



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sostenibilidad de la Extracción Minera del Oro Implementando Controles

Estatales

Juan Pablo López Bonilla

Rafael Eduardo Moreno Figueroa

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Bogotá, Colombia

Noviembre 2018

Sostenibilidad de la Extracción Minera del Oro Implementando Controles

Estatales

Juan Pablo López Bonilla

Rafael Eduardo Moreno Figueroa

Trabajo de Grado para optar al título de:

Economista

Director:

Johan Manuel Redondo, PhD.

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Bogotá, Colombia

Noviembre 2018

Contenido	
CAPÍTULO I	9
1.1 Introducción	10
1.1 METODOLOGÍA	11
1.2 Planteamiento del problema	12
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos	13
1.4.1 Objetivo General.....	13
1.4.2 Objetivos específicos	13
1.5 MARCO TEÓRICO	14
1.6 MARCO NORMATIVO.....	22
1.7 ESTADO DEL ARTE.....	26
CAPÍTULO II.....	28
2.1 Elementos socioeconómicos y ambientales del sector minero, junto con las estrategias de extracción del oro	29
2.2 Desarrollo de los aspectos.....	29
2.2.1 Efectos ambientales	29
2.2.2 Efectos económicos	30
2.2.3 Efectos sociales.....	30
CAPÍTULO III.....	30
3.1 DESARROLLO DEL MODELO	30
3.1.2 Dinámica de sistemas	30
3.1.3 Diagramas causales – Hipótesis dinámica.....	30
CAPÍTULO IV.....	40
Estrategias implementadas por el control estatal sobre el sistema socioeconómico y ambiental del sector minero	40
5.1 Estrategia para el impacto ambiental de la extracción del oro en Colombia.....	40
5.2 Estrategia para el impacto social de la extracción del oro en Colombia	42
CAPÍTULO V.....	44
Conclusiones generales	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 GRAMOS DE ORO PRODUCIDOS POR DEPARTAMENTO 2012-2018.....	14
TABLA 2: EL PROCESO ES PRESENTADO POR LA ARTISANAL GOLD COUNCIL (AGC). EN EL DOCUMENTO “DETERMINACIÓN DEL USO DE MERCURIO EN EL SECTOR DE LA MINERÍA DE ORO ARTESANAL Y EN PEQUEÑA ESCALA (MAPE)” EXPLICAN EL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN CON SUS CONSECUENCIAS.	19
TABLA 3 EFECTOS DE LA EXTRACCIÓN DEL ORO	21
TABLA 4 ASPECTOS LEGALES EN LA EXTRACCIÓN DE ORO EN COLOMBIA.....	22
TABLA 5 ASPECTOS TRIBUTARIOS EN LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA RELACIONADAS CON LA EXTRACCIÓN DEL ORO	24
TABLA 6 ASPECTOS AMBIENTALES EN LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA RELACIONADOS CON LA EXTRACCIÓN DE ORO.....	25
TABLA 7 TIPOS DE MINERÍA EN COLOMBIA	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 REGALIAS RECIBIDAS EN COLOMBIA POR ORO . SERIE 2012-2018.....	15
GRÁFICO 2 PRODUCCION DE ORO EN COLOMBIA – GRAMOS POR DEPARTAMENTO, SERIE 2012 – 2018*	15
GRÁFICO 3 CONCENTRACIÓN DE SEDIMENTOS AU/KG DE ORO EN COLOMBIA.....	16
GRÁFICO 4 MODELO SISTÉMICO DE LA EXTRACCIÓN DE ORO EN COLOMBIA.....	31

Juan López

Doy gracias a Dios por haberme permitido completar mis estudios.

*Este logro se lo dedico a mi familia quienes me apoyaron y me motivaron a salir adelante. A
Lein y a Diego por estar presentes y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.*

Rafael E. Moreno

Doy gracias a Dios por permitir durante estos años estudiar esta carrera.

