano; Se incluye la quebrada Cascabel por su deterioro debido a la actividad minera. En el artículo N°179 de

---

<sup>5</sup> Texto completo disponible en: <http://www.pasc.ca/fr/node/3297> Última consulta: 1 de Agosto del 2013.

mencionado acuerdo se Prohíbe la disposición indiscriminada de estériles sobre las laderas del Canalón de la Iglesia, Quebrada Cascabel y Quebrada Pantanos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Analizar el impacto ecosistémico en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada cascabel por afectación al recurso hídrico generado en el proceso de explotación aurífera en el Municipio de Marmato, Departamento de Caldas, Colombia

### **4.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar metodologías para el análisis de impacto ecosistémico
2. Determinar la normatividad colombiana, tratados y acuerdos internacionales relacionados con el uso y manejo del agua en la explotación minera.
3. Describir los procesos de explotación aurífera realizados en el municipio.
4. Establecer los impactos ecosistémico por afectación a la quebrada cascabel.

## **5. HIPOTESIS**

La actividad minera en Marmato impacta de una manera significativa la microcuenca Cascabel.

## 6. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde tiempos inmemorables, la minería ha sido una de las principales fuentes de ingreso para quienes realizan esta actividad. Estas prácticas actualmente han desencadenado en Colombia una serie de conflictos socio políticos y ambientales entre los que se mencionan los problemas de contaminación, generados por los desechos de las minas que las lluvias llevan a los ríos y corrientes, los cuales afectan directa e indirectamente a las personas que habitan en los lugares cercanos a estas y sitios de explotación. A partir de esto, no solo a Colombia sino en el resto del mundo se ha venido pensando y repensando qué hacer ante dicha situación y se realizan estudios relacionados con medio ambiente, afectación y/o mejoramiento del mismo.

A continuación se relacionan algunos antecedentes que serán tomados de referencia en relación con las afectaciones que ha generado la minería en el ámbito internacional, nacional y local y que permiten hacerle una referencia a partir de los enfoques ecosistémicos. Estos antecedentes se han dividido en las siguientes temáticas:

- Impactos ambientales en el recurso hídrico generados por la minería.
- Aplicación del Enfoque Ecosistémico como una experiencia para buscar un balance apropiado entre los intereses comunitarios y la conservación del sistema natural en sitios donde hay múltiples recursos y valores naturales.
- Estudios ambientales realizados en Marmato Caldas Colombia.

### 6.1 Impactos ambientales en el recurso hídrico generados por la minería.

Ámbito internacional:

- Implicaciones de la minería en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú.
- Impactos de la minería en el páramo de Rabanal (Tunja – Colombia).
- Impactos de la minería en Quimsacocha (Ecuador).

- Yanacocha – gran minería de oro en la Jalca Peruana: Impactos de la minería en Yanacocha (Perú).
- La explotación ilícita de recursos minerales en Colombia – informe especial – contraloría nacional: Realizada en julio de 2012 en el municipio de Dagua, Valle del Cauca.

## **6.2 Incidencia del Enfoque Ecosistémico (EE) en el mundo:**

En el ámbito internacional los estudios en que se han visto la práctica de metodologías de EE son según (SHEPHERD G. , 2006):

- Bocas del Toro Archipiélago, Panamá
- Zonas Secas en Niger-Nigeria
- Provincia Papua Indonesia
- La Cuenca del Río Mekong
- Distrito Babati, Tanzania

El EE también ha sido parte de investigaciones articuladas con la salud humana, avalado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo IDRC, como lo resume J. Lebel en su libro, en el que presenta las siguientes experiencias en EE en salud - Ecosalud (LEBEL, 2003):

- Yubdo Legabato, Etiopía.
- Valle Chol, Argentina y Chile, pueblo indígena Mapuche.
- Carchi, provincia al norte de Ecuador, una de las principales productoras de papa del país.
- Goa, Nueva Delhi donde se ha llevado minería intensiva por más de 35 años.
- En Kenia, en la región de Mwea, donde la malaria mata entre 75 y 100 niños al día.

Otros estudios realizados con base en el EE, presentados por A. Andrade en Latinoamérica se describen a continuación (ANDRADE P., 2007):

- Bosque Chiquitano en Bolivia y Paraguay.
- El Corredor de Conservación Chocó – Manabí, entre Colombia y Ecuador.
- Corredor de Robles, una estrategia integrada de manejo y conservación de la Biodiversidad en el marco del Enfoque Ecosistémico.
- El Proyecto Páramo Andino, un ejemplo de Aplicación del Enfoque Ecosistémico en cuanto al paisaje regional.
- Sistema de Humedales Paraguay – Paraná.
- Estrategia de conectividad de la reserva de la biosfera y el bosque de Mbaracayú y el Enfoque Ecosistémico en Paraguay.
- El Enfoque Ecosistémico aplicado a la gestión del agua: una perspectiva desde América Latina.
- Conocer para respetar: principios ecológico-culturales indígenas y el Enfoque Ecosistémico en la Amazonia colombiana.
- Aportes del Instituto Alexander von Humboldt a la aplicación del Enfoque Ecosistémico en Colombia.
- El Enfoque Ecosistémico en la gestión de las áreas marinas y costeras protegidas en Chile.
- Desarrollo de un Programa Nacional de Zonificación Agroecológica en Panamá: un Enfoque Ecosistémico.
- El Enfoque Ecosistémico como guía para la acción. El caso del complejo de humedales de Fúquene en los Andes orientales de Colombia.

Específicamente en el tema de EE frente a la gestión integrada del agua y la naturaleza en América Latina existen diversos estudios según (BITRÓN), dentro de los cuales se puede mencionar:

- Corredor de Humedales del Litoral Fluvial (Argentina)

- Cuenca del Lago Titicaca (Bolivia y Perú)
- Cuenca del Río Pastaza (Ecuador y Perú)
- Complejo de Humedales del valle del Río Ubaté (Colombia)
- Sistema Acuífero Guaraní (Argentina, Uruguay, Brasil y Paraguay)

En cuanto a la aplicación del EE en la minería de oro se encontraron estudios sobre:

- Aplicación del Enfoque Ecosistémico en el Proyecto Impactos de la Minería del Oro en el Ambiente y Salud en la Cuenca del Río Puyango, Suroeste del Ecuador<sup>6</sup>.

La metodología de EE aplicada en diferentes partes del mundo ha tenido antecedentes positivos. El manejo ambiental orientado por las percepciones y las necesidades de la comunidad ha permitido dar solución a problemáticas ambientales, sociales y económicas de las regiones. El fin del EE es la salud de los ecosistemas y su reflejo en las comunidades.

### **6.3 Estudios realizados en Marmato**

Por otro lado, los estudios realizados en Marmato frente a la situación particular presentada en esta zona, se presentan las investigaciones e intervenciones que se han abordado desde los intereses particulares de quienes los realizan, en los que abordan tanto la problemática ambiental como la social del municipio:

- Diagnóstico Ambiental de Caldas Plan de Acción 2013 – 2015.
- Censo Minero, 2012.
- Agendas Ambientales del Municipio de Marmato, 2012.

---

<sup>6</sup> Documento elaborado por: Oscar Betancourt y Alberto Narváez .Fundación Salud Ambiente y Desarrollo FUNSAD, Miembros de la Red CYTED por la Minería Responsable, RESPOMIN. Ecuador.

- Habitus Productivo y Minería: El caso de Marmato Caldas, 2012.
- “Caracterización, Evaluación y Modelación de la Calidad de Agua Quebradas Cascabel y Aguas Claras – Municipio de Marmato”, 2011.
- Plan de acción inmediato-PAI para el municipio de Marmato, 2010.
- Informe final: Evaluación de la calidad del agua de las corrientes superficiales “fuentes receptoras de vertimientos líquidos” en el departamento de Caldas, 2010.
- Informe final: Evaluación de la Calidad del Agua de las Corrientes Superficiales “Fuentes Receptoras de Vertimientos Líquidos” en el Departamento de Caldas, 2009.
- “Desarrollar la Fase de Aprestamiento y un Diagnóstico Parcial de la Cuenca Hidrográfica Aferentes Directo al Río Cauca Sector Noroeste del Departamento del Caldas. Fichas resumen de Diagnóstico de Microcuencas abastecedoras del municipio de Marmato. 2009”
- Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, Municipio de Marmato Caldas, 2005.
- Esquema de Ordenamiento Territorial.
- Plan de Manejo Ambiental Minería de Hecho Marmato, Departamento de Caldas, MINERCOL S.A.,1996.
- Diagnóstico Ambiental Distrito Minero de Marmato, 1995.

Los diferentes documentos realizados en el municipio se enfocan en datos estadísticos o generalidades de la minería, en descripciones de historia, en problemáticas ambientales generadas por la minería, los conflictos sociales que esta actividad y sus intereses han desencadenado y otros según sean los intereses de las instituciones que los realiza. Todos los datos obtenidos son de interés para el municipio, sin embargo se requiere identificar que propuestas o estudios realizados se han articulado como insumo para el desarrollo de los planes que en el municipio se han creado o se deben crear como cumplimiento legislativo del municipio, especialmente en Marmato, territorio de

importancia económica e histórica para Colombia, que presenta conflictos de ordenamiento territorial, social y ambiental.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **1. MARCO LEGAL**

La legislación sobre el recurso hídrico es muy amplia, debido a la importancia que tiene para el sostenimiento y el desarrollo de los ecosistemas. En este capítulo, se presenta el marco legal relacionado con este recurso y la influencia de la industria, incluyendo la minera, marco que se tiene en cuenta en el análisis sobre el manejo adecuado del recurso, más aún que las presiones legales en términos del sistema hidrológico en el contexto mundial han aumentado al igual que el crecimiento demográfico y el desarrollo económico, por lo cual es necesario plantearse retos frente a la falta progresiva de agua y a los problemas que genera su contaminación (Naciones Unidas (ONU), 2003).

#### **1.1 Tratados y Acuerdos Internacionales**

En el ámbito internacional se han redactado acuerdos y tratados desde 1800, donde se discutían los límites de los cursos de agua, la navegación y comercio de los mismos (Del CASTILLO, 2009). Con el paso del tiempo y con la presión que se ha ejercido sobre el recurso hídrico se incluye en la discusión el tema de accesibilidad, ya que para solo en el año 884 millones de personas no contaban con agua potable y saneamiento ambiental, sumado a ello que 4 millones mueren cada año de enfermedades cuyo vector es el agua (EL PAÍS, 2010). Adicionalmente, el tema de la contaminación, ha sido fundamental.

La Agenda XX1, conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, constituyó un evento importante en el mundo con el objetivo de lograr un equilibrio entre las necesidades económicas, sociales y

ambientales., en el que indiscutiblemente el tema del recurso agua tuvo su espacio de discusión y análisis.

En el Capítulo 18 de la agenda, dedicado al agua dulce, se consideran temas como el suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población, la adaptación de las actividades humanas a la disponibilidad de los recursos naturales, la preservación de las características hidrobiológicas de los ecosistemas mediante la adopción de tecnologías apropiadas para el adecuado uso y manejo del agua; además de la planificación y ordenación integrada de los recursos hídricos (Naciones Unidas (ONU), 1992).

Después del compromiso de 178 países por el cuidado del medio ambiente en 1992, el deterioro de los ecosistemas no cesó, y se hizo necesaria la convocación a nuevas reuniones en las que se consideró de vital importancia la formulación de políticas para el manejo de las cuencas fluviales, como fue en la *Sesión Especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas – 1997*, medida que se hizo común en el siguiente año en la reunión de expertos en Harare, Nueva York y París, y en la Comisión de Desarrollo Sostenible (CSD) Sexto Período de sesiones – 1998. En los años siguientes las reuniones en *Bonn* y *Johannesburgo* le apostaron al acceso equitativo al agua dulce, a la protección de la calidad de esta, y señalan al agua como elemento esencial para la paz, el desarrollo sostenible y la lucha contra la pobreza.

En muchos casos, estas cumbres y reuniones han sido la base para la regulación en cada país. Así, los controles que se tomen ahora en cuanto al uso y manejo del agua no serán en vano, el agua es un recurso renovable que responde bien a su ciclo de regulación, pero es importante a través de la legislación concientizar y regular su uso. En el Anexo N° 1, se mencionan algunos tratados y acuerdos internacionales a lo largo del tiempo en los que la conservación del agua debe ser la prioridad para las diferentes naciones.

## 1.2 Legislación Colombiana

Así como en el contexto internacional se han incrementado las regulaciones, en Colombia pasa igual en el ámbito nacional. A continuación se mencionan las principales leyes colombianas que tratan el tema del agua en el contexto ecosistémico:

- El Decreto Ley 2811 de 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, reglamentado por la Presidencia de la República de Colombia regula el uso de los recursos naturales renovables. Regula los permisos para aprovechamiento de agua, (Art. 113).
- *La Ley 9 de 1979*, regulada por el Congreso de la República. Referida al control sanitario de los usos del agua.
- *Decreto 1541 de 1978*. Reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, en orden de asegurar la preservación cualitativa del recurso y a proteger los demás recursos que dependan de ella.
- *Constitución Colombiana 1991*, Art. 79 y 80 referentes a los deberes del Estado a proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines se planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
- *Ley 99 de 1993*, decretada por el Congreso de la República y por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
- *Ley 373 de 1997. Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua*, en el que se plantea la reducción de pérdidas, reúso obligatorio del agua, incentivos

tarifarios, actualización de información, campañas educativas a los usuarios, programas docentes, protección de zonas de manejo especial, sanciones.

- *Decreto 1729 de 2002.* Concerniente a cuencas hidrográficas, desde el plan de ordenación, la elaboración y ejecución del plan y fuentes de financiación de los planes de ordenación de las cuencas.
- *Decreto 3930 de 2010.* Regula el uso del agua en la minería y se cataloga como de uso industrial.
- *Código Nacional Minero Ley 685 DE 200.* Regula la explotación minera en zonas definidas como de especial interés arqueológico, histórico o cultural.
- *Le ley 1382 de 2010.* Modifica y deroga algunos de los artículos del Código Nacional Minero, dentro de los artículos que deroga se encuentran los artículos número 203, 211, 213 y 215, pertenecientes al título V capítulo XX que hacen referencia los Aspectos Ambientales.

En el ámbito municipal se han firmado acuerdos como el número 005 por el cual se adopta el Plan de Desarrollo del Municipio de Marmato - Caldas para el período 2012-2015 “MARMATO HACIA LA PROSPERIDAD INTEGRAL”, “TODOS POR UN MARMATO ANHELADO” y el acuerdo 16 por el cual se autoriza al alcalde municipal para la vinculación al Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento -PDA- en el Departamento de Caldas y se dictan otras disposiciones.

Toda la normatividad aquí relacionada y las demás relacionadas con el recurso agua y la actividad minera en la que se basa el análisis metodológico se encuentra detallado en el Anexo N° 2.

## **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Este capítulo recoge los fundamentos teóricos sobre los cuales se ha basado el análisis y desarrollo de esta investigación, una contextualización sobre ecosistemas; minería e impacto ecosistémico; ecosistemas acuáticos continentales y minerales en Colombia; explotación de oro en Colombia; métodos de extracción aurífera usados en Colombia y, procesos de explotación, usados en Marmato. Finalmente en este capítulo se presentan los impactos ecosistémicos relacionados con la minería y las metodologías usadas para el análisis de la situación en el municipio de Marmato.

### **2.1 CONTEXTUALIZACIÓN ECOSISTÉMICA**

En la actualidad la relación entre organismos vivos y ambiente físico, ha hecho más complejo el concepto de ecosistema, involucrando también la interacción de factores sociales, culturales y económicos. Y es que nuevas posiciones procuran retomar la concepción del mundo como un todo y no como un conjunto de partes con poca tendencias que consideran que la alteración de uno de los elementos trae repercusión sobre el resto (Di Salvo, Romero, & Briceño, 2009). Es por ello de gran importancia para la conservación del medio natural mantener una visión ecosistémica, especialmente teniendo en cuenta lo planteado por C.V. Linné<sup>7</sup> en el año 1771 cuando propone La Nomenclatura Binomial, “Herramienta de Organización de la Naturaleza” que parece ofrecer una primera versión de una teoría ecológica global. Teoría que toma el nombre de Ecosistema como concepto ecológico holístico, integrador que según A. G. Transley<sup>8</sup> combina los organismos vivos y el ambiente físico en un sistema”.

---

<sup>7</sup> Carl Von Linné 1707 - 1778. Científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco.

<sup>8</sup> Arthur George Transley 1871 - 1955. Botánico inglés, introduce el término de Ecosistema en 1935.

Otro de los aspectos que se debe vincular en la interacción de los ecosistemas son las actividades del hombre, pero no solo las productivas sino cada una de sus funciones vitales del ser humano: respirar, consumir agua, alimentos y generar desechos, entre otras. Cada una de estas actividades también afecta directamente los recursos bióticos y abióticos, generando Impactos Ecosistémicos (IE).

## **2.2 IMPACTO ECOSISTEMICO**

El Impacto Ecosistémico puede ser definido (SANZ C., 1991) como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad dados. La ONU amplía la definición incluyendo los efectos sobre la salud, la seguridad de los seres humanos, los monumentos históricos u otras estructuras de material (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), 1994). En el contexto nacional El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT) construye el concepto de impacto reconociendo la definición de impacto que manifiesta la ONU, ratificando que además de los problemas, también pueden generar bienestar humano y conservación de los recursos naturales (Decreto 1220 de 2005<sup>9</sup>). Así. El IE tiene una clara connotación de origen humano, dado que son las actividades, proyectos y planes desarrollados por el hombre, los que inducen las alteraciones al medio, las cuales pueden ser o bien positivo, cuando impliquen mejoramiento de la calidad ambiental, o bien negativas cuando ocurra la situación contraria, a esto le apunta el concepto construido por el MAVDT de Colombia.

## **2.3 ECOSISTEMA, MINERÍA E IMPACTO ECOSISTÉMICO**

Definidos los conceptos de ecosistema como: “el mundo como un todo y no como un conjunto de partes con poco o sin ningún sentido” (Di Salvo, Romero, & Briceño, 2009);

---

<sup>9</sup> Por el cual se reglamenta el Título **VIII** de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Presidencia de la República de Colombia.

de minería según el A, B, C Minero como “el conjunto de actividades que realiza cualquier persona para conseguir los minerales que se encuentran en el suelo o subsuelo, (Ministerio de Minas y Energía, 2012) y el de impacto ecosistémico de un proyecto, en este caso el generado por la minería, como la diferencia existente entre la situación del medio ambiente futuro modificado (proyecto ejecutado), y la situación del medio ambiente futuro tal y como éste habría evolucionado sin la realización del mismo, lo cual se conoce como alteración neta” (CONESA, 1996)., y teniendo en cuenta que la minería es una actividad inherente a todas las comunidades del mundo, dado que los minerales hacen parte del suelo o subsuelo del planeta sin discriminar su ubicación, y presentando afloramientos de aluminio, magnesio, calcio, silicio, potasio, sodio, hierro, oro y plata entre otros minerales, lo que facilita que hagan parte directa o indirectamente de la industria, posicionándose fuertemente en el mercado y coinvirtiéndose a la minería en la principal actividad económica de muchas comunidades en las que se practica esta, también existe un riesgo que se toma al realizar la extracción de mencionados minerales no renovables representado un costo ambiental, que se asume desde el momento de su búsqueda, hasta el desmonte de la mina.

Aunque en la minería también se han visto avances tecnológicos, paralelos a estos se enfrenta el clamor mundial por la protección hacia el medio ambiente y los recursos naturales, que conducen a las autoridades ambientales y mineras a ajustar cada vez más las condiciones y requerimientos para obtener los permisos que permiten iniciar los proyectos (PEÑA P., 2012).

En Colombia el ambiente minero se ha tornado gris para muchos mineros artesanales que llevan practicando esta actividad desde hace siglos, debido a que el gobierno actual le apuntó a la minería como una de las cinco locomotoras de desarrollo, dando paso a la inversión extranjera en proyectos de minería a gran escala y aunque es evidente que el manejo ambiental que le ha dado la minería artesanal a los recursos no ha sido bueno, no debe desconocerse que el daño que ha presentado la minería a gran escala (cielo abierto) es mucho más impactante y esto puede evidenciarse en las minas a cielo abierto en el mundo como El Cerrejón en Colombia, Adams en Ontario, Alquife en Provincia de

Granada, España y Bajo de la Alumbrera, Argentina, por mencionar algunas. Observando esta devastación y encontrando comentarios como el de Stevenson 1989<sup>10</sup>: *“los cuerpos de mena son finitos y no-renovables y si se explotan no pueden ser reemplazados”*, no es difícil catalogar a la minería como una actividad económicamente lucrativa a mediano plazo, sabiendo que aún existen minerales por extraer, pero devastadora cuando se habla de desarrollo sostenible.

## **2.4 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES Y MINERALES DE COLOMBIA**

El agua dulce representa en el planeta sólo el 2.53% de la cantidad total del agua, y de ésta, el 97.47% restante corresponde a los océanos (Naciones Unidas (ONU), 2003). Los ecosistemas acuáticos continentales figuran entre los más productivos de la tierra: son fuente de diversidad biológica y aportan el agua y la productividad primaria a las innumerables especies animales que de ellos dependen para su supervivencia.