*Este logro está dedicado a mis padres y a mi hermano Camilo por apoyarme durante estos años,
a mis profesores por el conocimiento adquirido y a la vida en si misma por las oportunidades
que me ha brindado y que he aprovechado para seguir adelante.*

RESUMEN

El oro es un elemento que, a nivel mundial tiene amplios usos, ya sea en el mercado de valores como en campos de joyería y la electrónica. A lo largo de los años ha existido un debate sobre los procedimientos de explotación y extracción de oro que hay en el mundo, siendo Colombia parte de los países que realizan esta práctica. La explotación de oro viene determinada por medio de la minería a pequeña escala, siendo algunos puntos especiales del país centros de alta concentración para la extracción de oro. El Estado colombiano permite la extracción por mecanismos legales, considerando que han presentado un aumento acelerado en la explotación minera del oro. Para el año 2016, de 8.866 títulos mineros vigentes, 1.961 correspondían a la explotación del oro (Ministerio de Minas y Energía, 2016), y que, a su vez, la participación del oro junto con otros metales tuvo para el 2016 una participación de 0.37% del PIB, correspondientes a 2 billones en la economía nacional. Sin embargo, muchas veces no se ha realizado un análisis más cuidadoso sobre los efectos ambientales y sociales que se puede tener esta práctica.

En este documento se realiza un análisis sobre la extracción de oro, por el cual, dará una explicación de los efectos que puede tener a nivel social, dada por las comunidades involucradas y por parte del medio ambiente por medio de los recursos naturales. La explotación y extracción de oro puede tener altos beneficios económicos, pero, dado al cumplimiento del Desarrollo Sostenible que ha propuesto Colombia para el año 2030, es importante observar a que punto puede intervenir el Estado para que la extracción sea un mecanismo amigable para el medio ambiente, amigable para la sociedad y útil para el sector económico. A lo largo de este escrito, podemos percatar como, a lo largo de los años, la extracción de oro puede generar problemas sociales y ambientales, por tanto, será necesario evaluar las alternativas que puede tener el Estado para mejorar estas prácticas de manera que no afecte la productividad. Para realizar el análisis de esta situación, se realizó un criterio de búsqueda tomando los aspectos ambientales, sociales y económicos y considerando posibles alternativas para alcanzar las metas del Desarrollo Sostenible para el año 2030.

ABSTRACT

Gold is an element that, around the world has broad applications, whether in the stock market or in jewelry and electronics fields. Over the years there has been a debate on procedures of exploitation and extraction of gold that is in the world, being Colombia part of the countries that carry out this practice. The exploitation of gold is determined by mining small scale, being some special points of the country centres of high concentration for the extraction of gold. The Colombian State allows extraction by legal mechanisms, considering that they have presented an increase accelerated in the mining of gold. By 2016, 8.866 existing mining titles, 1961 corresponded to the exploitation of the gold (Ministry of mines and energy, 2016), and which, in turn, had the participation of gold with other metals for 2016 a stake of 0.37% of GDP, corresponding to 2 billion in the national economy. However, often not done a more careful analysis about the environmental and social impacts that this practice can be.

This document is an analysis of the extraction of gold, which, will give an explanation of the effects that can have socially, given by the communities involved and by the environment through natural resources. Exploitation and extraction of gold may have high economic profits, but, due to the implementation of Sustainable Development proposed by Colombia for the year 2030, it is important to note that point can intervene the State so that the extraction is a means friendly to the environment, society-friendly and useful for the economic sector. Throughout this paper, we can realize as, throughout the years, gold extraction can generate social and environmental problems, therefore, it will be necessary to evaluate alternatives that may be the State to improve these practices so that it does not affect the productivity. For the analysis of this situation, was a search criterion taking environmental, social and economic aspects and considering possible alternatives for achieving the goals of Sustainable Development by the year 2030.

Palabras Claves: Sostenibilidad, oro, explotación minera, ecosistemas, modelo causal

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El oro ha generado un alto nivel de interés para el mundo entero por los usos que tiene (Valdivia & Ugaya, 2011); sin embargo, atrae problemas ambientales y socioeconómicos (Fuisz-Kehrbach, 2015). A lo largo del tiempo, la explotación de este mineral ha generado un deterioro de los recursos ambientales y a lo largo de los años no había permitido visualizar una percepción eficiente del costo – beneficio que se obtiene al adquirir este recurso (Bridge, 2004a). Varios autores a lo largo del tiempo han dado recomendaciones de políticas sostenibles para poder realizar una adecuada evaluación de los procedimientos para su extracción (Segura-Salazar & Tavares, 2018). Sin embargo, son poco conocidos los procedimientos eficientes que no tengan efectos negativos sobre el ecosistema donde se realice esta práctica, ya que, países como Colombia han presentado diferentes alternativas para reducir el uso mercurio ya que es un agente muy utilizado en la extracción del oro como la prohibición del uso de este por medio de la ley 1658 de 2013.

El ejercicio se ha planteado en 3 partes, las cuales, vienen de la siguiente manera: Una primera parte del contenido corresponderá a un análisis de la literatura en temas económicos y sociales de la extracción de oro. Después de realizar la revisión literaria, se procede en la segunda parte del ejercicio que corresponderá al planteamiento de un modelo dinámico que explique la participación que tiene los agentes involucrados en la minería. Finalizando, se plantea una tercera parte del texto, donde se plantearán mecanismos que permitan el desarrollo del modelo sistémico mejorando el estado de todos sus actores al mismo tiempo sugiriendo mecanismos para llegar a un desarrollo sostenible para estar práctica.

1.1 METODOLOGÍA

El texto realizado ha tenido varias fases, inicialmente con la búsqueda de las fuentes bibliográficas. Se consideró realizar una búsqueda mediante la plataforma de Clarivate Analytics – Web Of Sciences (WoS) donde maneja una amplia base de datos a nivel internacional. Se realizó una selección de palabras clave para generar las siguientes ecuaciones de búsqueda:

TEMA: (Gold) Y TEMA: (Sustainability) – 348 resultados

TEMA: (mining), TEMA: (Gold) Y TEMA: (Colombia) – 100 resultados

Cuando se realiza la búsqueda por las palabras principales seleccionadas, se realiza un filtro de selección por medio del Tree Of Science. El objetivo de este ejercicio es generar una selección de artículos que hayan generado alto impacto en la comunidad científica, lo cual es calculado desde el Tree of Science con el índice h del paper. En el momento que se realiza la selección de los artículos más importantes para realizar la investigación, donde se verifica las fuentes de manera que se van descartando a medida que un artículo no tenga similitud con la investigación. En el momento que se realiza esta revisión, se evalúa algunos artículos alternativos que puedan reforzar el trabajo hecho.

La búsqueda de fuentes ha sido un punto importante de este ejercicio debido a que se tiene en cuenta revistas de investigación para el desarrollo sostenible a nivel global. La importancia que tiene este trabajo para el caso colombiano es con el fin de identificar los problemas que conlleva y proponer mecanismos que puede realizar el sector público hacia este recurso. La importancia de conservar recursos es una preocupación importante que todos los países han visto a lo largo del tiempo, siendo Colombia uno de esos países preocupados en este problema ambiental que puede generar la explotación general de recursos mineros y en si de un metal precioso como lo es el oro.

Para poder entender el problema que ha tenido la extracción de oro, se realizó una evaluación bibliográfica sobre los efectos negativos que se puede observar por medio de 3 puntos: el punto social, el punto económico y el punto ambiental, seguido se identificó las relaciones entre cada aspecto para así plantear un modelo sistémico, finalmente se plantea una hipótesis dinámica con el objetivo de llegar a los resultados esperados y sus respectivas conclusiones.

1.2 Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo el hombre ha desarrollado diferentes estrategias para llevar a cabo la extracción y utilización del oro, para ello, emplea prácticas básicas que han permanecido sin menores modificaciones en los últimos años (Whitmore A, 2006). Considerando el proceso de extracción y un aumento de la demanda por este metal, se han generado un aumento en proporciones similares del uso de recursos naturales como el agua (Mudd GM, 2008). Como resultado, la explotación minera ha sido perjudicial para el medio ambiente y, más aún, cuando se es realizada en países en vías de desarrollo (Kumah A, 2006). Para el año 2016 el Departamento Nacional de Planeación (DNP) colocaba a Colombia como el 2° país con mayor uso de mercurio solo por detrás de China, ya que el 86% de la minería de oro en el país provenía de la minería ilegal. Por esta razón, se hace importante observar la intervención que tiene las entidades del Estado, las comunidades sociales y los agentes ambientales en el proceso de extracción hacia un modelo de explotación sostenible.

En este sentido, se ha planteado como pregunta de investigación de este trabajo:

¿Cuál es la sostenibilidad de la explotación minera del oro implementando controles estatales?