Entre las funciones de los ecosistemas acuáticos se pueden citar: el abastecimiento y almacenamiento de agua, la mitigación de inundaciones, la recarga y descarga de acuíferos, la retención de nutrientes y sedimentos, la oferta de recursos hidrobiológicos, el refugio de especies, incluidas las aves migratorias y las posibilidades como medio de comunicación, de recreación y de turismo. Algunas funciones además están asociadas con creencias religiosas o cosmológicas, y son fuente de tradiciones locales. Por otro lado, los ecosistemas acuáticos son receptores de los procesos de contaminación de las diferentes actividades de los sectores productivos, por lo que además se constituyen en un medio para la transmisión de enfermedades y contenidos tóxicos (OJEDA, 1998).

---

<sup>10</sup> James Stevenson de Rio Tinto Corporation RTZ. Compañía minera anglo-australiana involucrada con la exploración, extracción y el refinamiento de una variedad de metales y minerales, incluyendo los productos energéticos como el carbón y el uranio.

Hasta finales del siglo XX Colombia ocupaba el cuarto lugar en el mundo después de la Unión Soviética, Canadá y Brasil en mayor volumen de agua por unidad de superficie. El rendimiento hídrico promedio del país era de 60 litros por kilómetro cuadrado, lo que era seis veces mayor que el rendimiento promedio mundial y tres veces el de Suramérica. (Red Interamericana de Academias de Ciencias IANA, 2012). Adicionalmente, como datos importantes para referenciar se tiene que:

- Colombia cuenta con al menos 737.000 cuerpos de agua entre ríos, quebradas, caños y lagunas.
- En Colombia existen cerca de 1.600 cuerpos de agua, entre lagunas, lagos y embalses, los cuales cuentan con un volumen total utilizable de 26.300 millones de m<sup>3</sup>.
- En el territorio colombiano en promedio cada año caen 3.400 km<sup>3</sup> de agua, se evaporan 1.100 km<sup>3</sup> y escurren 2.300 km<sup>3</sup>; si se supone que un país es capaz de retener en sus dispositivos de abastecimiento el 40% de esta oferta, Colombia contaría con 1.150 km<sup>3</sup>/año de la oferta hídrica total superficial, pero la capacidad de los sistemas de abastecimiento y suministro de agua no alcanzan ese porcentaje con respecto a la oferta de agua.
- En el período comprendido entre los años 1985 y 2006 la disponibilidad per cápita de agua se redujo de 60.000 m<sup>3</sup>/año/hab. a 40.000 m<sup>3</sup>/año/hab.
- Cada colombiano dispone de 40.000 m<sup>3</sup> de agua al año, pero de no adoptar medidas para su conservación, esta situación generaría una problemática del agua en Colombia de tal forma que para el año 2020, cada colombiano dispondría de un volumen potencial de agua igual de 1.890 m<sup>3</sup>/año.
- Con relación a la calidad del agua en el país, las fuentes principales de alteración son: aguas residuales domésticas, industriales, de producción agrícola y ganadera, aguas lluvias, aguas de transporte terrestre, fluvial y marítimo, de sustancias peligrosas y de petróleo y sus derivados, entre otras. (Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) y Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANA) , 2012)

- Acompañando el recurso hídrico está la variedad de minerales que afloran en el suelo y subsuelo colombiano y es que gracias a la ubicación privilegiada del país desde el punto de vista metalogénico debido al marco geológico que la caracteriza, con presencia de dos grandes provincias geotectónicas: el Cinturón Andino y el Escudo Amazónico, características que hacen posible la explotación de una amplia variedad de productos mineros de importancia económica para Colombia como el Carbón (quinto mayor exportador mundial); metales y piedras preciosas (oro, plata, platino y esmeraldas), reconocidas en todo el mundo por su calidad y belleza. Minerales metálicos: níquel, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc y titanio; minerales no metálicos: sal terrestre, sal marina, gravas, arenas, arcilla, caliza, azufre, barita, bentonita, feldespato, fluorita, asbesto, magnesita, talco, yeso, roca fosfórica y rocas ornamentales. (Ministerio de Minas y Energía , 2011):

Gracias al boom de la minería en el país se han establecido los minerales de interés estratégico, entre ellos el oro, y se identificaron as áreas de mayor potencial de alojamiento de minerales estratégicos, con el fin de delimitar las Áreas Especiales de Reserva Estratégica, contempladas en la ley del Plan Nacional de Desarrollo.

## **2.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN EN COLOMBIA**

**2.5.1 Explotación a Cielo Abierto:** consiste en la extracción por separado de la totalidad de la sustancia mineral y estéril que se encuentra en el depósito, hasta una profundidad determinada por las condiciones propias del yacimiento. Esencialmente es una excavación abierta al aire para extraer el recurso mineral del subsuelo. Este sistema se emplea cuando la relación entre el volumen de estéril y permita una explotación económicamente rentable. Esta minería ofrece, entre otras ventajas, un mayor grado de mecanización, seguridad y mayores volúmenes de extracción que la minería subterránea (Ministerio de Minas y Energía - Ministerio de Medio Ambiente). Existe un sinnúmero

de métodos de explotación a cielo abierto que se pueden clasificaren cuatro grandes grupos, teniendo en cuenta, los más utilizados en el país: Tajo Abierto (Open Pit), Minería de Cajón o Descubiertas (Strip-mining), Minería de Contorno (Contour Mining) y Métodos Mixtos o Especiales.

**2.5.2 Materiales de Arrastre y Aluviones:** se usa para la extracción de minerales y materiales que han sido arrastrados o transportados por el agua. Se requiere que la sustancia mineral esté en o cerca de las corrientes de agua y a lo largo de las márgenes de las corrientes fluviales. Se extraen por este método también materiales de construcción (gravas, arenas), otros metales preciosos (plata, platino), algunas gemas y metales no preciosos como estaño. Se usan diferentes formas como:

- *Hidráulico:* para depósitos de gravas y cantos de gran tamaño. Se utiliza agua a presión para desintegrar el depósito, y se conduce hasta las plantas de lavado, clasificación, trituración y concentración del mineral. La producción está limitada por la disponibilidad de agua, espesor del depósito y tamaño de las rocas encontradas.
- *Dragado:* es excavación bajo el agua de un depósito aluvial grande en extensión y espesor. Puede ser una corriente activa o extinta del lecho del río.

La draga que se utiliza es, básicamente, una plataforma flotante que remueve el material por medio de una línea de cucharas con instalaciones de clasificación, concentración y separación. Las dragas pueden remover material de hasta 45 m bajo el agua. La operación está limitada por la disponibilidad de agua clara y por el porcentaje de grava presente en el depósito.

**2.5.3. Explotación Subterránea:** consiste en la extracción y transporte del material a través de túneles y galerías que alcanzan la superficie; en los cuales se busca un mínimo movimiento de material estéril. Este sistema se aplica cuando las condiciones geológicas de un depósito o yacimiento mineral son tales que, la remoción del material estéril hace que la minería a cielo abierto sea antieconómica. La recuperación del mineral debe realizarse sobre bases de seguridad y economía, al tiempo que suministre un adecuado

soporte de techo y piso en los frentes de producción, procurando preservar la superficie libre de subsidencia. Adicionalmente, la minería subterránea debe manejar actividades específicas de drenaje, ventilación, alumbrado, etc., adecuados a los frentes de trabajo, que permitan garantizar condiciones óptimas de trabajo, que eviten la generación de polvos y gases por encima de los límites permisibles. El uso de explosivos está ampliamente difundido; sin embargo, para algunos minerales o materiales como el carbón, su uso es restringido por las condiciones de seguridad que se requieren.

Los métodos de minería subterránea se clasifican, entre otros aspectos, de acuerdo al soporte del techo. Este depende de las propiedades mecánicas de las rocas y de las características espaciales, tanto de la sustancia mineral como de la roca encajante. Los métodos utilizados en minería subterránea de manera general se clasifican en tres grandes grupos:

- *Método Auto Portante:* Este método no requiere de soporte artificial, pero no excluye la utilización, para algunos casos de pernos de anclaje en el techo, que incluye:
  - ◆ Método de cámaras almacén.
  - ◆ Método de pozos o macizos largos
  - ◆ Método de pozos tolva
- *Método con Soporte:* Método en el cual los túneles de extracción, requieren soporte, y el techo sufre subsidencia gradual o desprendimiento después de la explotación.
  - ◆ Método de cámaras con relleno
  - ◆ Método de cámaras y pilares
  - ◆ Método de tajo largo con derrumbe dirigido
  - ◆ Método de tajo corto.
  - ◆ Método de tajos en diagonal
  - ◆ Método de testeros o escalones invertidos
- *Método de Derrumbe por Bloques:* Método que depende de las propiedades mecánicas y espaciales de la roca. El depósito es inducido a derrumbarse bajo la acción de la gravedad.
  - ◆ Método por hundimiento de bloques
  - ◆ Método de hundimiento por subniveles

## 2.6 EXPLOTACIÓN DE ORO EN COLOMBIA

El oro utilizado por el ser humano desde hace miles de años y ha sido siempre un elemento importante en todas las civilizaciones. Utilizado como material ornamental por su belleza y como medida de valor, incluso hoy en día los países rigen su economía en gran parte dependiendo de las reservas de oro de que dispone., lo que lo convierte en un indicador económico. Adicionalmente, tiene grandes propiedades de resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductibilidad y reflectibilidad, es muy buen conductor de la electricidad y el calor, no le afecta el aire, la humedad ni la mayoría de los disolventes. Cerca de tres cuartas partes de la producción mundial del oro se consumen en joyería. Gracias a sus cualidades inimitables se utiliza en varios ramos de la industria como el automovilismo, la electrónica, nanotecnologías, sanidad, química, industria espacial y sorprendentemente también en la industria alimenticia. La demanda de oro en estas tecnologías alcanzó las 466,4 toneladas en 2010, lo que corresponde al 11,65% de la demanda total y el 17,3% de todo el oro que fue extraído el mismo año (BOLSA libre, 2010).

Aunque Colombia ocupa el puesto número 66 en producción de oro en el mundo, con una producción de 10.4 toneladas al año y una reserva en oro de 1.8% (CARTA FINANCIERA, 2013), ha sido catalogado por los expertos mundiales como *“el territorio en donde se vivirá la última fiebre minera de todo el globo”*. Una prueba más de este boom aurífero por el que está pasando el país, son las solicitudes que hay en Ingeominas y en los departamentos con Autoridad Minera Delegada para explotación de Metales Preciosos. Según la Cámara de Minería, hasta el 31 de diciembre del año 2007, había 2.500 solicitudes en trámite y hasta el 20 de mayo de 2008, 598 títulos habían sido entregados de acuerdo con el registro minero de Ingeominas, con los que se da vía libre para iniciar el proceso exploratorio en la zona pedida. Solicitudes que se concentran principalmente en los departamentos de Antioquia (27%), Caldas (10%), Chocó (7%), Bolívar (7%), Tolima (6%), Cauca (5%), Santander (4%) y Nariño (4%) (BOHORQUEZ A., 2008).

En el departamento de Caldas se encuentra el municipio de Marmato que está dentro de los proyectos de megaminería de la compañía Medoro que calcula que la explotación a cielo abierto permitirá alcanzar una producción total de 250 mil onzas anuales, teniendo un potencial aurífero de 5 millones de onzas (EL TIEMPO.COM, 2010).

## **2.7 PROCESOS DE EXPLOTACIÓN AURÍFERA EN COLOMBIA**

EN Colombia existen dos formas de la extracción del oro, a través de la minería aluvial y de veta:

- Minería aluvial: explotación de aluviones en donde el buscador de oro procede a llenar la fuente con arena o grava mezcladas con pequeñas partículas de oro, agitándola en el seno de una suave corriente de agua. Las partes más ligeras de la grava se van con el agua y las partículas de oro van quedando en el fondo de la batea.
- Minería de veta: como en la anterior se emplea un gran número de trabajadores, pero ésta utiliza también un sistema de cámaras y pilares. El oro se extrae de la grava o de rocas trituradas disolviéndolo en disoluciones de mercurio (proceso de amalgama) o de cianuro (proceso de cianuro).

Algunas menas, sobre todo aquellas en las que el oro está combinado químicamente con telurio, deben ser calcinadas antes de su extracción. El oro se recupera de la solución y se funde en lingotes. Para que una roca sea rentable debe contener un mínimo de una parte de oro por 300.000 partes de material desechable.

La explotación de Oro en Colombia emplea métodos de minería subterránea y a cielo abierto y mueve volúmenes de materiales en los rangos de pequeña, mediana y gran minería. La producción de Oro en el país es suministrada en un 5% por la gran minería, 60-65% por la minería mediana y 15% por la minería pequeña y el resto por la minería de subsistencia (INGEOMINAS, 1996).

Tabla N°2. Explotación del Oro en Colombia.

CARACTERISTICAS	PEQUEÑA MINERÍA	MEDIANA MINERÍA	GRAN MINERÍA (Explotación de carbón superior a 800.000 Tn/año o remoción de material superior a 2 millones Tn/año para oro)
<i>Área a explorar en Has.</i>	Menor a 100	Mayor a 100 y menor de 1.000	Mayor a 1.000 y menor de 5.000
<i>Duración de la licencia</i>	1 Año	2 Años	5 Años
<i>Tiempo de prorroga</i>	1 Año	1 Año	1 Año
<i>Requisitos para la Solicitud de la Licencia de Explotación</i>	Informe final de exploración y Programa de Trabajos e inversiones. (PTI) La licencia con una duración de 10 años a partir de su inscripción en el Registro Minero. Se deben rendir informes anuales, donde se presenta un resumen del programa de explotación ejecutado, las inversiones realizadas y los resultados obtenidos.	Informes de Progreso sobre el programa de exploración. Programa de trabajos e Inversiones Estudio de impacto ambiental.	
<i>Licencia de Explotación (Es el título que le otorga a una persona la facultad exclusiva de explotar los depósitos o yacimientos de minerales en un área determinada)</i>	La licencia tiene una duración de 10 años a partir de su inscripción en el Registro Minero. Se deben rendir informes anuales, donde se presenta un resumen del programa de explotación ejecutado, las inversiones realizadas y los resultados obtenidos.		
<i>Contratos mineros de concesión (Son contratos celebrados por el Ministerio de Minas y Energía y confieren al concesionario el derecho exclusivo a extraer los minerales y a realizar obras y labores de montaje y desarrollo de la explotación y transporte del mineral)</i>	La duración de los contratos mineros de concesión es de 30 años, a partir de su inscripción en el Registro Minero. Durante la explotación el contratista debe devolver las zonas que no estén incluidas en los planes y diseños mineros. Al vencer los contratos de concesión de gran minería, el contratista debe dejar en funcionamiento equipos, instalaciones y obras mineras y entregar a título de reversión gratuita todas las propiedades exclusivas de explotación.		

Fuente: (GONZALES P., 2013) - Código de minas (Ley 685 de 2001) - Guía Minero-Ambiental de Explotación. Ministerio de Minas y Energía – Ministerio del Medio Ambiente. 2002

**2.7.1 Métodos de Minería Subterránea más Empleados en Colombia:** Los métodos de minería subterránea empleados en Colombia son:

- ◆ *Cámaras y Pilares:* En la extracción del mineral se dejan pilares del mismo para sostener el techo, formando cámaras, dentro de las cuales se realizan las operaciones de cargue, transporte, etc.
  - *Tajo largo con derrumbe dirigido:* Se aplica en yacimientos o depósitos de poca inclinación, con espesores entre 1 y 2.5m. Consiste en dividir el yacimiento en grandes bloques o tajos, por medio de galerías superiores e inferiores, presentándose el derrumbe del techo en las áreas ya explotadas.
  - *Testeros o escalones invertidos:* Se utilizan en yacimientos con fuerte buzamiento para lo cual se descompone el yacimiento en pisos o niveles. Se parte de la galería superior o inferior y se abre un frente de trabajo que se va ensanchando y formando bloques escalonados que van progresando a medida que avanza la explotación. El descargue del mineral se realiza por gravedad.
  - *Derrumbe por bloques:* Se emplea para el arranque de los minerales cuando la gravedad y la presión de los terrenos situados en el techo obligan al derrumbe de la sustancia mineral. En este método se dispone de un juego completo de tolvas de descarga desde donde se transporta el mineral hacia la galería principal.

## **2.8 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN AURÍFERA UTILIZADOS EN MARMATO – CALDAS**

Históricamente el municipio de Marmato ha sustentado su economía en la explotación minera, constituyéndose esta actividad en la principal fuente de ingresos y empleo para sus habitantes. Los ingresos varían de acuerdo a la cantidad y calidad del oro extraído. Marmato es el primer productor de oro en el departamento de Caldas y el más antiguo del país (Alcaldía de Marmato, 2007).

La topografía del terreno facilita la explotación, por cuanto la marcada pendiente permite atacar los yacimientos sencillamente por medio de socavones abiertos desde la pendiente con varios pisos, uno encima del otro, de tal manera que a su paso van

cruzando los diferentes filones, simplificando así considerablemente los trabajos tanto de extracción como de desagüe. Otra ventaja que tiene Marmato es la composición de su mineral, este permite refinarlo por medio de amalgamación, no requiere su fundición. No se puede subestimar esta ventaja, por cuanto el simple proceso de amalgamación puede realizarse en el sitio. (Hettner, 1976).

Procesos de Explotación de Minerales (DIAZ A., 2013): En el municipio de Marmato, actualmente se practican dos tipos de extracción de minerales, artesanal y minería a pequeña escala en la extracción de yacimientos secundarios o placeres (lechos de las quebradas, lavaderos auríferos, o bien en otros terrenos), dichos lechos que vale mencionarlos, se originan por la desintegración de las rocas con la ayuda de agentes de meteorización (lluvia, viento y otros).

- Minería artesanal: Consiste en el trabajo individual o familiar, el proceso de explotación es netamente físico y en él se integra grupos de 2, 3 y hasta 5 personas. Esta actividad se utiliza como un medio de sustento; por lo general, se los ubica en las quebradas, en donde las actividades y sistemas de explotación se los realiza de manera rudimentaria con la generación de alta contaminación.

- Minería a Pequeña Escala: Sistema más tecnificado, que para realizarlo se necesita de una inversión más fuerte en equipos tecnológicos y maquinaria pesada. Actualmente se encuentra un registro de este tipo de minería.

En general la actividad minera en Marmato, se realiza con sistemas artesanales y obsoletos, conformado por 230 minas en actividad y 20 molinos de beneficio, de los cuales tres son propiedad del estado, que trabajan a menos de la mitad de su capacidad, por causa de la administración y el mantenimiento; situación que obliga a los pequeños mineros, a utilizar las plantas de los particulares para beneficiar el oro, incrementando costos de producción, pero que a la larga se obtienen otros beneficios, por ser tecnificados y eficientes.

Para el funcionamiento de las plantas de beneficio ubicadas en Marmato se hace indispensable la utilización de agua en el circuito. El agua es abastecida de las quebradas o es tomada de las aguas residuales provenientes de los molinos ubicados en cotas superiores, por lo que tiene alto grado de contaminación por metales solubles y otras sustancias que son recogidas como sedimentos de las otras plantas (MINERALCO S.A., 1996).

## **2.9 IMPACTOS ECOSISTÉMICO – EN EL RECURSO AGUA DEBIDO A LA EXTRACCIÓN DE ORO**

Las consecuencias ambientales y la no irreversibilidad de las intervenciones mineras son amplias: destrucción de tierras productivas, deforestación, tala, contaminación del aire, contaminación del agua y alteración de ecosistemas. Las consecuencias en la calidad y cantidad del recurso acuático por esta actividad son significantes. Especialmente, respecto a las aguas superficiales, ya que puede darse un déficit de agua y una sequía de las tierras, además de la destrucción parcial de la cobertura forestal existente. La supervivencia del resto del ecosistema a un radio de varios kilómetros de la minería puede ser considerada inexistente. Por su parte, la deforestación, causa escasez de ya que no hay infiltración de agua de la lluvia y no se enriquecen los acuíferos. Con respecto a la calidad de las aguas, esta se agrava principalmente por el uso de metales pesados, como el mercurio, y sustancias tóxicas, como el cianuro, con consecuencias irreversibles. La contaminación de las aguas es aún mayor cuando el agua entra de nuevo a los acuíferos, sin filtrarse y depurarse entrando en contacto con las tierras, habiendo tanto una contaminación de las aguas superficiales, como subterráneas y adicionalmente del suelo (Verba-Volant, 2012). Así la contaminación del agua en la extracción aurífera se da por:

- ♦ ***Drenajes ácidos de roca:*** Representan uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la minería. Ocurren cuando los minerales que contienen sulfuros

presentes en la roca se exponen al aire o al agua, convirtiendo el sulfuro en ácido sulfúrico. Este ácido puede disolver metales pesados (plomo, zinc, cobre, arsénico, mercurio o cadmio) presentes en las rocas y en los residuos o colas, van al agua superficial o subterránea. Los drenajes ácidos pueden contaminar gravemente el agua de ecosistemas cercanos así como el agua de consumo humano. Este tipo de drenaje ocurre naturalmente pero son significativamente magnificados como consecuencia de la minería y adquieren el nombre de Drenajes Ácidos de Minería DAM. Pueden producirse en distintos puntos del emprendimiento minero: en tajos o cavas, instalaciones subterráneas, sitios de vertido y depósito de los restos de roca (escombrera), depósitos de colas o residuos y en los depósitos de minerales. La generación de DAM puede durar décadas, siglos y más, y estos drenajes pueden viajar largas distancias río abajo.