El documento se busca desarrollar un modelo general aplicado para Colombia que contiene como variables, el crecimiento económico, el desarrollo social y a su vez tiene en cuenta el cuidado del medio ambiente con la finalidad de que se lleve a cabo un desarrollo sostenible. Se tendrán en cuenta los diferentes controles estatales y recomendaciones de diferentes autores con el fin de determinar si Colombia realiza prácticas eficientes en la extracción de oro.

Este documento presenta un modelo dinámico que tendrá en cuenta variables económicas, sociales y ambientales aplicables a Colombia, por lo tanto, el modelo deberá presentar modificaciones para ser aplicable en otros países, a su vez el modelo será una representación sistemática de la extracción de oro por lo tanto deberá ser modificado en caso de analizar otros materiales tales como plata, cobre, aluminio etc.

1.3 Justificación

En la actualidad el oro es utilizado para la creación de una gran variedad de productos, desde joyería hasta circuitos electrónicos. En Colombia, para el 2017 el valor de las exportaciones mineras fue de 9.827,83 millones de dólares de las cuales la exportación de oro represento el 18.11% con un valor de 1.780,24¹, por esta razón, se justifica el incremento en la extracción de este metal. Sin embargo, parte del problema surge en los efectos que pueda tener a lo largo del tiempo en las zonas donde se realice este tipo de trabajos. En países de África, como en algunos países suramericanos, el oro se separa de la tierra mediante tecnologías perjudiciales para el ecosistema de una región estratégica de explotación (Kumah A, 2006), generando una relación inversa entre extracción minera y la conservación de recursos naturales (Mudd GM, 2008). Por otro lado, países como Australia y Ghana han implementado estrategias que buscan mitigar el impacto socioeconómico en la explotación minera de este mineral (Dizdaroglu & Yigitcanlar, 2016; Yakovleva & Vazquez-Brust, 2018), lo que permite evidenciar que, a nivel internacional existe interés por desarrollar una minería que reduzca la contaminación y a su vez, fomente el desarrollo sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Establecer la sostenibilidad de la extracción minera del oro implementando controles estatales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los elementos socioeconómicos y ambientales del sector minero, junto con las estrategias de extracción del oro.
- Representar el sistema socioeconómico y ambiental del sector minero.

¹ Ministerio de Minas, ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL PIB MINERO CUARTO TRIMESTRE DE 2017, https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23966843/231118_comportamiento_pib_iv_trim_2017.pdf/3618af12-9acd-417e-ae86-3d0fb2431e63

- Implementar y evaluar estrategias de control estatal sobre el sistema socioeconómico y ambiental del sector minero.

1.5 MARCO TEÓRICO

A nivel mundial la minería de oro a ocasionado efectos negativos en el entorno social, económico y ambiental (Dizdaroglu & Yigitcanlar, 2014; Prior, Daly, Mason, & Giurco, 2013), esto se debe generalmente al uso de prácticas tradicionales por las compañías mineras aumentando el usos de recursos naturales para la extracción de dicho mineral (Mudd, 2008; Whitmore, 2006), a su vez este fenómeno se presenta principalmente en países en vías de desarrollo debido a que estos países centran esfuerzos en zonas de abundantes recursos minerales (Kumah, 2006). Para Colombia, vista desde la TABLA 1, los departamentos donde más se realiza la explotación y extracción de oro, siendo esta actividad ya concentrada en algunos puntos identificados a lo largo de los años, sienta la zona occidental del país donde existe una mayor actividad de extracción.

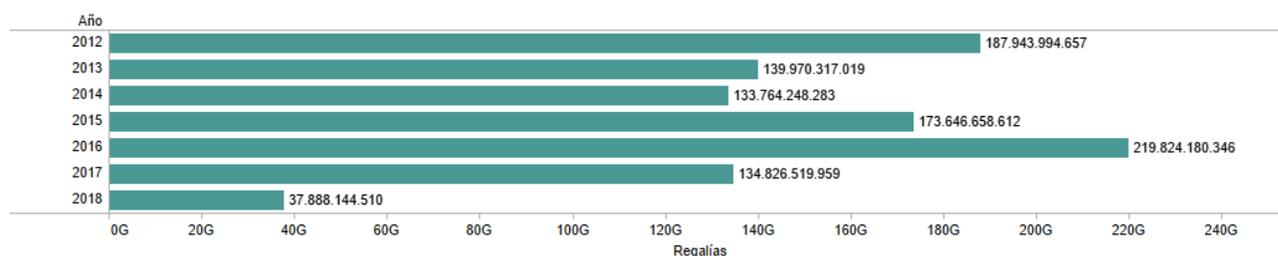
*TABLA 1: Gramos de oro producidos por departamento 2012-2018**

Departamento	Año						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
AMAZONAS				396	513		
ANTIOQUIA	27.451.794	26.458.826	28.091.939	23.602.809	25.558.634	19.739.988	8.193.086
ATLÁNTICO	9.195						
BOLÍVAR	4.124.702	2.239.009	2.749.087	3.716.139	4.104.137	4.253.100	1.327.392
CALDAS	1.773.329	1.786.199	2.301.570	1.973.837	2.600.897	2.419.943	736.388
CAQUETÁ		2.496		4.128	2.257	34	
CAUCA	3.166.943	4.435.794	4.314.917	5.372.151	3.743.435	2.443.388	231.620
CHOCÓ	24.462.158	15.307.515	11.941.565	14.757.715	14.833.214	9.011.423	1.177.269
CÓRDOBA	759.929	520.388	496.864	455.072	488.927	682.927	363.963
GUAINÍA	148.698	165.985	1.118.943	692.416	441.476		
GUAVIARE				207			
HUILA	292.041	256.458	107.396	64.758	95.240	174.337	151.178
LA GUAJIRA							17.256
MAGDALENA	290	800					
NARIÑO	2.827.866	3.586.910	5.227.685	7.562.176	9.295.020	2.668.277	282.943
PUTUMAYO	43.878	9.538	20.864	33.727	68.894	36.943	
QUINDÍO	44.698	30.866	31.149	83.416	206		
RISARALDA	163.420	184.282	255.552	229.909	294.443	205.044	83.048
SANTANDER	28.913	48.861	271.641	87.537	82.856	77.587	20.658
TOLIMA	281.529	276.146	247.849	249.296	483.605	801.160	183.655
VALLE DEL CAUCA	642.695	658.580	718.475	690.070	413.650	25.892	45.788
VAUPÉS	109						

Debemos entender que, el oro, al ser tan cotizado por la cantidad de usos que tiene, capta una cantidad de regalías que entran al país, por lo que beneficia si el precio de este recurso

aumenta. Desde el gráfico 1, podemos ver el comportamiento de las regalías que han entrado a Colombia en los últimos años.

*Gráfico 1: Regalías recibidas en Colombia por oro. Serie 2012-2018**



Existe una alta perspectiva desde la actividad minera en Colombia ya que gran parte de su actividad esta fundamentada en procesos netamente extractivitas. Sin embargo, la falta de cobertura en las condiciones sociales para mejorar el acceso a recursos del Estado puede hacer que las comunidades pierdan interés en mejorar sectores productivos que se encuentren a su alcance. Si bien, la entrada de regalías ha sido una contribución muy fuerte para la economía colombiana no es un mecanismo pertinente que fomente protección sobre los recursos ambientales donde se realice esta practica. A lo largo del documento podremos ver como la extracción de oro pasa por varios procesos que pueden dejar una huella muy fuerte en el campo social y en el campo ambiental.

Vista desde los departamentos, en el GRÁFICO 2 podemos observar que los departamentos de Antioquia y Chocó realizan con mayor intensidad la explotación y extracción de oro. Sin embargo, a lo largo de los años se ha visto efectos que tiene la minería de oro en Colombia, pues muchas veces, por falta de controles pueden generar problemas sociales y ambientales².