- ◆ ***Contaminación por metales pesados y lixiviación:*** Los metales pesados presentes naturalmente en las rocas, al entrar en contacto con el agua, son arrastrados río abajo. Este proceso se incrementa debido a la trituración y excavación que deja mayores superficies expuestas. Si bien esta lixiviación de metales puede ocurrir a pH neutro, se acelera cuando el pH baja, es decir con los drenajes ácidos de la minería.
- ◆ ***Contaminación química por los tóxicos empleados en la minería:*** Ocurre por el uso y emisión de sustancias tóxicas empleadas en las distintas etapas de la minería. En el caso de la lixiviación con cianuro, este compuesto representa una de las principales amenazas. En el caso de la minería de oro, una solución de cianuro se vierte sobre la roca molida. El cianuro se une al oro presente aún en bajas concentraciones y forma un compuesto soluble en agua del que luego se extrae el oro. Si bien se dice que una vez desechado, se degrada rápidamente por acción de la luz solar, tiende a unirse con otros metales y puede producir una serie de compuestos tóxicos de cianuro. Tanto el cianuro como los drenajes ácidos pueden alcanzar los arroyos y ríos a través de derrames accidentales, descargas, rebalse de los diques, y del agua de escorrentía. Además de la degradación natural, las empresas mineras proponen el empleo de métodos de tratamiento para destruirlo. Sin embargo, si bien los procesos de destrucción de cianuro disminuyen las concentraciones de muchos compuestos de

cianuro, varios de estos, también tóxicos, permanecen (MORAN, De-coding Cyanide, An Assessment of Gaps in Cyanide Regulation at Mines, 2002). Estos compuestos químicos normalmente no son tenidos en cuenta en el monitoreo y controles por lo que las verdaderas emisiones permanecen desconocidas en la mayoría de las minas.

- ◆ ***Erosión y Aumentos de la sedimentación:*** Las actividades mineras alteran el estado natural del suelo debido a la construcción de caminos, basureros y el desarrollo de excavaciones a la intemperie. Cuando no se toman las prevenciones adecuadas, la roca removida, y la erosión posterior de la tierra puede transportar la sedimentación generada hacia los arroyos, ríos y lagos ubicados en las cercanías de las actividades mineras, pudiendo obstruir las riveras de los ríos, la vegetación de éstas y el hábitat para la fauna y los organismos acuáticos. El manejo de relaves es una operación requerida para recuperar y reutilizar el agua y evitar filtraciones hacia el suelo y subsuelo. Además, la prevención y el tratamiento del DAM, así como de la contaminación del agua por metales pesados y por la erosión, son requeridas para evitar la contaminación y degradación de los recursos hídricos. Cuando esto no ocurre, los contaminantes generados, al tener contacto con el agua y el subsuelo, alteran la composición natural de estos últimos, lo que a su vez afecta a la fauna, flora y a la población que se ubica próxima a las operaciones de la mina (HERRERA C., 2011)

## **2.10 MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS**

En el desarrollo metodológico de la investigación para la identificación y valoración de los impactos se tuvieron en cuenta tres metodologías: el Enfoque Ecosistémico, la Matriz de Leopold y la Norma Técnica Colombiana ISO 14001.

**2.10.1. Enfoque Ecosistémico:** Los conceptos de Enfoque Ecosistémico y Manejo Ecosistémico surgen de la confluencia de varias disciplinas: ciencias ecosistémicas, específicamente ecología de ecosistemas, con énfasis en la estructura y función; teoría de sistemas, en las relaciones causa efecto, los conceptos de cibernética y holismo; y economía, en las externalidades ambientales, la ubicación de los recursos y la aptitud del paisaje, particularmente con métodos y técnicas que permiten a los procesos ecológicos ligarse al paisaje en el cual se desarrollan. (ANDRADE P., 2007). El Enfoque Ecosistémico- EE, es un marco conceptual y metodológico que incluye las bases del manejo ecosistémico, y como tal, se ha adoptado por diferentes convenciones y acuerdos internacionales. Desde sus inicios en 1998, el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) lo consideró en el Mandato de Jakarta sobre biodiversidad marina, y se adopta desde la COP 2 en 1995, Decisión II/8, seguido de la Decisión IV/1 en la COP-4. En 1998 se inició un proceso de discusión de los principios básicos para la aplicación del enfoque, conocidos como “Los doce Principios de Malawi”, los cuales se consolidaron en la Decisión V/6 de la CBD, en la cual se adopta el EE como marco principal para la acción y el logro de sus tres objetivos: conservación, uso sostenible y distribución justa y equitativa de los bienes y servicios de la biodiversidad. Uno de los aspectos más relevantes del EE es el de concebir al hombre, la sociedad y su cultura, como componentes centrales de los ecosistemas, rompiendo la separación conceptual y metodológica prevaleciente entre sociedad y naturaleza. La meta central del EE es el uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas y el mantenimiento de la integridad ecológica.

♦ **Descripción del EE:** El enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de aguas y recursos vivos por la que se promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo, que busca. Un equilibrio entre la conservación; utilización sostenible; y distribución justa y equitativa de los beneficios dimanantes de la utilización de los recursos genéticos. Se basa en la aplicación de las metodologías científicas adecuadas y en él se presta atención prioritaria a las categorías

de la organización biológica que abarcan los procesos esenciales, las funciones y las interacciones entre organismos y su medio ambiente. En dicho enfoque se reconoce que los seres humanos con su diversidad cultural, constituyen un componente integral de muchos ecosistemas.

El enfoque ecosistémico exige una gestión adaptable dada la complejidad y dinámica de los ecosistemas, el conocimiento limitado de su funcionamiento, procesos no lineales y efectos frecuentemente retardados. Como resultado de ello existen discontinuidades que provocan incertidumbre. La gestión debe ser adaptable para poder dar una respuesta a tales incertidumbres e incluir elementos de "aprendizaje en la práctica" o de información derivada de investigaciones. Tal vez sea necesario adoptar medidas, incluso cuando no se han establecido científicamente las relaciones de causa y efecto. El enfoque ecosistémico se puede aplicar en cualquier modelo de gestión y de conservación, tales como las reservas de biosfera, las áreas protegidas, los programas de conservación de especies, así como otros enfoques y metodologías para hacer frente a situaciones complejas. El EE se debe aplicar como marco de acción de acuerdo a las condiciones locales, provinciales, nacionales, regionales y mundiales con el fin de lograr los objetivos del Convenio. Por eso no existe una sola manera de aplicar el enfoque por ecosistemas, ello está en dependencia de las condiciones local, provincial, nacional, regional o mundial.

*Principios del Enfoque Ecosistémico:* Los siguientes 12 principios son el esquema principal propuesto por el Convenio de Diversidad Biológica:

Tabla N° 3 Principios que integran el Enfoque Ecosistémico

PRINCIPIO N°	DESCRIPCIÓN
Principio 1:	La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
Principio 2:	La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo
Principio 3:	Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.

Principio 4:	Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar los ecosistemas en un contexto económico de manera a: a) Disminuir las distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica; b) Orientar los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica; c) Realizar valoraciones económicas de los servicios ecosistémicos, promoviendo la incorporación de los costos ambientales así como la distribución equitativa de los beneficios.
Principio 5:	A los fines de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de éstos debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.
Principio 6:	Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
Principio 7:	El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
Principio 8:	Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
Principio 9:	En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
Principio 10:	En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.
Principio 11:	En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
Principio 12:	En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

Fuente: (ANDRADE A., 2011)

Existe una propuesta de aplicación metodológica del EE creada por la Comisión de Manejo Ecosistémico- CME de la Unión Mundial para la Naturaleza- UICN con el propósito de brindar una herramienta más clara y lógica que facilite su implementación paso a paso. Ver Tabla N° 4.

Tabla N° 4 Cinco pasos para la Implementación del Enfoque Ecosistémico

PASOS	DESCRIPCIÓN	PRINCIPIO N°
Paso A	Determinando los actores principales, definiendo el área y desarrollando la conexión entre ellos.	1, 7, 11 y 12
Paso B	Caracterizando la estructura y función del ecosistema, y estableciendo mecanismos para manejo y monitoreo.	2, 5, 6 y 10
Paso C	Identificando los aspectos económicos relevantes que afectarán los ecosistemas y sus habitantes.	4
Paso D	Determinando el impacto probable del ecosistema en los ecosistemas adyacentes.	3, 7
Paso E	Decidiendo sobre metas de largo plazo y mecanismos flexibles para alcanzarlas.	7, 8 y 9

Fuente: (SHEPHERD G. , 2006)

**2.10.2. Matriz de Leopold<sup>11</sup>:** Es un instrumento desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto.

Realmente, no es un sistema de evaluación ambiental, es esencialmente un método de identificación y puede ser usado como un método de resumen para la comunicación de resultados.

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en cuadrículas donde se intercepten con la acción.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

- Magnitud: valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a las intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.

---

<sup>11</sup> Texto tomado de la Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales (GARCÍA Leyton, 2004)

- **Importancia:** valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados. Puede haber factores ambientales que sean afectados de forma crítica pero que dentro del medio receptor, ese factor no tenga excesiva importancia o al contrario, un impacto de magnitud limitada, aunque solo sea temporalmente, sea de una gran importancia al afectar a un factor ambiental que posea una gran calidad ambiental. El texto que acompañe la matriz consistirá en la discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas estén señalados con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores. Ciertas celdas pueden señalizarse, si se intuye que una condición extrema puede ocurrir, aunque su probabilidad sea baja.

La Matriz de Leopold es “global”, ya que cubre las características geobiofísicas y socioeconómicas, además de que el método incluye características físicas, químicas y biológicas.

El método no es “selectivo”, no se distingue por ejemplo, entre efectos a corto y largo plazo, la propiedad de “mutuamente exclusivo” no está preservada, ya que hay la oportunidad de contar doble, siendo este un fallo de esta matriz y no de los métodos de matriz en general. La matriz puede acomodar datos cuantitativos y cualitativos, pero no prevé medios para discriminar entre ambos tipos de datos. Además las magnitudes de las predicciones no están relacionadas explícitamente con las situaciones “con acción” y “sin acción”.

La “objetividad” no es un elemento sobresaliente en la Matriz de Leopold, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.

El enfoque matricial tiene sus limitaciones, aunque puede proveer una ayuda inicial en la configuración de los estudios necesarios y ser convenientes para efectuar un análisis preliminar entre diferentes alternativas, reducir el número de relaciones causa-efecto (impactos/celdas) a considerar y que sean preparadas una serie de matrices de acuerdo a las necesidades del estudio:

- Un conjunto para los efectos ambientales y otro conjunto para los indicadores de impacto
- Un conjunto según diferentes escalas en el tiempo
- Un conjunto para cada alternativa.

Méritos:

- Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectuales sobre diferentes factores ambientales.
- Incorpora la consideración de magnitud e importancia de un impacto ambiental.
- Permite la comparación de alternativas, desarrollando una matriz para cada opción.
- Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental.

Desventajas:

- Dificil reproducibilidad, debido al carácter subjetivo del proceso de evaluación, pues no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.
- No tiene en consideración las interacciones entre diferentes factores ambientales.

- No distingue entre efectos a corto y largo plazo, aunque pueden realizarse dos matrices según dos escalas de tiempo.
- Los efectos no son exclusivos o finales, existe la posibilidad de considerar un efecto dos o más veces.

**2.10.3. NTC ISO 14001:2004** (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2004): Es una norma internacional preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207, que hace parte de la Organización Internacional de Normalización – ISO y que para Colombia está representada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, encargada como organismo nacional de normalización, según el decreto 2259 de 1993 para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor.

La Norma ISO 14001 es una norma certificable, en la cual se establecen los lineamientos para implementar un sistema de gestión ambiental, con el propósito de apoyar en la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Puede ser aplicada en cualquier organización interesada en establecer, documentar, implantar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental. Se caracteriza por:

- Aplicar la metodología Planear, Hacer, Verificar y Actuar.
- Busca el uso apropiado de los recursos ambientales: producción Vs Consumo
- Promueve el cumplimiento de la legislación ambiental.
- Promueve la participación y revisión Gerencia en el control ambiental que debe cumplir la organización.
- Promueve la implementación de las políticas ambientales
- Promueve la creación de procedimientos e instructivos, según la identidad de la organización.

- Busca definir las responsabilidades por cada integrante de la organización en el tema ambiental.

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

El Desarrollo Sostenible como teoría, invita a regular el uso de los recursos naturales, de manera que por cada actividad de aprovechamiento y/o de producción en la que haya uso de estos, se puedan establecer acciones que permita su conservación en el tiempo, logrando así un equilibrio entre el hombre, el sistema natural y el sistema socioeconómico. En este sentido y ante la problemática ambiental generada por la minería en Marmato, se hace necesaria la identificación y análisis de los impactos ecosistémicos a través de la aplicación de diferentes metodologías que permitan realizar un análisis integral del impacto que está generando la actividad minera en el recurso hídrico, específicamente en la quebrada Cascabel.

#### 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se enmarca dentro de los estudios descriptivos, analíticos y exploratorios, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

**Descriptivo**, en la medida que pretende presentar la situación actual de la afectación ecosistémica en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada Cascabel.

**Analítico**, dado que a partir del estudio descriptivo se buscará establecer relaciones causales entre las características o condiciones del medio susceptible de alterarse y las acciones que pueden causar efectos ambientales del impacto ecosistémico generado por la afectación de la quebrada Cascabel debido a la carga contaminante recibida en el proceso de explotación aurífera.

**Exploratorio**, toda vez que pretende acercarse al conocimiento de los impactos ecosistémico que genera la afectación de la quebrada Cascabel en la zona de influencia de la microcuenca.

## **2. UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDAD DE TRABAJO**

**Unidad de Análisis:** Municipio de Marmato, zona de influencia minera.

**Unidad de Trabajo:** Zona de influencia ecosistémica de la microcuenca de la quebrada Cascabel

## **3. DESARROLLO METODOLÓGICO**

A continuación se presentan las fases metodológicas usadas para el desarrollo de los objetivos planteados en la presente investigación.

### **3.1 Fase 1: Acercamiento Teórico, Conceptual y Metodológico.**

En esta fase se realizó un abordaje teórico y conceptual sobre evaluación de impactos ambientales, tomando como referente diferentes autores, tal y como se muestra en el marco teórico; la incorporación de las temáticas relacionadas con la metodología de enfoque ecosistémico, y los numerales para evaluación de impactos vistos desde la norma ISO 14.001 versión 2004, basados en la normatividad relacionada con el tema minero y recurso hídrico. También se realizó una caracterización del municipio de Marmato (Ver Caracterización del Municipio de Marmato).

Respecto a los actores, se aplicó una metodología que permitió identificarlos y establecer su movilidad en los contextos nacional, departamental y municipal.

### **3.2 Fase 2: Definición de Técnicas de Recolección de Información.**

Como técnica de recolección de información se usó la revisión bibliográfica tanto en lo referente al área de estudio, como para la identificación de los requisitos legales

aplicables, decisión tomada porque para el área de estudio se cuenta con diversos documentos que permitirán reconocer los impactos ambientales sucedidos.

### **3.3 Fase 3: Construcción y Aplicación de Instrumentos para Recolección de Información**

Para la construcción de herramientas de recolección de información se realizó una revisión documental de diversas metodologías y se estableció como estrategia definir instrumentos que permitieran la recopilación de información de manera ordenada, que abarcaran la mirada de las partes involucradas y que a la vez facilite la identificación de las características técnicas, sociales y ambientales. Se realizaron entonces las siguientes actividades:

- Identificación de Actores Clave
- Selección de Requisitos Legales aplicables a la zona de estudio
- Definición de la metodología para evaluar impactos ecosistémicos

### **3.4 Fase 4: Sistematización.**

Con el propósito de realizar la valoración ecosistémica en el área de estudio, se toma como referente la metodología de enfoque ecosistémico, validada en el convenio de diversidad biológica en el año de 1998, en el mandato Yakarta sobre biodiversidad marina; se extraen algunos apartes metodológicos de los doce principios que la conforman, como una guía para la selección de información durante la revisión bibliográfica y su posterior aplicación en la matriz adoptada a partir de la propuesta por Leopold (1971), donde se establece un paralelo entre las características vs. las acciones que pueden generar impactos.

Como resultado de la revisión bibliográfica para identificar los requisitos legales se elaboraron dos matrices, una donde se listan los acuerdos internacionales y su exigencia,

y la segunda donde se listan los requisitos legales nacionales aplicables al tema de la investigación. Lo anterior facilitó la valoración en la matriz ecosistémica porque permitió establecer una valoración de significancia por componentes (Ver anexo N° 7).

Para el caso de análisis ecosistémico en la Quebrada Cascabel se elabora una matriz para evaluación cualitativa y cuantitativa, en la cual se tuvieron en cuenta principalmente los siguientes documentos:

1. Diagnóstico Ambiental de Caldas Plan de Acción 2013 – 2015.
2. Censo Minero, 2012.
3. Agendas ambientales del municipio de Marmato, 2012.
4. Habitus Productivo y Minería: El caso de Marmato Caldas, 2012.
5. “Caracterización, Evaluación y Modelación de la calidad de agua quebradas Cascabel y Aguas Claras – Municipio de Marmato”, 2011.
6. Plan de acción inmediato-PAI para el municipio de Marmato, 2010.
7. Informe final: Evaluación de la calidad del agua de las corrientes superficiales “fuentes receptoras de vertimientos líquidos” en el departamento de Caldas, 2010.
8. Informe final: Evaluación de la calidad del agua de las corrientes superficiales “fuentes receptoras de vertimientos líquidos” en el departamento de Caldas, 2009.
9. “Desarrollar la fase de aprestamiento y un diagnóstico parcial de la Cuenca Hidrográfica aferentes directo al río Cauca sector Noroeste del Departamento del Caldas. Fichas resumen de Diagnóstico de Microcuencas abastecedoras del municipio de Marmato. 2009”
10. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, Municipio de Marmato Caldas, 2005.
11. Esquema de Ordenamiento Territorial
12. Plan de Manejo Ambiental Minería de Hecho Marmato, Departamento de Caldas, MINERCOL S.A., 1996.
13. Diagnóstico Ambiental Distrito Minero de Marmato, 1995.

Como actividad posterior a la elaboración de la matriz de valoración ecosistémica, se visitó la zona de estudio para confrontar la información recolectada y evidenciar los resultados obtenidos en la misma.

#### **IV. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

##### **1. IDENTIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE IMPACTOS ECOSISTÉMICOS Y SU NORMATIVIDAD MINERA APLICADA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO**

El estado colombiano, según la Constitución Política de 1991, en su artículo 80, tiene la responsabilidad de: planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Obligaciones como estas hacen parte de las diferentes leyes ambientales del país, donde los recursos naturales son patrimonio del pueblo colombiano.

Colombia ha sido un país de leyes y de recursos naturales, el inconveniente se presenta en el cumplimiento de estas, tanto para la conservación de los recursos como para la calidad de vida a la cual tienen derecho los ciudadanos Colombianos. En el último gobierno la política de crecimiento económico ha enfocado sus principales proyectos en la explotación minera, ubicando a Colombia como una de las cinco “locomotoras de desarrollo”, política que ha sido avalada desde el gobierno anterior con la reforma al código minero de 1988, dando paso a la ley 685 de 2001 la cual según (GONZALES P., 2013) beneficia en gran medida a las empresas y perjudica a las comunidades, los páramos y demás ecosistemas estratégicos donde existe el recurso minero.

La comunidad Marmateña es una de las comunidades afectada por el plan “Locomotora Minera”. Como se ha mencionado en repetidas ocasiones subsisten en la cultura aurífera desde hace aproximadamente 500 años, tiempo en el que el acompañamiento del estado, según diferentes documentos en esta investigación citados, ha sido bajo. A esto se le

atribuye el mínimo avance tecnológico, las prácticas mineras inadecuadas y el deterioro de los recursos naturales, convirtiéndose en el fondo de los conflictos sociales, ambientales y económicos del municipio.

Este abandono del estado, ha propiciado también desorden en el desarrollo del municipio y por ende en la actividad económica que allí se lleva a cabo. Dentro de los conflictos que se desenvuelven en Marmato, el incumplimiento de las normas agrava la situación, haciendo más significantes los impactos ecosistémicos identificados.

Por lo tanto, para la presente investigación se desarrolló una metodología para valorar el impacto ecosistémico en el recurso hídrico representado en la Quebrada Cascabel, ubicada en la zona urbana y con influencia minera. Metodología que además de permitir la realización de un análisis ecosistémico a través de la consolidación, validación y articulación de diferentes investigaciones, datos o demás información aislada de la zona de estudio, es un diagnóstico inicial del cual se pretende se convierta en una línea base para la aplicación de Enfoque Ecosistémico.

Se plantea el Enfoque Ecosistémico como una metodología estratégica para ser aplicada en Marmato Caldas, ya que durante la revisión bibliográfica se identificó que muchos de los conflictos socio-ambientales que se presentan en la zona obedecen a la baja articulación entre las instituciones y la comunidad local.

A continuación se presentan los resultados de la construcción metodológica elaborada para el análisis de los impactos ecosistémicos.

### **1.1 Actores Clave**

Como primer ejercicio se realizó la identificación de actores clave, tomando como base la “Guía de Identificación de la Comisión Nacional del Agua del Gobierno Federal de México”, estableciendo los actores de acuerdo al ámbito espacial, sea este Municipal,

Departamental, Nacional e Internacional (Tabla No.5), y según el espacio en el cual pudiesen concurrir como son el económico, político, socio-cultural o internacional (Tabla No.6). De esta manera se logró obtener un panorama general de los grupos sociales e institucionales que generan las acciones y participan en la toma de decisiones que pueden afectar o beneficiar los sistemas naturales del municipio de Marmato y a quienes puede igualmente interesarles el desarrollo del presente trabajo como una herramienta de análisis para la toma de decisiones que favorecería el manejo ecosistémico del territorio.

Tabla No.5. Identificación de Actores Claves.

Análisis de Impacto Ecosistémico zona de Influencia Microcuenca Quebrada Cascabel por afectación al Recurso Hídrico generado en el proceso de explotación Aurífera, Municipio De Marmato, Caldas	
<b>MATRIZ DE ACTORES CLAVES</b>	
<b>AMBITO</b>	<b>ACTORES CLAVES</b>
Municipal	
Departamental	
Nacional	
Internacional	

Tabla No.6. Actores que pueden concurrir en una problemática por contexto.

<b>AMBITO</b>	<b>ACTORES CLAVES</b>	<b>ACTORES QUE PUEDEN CONCURRIR EN UNA PROBLEMÁTICA POR CONTEXTO</b>				
		<b>AMBIENTAL</b>	<b>ECONÓMICO</b>	<b>POLÍTICO</b>	<b>SOCIO-CULTURAL</b>	<b>INTERNACIONAL</b>
Municipal						
Departamental						
Nacional						
Internacional						

## 1.2 Requisitos Legales

Como cumplimiento al objetivo específico número 2 y para continuar con la recolección de información, se elaboraron dos Matrices para identificar las obligaciones legales relacionadas con el propósito de la investigación, así; en la primera matriz se presenta un resumen de las exigencias que se realizan en los acuerdos internacionales (Tabla No.7), y en la segunda matriz se identifica la legislación nacional a tener en cuenta para el área de estudio (Tabla No.8). Se logró con esto enumerar las políticas y prácticas que regulan el uso de los recursos, de la explotación minera y de la conservación de los ecosistemas en Colombia aplicables a la zona de estudio.

Tabla No.7. Requisitos Legales de Acuerdos Internacionales.

ANÁLISIS DE IMPACTO ECOSISTÉMICO zona de Influencia Microcuenca Quebrada Cascabel por afectación al Recurso Hídrico generado en el proceso de explotación Aurífera, Municipio De Marmato, Caldas		
REQUISITOS LEGALES DE ACUERDOS INTERNACIONALES		
ITEM	NOMBRE	EXIGENCIA

Ver Tabla No.8. Requisitos Legales Nacionales.

ANÁLISIS DE IMPACTO ECOSISTÉMICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA CASCABEL POR AFECTACIÓN AL RECURSO HÍDRICO GENERADO EN EL PROCESO DE EXPLOTACIÓN AURÍFERA EN EL MUNICIPIO DE MÁRMATO, DEPARTAMENTO DE CALDAS, COLOMBIA				
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES				
ITEM	NORMA	ENTE REGULADOR	EXIGENCIA	COMPONENTE

## 1.3 Metodología para Evaluación de Impactos Ecosistémicos

Realizada la revisión bibliográfica para el tema de la investigación, la cual se describe en la Bibliografía del presente documento, se da inicio a la selección de metodologías que según sus lineamientos facilitarían la consolidación, validación y articulación de la información generada por diversos actores o instituciones, y la aplicabilidad para la realización de un análisis de impactos ecosistémicos en la Quebrada Cascabel. Es así como se decide articular tres metodologías que se describen a continuación:

### **a. Matriz de Causa – Efecto de Leopold**

Se acoge esta metodología por los siguientes argumentos: fue creada para evaluar los impactos asociados a la minería, considerando las acciones proyectuales sobre diferentes factores ambientales; se enfatiza en identificar los rasgos característicos deseables a analizar; cubre las características geobiofísicas, químicas, socioeconómicas y biológicas; y sirve como informe de impactos ambientales (GARCÍA Leyton, 2004).

Entre las debilidades encontradas a la matriz de Leopold están: no contempla una metodología para la valoración de la magnitud y la importancia del impacto; no realiza una identificación y valoración del cumplimiento de los requisitos legales aplicables a la zona de estudio; no contempla aspectos como significancia, frecuencia y grado de control.

Para la aplicación de la metodología de Leopold en la presente investigación se conserva: La estructura de la matriz, algunos ítems que integran las “acciones que pueden causar efectos ambientales” y “características o condiciones del medio susceptibles de alterarse”

### **b. Enfoque Ecosistémico**

De los aspectos que se tuvieron en cuenta para seleccionar esta metodología a pesar de ser relativamente nueva, que no tiene un rigor científico y que es de carácter subjetivo, están: que se ha consolidado como una base conceptual y metodológica para el desarrollo sostenible; que puede ser adaptable a un espacio geográfico y sobre todo que brinda herramientas de análisis para conocer el grado de afinidad que hay entre un modelo Ecosistémico y el territorial generado por las características humanas que intervienen los recursos naturales (ANDRADE A., 2011). De los 12 principios que integran la metodología de Enfoque Ecosistémico, la Comisión de Manejo Ecosistémico y la Unión Mundial para la Naturaleza crearon un documento donde los agrupa en cinco

pasos. Estos cinco pasos fueron tomados en cuenta para seleccionar los aplicables a la metodología de la presente investigación.

Paso 1: Determinar los actores y definir el área del ecosistema, este paso está integrado por los principios 1, 7, 11 y 12 que describe la “Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico” (Ver Marco Teórico). Para la presente investigación la aplicabilidad de esta fase se dio a partir de la creación del objetivo y de la delimitación del área ecosistémica: “Analizar el impacto ecosistémico en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada Cascabel por la afectación al recurso hídrico generado en el proceso de explotación aurífera en el municipio de Marmato, departamento de Caldas, Colombia”

El interés de realizar la investigación en el tema de minería y su impacto en el recurso hídrico obedeció al interés que se ha desatado en los últimos tiempos, logrando que se denomine a Colombia como la “Locomotora Minera” (GARAY S., 2013)”. Caso particular se presenta en Marmato Caldas, territorio ancestralmente dedicado a la minería, donde se han desencadenado diferentes conflictos socio ambientales y políticos, a causa de las acciones que se pretenden establecer para dar continuidad a esta locomotora, a pesar de los problemas que hoy en día tiene esta localidad y de los cuales se han realizado de manera aislada diversos estudios e investigaciones, que presentan lo desarticulado que se encuentra el sistema de gestión local y el ecosistémico.

Paso 2: Estructura, Función y Manejo del Ecosistema, a este paso se integran los principios 2, 5, 6 y 10. La aplicabilidad se dio a partir de la revisión bibliográfica acerca del municipio de Marmato Caldas, puesto que se identificó que se han realizado diversos estudios, entrevistas y artículos que pretenden demostrar las problemáticas sociales y como estas afectan las ambientales, sin embargo no se ha generado un documento que las articule para una mirada ecosistémica.

Paso 3. Aspectos Económicos, se realizó para éste la identificación del proceso de explotación minera, tomada como la principal actividad económica en la zona de estudio

y la cual genera captación y vertimientos industriales en la Quebrada Cascabel, objeto del presente estudio.

Paso 4 y 5. Manejo Adaptativo en el espacio y del tiempo, se aplicó para este una visita a la zona de estudio posterior a la elaboración de la matriz de impactos ecosistémicos, se realizaron conversatorios con actores locales, estudiantes y comunidad en general que se beneficia del sector minero, ante quienes se socializo la presenta investigación y sus resultados, como una estrategia de sensibilización y para propiciar en la comunidad el reconocimiento de las acciones que en su territorio se realizan con respecto a los recursos naturales.

### **c. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales según la norma NTC ISO 14001**

Para la articulación de las anteriores metodologías con la Norma NTC ISO 14001, se buscó que los criterios a implementar permitieran identificar, evaluar y estimar los impactos ecosistémicos, e identificar controles existentes, con el propósito de facilitar la reflexión previa y obligada acerca del estado en el que se encuentra el recurso natural y/o su entorno, para que esta construcción metodológica le brinde herramientas a quien la use en la identificación y el origen de los impactos y así enfocarse en acciones de control y conservación de los ecosistemas, para la futura construcción y establecimiento de planes de manejo y/o de vida, donde se convoque para su creación no solo a los actores locales sino a los Institucionales cumpliendo con los lineamientos del enfoque ecosistémico.

Para la construcción de matriz se tuvo en cuenta incluir una valoración cualitativa y cuantitativa, además de aspectos de valoración de impactos ambientales, tomando como guía los documentos de (Hector A., 2005), (GONZALES, 2006) y el procedimiento que integra el Sistema de Gestión Ambiental NTC ISO 14001, denominado Identificación de

Aspectos e Impactos Ambientales, establecido en la empresa Ingenierías y Servicios S.A., dando como resultado la siguiente valoración:

Características o Condiciones del Medio Susceptibles de Alterarse:

- *Categoría Ambiental:* está integrada por los componentes a evaluar, los recursos naturales susceptibles a alterarse y acciones, elementos, productos o servicios usados y realizados en la actividad o condición a evaluar.

Acciones que pueden causar efectos ecosistémicos:

Integrada por la valoración a un criterio legal y por acciones o cambios sucedidos en el medio ambiente, de manera que se logre evaluar los efectos producidos en el recurso natural o en su entorno. La evaluación de la incidencia sobre el ambiente puede ser negativa o positiva. En este aparte de la matriz se aplican las valoraciones cualitativas y cuantitativas para los criterios que se presentan a continuación.

- *Valoración Legal de la significancia del Impacto Ecosistémico:* Por medio del cual se evalúa la correspondencia con los requisitos legales y se identifica su existencia y cumplimiento, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Total del Criterio Legal del componente} = \text{Existencia legal} \times \text{Cumplimiento legal}$$

Tabla No.9. Existencia del Requisito Legal

DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	
Si existe Legislación	10	
No Existe Legislación	1	

Tabla No.10. Cumplimiento del Requisito Legal

DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
-------------	------------

No se cumple	10	
Se cumple / No aplica	1	

- *Efectos Ecosistémicos*: se identifican a partir de la valoración de los siguientes cuatro criterios:
  - *Frecuencia*: Son las ocasiones en que se está presentando el aspecto ecosistémico en su interacción con el medio ambiente, y se valora como se indica en la tabla 11.

Tabla No.11. Frecuencia del aspecto ecosistémico

DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	
Anual, Semestral o Bimestral	1	
Mensual	5	
Diario o Semanal	10	

- *Grado de control*: para medir si existe sobre el aspecto ecosistémico alguna acción de control para mitigar o corregir en los casos que se presente alguna anomalía que afecte el ecosistema y se valora como se indica en la tabla 12.

Tabla No.12. Grado de Control del Aspecto ecosistémico

DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN	
Sí el control existente es suficiente para contrarrestar la afectación	1	
Sí hay control pero no es suficiente para contrarrestar la afectación	5	
No hay control	10	

- *Resiliencia:* para describir que impactos se puede desencadenar en un ecosistema con respecto a la magnitud, la capacidad de recuperación o la resistencia a las presiones. El término se relaciona con la severidad del impacto. Se valora como se indica en la tabla 13.

Tabla No. 13. Resiliencia

DESCRIPCIÓN	DETALLES	VALORACIÓN	
Resiliencia leve	<p>Cuando el daño al medio se puede revertir antes de 6 meses o generar algún tipo de equilibrio.</p> <p><u>Magnitud del efecto:</u> El efecto no es perceptible por las personas, no genera problemas de salud, ni causa alteraciones en otros medios receptores.</p> <p><u>Escala del efecto:</u> El daño es insignificante y/o tiene un efecto sólo en un espacio puntual.</p> <p><u>Actores clave:</u> No genera interés en los actores clave, aunque el tema aparece en el sector público por los efectos negativos al medio ambiente.</p>	1	
Resiliencia moderada	<p>Cuando el daño se puede revertir en un período que va entre 6 meses a un año.</p> <p><u>Magnitud del efecto:</u> Ocasiona sólo molestia en el área puntual y/o a la comunidad local. Puede presentarse un daño menor a los demás medios receptores.</p> <p><u>Escala del efecto:</u> El daño tiene una importancia media o su efecto sólo es sobre los vecinos inmediatos.</p> <p><u>Actores clave:</u> Despierta interés en los actores clave, especialmente en los Institucionales. El tema aparece en el sector público pero se extiende solo en el espacio local máximo por una semana.</p>	5	
Resiliencia considerable	<p>Cuando el daño se puede revertir, pero en un período mayor a un año.</p> <p><u>Magnitud del efecto:</u> Ocasiona molestias en las comunidades vecinas. No necesariamente presenta problemas de la salud en las personas, pero puede causar daño en los demás medios receptores.</p> <p><u>Escala del efecto:</u> El daño es relevante o tiene un efecto local y extenso.</p> <p><u>Actores Clave:</u> Despierta un total interés de los actores clave, quienes generan acciones que tienen eco en el sector público nacional. Existen obligaciones legales y se involucra la autoridad, aunque no se presentan sanciones.</p>	10	

- *El Alcance*: valoración del área de influencia que pudiese verse afectada por el impacto generado (Tabla 14)

Tabla No.14. Alcance del Aspecto ecosistémico

DESCRIPCIÓN	DETALLES	VALORACIÓN	
Puntual	El impacto se da en un espacio reducido dentro de los límites del sitio donde se presentó o se haya realizado la actividad, el producto o servicio que lo genero. Aplica tanto para las actividades presentes y pasadas; para condiciones de Emergencia, normales y anormales.	1	
Local	El impacto no rebasa los límites del sitio donde se generó o del área donde se realiza la actividad.	5	
Extenso	El impacto tiene efecto o es tratado fuera de los límites del sitio donde se presentó o del área donde se realiza la actividad.	10	

- *Total del Criterio y Significancia del Impacto*: Para establecer el total del criterio del Impacto Ecosistémico se aplica la siguiente matriz:

*Total del Criterio del Impacto Ecosistémico* = Frecuencia + Grado de control + Resiliencia + Alcance

Para determinar la Significancia Total, se establecieron los valores que se presentan en la Tabla 15 la Significancia Total y en la Tabla 16 la valoración cualitativa.

Tabla No.15. Significancia Total

DESCRIPCIÓN	DETALLES	VALORACIÓN	
Requisitos Legales	Se da el % teniendo en cuenta la importancia del mismo	30%	
Impacto Ambiental	Se da el % para la valoración del aspecto e impacto ambiental, debido al cambio y modificaciones al medio ambiente como consecuencia de las actividades que se están realizando.	70%	

La fórmula a aplicar es: Significancia Total = 0.30\*CL + 0.70\* CIA



Creada la matriz para la evaluación de impactos ecosistémicos se ubican en el cuadrante X los aspectos correspondientes a las “Características o condiciones del medio susceptibles de alterarse”, por componente (Suelo, Agua, Atmosfera, Flora, Fauna, Estéticos y de interés humano, Aspectos culturales, Servicios e Infraestructura), y para el cuadrante Y se ubicaron las “Acciones que pueden causar efectos ambientales” teniendo en cuenta las aplicables a la zona de estudio (modificación del régimen, Extracción y transformación al recurso natural, Cambios paisajísticos y socio culturales, Tratamiento y vertido de residuos, Procesos productivos o industriales y Salud y seguridad industrial).

Identificados los impactos significativos se procede a realizar el análisis de los impactos ecosistémicos y conocer así cuales son los resultados de esta valoración, y cual podrá ser el punto de partida para la aplicación del EE en este territorio o cuales son las investigaciones, programas o proyectos que se requieren en la zona de estudio y a su vez en la municipio.

Posterior a la valoración en la matriz, se hizo una segunda visita al municipio de Marmato, ya no para recolección de información bibliográfica, pero sí para recorrer la zona de estudio y verificar los resultados de la matriz. Además se realizaron otras actividades con el propósito de interactuar con la comunidad, de verificar los resultados de la matriz y de socializar la investigación mediante ejercicios con actores clave.

Entre las actividades realizadas están: conversatorios y recorridos por la zona, participando de las reuniones organizadas por CORPOCALDAS, acompañamiento en las reuniones de elaboración del PMA para una mina, acompañamiento a diferentes estudiantes que realizan tesis de pregrado, conversatorio con representantes de las mujeres y del consejo, acompañamiento a una asociación minera durante el manejo de un accidente mortal, visita a la Casa de la Cultura y a la Institución Educativa.

Como socialización de la presente investigación se elaboró una presentación en power point y se realizó un ejercicio de cartografía social, con el cual se analizaron algunos impactos ecosistémicos generados en el recurso agua.

SOCIALIZACIÓN



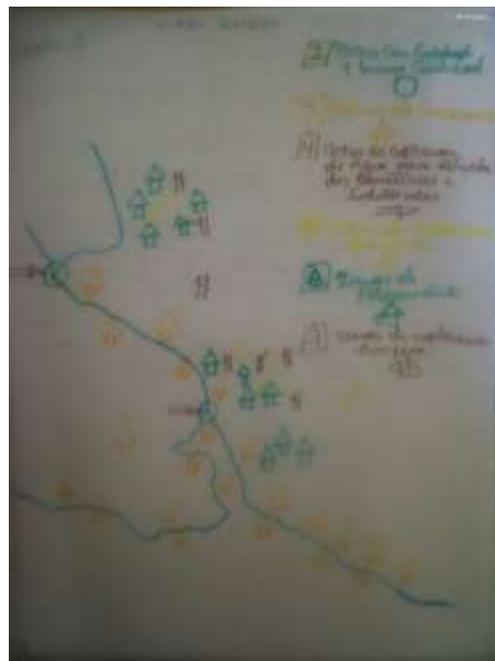
MAPA DEL AÑO 1973



MAPA DEL AÑO 2013



MAPA DEL AÑO 2020



Los resultados de estas actividades con la comunidad fueron enriquecedores y satisfactorios. Enriquecedores al corroborar y ampliar la información para la valoración de impactos ecosistémicos del componente social, realizados en la matriz y satisfactorio por la receptividad de los líderes y grupos con los cuales se interactuó, de quienes se observó que a pesar de ser renuentes a participar de ciertos eventos (porque reciben diariamente personas interesadas en el elaborar tesis, brindar capacitaciones y demás), están interesados en el tema ambiental porque ven en este un respaldo que les sirve de defensa ante las multinacionales que buscan la explotación a cielo abierto. Porque el tema de los requisitos legales les permite soportar las acciones político - organizativas de defensa del territorio para lograr la permanencia en él y porque actualmente los pequeños mineros están gestionando acciones de cumplimiento según las solicitudes realizadas por la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Planes de manejo, permisos de concesión de aguas, de vertimientos, etc).

Esta actividad despertó la iniciativa de crear una cartilla, con el interés de brindar a través de la educación ambiental una herramienta comunitaria para la valoración de impactos ecosistémicos. Ver anexo 8

Para usar esta metodología con la comunidad se establecieron una serie de preguntas que les facilitara a realizar análisis y elaboración de propuestas de manejo.

Tabla N° 17. Guía de preguntas para el análisis de impactos ecosistémicos y la generación de propuestas de manejo.

<b>ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS ECOSISTEMICOS</b>	<b>ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA ELABORAR PROPUESTAS DE MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS ECOSISTEMICOS</b>
<input type="checkbox"/> A quien o a que grupos sociales les afecta directamente la carita triste? <input type="checkbox"/> A quien o a que grupos sociales les afecta indirectamente la carita triste? <input type="checkbox"/> El evento o situación permiten la conservación del recurso y el mantenimiento en el tiempo? <input type="checkbox"/> Se conoce que provoco el evento o la situación que fue calificada con una carita triste?. <input type="checkbox"/> Cuál es la relación ecológica que existe entre los	<input type="checkbox"/> Identifico cual es la razón principal que originó la carita triste? Recuerda q no puede pasarnos lo del cuento! <input type="checkbox"/> Lograr caritas felices en: Las personas o grupos sociales que se relacionan directa o indirectamente con el recurso o la situación ambiental. Las plantas, los animales, el suelo, el agua y el aire.

<p>ítems que tienen carita triste? (para ello debes conocer cómo funciona, de que está compuesto, con que se relaciona, donde habita, de que se alimenta, que lo ayuda a mantenerse y que lo destruye, que le afecta).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Pregunta sí el origen de las caritas tristes se dio porque no se tenía conocimiento de que podía suceder ese hecho?</li> <li><input type="checkbox"/> Se conocen los resultados de las investigaciones, proyectos o programas realizados en la zona y sí alguno de ellos tiene relación con las caritas tristes?</li> <li><input type="checkbox"/> Se ha realizado un análisis de los costos que podría generar cambiar una carita triste a una caritas feliz? Y los costos de mantener la carita triste</li> <li><input type="checkbox"/> Que relevancia tiene esa carita triste en la zona y en las actividades que realizo?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Se convoca a los actores institucionales y gubernamentales?</li> <li><input type="checkbox"/> Se agrupan los interés de todos los involucrados directa o indirectamente con el recurso o la situación ambiental?</li> <li><input type="checkbox"/> Se tiene en cuenta la sostenibilidad y adecuada calidad de vida de las generaciones futuras y la conservación de los recursos.</li> <li><input type="checkbox"/> La propuesta tiene un manejo sistémico, apoyado en los modelos ecológicos que involucren al ser humano, para evitar que pase lo del cuento del coyote?</li> <li><input type="checkbox"/> Se incluyen en la propuesta talleres y capacitaciones para lograr formación y mayor conocimiento del tema?</li> <li><input type="checkbox"/> Se tienen en cuenta las investigaciones, programas o proyectos que han sido realizados anteriormente, para que esta propuesta sea complementaria?</li> <li><input type="checkbox"/> La propuesta tiene identificadas las necesidades en temas de investigación u otras acciones requeridas posteriormente para dar su continuidad?</li> <li><input type="checkbox"/> Se ha realizado un análisis de los costos que se requieren para mantener las caritas felices?</li> <li><input type="checkbox"/> La propuesta permite la conservación natural y cultural de la zona y de las comunidades?</li> <li><input type="checkbox"/> La propuesta involucra los servicios de abastecimiento (pesca, madera, agua); de regulación (protección contra inundaciones, captura de carbono, filtración de agua, asimilación de residuos), y culturales (valores por el paisaje, estéticos, recreativos y por la no utilización).</li> </ul>
--	--

## **2. PROCESOS DE EXTRACCIÓN AURIFERA EN MARMATO, CALDAS Y SU INCIDENCIA EN LOS ECOSISTEMAS**

La minería de oro de filón, la exploración de los minerales y las etapas de explotación se comenzaron a realizar sin ningún tipo de conocimiento técnico, sustentados por la intuición y el afán de superación, en una región con los más altos índices de necesidades insatisfechas del departamento de Caldas en ese entonces.

La forma de explotación ancestral del municipio da lugar a varias tipologías productivas y sociales jerárquicas: mineros obreros de minas que trabajan para un patrono con título en condiciones de informalidad (1); mineros independientes con posesión y sin titulación que trabajan para sí en condiciones de informalidad (2); minero propietario de una mina con o sin titulación o en proceso de titulación que trabaja para su subsistencia y que paga mano de obra en condiciones de informalidad (3); minero dueño de varias minas con títulos que paga mano de obra en condiciones de semi-informalidad pagan sólo la salud de sus trabajadores– (4); gran compañía minera que emplea mano de obra de manera formal (5); mineros trabajadores formales de la gran compañía minera (6); dueños de molinos (7) (Comunicaciones personales diversas entre mayo y diciembre de 2011, y observación del trabajo en las minas).

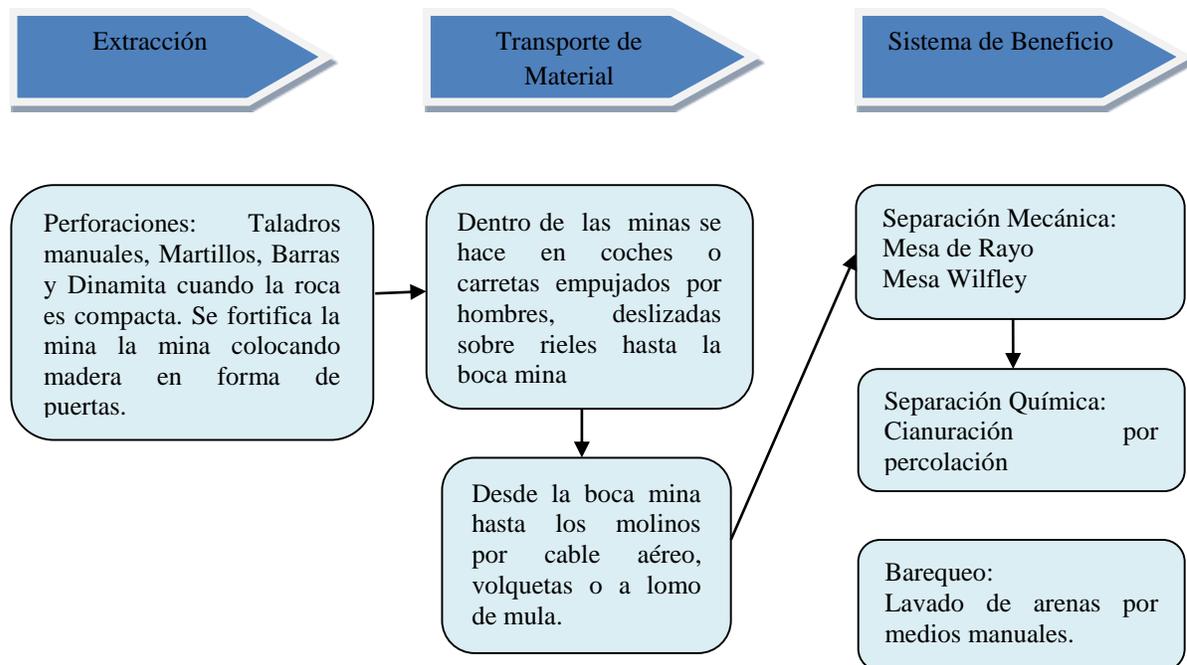
Adicionalmente, en las minas tradicionales existe un principio muy rudimentario de división del trabajo que puede ser resumido como sigue: capataz<sup>12</sup> de mina, palenquero, rompedor, cochero, quemador, barequero, todero, molinero, brequero y guachero. No obstante, los obreros mineros pueden cambiar de un oficio a otro. Quizás el que tiene mayor grado de especialización es el quemador, por tratarse de una labor riesgosa. En el caso de la minería industrial como la que se practica en la empresa Mineros Nacionales, en lugar de rompedor, existe machinero, encargado de la perforación del túnel con máquinas (SANDOVAL R., 2012).

Los sistemas de explotación siguen siendo tan rudimentarios como en el siglo XVI. A continuación se menciona cada uno de ellos (DIAZ A., 2013):

---

<sup>12</sup> El capataz es quien ordena lo que hay que hacer en la mina; los palenqueros son los encargados de proteger la mina y la vida de los trabajadores asegurando el socavón con madera; el rompedor es quien sigue la veta rompiendo la roca con el martillo; el cochero es quien maneja los carros en los que se lleva y descarga material; el quemador es el encargado de la dinamita; el barequero realiza el mazamorreo del material obteniendo el oro por gravedad; el todero es quien hace de todo; el molinero es quien maneja el molino del material; el brequero es el encargado de mover los cables en que se transporta el material, llena el balde de material, lo despacha y engrasa el cable; y el guachero trabaja en las minas abandonadas por la compañía; este también es un oficio que realizan los obreros cuando entran a la mina por la guacha, que es material extraído de la mina del patrono que queda para su propio usufructo como un complemento de su salario en especie.

Figura N° 4. Proceso de Extracción y Beneficio de Oro en Marmato.



Para ampliar la descripción del proceso aurífero que se practica en Marmato, se hizo un registro fotográfico en el que se detallan estas actividades. Ver anexo 6.

Como aspectos ambientales a tener en cuenta en la actividad minera está el uso del agua en el proceso, que igualmente involucra a la quebrada Cascabel, objeto de la presente investigación; convirtiéndose en uno de los elementos ambientalmente más afectados por la minería de la zona. Se presentan desvíos y taponamientos de cauces por el traslado y acumulación de materiales estériles o desechos de explotación, originando la divagación del flujo y subsecuentemente, la socavación de los taludes de roca inconsolidada proveniente de botaderos y acumulada a lado y lado de estos cauces.

Ocurre también una contaminación de las aguas superficiales con sólidos y tóxicos derivados del proceso de beneficio, y sedimentación excesiva de los caños y quebradas que inducen cambios nocivos en su dinámica.

Los métodos de extracción utilizados en Marmato han cambiado muy poco desde que se inició la actividad en esta zona. El material estéril proveniente de las boca minas es depositado sin ningún grado de control ladera abajo, las plantas de beneficio no cuentan con plantas de tratamiento de aguas industriales, lo que se ve reflejado en deterioro de los recursos naturales y en los riesgos que la comunidad ha tenido que enfrentar

La proliferación de actividades de pequeña minería y minería de subsistencia se caracterizan por ser labores subterráneas anti técnicas y sin cumplimiento de las normas en salud y seguridad industrial, muy bajo grado de mecanización de los procesos, altos impactos ambientales, baja productividad, bajos rendimientos, etc.

### **3. IMPACTOS ECOSISTEMICOS POR EXPLOTACIÓN MINERA EN LA MICROCUENCA CASCABEL, MARMATO, CALDAS.**

La microcuenca de la quebrada Cascabel ha sido una de las principales fuentes hídricas de Marmato, utilizada en su nacimiento para el abastecimiento de consumo humano y actividades agropecuarias para una parte de su población y en su trayectoria hasta la desembocadura en el Rio Cauca como suministro y vertedero de la actividad aurífera realizada en la zona. La quebrada Cascabel además de la importancia en las actividades industriales, agropecuarias, domiciliarias y estéticas del municipio también hace parte de la cultura, reconociendo la popular leyenda del “Agüita de Cascabel”, que hace pensar que la amabilidad de los lugareños deja enamorados a los visitantes de Marmato haciéndolos regresar.

Para la evaluación de los Impactos Ecosistémicos IE generados por la actividad minera en la quebrada se llevó a cabo la articulación de tres metodologías (EE, Matriz causa

efecto de Leopold e ISO 14001), que permitieron la construcción de la Matriz de IE aplicada en la investigación. Estas metodologías fueron el Enfoque Ecoistémico EE que ofrece una visión integral orientada hacia el suministro continuo de bienes y servicios ambientales mediante el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y la participación activa de los actores involucrados en su gestión. (ANDRADE P., 2007), la Matriz causa – efecto de Leopold que se enfatiza en identificar los rasgos característicos deseables a analizar, cubre las características geobiofísicas, químicas, socioeconómicas y biológicas, y sirve como informe de impactos ambientales (GARCÍA Leyton, 2004), y la identificación y evaluación de impactos ambientales según la norma NTC ISO 14001 que permitió la articulación de las metodologías anteriores con los controles existentes, y de esta manera brindar herramientas a quien la use para la construcción e implementación de diferentes planes de manejo o la elaboración de un plan de vida, donde se convoque a los actores locales e institucionales llevando a cabo los lineamientos del EE.

Durante la revisión bibliográfica se encontraron diferentes estudios en los que se han hecho caracterizaciones fisicoquímicas y biológicas de las diferentes quebradas de Marmato, entre ellas la quebrada Cascabel, lo que permitió hacer un análisis de las actividades a lo largo del tiempo.

El uso y manejo que se le ha dado a la quebrada Cascabel ha generado el deterioro de sus aguas, los estudios realizados por MINERALCO en el año 1996 (ver anexo N°5), en comparación con los estudios realizados por CORPOCALDAS en el año 2011, muestran una tendencia constante en sus características fisicoquímicas.

En el último estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS y la fundación SANEAR para el año 2011, se dividió la quebrada Cascabel en cuatro tramos desde su nacimiento hasta su desembocadura, en los que se hizo toma de muestras para la caracterización de dichas aguas. A demás se determinaron los usos actuales de la quebrada como se especifica en la siguiente tabla:

Tabla N° 18. Usos actuales de la Quebrada Cascabel desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Cauca.

TRAMO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO DE CALIDAD RESOLUCIÓN 239 (2007)	USO ACTUAL
I (Nacimiento hasta Km 0 + 0 m)	Desde el nacimiento de la quebrada Cascabel hasta la estación E-1 (Puente hacia Mina de Los Sapos)	Tramo 2. Uso estético	Consumo humano (Vereda El Volante) Transporte de aguas residuales plantas de beneficio de oro
II (Km 0 + 0m hasta Km 1 + 480 m)	Desde la estación E-1 hasta la estación E-2, quebrada Cascabel antes de la descarga de la quebrada Pantanos.	Tramo 2. Uso estético	Transporte de aguas residuales plantas de beneficio de oro y aguas residuales domésticas
III (Km 1 + 480 m hasta Km 2 + 609 m)	Desde la estación E-2 hasta la estación E-3, quebrada Cascabel antes de la descarga de la quebrada Aguas Claras.	Tramo 2. Uso estético	Transporte de aguas residuales plantas de beneficio de oro y aguas residuales domésticas
IV (Km 2 + 609 m hasta Km 3 + 249 m)	Desde la estación E-3 hasta la estación E-4, quebrada Aguas Claras antes de la desembocadura al río Cauca.	Tramo 2. Uso estético	Transporte de aguas residuales plantas de beneficio de oro y aguas residuales domésticas

Fuente: (CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011)

A continuación se muestran los resultados de la caracterización físico-química hecha por la CORPORACIÓN en el 2011, en la que se indica el estado de las aguas antes del aporte minero a sus aguas y después, además de los parámetros que debe cumplir para su uso como abastecedor de agua para consumo humano y estético:

Tabla N° 19. Parámetros físico-químicos de la Quebrada Cascabel.

TRAMO	UBICACIÓN	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS		USO CONSUMO HUMANO TRATAMIENTO CONVENCIONAL	
		PARÁMETROS	VALOR ACTUAL	Corto plazo (5 años)	Largo plazo (20 años)
I (Nacimiento hasta Km 0+0m)	Desde el nacimiento de la quebrada Cascabel	pH(unidades)	4.9	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0
		OD (mg/l)	56%	(>50% Sat)	(>50% Sat)
		Conductividad (µS/cm)	100	≤ 1000	≤ 1000

	hasta la estación E-1 (Puente hacia Mina de Los Sapos)	DQO (mg/l)	173.13	< 30	< 30
		DBO5 (mg/l)	4.09	< 5,0	< 5,0
		Nitrógeno Total (mg N/l)	10.1	≤ 2,0	≤ 2,0
		SST (mg/l)	4482	≤ 500	≤ 500
		ST (mg/l)	5277	≤ 1000	≤ 1000
		Turbiedad (UNT)	2125	≤ 100	≤ 100
		Coliformes Fecal. (UFC/100ml)	0,00E+00	≤ 2,00E+03	≤ 2,00E+03
		Coliformes Total. (UFC/100ml)	9,80E+01	≤ 5,00E+03	≤ 5,00E+03
		Cianuro (mg/l)	5.85	≤ 0,2	≤ 0,2
		Cloruros (mg/l)	2.76	≤ 250	≤ 250
		Mercurio (mg/l)	3.6	≤ 0,002	≤ 0,002
		Nitratos (mg/l)	4.9	≤ 10	≤ 10
		Nitritos (mg/l)	0.352	≤ 10	≤ 10
		Sulfatos (mg/l)	135.2	≤ 400	≤ 400
		Coliformes Fecales (NMP/100ml)	-	≤ 2,00E+03	≤ 2,00E+03
		Coliformes Totales (NMP/100ml)	-	≤ 2,00E+04	≤ 2,00E+04
		Material flotante y espumas	Ausente	Ausente	Ausente
Sustancias de interés sanitario	Presente	Ausente	Ausente		
<b>TRAMO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</b>		<b>USO ESTÉTICO</b>	
		<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALOR ACTUAL</b>	<b>Corto plazo (5 años)</b>	<b>Largo plazo (20 años)</b>
I (Nacimiento hasta Km 0 + 0 m)	Desde el nacimiento de la quebrada Cascabel hasta la estación E-1 (Puente hacia Mina de Los Sapos)	pH (unidades)	4.9	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
		OD (mg/l)	4.2	> 2	> 2
		DBO5 (mg/l)	4.09	< 30	< 30
		SST (mg/l)	4482	< 90	< 90
		Turbiedad (UNT)	2125	< 40	< 40
		Material flotante y espumas	Ausente	Ausente	Ausente
		Sustancias que produzcan olor	Presente	Ausente	Ausente
II (Km 0+0 m hasta Km 1 + 480 m)	Desde la estación E-1 hasta la estación E-2, quebrada Cascabel antes de la descarga de la quebrada Pantanos.	pH (unidades)	6.51	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
		OD (mg/l)	0	> 2	> 2
		DBO5 (mg/l)	8	< 30	< 30
		SST (mg/l)	10546	< 90	< 90
		Turbiedad (UNT)	1375	< 40	< 40
		Material flotante y espumas	Ausente	Ausente	Ausente
		Sustancias que produzcan olor	Ausente	Ausente	Ausente
III (Km 1+480 m hasta Km 2+609 m)	Desde la estación E-2 hasta la estación E-3, quebrada Cascabel antes de la descarga de la quebrada Aguas Claras.	pH (unidades)	7.15	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
		OD (mg/l)	0	> 2	> 2
		DBO5 (mg/l)	9	< 30	< 30
		SST (mg/l)	13954	< 90	< 90
		Turbiedad (UNT)	2375	< 40	< 40
		Material flotante y espumas	Ausente	Ausente	Ausente
		Sustancias que produzcan olor	Ausente	Ausente	Ausente

IV (Km 2+609 m hasta Km 3+249 m)	Desde la estación E-3 hasta la estación E-4, quebrada Aguas Claras antes de la desembocadura al Río Cauca.	pH (unidades)	7.35	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
		OD (mg/l)	0	> 2	> 2
		DBO5 (mg/l)	24	< 30	< 30
		SST (mg/l)	11566	< 90	< 90
		Turbiedad (UNT)	2125	< 40	< 40
		Material flotante y espumas	Ausente	Ausente	Ausente
		Sustancias que produzcan olor	Ausente	Ausente	Ausente

Fuente: (CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011)

Según la caracterización realizada por (CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR, 2011), existen tres tipos de aguas residuales derivadas de la actividad minera en Marmato:

- Drenaje minero ácido.
- Aguas cianuradas salidas de las plantas de beneficio y
- Aguas cianuradas salidas al lavado de estériles.

En general los efectos de la minería sobre las corrientes naturales resaltan a simple vista: coloración marrón y olor azufre. Además, la lluvia acelera el lavado del material que se descarga en superficie como estéril, arrastrando metales pesados hacia los cuerpos de agua cercanos.

Como si esto fuera poco se enfrenta también el problema de la sedimentación de cauces, al igual que la polución por sustancias utilizadas en el beneficio del mineral como aceites, fosfatos (en tenso activos y jabones), nitratos y nitritos.

El pH medido a la salida de las minas entre 2,9 y 4,4 unidades, corresponde a drenajes ácido de minas con una conductividad entre 2820 y 5440  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . En las plantas de beneficio, se aumenta el pH de 4,3 a 8,6 unidades, debido a la adición de sales y cal para neutralizar el cianuro. Sin embargo las concentraciones de este compuesto persisten entre 2,57 y 5,3 mg/l, lo mismo que los sólidos totales, muy explicable por tratarse de residuos líquidos sin ningún tratamiento.

Estas aguas contaminadas además están cargadas de cantidades excesivas de cloruros, materia orgánica; y metales pesados dentro de los sedimentos presentes en las corrientes de agua superficiales, con valores que oscilan entre:

Cobre: 125-619 p.p.m.

Plomo: 330>10.000p.p.m.

Zinc: 1,365>10.000p.p.m.

Arsénico: 372- 1.850 p.p.m.

Mercurio: 550 p.p.m.

Cadmio: 28-308 p.p.m.

Antimonio: 5.6-15 p.p.m.

Bismuto: 6-306 p.p.m.

Al final toda esta contaminación va a parar al río Cauca, donde a pesar del efecto de dilución de la corriente, producida por su enorme caudal (605,3 – 641,0 m<sup>3</sup>/s), las concentraciones de cianuro total continúan sobrepasando los estándares internacionales con valores entre 0,23 mg/l, 0,27 mg/l y 0,31 mg/l.

Realizada la revisión bibliográfica y la comparación en tiempo, se diligencio la matriz de impactos ecosistémicos. Ver anexo 7.

Dicha matriz fue dividida en 6 actividades o acciones diferentes que generan el deterioro de la microcuenca de la quebrada Cascabel, la primera de ellas es la modificación del régimen; seguida por la extracción y transformación del recurso natural; cambios paisajísticos y socio-culturales; tratamiento y vertido de residuos; procesos productivos o industriales, y salud y seguridad.

Para la evaluación en la matriz se debe realizar el análisis a través de la pregunta central, que para este caso corresponde a: ¿Cuál es la influencia que tienen las acciones que pueden causar efectos ambientales en la zona de estudio donde existe actividad minera sobre las características o condiciones del medio susceptibles de alterarse?, por ejemplo para el caso de la primera acción que es la modificación del régimen la pregunta fue:

¿Cuál es la influencia de los vertederos de residuos industriales o mineros sobre el subsuelo aledaño a la Quebrada Cascabel?

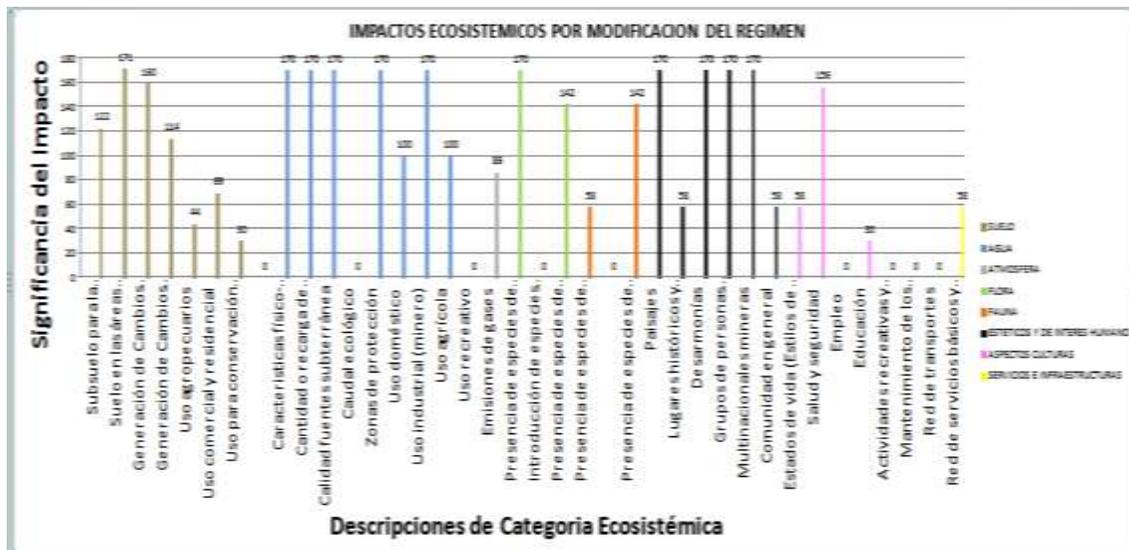
La respuesta a esta pregunta se calificó según los criterios establecidos para frecuencia, grado de control, resiliencia y alcance.

Es indispensable que la calificación en frecuencia, grado de control, resiliencia y alcance se dé teniendo en cuenta:

- Servicios de Abastecimiento como: los productos o bienes como el agua, la pesca o la madera, los minerales y productos agrícolas, entre otros;
- Servicios de Regulación como: las funciones de los ecosistemas, el ciclo del agua, las cadenas alimenticias, el cambio en los nichos ecológicos, conservación y abastecimiento para las generaciones futuras cumpliendo con el principio del desarrollo sostenible;
- Servicios Culturales como: beneficios no materiales, actividades recreativas, beneficios estéticos y espirituales, mantenimiento de la identidad cultural, alteración del paisaje, entre otros;

Los resultados de la evaluación de los impactos ecosistémicos se encuentran en las siguientes gráficas:

Gráfica N° 1. Impactos Ecosistémicos por Modificación del Régimen.

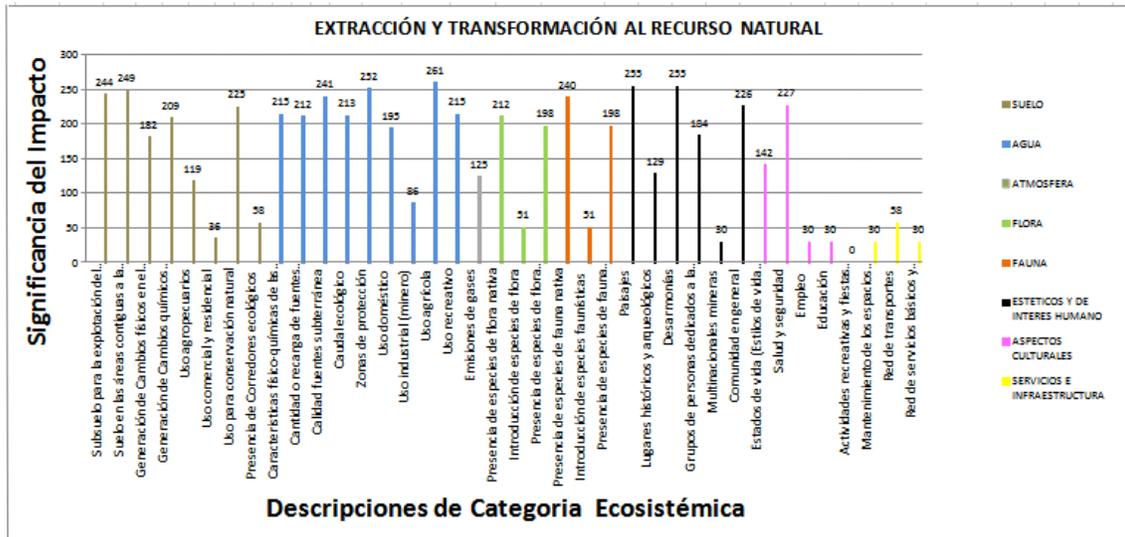


Existe una constante en la significancia de los impactos ecosistémicos generados en el recurso suelo, agua, paisaje y la comunidad involucrada en la actividad minera, y es que la alteración tanto en el hábitat de especies del suelo y el agua se puede evidenciar en los procesos erosivos consecuencia de la disposición de estériles y del vertimiento de las minas, molinos y drenajes ácidos de roca que han extinguido la vida acuática en la quebrada.

La modificación del hábitat se ve acompañada también de la alteración de la cubierta terrestre y los ruidos y vibraciones que se generan, creando desplazamiento o pérdida de especies tanto de flora y fauna. Otro de los impactos significantes es la modificación del caudal debido a que no existe control para la captación de aguas y el vertimiento de ellas.

Estas alteraciones perceptibles a simple vista han generado un significativo impacto paisajístico, en el que las desarmonías y los temas de salud y seguridad están estrechamente ligados, el agua es inútil para uso humano y las laderas presentan erosión que en cualquier momento puede convertirse en movimientos masales ocasionando graves pérdidas, y perjudicando directamente la comunidad minera.

Gráfica N° 2. Impactos Ecosistémicos por Extracción y Transformación al Recurso Natural.



Durante el proceso minero se presentan actividades que afectan los recursos naturales y a la comunidad en general. Es el caso de la construcción de molinos y boca minas, la tala y descapote, la voladura, la captación de agua y la filtración, los que resultan más significantes en este punto.

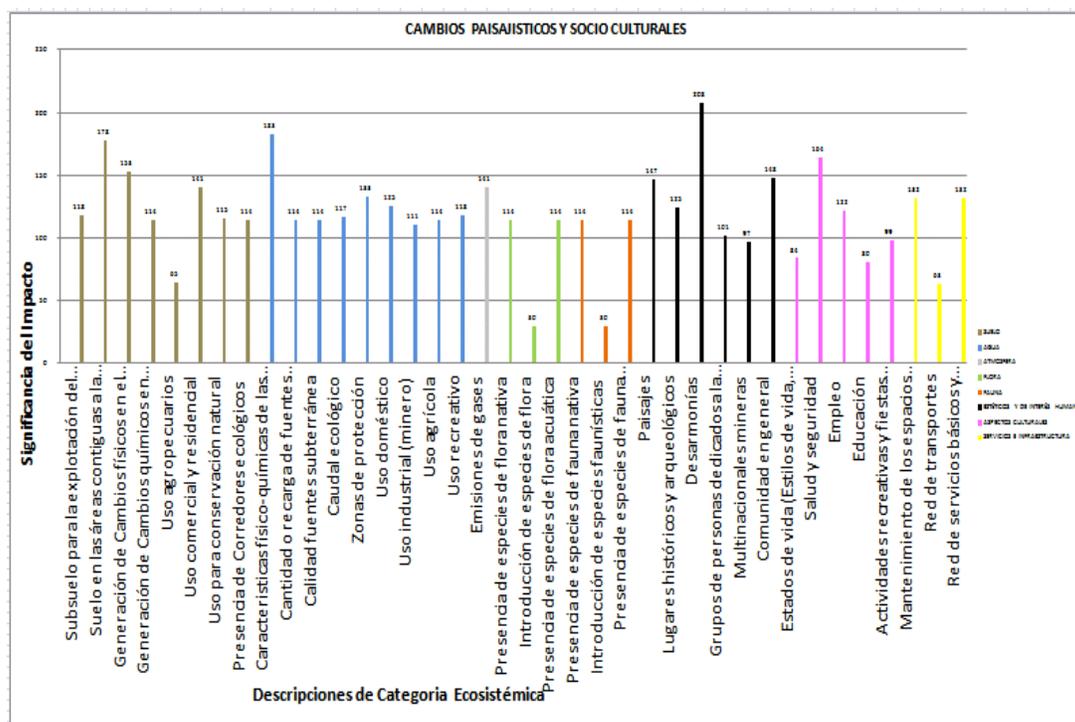
Para la construcción de los molinos y bocaminas se requiere una ubicación cercana a los cuerpos de agua para tener más fácil acceso a ella tanto en la captación como en el vertimiento. También se requiere una amplia intervención en el suelo para crear accesos entre minas y molinos, y para la construcción de estos, lo que genera remoción, erosión y pérdida de suelo; y lo que agrava más la situación es la disposición del material estéril proveniente de la mina. Este material además de generar erosión, genera la producción de ácidos que se infiltran en el suelo, llegando a los acuíferos subterráneos y finalmente a los superficiales, causando así daños en el suelo y el agua.

En este punto las alteraciones físico-químicas y biológicas del agua se ven altamente perjudicadas, presentando una inhibición en la vida acuática. En la caracterización realizada en el año 2011 por CORPOCALDAS para la Quebrada Cascabel se reporta un incremento de carga contaminante con respecto a su nacimiento a causa de las minas y

molinos que se encuentran sobre la microcuenca que se abastecen de ella. Aunque las condiciones de la quebrada se ven afectadas desde su nacimiento, debido a la captación incontrolada de agua que ha venido secando tributarios de la quebrada Cascabel, como la quebrada La Victoria (Alcaldía de Marmato, 2007), antes fuente abastecedora de la vereda Bellavista, ahora se captan las aguas de la quebrada Cascabel para su abastecimiento; este problema se ve agudizado en esta zona alta por la contaminación generada por los cultivos de café y aguas residuales de algunos asentamientos humanos cerca a las bocatomas. Además la inexistencia de líneas amarillas que permitan la protección y recarga de las fuentes hídricas.

Las aguas subterráneas sufren altos grados de mineralización puesto que se ven afectadas por la apertura de túneles, el consiguiente tránsito de personal por labores subterráneas unido al desplazamiento de carretas manuales fluyendo finalmente hacia el exterior de la explotación.

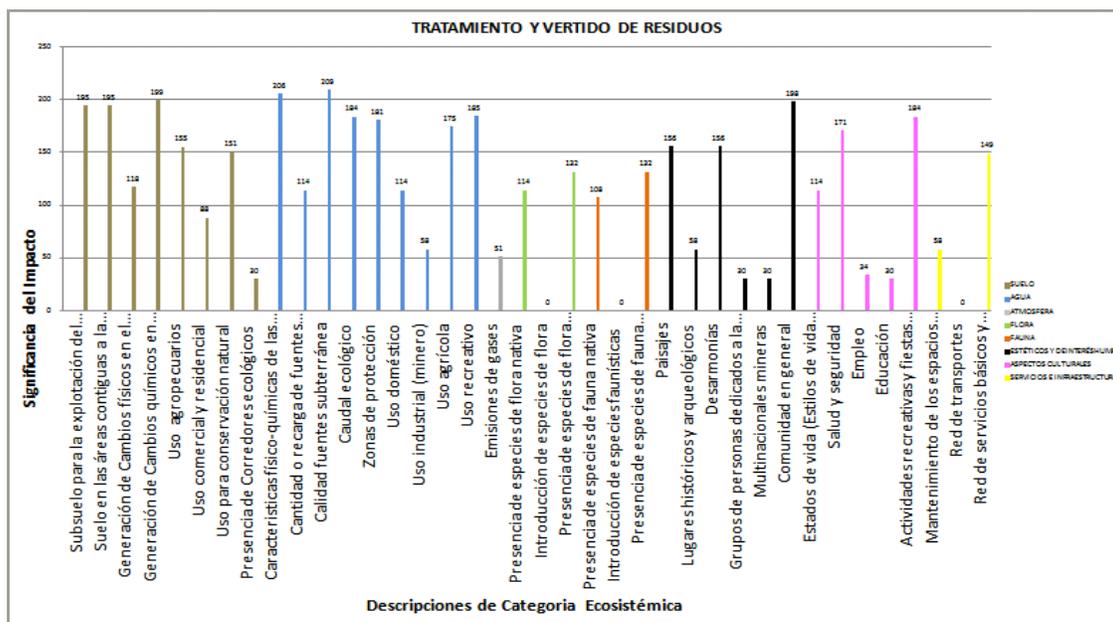
Gráfica N° 3. Impactos Ecosistémicos por Cambios Paisajísticos y Socio-culturales.



En este punto en el que se evalúa el paisaje y lo socio-cultural los picos más altos los muestra la alteración en suelos, las características físico-químicas del agua y las desarmonías del paisaje, que conllevan a una afectación en la salud y seguridad de la comunidad.

El deterioro de los suelos y el agua causan un impacto visual alto, la erosión por parte del suelo, la presencia de áreas deforestadas, botaderos de estériles y la calidad del agua reflejada en las características organolépticas, en el color gris de los drenajes provocado por las arenas residuales provenientes de la recuperación gravimétrica, amalgamación y colas de cianuración, especialmente cuando estos productos se disponen cerca a las corrientes de agua; este impacto aumenta a medida que transcurre el tiempo de extracción y beneficio.

Gráfica N° 4. Impactos Ecosistémicos por Tratamiento y Vertido de Residuos



Las fuentes hídricas del municipio son el primer recurso afectado por la actividad aurífera y es que la alteración del caudal y el vertido de las aguas industriales sin ningún tratamiento afectan directa e indirectamente cada uno de los componentes bióticos y

abióticos del sistema. Las plantas de beneficio son los principales generadores de efluentes mineros y hacen la evacuación de las aguas por infiltración o a las fuentes hídricas más cercanas.

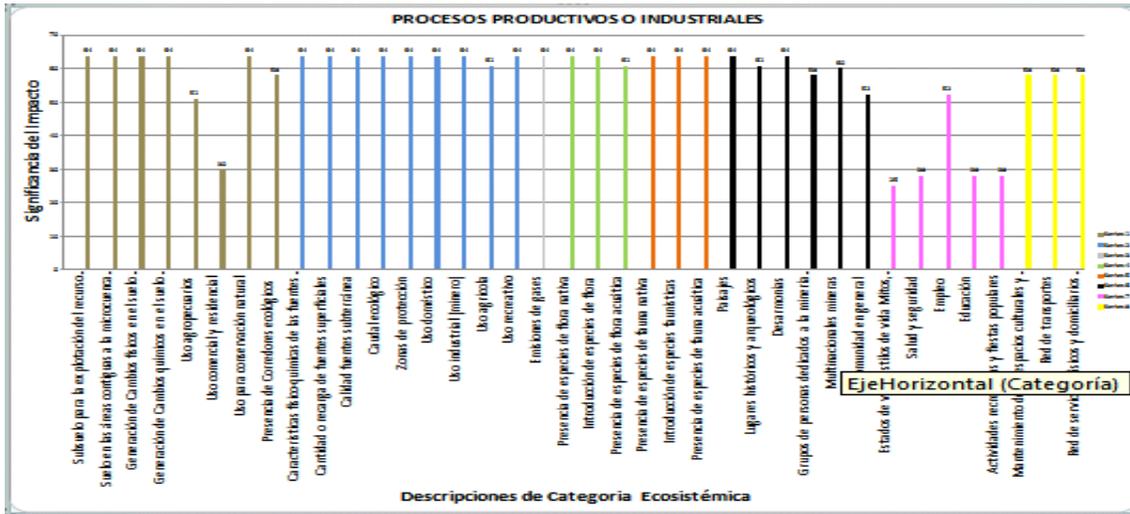
Aunque se conoce de actividades agropecuarias en la zona, los grados de contaminación más severos son producidos por la actividad minera tanto en el suelo como en el agua.

Retomando las características físico-químicas, en estudios realizados en 1996 por MINERALCO permiten observar el incremento del pH con respecto al estudio realizado por CORPOCALDAS en 2011, esto puede deberse a la adición de cal a las soluciones cianuradas para neutralizar su acidez y evitar un consumo innecesario de cianuro, aunque el pH ha aumentado, sigue siendo ácido comprometiendo la vida acuática de la quebrada, que también se ve relacionada con la ausencia de oxígeno disuelto y las altas concentraciones de sólidos suspendidos que se mantiene sobre los 11000 mg/L a lo largo del tiempo, rebasando los límites admisibles ( $\leq 500$  para aguas para consumo humano y  $< 90$  para uso estético) como se puede observar en los resultados de las caracterizaciones. La disminución en los datos de pH, Sólidos Suspendidos Totales y Oxígeno Disuelto de la caracterización realizada en el año 1996 con respecto a los datos obtenidos en la caracterización realizada por CORPOCALDAS en el año 2011, puede deberse a que en esta última se hace muestreo en cuatro puntos diferentes y en la primera solo se hizo un muestreo después del paso de las minas.

En estudios realizados por (DIAZ A., 2013), se pudo constatar que el drenaje ácido de mina es uno de los factores que afecta el recurso hídrico de la zona, estudio que arrojó pH entre 3 y 4 unidades, lo suficientemente ácidos para alterar e inhibir los procesos biológicos y químicos naturales, y también mostró la presencia de metales pesados como Aluminio (Al), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg) y Zinc (Zn). Estos metales considerados pesados son los más importantes contaminantes ambientales, estos no se degradan química ni biológicamente, por lo que una vez

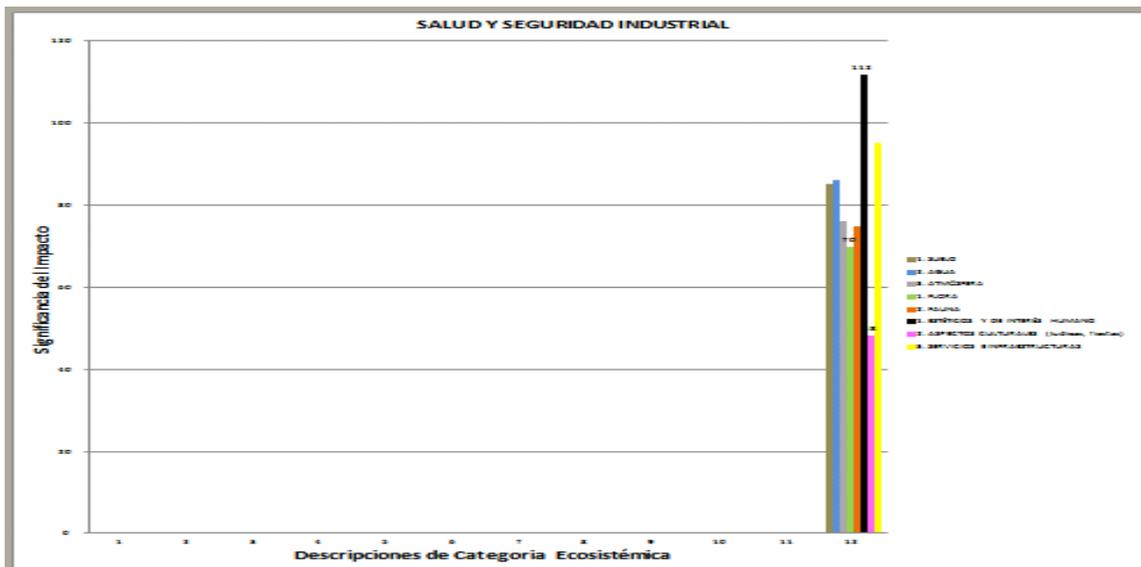
emitidos permanecen en el ambiente y duran cientos de años, ocasionando daños a la salud de las personas y demás seres vivos.

Gráfica N° 5. Impactos Ecosistémicos por Procesos Productivos o Industriales.



Como se mencionó anteriormente existen actividades agropecuarias en las zonas altas de la quebrada, especialmente cultivos de café que aportan carga contaminante a las aguas, pero la actividad minera es la que impacta significativamente los recursos naturales.

Gráfica N° 6. Impactos Ecosistémicos que Influyen en la Salud y Seguridad



En cuanto a la salud y seguridad de los mineros se ven problemas asociados a las voladuras, debido a la restricción que tienen en la compra de dinamita muchos de ellos, lo cual provoca el uso de métodos empíricos que no son seguros. Los mineros también están expuestos a derrumbamiento de los socavones, al contacto con sustancias como el cianuro y el mercurio que pueden causar graves daños al no manipularse de manera adecuada. La comunidad en general está en riesgo debido a la erosión que se presenta en las laderas lo que puede ocasionar movimientos masales de gran importancia. En cuanto a las fuentes hídricas, son inadecuadas para cualquier tipo de uso doméstico o agropecuario.

Dentro de los impactos evaluados se tuvo en cuenta la llegada de las compañías multinacionales, porque las dinámicas que se realizan para la exploración del recurso minero, tanto técnicas sociales desencadenaron una serie de impactos que se reflejan en los cambios biofísicos (infiltración de aguas al suelo, desplazamiento de fauna, eliminación de flora, procesos erosivos, la disminución de recursos naturales por consumo, la generación de expectativas, conflictos de orden público, que se reflejan en el miedo que expresan los Marmateños por el posible desplazamiento y desaparición del cerro El Burro en el momento que se dé inicio al proyecto de extracción a cielo abierto.

A pesar de esto, un gran impacto positivo que se pudo percibir desde la primera visita a la zona de estudio es que la población Marmateña es una población feliz, como la mayoría de la población colombiana, es una comunidad arraigada a su tierra y a su cultura, que defiende su tierra y pide a gritos la colaboración del estado para hacer las cosas bien.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En los antecedentes revisados acerca de la aplicación del enfoque ecosistémico en diferentes sitios de Latinoamérica, se describe que los proyectos o la construcción de diferentes planes de manejo no favorecen la aplicación metodológica que expone el EE a causa de los limitados tiempos para la ejecución de los planes o proyectos, por lo tanto esta propuesta permite que a través de un diagnóstico se logre tener una línea base para la aplicación del enfoque ecosistémico. Entendiéndose como línea base “el identificar la necesidad, el estado y las características ambientales del entorno en que se pretende aplicarse el EE”

En los antecedentes revisados acerca de la aplicación del enfoque ecosistémico en diferentes sitios de Latinoamérica, se describe que integrar la implementación del EE con otros proyectos o en la construcción de diferentes planes de manejo resultaría factible siempre y cuando no se limiten los tiempos para su ejecución, por lo tanto esta propuesta permite que a través de una revisión bibliográfica y el análisis en la matriz se obtenga una línea base para la aplicación del enfoque ecosistémico. Entendiéndose como línea base “el identificar la necesidad, el estado y las características ambientales del entorno en que se pretende aplicar”

A pesar de que en Colombia se han desarrollado planes que permiten una visión integral como son los Planes de Ordenamiento Territorial y Planes para el manejo de cuencas hidrográficas, entre otros, estas acciones no ha sido suficiente para lograr la conservación de los recursos naturales, debido a la falta de participación de los actores locales en su elaboración, con propuestas que favorezcan su sostenimiento socioeconómico y la permanencia en su territorio a cambio de la conservación de los recursos.

Cuando se observa el proceso de extracción de oro en el municipio de Marmato se puede evidenciar la ausencia de tecnología y el inadecuado manejo de los recursos naturales, económicos y familiares. Es importante reconocer que la minería ha sido la base económica de este territorio por casi 500 años y a pesar de ello es fácil observar la necesidad de este territorio frente a la presencia del estado con acciones que promuevan la formación, asesoría e inversión en temas de tecnología, desarrollo sostenible y cumplimiento legal, para optimizar el proceso de explotación y procesamiento del mineral. De igual forma desarrollar actividades para la permanencia de una cultura y un estilo de vida que merece toda la atención y respeto por parte de los gobernantes. Municipios como Marmato existen en todas partes de Colombia, territorios con abundancia en recursos hídricos, minerales, tierras fértiles, biodiversidad, que no sólo deben ser reconocidos por el estado en el momento en que inversionistas extranjeros descubren el potencial de estos.

La metodología propuesta en la presente investigación permite recoger los esfuerzos que diversos actores particulares, institucionales o locales que desarrollan investigaciones, propuestas o planes en la zona de estudio, ya sea por iniciativa propia, interés particular o cumplimientos legislativos e institucionales, permitiendo conocer así los puntos de vista de quienes los elaboraron, articulándolos en un solo documento, del cual se realiza un análisis y facilitará la definición de estrategias metodológicas que no estén en contra de una cultura local.

Teniendo en cuenta que la metodología de EE presenta debilidad en cuanto a la necesidad de formular atributos e indicadores de análisis fácilmente medibles que permitan medir el avance del proceso, esta herramienta preliminar para la aplicación del EE permitirá reconocer de manera cualitativa y cuantitativa el estado de la zona a trabajar y con la obtención de una línea base establecer los indicadores para la aplicación metodológica del EE, y a la vez conocer de manera medible el avance del proceso de implementación.

Este aporte metodológico brindará de manera organizada la posibilidad de establecer una adecuada planificación en el territorio a la vez de propender por la conservación de una cultura y una historia que es Nacional.

La actividad de revisión bibliográfica realizada como una actividad central en la presente investigación debe ser para el enfoque ecosistémico no solo una herramienta para conocer información de la zona a trabajar y planificar su implementación, sino una herramienta para la gestión, ya que quienes han participado en la elaboración de estudios y planes han plasmado su interés en el territorio y podrán ser actores claves para la construcción de las nuevas políticas de conservación, la realización de otros estudios que se requieran elaborar y con quienes puede ser probable hacer alianzas que permitan ahorros económicos.

Esta metodología se propone como línea base para integrar la metodología de Enfoque Ecosistémico porque a diferencia de las evaluaciones de impactos ambientales tiene en cuenta múltiples escalas espacial y temporal; porque recoge información de diferentes actores claves, la metodología permite procesos de socialización y sensibilización de cómo estrategia para la participación de las comunidades en la toma de decisiones, y brinda información legal con la cual la comunidad tendrá criterio y soporte para la toma de decisiones.

Los resultados arrojados por la matriz de impactos ecosistémicos indican que los recursos naturales que se ven afectados significativamente son el recurso hídrico y el suelo, comprometiendo las características físico-químicas y biológicas de estos, debido a la disposición inadecuada de estériles y al vertimiento de las aguas provenientes de los molinos que se hace directamente sobre la quebrada, la afectación a estos dos recursos desencadena problemas de paisaje, salud, seguridad y culturales.

Los procesos de extracción aurífera en Marmato son obsoletos y carecen de medidas que protejan el ecosistema.

En general, la situación del recurso hídrico en Colombia no alcanza estados críticos, sin embargo, se presentan situaciones alarmantes en términos de abastecimiento y calidad en algunos municipios y áreas urbanas, en donde se deben definir políticas para la planificación, manejo y utilización del recurso hídrico para prevenir futuras crisis.

A pesar de los intereses de la comunidad por mantenerse y defender su territorio se requiere formación en temas organizativos, ya que se cuenta en la zona con diversos grupos asociativos que no se articulan y que pretenden liderar proyectos que no serían en este momento benéficos para el medio local. Tal es el caso del proyecto de turismo, puesto que no se cuenta en la zona con adecuados servicios de saneamiento básico, hoteles, transporte, minas seguras para visitantes, no se han realizado estudios de capacidad de carga, no se ha detectado el tipo de turismo, ni cómo manejar los impactos sociales que esta actividad puede desencadenar.

La metodología para la elaboración de la matriz se realizó para que pueda ser usada con las comunidades locales, ya que se puede valorar a través del juego y servirá como herramienta para la educación y sensibilización ambiental.

Durante la visita a la zona de estudio se observó a algunas mujeres realizando labores en los molinos y de barequeo, sin embargo en la literatura revisada y durante la visita a la zona se encontró que no se visibiliza el papel de la mujer en la actividad minera.

Durante el desarrollo de la presente investigación se logró corroborar que dentro de las limitaciones existentes en la conservación del recurso agua están: la baja articulación entre los intereses de las comunidades y los del estado, las competencias entre los sectores público, social y privado, la creación de diferentes políticas a cargo de diferentes actores para un solo recurso, la baja planificación territorial, los patrones de consumo, el bajo conocimiento acerca del funcionamiento de los ecosistemas, el concepto de cuenca y el ciclo del agua.

## **RECOMENDACIONES**

La comunidad Marmateña debe articular los intereses individuales y direccionarlos hacia un desarrollo local, mediante el fortalecimiento de los procesos organizativos buscando formación técnica que les permita el conocimiento adecuado para implementar prácticas mineras amigables con el medio ambiente.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, la comunidad Marmateña podrá establecer líneas trabajo, y así desde la base social definir los medios de interlocución con CORPOCALDAS, para que no solo con direccionamiento, sino también con acompañamiento se logre mejorar técnicas en los procesos de explotación minera para el cuidado ambiental.

Es necesario que los grupos asociativos de Marmato ejerzan acciones de control territorial, de manera que quienes visitan la zona con intereses educativos o turísticos logren contribuir en la planeación del territorio, con la realización de estudios, proyectos e investigaciones complementarios o necesarios para su proceso de construcción de plan de vida, y que no se conviertan en investigaciones repetidas o nunca conocidas por los verdaderos interesados.

Es importante implementar acciones de control al cierre o abandono de la mina, conocida esta como la tercera parte de la actividad minera, debido a que es una de las etapas conocidas como la más perjudicial para el ambiente, específicamente para el recurso suelo, y se recomienda realizar una recuperación del área intervenida, devolviéndola lo más cercanamente posible al estado previo a la actividad minera y gestionar estudios que permitan identificar los posibles usos del material extraído (estériles) en la industria.

El gobierno y sus entidades deben trabajar con los mineros y apropiarse de la minería responsable en el municipio de Marmato y comprometerse en el beneficio de los

colombianos y no de los extranjeros, fortaleciendo la minería artesanal, innovando en nuevos proyectos que permitan mayor rentabilidad, pero siempre respetando los recursos naturales.

Promover en la zona el respaldo para las mujeres y los jóvenes, como líderes comunitarios, que participen en acciones de formación y en la toma de decisiones que se requieran.

La presencia de multinacionales y el desarrollo de los proyectos de gran minería ha generado un alto impacto social porque puede acabar con una cultura de casi 500 años, por lo tanto se recomienda al estado liderar procesos de conservación del medio natural, practicar políticas públicas, implementar acciones de cumplimiento para zonas de patrimonio histórico y permitir la organización de los pequeños mineros como una alternativa económica característica de este país.

Promover en la zona el respaldo para las mujeres y los jóvenes, como líderes comunitarios, que participen en acciones de formación y en la toma de decisiones que se requieran para el manejo del territorio. Además de involucrarlas como protectoras del ambiente y la salud, ya que con su papel de amas de casa son usuarias del recurso agua y responsables de la salud familiar.

En la zona de Marmato se requiere realizar estudios que permitan conocer cuál es la flora y fauna nativa, para que a través del análisis ecológico se establezcan la importancia de cada recurso natural y se obtenga información complementaria para identificar los servicios de abastecimiento, de regulación y culturales, desde una visión industrial minera.

Para dar continuidad a esta investigación con proyección municipal, este trabajo puede ser tomado como base metodológica para la generación de un diagnóstico ecosistémico. Y para ello es necesario realizar una revisión bibliográfica de los estudios, proyectos e

investigaciones sociales, ambientales, económicas, políticas, de salud e industriales que se han realizado a través del tiempo en el municipio.

Durante la valoración ecosistémica realizada elaborada en la Quebrada Cascabel, zona de estudio del presente investigación se logró establecer que es un recurso de importancia e identidad para los Marmateños y que por lo tanto requiere de investigaciones más detalladas como: zonificación y análisis ecológico de la zona de la quebrada, utilizando sensores remotos y con una percepción desde la ecología del paisaje; identificación del caudal ecológico; estudios de flora y fauna características de la zona; e identificación de sitios arqueológicos y formación en el manejo legal nacional, que facilite el análisis para tomar decisiones con respecto a alternativas para el adecuado manejo del recurso y futura inclusión de la herramienta de enfoque ecosistémico como elemento base para la construcción del plan de vida local Marmateño.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Agencia Nacional de Minería - Gobernación de Caldas - Ministerio de Minas y Energía.

(2012). *Censo Minero Marmato 2012*. Manizales, Caldas.

Agudelo, P. A. (2011). *(Des)hilvanar el sentido/los juegos de Penélope. Una revisión del concepto imaginario y sus implicaciones sociales*. Medellín, Col.: Unipluri/versidad Vol.11 No.3.

Alcaldía de Marmato. (2007). *Perfil Epidemiológico Marmato*. Marmato Caldas.

Alcaldía de Marmato. (26 de Octubre de 2012). <http://www.marmato-caldas.gov.co/>.

Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de <http://marmato-caldas.gov.co/apc-aa-files/39656265616266366134333935316639/actualizacion-diagnostico-eot.pdf>

Alcaldía de Marmato Caldas. (25 de Julio de 2013). *"MARMATO HACIA LA PROSPERIDAD INTEGRAL" Todos por un Marmato Anhelado*. Recuperado el 25 de Julio de 2013, de <http://marmato-caldas.gov.co/>: [http://marmato-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://marmato-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)

Alcaldía Municipal de Marmato. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal 2012 -2015*. Marmato, Caldas.

ALZATE, J. M. (20 de Junio de 2009). *EJE 21*. Recuperado el 15 de Junio de 2013, de <http://eje21.com.co>: <http://eje21.com.co/caldas-secciones-58/13761-marmato-el-pesebre-de-oro.html>

AMAYA, A. y. (Dirección). (2010). *La Paradoja del Brillo. Colombia 2010* [Película].

ANDRADE A., A. S. (2011). *Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico*. CEM-UICN, CI-Colombia, ELAP-UCI, FCBC, UNESCO-Programa MAB.

ANDRADE I., G. y. (2012). Dilemas Ambientales de la Gran Minería en Colombia. *Revista Javeriana* , 17-23.

ANDRADE P., Á. (. (2007). *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica*. CEM - UICN. . Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Unibiblos.

- BITRÓN, X. U. (s.f.). *El Enfoque Ecosistémico en la Práctica*.
- BOHORQUEZ A., E. (25 de Mayo de 2008). Radiografía del metal en el país. Colombia: mina de oro en potencia. *EL ESPECTADOR.COM*.
- BOLSA libre. (2010). *Oro. El Uso Industrial*. Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de <http://www.bolsalibre.es/articulos/view/oro-industria>
- CARACOL, RADIO. (9 de Marzo de 2010). CARACOL, RADIO. *Mina de oro de Marmato, Caldas, tiene reservas de 7.5 millones de onzas*. Colombia: Caracol, Radio.
- CARTA FINANCIERA. (26 de Mayo de 2013). *Los 20 países con mayores reservas de oro*. Recuperado el 3 de Agosto de 2013, de <http://www.cartafinanciera.com/tendencia-actual/los-20-paises-con-mayores-reservas-de-oro/>
- CCX Grupo EBX. (2012). <http://www.ccx.com.co/>. Recuperado el 31 de Julio de 2013, de <http://www.ccx.com.co/es/nuestros-negocios/Pages/sector-mineria-colombia.aspx>
- Concejo Municipal de Marmato Caldas. (29 de Enero de 2004). Proyecto de Acuerdo Esquema de Ordema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Marmato Caldas Acuerdo N°005. Marmato , Caldas, Colombia.
- CONESA, F. V. (1996). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- CORPOCALDAS, FUNDACION SANEAR. (2011). *Catacterización, Evaluación y Modelación de la Calidad del Agua. Quebradas Cascabel y Aguas Claras del Municipio de Marmato*. Manizales, Caldas.
- Corporación Autonoma Regional de Caldas CORPOCALDAS - Corporación Aldea Global. (2010). *Plan de Acción Inmediato - PAI para el Municipio de Marmato 2.010*. Manizales (Caldas).
- Corporación Autonoma Regional de Caldas CORPOCALDAS. (1.998). *Agenda para la Gestión Ambiental del Municipio de Marmato*. Manizales, Caldas.
- Del CASTILLO, L. (2009). *LOS FOROS DEL AGUA*. Argentina.

- Di Salvo, A., Romero, N., & Briceño, J. (2009). Estudio de los ecosistemas desde la perspectiva de la complejidad. *Multiciencias*, 242-248.
- DIAZ A., J. (2013). *Tratamiento Biológico como Alternativa para Disminuir el Impacto Ambiental Ocasionado por el Drenaje Ácido, Generado por la Actividad Minera en el Municipio de Marmato-Caldas*. Manizales.
- EL PAÍS. (22 de Marzo de 2010). El agua contaminada causa más muertos que cualquier guerra. *EL PAÍS, El Periódico Global en Español*.
- El Tiempo. (4 de Diciembre de 2012). Oro en Segovia, Antioquia refleja problemática social. *El Tiempo*.
- EL TIEMPO.COM. (20 de Abril de 2010). Marmato (Caldas), en la incertidumbre por la explotación de sus yacimientos de oro a cielo abierto. *EL TIEMPO.COM*.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) y Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANA) . (Abril de 2012). *Planeta Azul - Banco de Occidente*. Recuperado el 19 de Agosto de 2013, de <http://comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/generalidades-sobre-el-agua-en-colombia/>
- GALLEGO E., A. y. (1984). Historia de Marmato. En A. y. Gallego E., *Historia de Marmato* (pág. 105). Bogotá DC: Gráficas Cabrera.
- GARAY S., L. J. (Mayo de 2013). *Minería en Colombia*. Colombia: Imprenta Nacional.
- GARCÍA Leyton, L. A. (2004). *Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales*. España.
- Gobernación de Bolivia, The Nature Conservancy (TNC) y Corporación Andina de Fomento (CAF). (2008). *Taller Regional BOLIVIA • COLOMBIA • ECUADOR • PERÚ • VENEZUELA Conservando los Servicios Ambientales para la Gente y la Naturaleza*. Bolivia: Corporación Andina de Fomento (CAF).
- GOLDCORP. (12 de Mayo de 2012). *ABOVE GROUND ONLINE*. Recuperado el 16 de Jueves de Agosto, de El papel oculto del oro en la tecnología: <http://www.goldcorp.com/Spanish/Blog/Article-Details/2012/El-papel-oculto-del-oro-en-la-tecnologia/default.aspx>

- GONZALES P., L. y. (2013). *Impacto de la Minería de Hecho en Colombia*. Bogotá DC: Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz - INDEPAZ.
- GONZALES, M. (2006). *Metodología de Valoración de la Significancia de los Aspectos e Impactos Ambientales*. Edición Libre.
- Grey, D. y. (2005). *Agua para el Crecimiento y Desarrollo: Un Marco de Trabajo para el Análisis*.
- Hector A., R. D. (2005). *Estudio de Impacto Ambiental. Guía Metodológica*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Ingeniería Civil. Primera Edición .
- HERRERA C., P. M. (2011). *¿CUÁL ES EL COSTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA* . Lima - Perú.
- Hettner, A. (1976). *Viajes por los Andes Colombianos*. Bogotá DC: Talleres Gráficos del Banco de la República.
- HUERTA, P. (27 de Febrero de 2013). *Discovery Noticias*. Recuperado el 25 de Julio de 2013, de <http://noticias.tudiscovery.com/>: <http://noticias.tudiscovery.com/6-usos-desconocidos-del-oro-en-la-industria-y-la-cultura/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (01 de 12 de 2004). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001|. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- LANACION.COM. (5 de 08 de 2011). *lanacion.com*. Recuperado el 4 de Julio de 2013, de <http://www.lanacion.com.ar/1418064-la-población-llega-a-7000-millones>
- LEBEL, J. (2003). *Health: an Ecosystem Approach*. Canadá: Copyright. International Development Research Centre.
- LENNTech. (s.f.). *Water Treatment Solutions*. Recuperado el 26 de Mayo de 2013, de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/au.htm>
- LEYVA, P. (2001). *El Medio Ambiente en Colombia*. IDEAM.
- MARTINEZ, M. (1998). *La Investigación Cualitativa Etnografica en Educación. Manual Práctico - Teórico*. Caracas: Editorial Trillas.
- MINERALCO S.A. (1996). *Plan de Manejo Ambiental Minería de Hecho Marmato Departamento de Caldas*. Santa Fé de Bogotá: Sismica y Ambiente.

- Ministerio de Minas y Energía . (2011). *Los Recursos Minerales de Colombia*. Bogotá DC.
- Ministerio de Minas y Energía - Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). *Guía Minero Ambiental - 2 Explotación*. Bogotá DC.
- Ministerio de Minas y Energía. (2003). *Glosario Técnico Minero*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energía. (2004-2012). *Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO*. Recuperado el 22 de Octubre de 2013, de <http://www.simco.gov.co/>:  
[http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta\\_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=355&FechaInicial=01/01/1931&FechaFinal=31/03/2013](http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=355&FechaInicial=01/01/1931&FechaFinal=31/03/2013)
- Ministerio de Minas y Energía. (2012). *ABC MINERO Documento de apoyo para el proceso de consulta previa del “proyecto de ley por medio del cual se reforma el código de minas y se dictan otras disposiciones”*. Bogotá DC.
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *Procesamiento de Minerales Auríferos*. Bogotá DC.
- Moran, R. (1998). *Cyanide Uncertainties. Observations on the chemistry, toxicity and Analysis of Cyanide in Mining-related waters*. Mineral Policy Center.
- MORAN, R. (1998). *Cyanide Uncertainties. Observations on the chemistry, toxicity and Analysis of Cyanide in Mining-related waters*. Mineral Policy Center.
- MORAN, R. (2002). *De-coding Cyanide, An Assessment of Gaps in Cyanide Regulation at Mines*.
- Naciones Unidas (ONU). (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD)*. Rio de Janeiro.
- Naciones Unidas (ONU). (2003). *Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Agua para todos, agua para la vida*. Paris, Francia: UNESCO.
- Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. Paris, Francia: UNESCO.
- OJEDA, D. y. (1998). *El Medio Ambiente en Colombia* . Ideam.

- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). (1994). *Convenio sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, documento No. ECE/ENHS/NONE/2003/25, GE.03-32363 (S) 281003 101103*. Nueva York y Ginebra.
- PEÑA P., J. D. (2012). Minería y medio ambiente en Colombia. *Matrices Verdes. Revista científica de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Sergio Arboleda* .
- Red Interamericana de Academias de Ciencias IANA. (2012). *Foro Consultivo Científico y Tecnológico FCCyT*. Bogotá DC.
- RONDEROS, M. T. (2012). La fiebre minera se apoderó de Colombia. *Semana*.
- SALVA LA SELVA. (2011). <http://www.salvalaselva.org>. Recuperado el 25 de Julio de 2013, de [http://www.salvalaselva.org/temas/materias\\_primas/oro](http://www.salvalaselva.org/temas/materias_primas/oro)
- SANDOVAL R., M. L. (2012). Habitus Productivo y Minería: Caso Marmato, Caldas. En M. L. SANDOVAL R., *Habitus Productivo y Minería* (págs. 145 - 172). Bogotá: Universitas Humanística.
- SANZ C., J. (1991). *Evaluación y Corrección de los Impactos Ambientales*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- SHEPHERD, G. (2006). *El Enfoque Ecosistémico Cinco Pasos para su Implementación*. Reino Unido: Maxi Gráfica e Editora Ltda, Curitiba, Brazil.
- Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO. (Mayo de 2013). <http://www.simco.gov.co/>. Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de [http://www.simco.gov.co/simco/Portals/0/Otros/metales\\_preciosos\\_primer\\_trim2\\_013.pdf](http://www.simco.gov.co/simco/Portals/0/Otros/metales_preciosos_primer_trim2_013.pdf)
- TORRES M., J. A. (2010). *Informe Final: Evaluación de la Calidad del Agua de las Corrientes Superficiales " Fuentes Receptoras de Vertimientos Líquidos" en el Departamento de Caldas*. Manizales: CORPOCALDAS.
- VELEZ Z., H. (Dirección). (2010). *Los Dueños de Nuestras Minas* [Película].
- Verba-Volant. (13 de 12 de 2012). *Verba-Volant Noticias confirmativas desde Grecia*. Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de <http://verba-volant.info/es/las-consecuencias-que-produce-la-extraccion-de-oro-en-las-aguas-de-calcidica/>

Valencia A. Luz Adriana. Secretaría de Desarrollo Económico, Ambiental y Servicios Públicos. Proceso de Empalme Mandatarios Territoriales 2011-2012.

NDUBISI, Forster. Ecological planning: A historical and comparative synthesis. The John Hopkins University Press. 2002 USA.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. REQUISITOS LEGALES DE ACUERDOS INTERNACIONALES

ITEM	NOMBRE	EXIGENCIA
1.	La Conferencia del Agua de Mar del Plata de 1977 y su Plan de Acción, un instrumento para la gestión del agua	Evaluación de los recursos hídricos, Eficiencia en la utilización del agua, Medio ambiente, salud y lucha contra la contaminación, Política, planeamiento y gestión, Investigación y desarrollo de tecnologías industriales.
2.	Principios de Conducta del PNUMA – 1978	El Consejo Directivo del PNUMA aprobó los ‘Principios de Conducta en el campo del medio ambiente para orientar a los Estados en la conservación y utilización armoniosa de los recursos naturales compartidos por dos o más Estados
3.	Naciones Unidas - 1987	Simposio para mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos, organizado por el Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo de las Naciones Unidas.
4.	Nueva Delhi - 1990	El lema de la Consulta fue ‘Compartir el agua en forma más equitativa’ y para enfatizarlo se aprobó la Declaración de Nueva Delhi sobre ‘Medio ambiente y salud’ y se enunciaron cuatro Principios Rectores, a saber, (1) Agua y salud. La protección del medio ambiente y la salvaguardia de la salud mediante la gestión integrada de los recursos hídricos y de los desechos líquidos y sólidos son esenciales para la sostenibilidad ambiental y una mejor salud humana;
5.	Dublín – 1992	La Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible aprobó los siguientes principios rectores: Principio No. 1: El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente; Principio No. 2: El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones en todas sus categorías; Principio No. 3: La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua; Principio No. 4: El agua tiene un valor económico en todos los diversos usos competitivos a los que se destina y debería reconocerse como un bien económico.
6.	Río - 1992 Agenda XXI	Capítulo 18 detalla las medidas a adoptar para la “Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce“. En este Capítulo se proponen siete áreas temáticas para las cuales los países deberían adoptar programas sobre el agua, a saber: (a) Ordenación y aprovechamiento integrados de los recursos hídricos; (b) Evaluación de los recursos hídricos; (c) Protección de los recursos hídricos, la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos; (d) Abastecimiento de agua potable y saneamiento; (e) El agua y el desarrollo urbano sostenible; (f) El agua para la producción sostenible de alimentos y el desarrollo rural sostenibles; (g) Repercusiones del cambio climático en los recursos hídricos.
7.	Copenhague - 1995	La Conferencia focalizó sus deliberaciones en los temas de pobreza, en los que se incluyó la planificación familiar, e insistió en la necesidad de aumentar sustancialmente el abastecimiento de agua y saneamiento.

8.	Sesión Especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas – 1997	En este documento los jefes de Estado y demás representantes de los Países Miembros reconocieron que luego de cinco años de la Conferencia de Río (UNCED) el estado mundial del ambiente había continuado deteriorándose y con respecto al agua destacó la necesidad de tomar acciones de manera urgente. Se consideró que debía otorgarse especial prioridad a la formulación y aplicación de políticas y programas para el manejo integrado de las cuencas fluviales, con la finalidad de alcanzar el desarrollo sostenible y la protección adecuada del agua.
9.	Harare, Nueva York, París – 1998	Las recomendaciones de la Reunión de Expertos abarcaron: (a) La sostenibilidad, teniendo en cuenta un enfoque integrado de la ordenación de los recursos hídricos; (b) La necesidad de que los países establezcan una política hidrológica nacional; (c) El aumento de la capacidad humana e institucional y empresarial, fomentando el uso de las tecnologías y conocimientos propios de cada región; (d) La necesidad de organizar la reunión y difusión de datos sobre los recursos de agua dulce y los indicadores de progreso; (e) La preservación de los ecosistemas, el cuidado de la calidad del agua y el adecuado saneamiento ambiental; (f) La asignación de recursos financieros; (g) La adopción de los marcos legislativos adecuados, creando y adaptando las instituciones para lograr la eficiente ordenación de los recursos de agua dulce; (h) Contar con el apoyo de la cooperación internacional y establecer la cooperación para los cursos de agua internacionales.
10.	Comisión de Desarrollo Sostenible (CSD) Sexto Período de sesiones - 1998	La Decisión hace recomendaciones generales a los gobiernos para poner en práctica ‘estrategias para el aprovechamiento, ordenación, protección y uso integrados de los recursos hídricos’
11.	Naciones Unidas - 2000. Objetivos de Desarrollo del Milenio	Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente (Objetivo 7) que, en su parte pertinente, expuso con respecto al agua dulce el objetivo de reducir a la mitad, para el año 2015, la proporción de personas que no tenían acceso o no podían afrontar el costo del agua potable y el saneamiento básicos. Los Países Miembros de las Naciones Unidas se comprometían, en consecuencia, a detener la explotación no sostenible de los recursos hídricos mediante el desarrollo de estrategias de gestión del agua en instancias locales, nacionales y regionales que a la vez promuevan el acceso equitativo sostenible al agua potable y al saneamiento básico. Estos objetivos fueron desarrollados por conferencias posteriores y su puesta en práctica se mantiene en la agenda de la Asamblea General.
12.	Bonn – 2001	La Conferencia fue convocada para colaborar en la solución de los problemas que afectan en todo el mundo al agua y su utilización, y para convertirse en un foro preparatorio de los temas hídricos para la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible que se celebraría en Johannesburgo en 2002. La Conferencia, que puso énfasis especialmente en la protección de la calidad del agua. La Conferencia hizo hincapié en los temas de calidad del agua y se señaló que el agua es esencial para la paz, para el desarrollo sostenible y para la lucha contra la pobreza.
13.	Johannesburgo - 2002. Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible	Los temas referidos al agua están incluidos en el Capítulo IV, que se refiere a la protección y el manejo de los recursos naturales, base del desarrollo social y económico. El Plan contiene asimismo el Programa de Acción para alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio con respecto al aumento sustancial del acceso al agua potable segura (para. 25). Además, invoca la necesidad de prevenir la contaminación, de elaborar planes y programas de eficiencia en el uso del agua y que desarrollen el enfoque de manejo integrado de los recursos hídricos, entre otros temas sustantivos que ya se habían encarado en los documentos de la Conferencia de Río sobre Ambiente y Desarrollo.

## ANEXO N° 2. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES

ITEM	NORMA	ENTE REGULADOR	EXIGENCIA	COMPONENTE
1	Decreto 2667 de 2012	Presidencia de la República	Por la cual se reglamentan la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones	Agua Vertimientos
2	Decreto 2820 de 2010	Minambiente	Por el cual se reglamenta el título octavo de la ley 99 de 1993, sobre licenciamiento ambiental.	
3	Decreto 3930 de 2010	Presidencia de la República	Usos del recurso hídrico y vertimientos. Incluye las modificaciones a esta norma dispuesta por el Decreto 4728 de 2010	Agua Vertimientos
4	Decreto 1220 de 2005	Minambiente	Por el cual se reglamenta la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales en su naturaleza, características y modalidades, procedimiento y términos para su expedición.	Recursos Naturales
5	Decreto 2191 de 2003		Glosario técnico minero	
6	2002		Guía Minero- Ambiental Ministerio de Minas y Energía- Ministerio del Medio Ambiente.	Recursos Naturales
7	Decreto 1729 de 2002	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la parte XIII, título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones	Agua
8	Decreto 1713 de 2002	Presidencia de la República	Por la cual se reglamenta, entre otras, la ley 99 de 1993, en relación con la gestión de residuos sólidos	Residuos sólidos
9	Decreto 48 de 2001	Presidencia de la República	Planificación Ambiental Regional	Recursos Naturales
10	Decreto 321 de 1999	Ministerio del Interior	Por el cual se adopta el plan nacional de contingencias contra derrame e hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas	Recursos Naturales
11	Ley 430 de 1998	Congreso de la República	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	Residuos peligrosos
12	Decreto 901 de 1997	Presidencia de la República	Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua	Agua
13	LEY 373 DE 1997.	Congreso de la República	Programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Agua
14	Ley 388 de 1997	Congreso de la República	Artículo 33. Ordenamiento territorial. Reglamenta los usos del suelo.	Suelo
15	Ley 299 de 1996	Congreso de la República	Por la cual se protege la flora colombiana	Flora
16	Decreto 948 de 1995	Presidencia de la República	Normas para la protección y control de calidad de aire	Aire
17	CONPES 1750 DE 1995	Conpes	Políticas de Manejo de Aguas	Agua
18	Ley 99 de 1993	Congreso de la República	Fundamentos de la Política Ambiental Colombiana	Biodiversidad, recursos hídricos, paisaje. Medio ambiente

19	Constitución Política de Colombia 1991	Congreso de la República		Ambiente, Recursos naturales
20	Ley 84 de 1989	Congreso de la República	Adopta el estatuto nacional de protección de animales.	Fauna
21	Decreto 79 de 1986	Congreso de la República	Conservación y protección del recurso agua	Agua
22	Ley 29 de 1986	Congreso de la República	Regula áreas de reserva forestal protectora	Flora
23	Decreto 1594 de 1984	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III I libro II y el título III de la parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a los usos del agua y residuos líquidos	Usuario de Interés Sanitario
24	Resolución 8321 de 1983	Ministerio de salud	Por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.	Aire
25	Ley 9 de 1979	Congreso de la República	Por la cual se dictan medidas sanitarias	Agua, Residuos líquidos, Sustancias peligrosas.
26	Decreto 1681 de 1978.	Presidencia de la República	Sobre recursos hidrobiológicos	Agua
27	Decreto 1541 de 1978	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto 2811 de 1974 "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.	Agua
28	Decreto 1449 de 1977	Presidencia de la República	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.	Aguas, Flora, Fauna.
29	Decreto-Ley 2811 de 1974	Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente.	Recursos Naturales, aguas, suelo, subsuelo, paisaje, aire, flora.
30	Ley 2 de 1959	Congreso de la República	Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales	Flora, Suelo y Agua naturales

OTRAS NORMAS				
ITEM	NORMA	ENTE REGULADOR	EXIGENCIA	COMPONENTE
32	GTC-45	ICONTEC	Guía para el diagnóstico de condiciones de trabajo o panorama de factores de riesgo, su identificación y orientación	Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
33	NTC ISO 14001	ICONTEC	Sistema de Administración Ambiental	Sistemas de Gestión Ambiental
34	ISO 14041-14044	ICONTEC	Análisis de los ciclos de vida	Sistemas de Gestión Ambiental
35	GTC-24/GTC-35	ICONTEC	Residuos sólidos guía de separación	Suelo
36	Ley 472 de 1998	Congreso de la República	Acciones populares y de grupo	Social
37	Decreto 1818 de 1998	Ministerio de Justicia y el Derecho. Presidencia de la república.	Estatutos de mecanismos alternativos de solución de conflictos	Social
38	Ley 46 de 1988	Congreso de la República	Sistema nacional de prevención y atención de emergencias	Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
39	Decreto 1335 de 1987	Presidencia de la República	Seguridad en Minería subterránea. Reglamento de seguridad en las labores de minería subterránea	Salud Ocupacional y Seguridad Industrial

40	Decreto 3938 de 1982		Conforma comités de emergencia en el ámbito nacional	Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
41	Resolución 2400 de 1979	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Ministerio de trabajo. Por el cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en el trabajo	Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
42	Decreto 3048 de 1997	Presidencia de la República	Consejo de Monumentos Nacionales	Cultural
43	Ley 397 de 1997	Congreso de la República	Ley General de Cultura. Área de protección arqueológica en la licencia ambiental.	Cultural
44	Paris 1972		Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.	Cultural
45		Consejo Municipal de Marmato	Proyecto de acuerdo Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Marmato	Municipal para Marmato

### ANEXO N° 3. MATRIZ DE ACTORES CLAVE

AMBITO	ACTORES CLAVE
Municipal	Comité Cívico Pro-Defensa de Marmato (Asociación de Mineros Unidos de Marmato, Resguardo Indígena de Cartama de Marmato, Red Colombiana Frente a Gran Minería Transnacional RECLAME)
	Cooperativas y asociaciones mineras (Asociación de Mineros Unidos de Marmato, Asociación de Pequeños Mineros, Asociación de Mineros Tradicionales de Marmato)
	Arrieros
	Barequeros
	Comerciantes de Oro (Compra y Venta de oro)
	Líderes comunitarios
	Líder de la Casa de la Cultura
	Institución Religiosa
	Defensoría del Pueblo
	Institución Educativa
	Alcaldía de Marmato
Departamental	Gobernación de Caldas
	Comisión minera
	Universidad de Manizales - CIMAD
	Universidad Tecnológica de Pereira
	Corpocaldas
	Concejo Regional Indígena de Caldas (CRIDEC)
Nacional	Ingeominas
	Ministerio de Minas y Energía
	Universidad Nacional de Colombia
	Instituto de Estudios Ambientales IDEA
	Confederación Nacional Minera de Colombia
	Agencia Nacional Minera
	DANE
	ESMAD
	Visitantes
	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Internacional	Multinacional Gran Colombia Gold Corp.

	Multinacional Medoro Resource
	Multinacional Colombian Goldfilds
	Corporación Aldea Global (ONG)

**ANEXO N° 4. MATRIZ DE ACTORES CLAVE Y SU INCIDENCIA SEGÚN EL CONTEXTO**

AMBITO	ACTORES CLAVE	ACTORES QUE PUEDEN CONCURRIR EN UNA PROBLEMÁTICA POR CONTEXTO				
		AMBIENTAL	ECONÓMICO	POLÍTICO	SOCIO-CULTURAL	INTERNACIONAL
Municipal	Comité Cívico Pro-Defensa de Marmato (Asociación de Mineros Unidos de Marmato, Resguardo Indígena de Cartama de Marmato, Red Colombiana Frente a Gran Minería Transnacional RECLAME)	X	X	X	X	
	Cooperativas y asociaciones mineras (Asociación de Mineros Unidos de Marmato, Asociación de Pequeños Mineros, Asociación de Mineros Tradicionales de Marmato)	X	X	X	X	
	Arrieros	X	X		X	
	Barequeros	X	X		X	
	Comerciantes de Oro (Compra y Venta de oro)	X	X		X	
	Líderes comunitarios	X			X	
	Líder de la Casa de la Cultura	X			X	
	Institución Religiosa	X			X	
	Defensoría del Pueblo	X		X	X	
	Institución Educativa	X		X	X	
	Alcaldía de Marmato	X	X	X	X	X
Concejo Municipal de Marmato	X	X	X	X		
Departamental	Gobernación de Caldas	X	X	X	X	X
	Comisión minera	X	X	X	X	X
	Universidad de Manizales - CIMAD	X		X	X	X
	Universidad Tecnológica de Pereira	X		X	X	X
	Corpocaldas	X		X	X	X
	Concejo Regional Indígena de Caldas (CRIDEC)	X	X	X	X	X
Nacional	Ingeominas	X	X	X	X	X
	Ministerio de Minas y Energía	X	X	X	X	X
	Universidad Nacional de Colombia	X		X	X	X

	Instituto de Estudios Ambientales IDEA	X		X	X	X
	Confederación Nacional Minera de Colombia	X	X	X	X	X
	Agencia Nacional Minera	X	X	X	X	X
	DANE				X	
	ESMAD				X	
	Visitantes	X			X	
	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	X	X	X	X	X
Internacional	Multinacional Gran Colombia Gold Corp.	X	X	X	X	X
	Multinacional Medoro Resource	X	X	X	X	X
	Multinacional Colombian Goldfilds	X	X	X	X	X
	Corporación Aldea Global (ONG)	X	X	X	X	X

## ANEXO N° 5. CARACTERIZACIÓN QUEBRADA MARMATO

Parámetro	Unidad	Límites admisibles	Q. Cascabel aguas arriba	Q. Marmato aguas abajo
Aceites y grasas	mg/L	No detectable		
Calcio	mg/L		31.70	325
Cloruros	mg/L-Cl	250	3.01	6.53
Olor	u. Pt-Co		5	20
Conductividad	µmho/cm25C	20-500		
DBO	mg/L		<1	7
DQO	mg/L		6	2927
Dureza total	mg/L	50	83.567	874
Fenoles	mg/L	0.002	<0.002	<0.002
Fosforo	mg/L			
Magnesio	mg/L		1.05	<2.0
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L		0.23	14.65
Nitritos	mg N/L		0.014	2.98
Nitratos	mg N/L	10	0.091	0.041
pH	Unid	4.5 – 9.0		0.904
Sólidos totales	mg/L		425	17480
Sólidos disueltos	mg/L	500	421	646
Sólidos suspendidos	mg/L		4	16834
Sólidos sedimentables	mg/L		<0.1	74
Sulfatos	mg/L – SO4	400	26.44	560
Turbidez	UJT	10	1.05	1550

Fuente: (MINERALCO S.A., 1996)

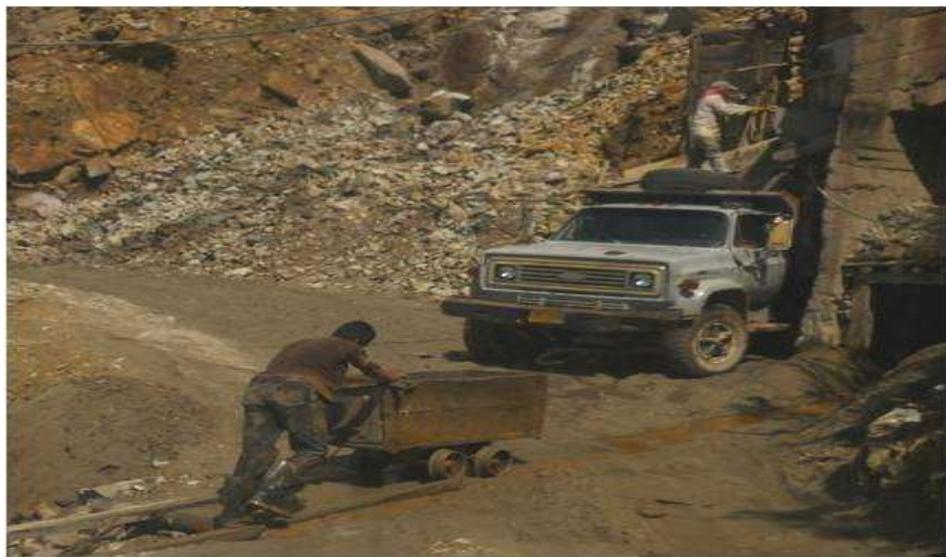
## **ANEXO N° 6. Registro fotográfico**

### **Métodos de extracción aurífera utilizados en Marmato – Caldas**

Los métodos de extracción aurífera realizados en Marmato siguen siendo tan rudimentarios como desde sus inicios, trabajos manuales y empíricos.



**El transporte del material** a los molinos se hace en carretas empujadas por hombres sobre rieles, en cables, a lomo de mula o en volquetas, dependiendo de la distancia de la boca mina al molino y también de las vías de acceso



Fuente: Archivo de Bernardo Álvarez, Director de la Casa de la Cultura, Marmato

**Plantas de beneficio** ubicadas sobre las orillas de la quebrada Cascabel



**Separación Mecánica,** tolvas y mesa Wilfley



**Separación Química, tanques de cianuración.**



**Barequeo**, sistema utilizado en las quebradas, en su mayoría por comunidades afrodescendientes.



Fuente: Archivo de Bernardo Álvarez, Director de la Casa de la Cultura, Marmato

**ANEXO N° 7. MATRIZ DE IMPACTOS ECOSISTEMICOS**

**ANEXO N° 8. CARTILLA METODOLOGICA**