² Tabla 1, Gráfico 1 y 2; Fuente: Serie UPME. La serie fue obtenida por medio de la plataforma Tableau. Tabla 1; Fuente: Serie UPME. La serie fue obtenida por medio de la plataforma Tableau. *Los datos de 2018 son preliminares. Fuente de los datos <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/Informacion-estadistica-minera.aspx>

Gráfico 2: Producción de oro en Colombia – Gramos por departamento, Serie 2012 – 2018*

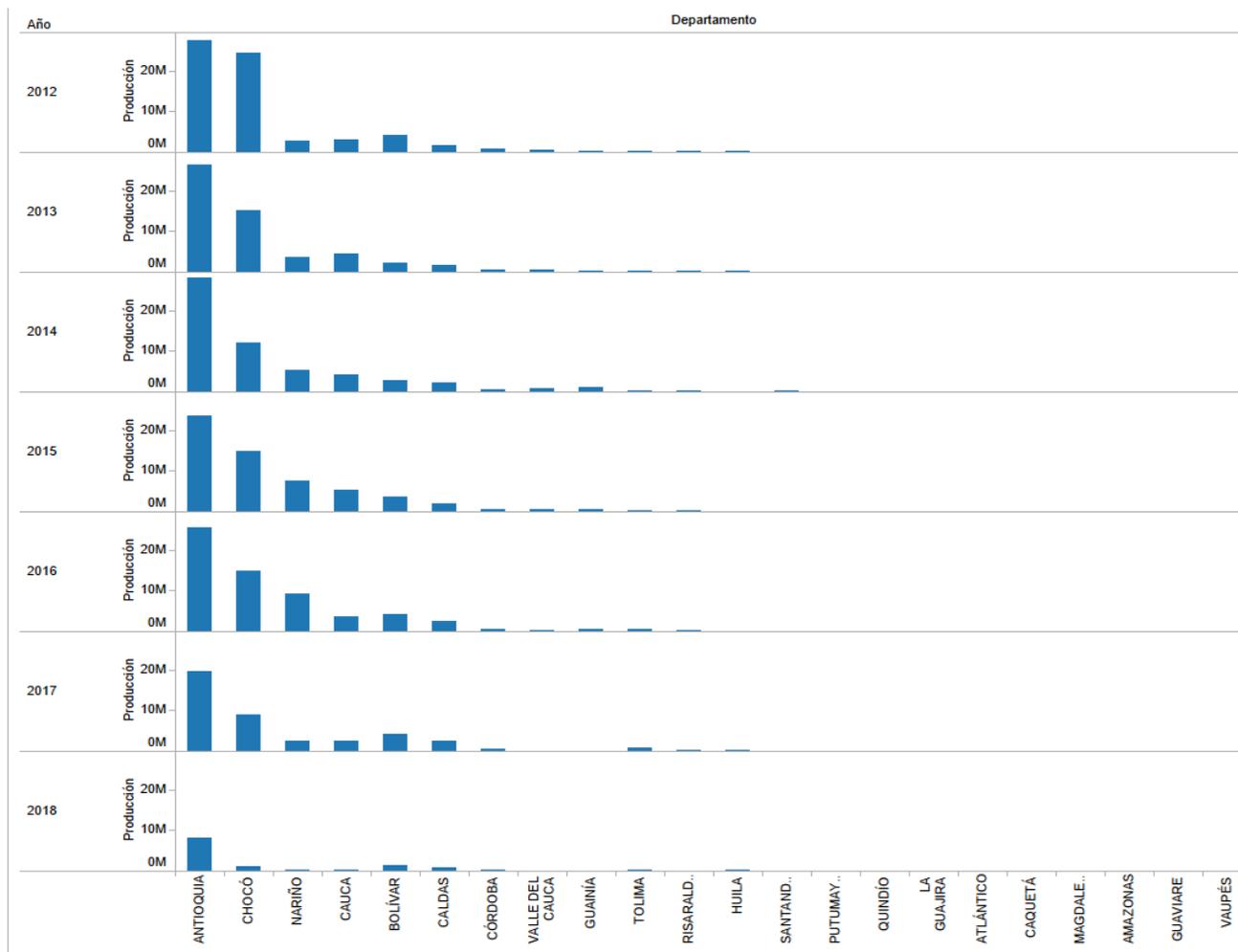
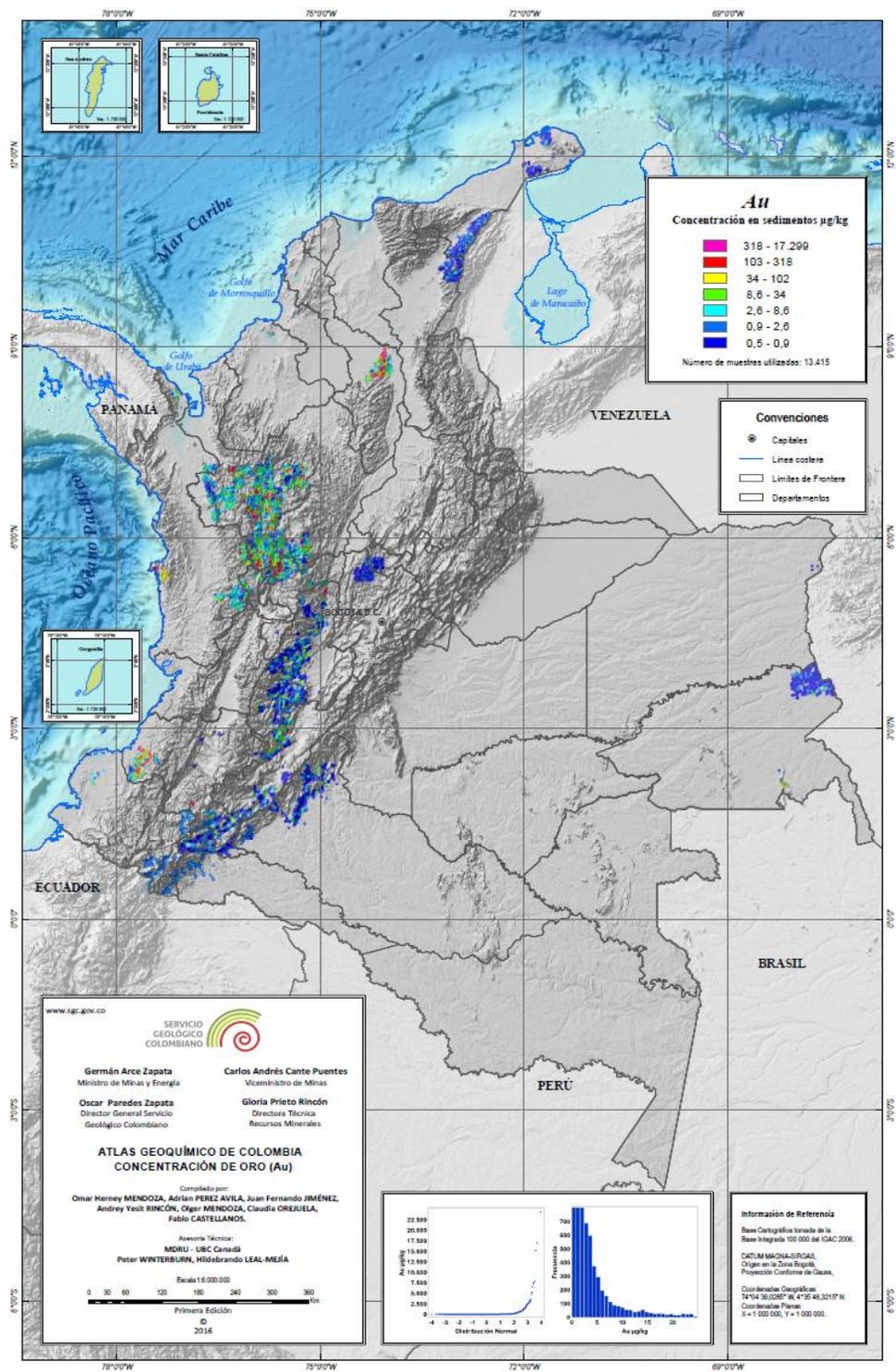


Gráfico 3: Atlas Geoquímico de Colombia – Concentración de Au/kg en Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2016

En Colombia, existen dos practicas aceptadas por el Banco Mundial. Se considera la minería artesanal como una práctica manual o de procedimientos sencillos para realizar, mientras que, la minería a escala es determinada por la proporción que tiene las toneladas de desechos para obtener el producto final por medio de la Ley 685 de 2012, donde excluye la clasificación que puede tener un proyecto minero (ASGM, 2012). En este documento se presentará el proceso que pasa las prácticas de minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) para obtener oro.

La extracción de oro viene hecha en gran parte por dos practicas: la minería de oro artesanal y de pequeña escala (MAPE), las cuales se financia por capitales de producción y de inversión limitadas ya que estas son descentralizadas, es decir, no se encuentran un punto específico esta práctica. Debemos entender que, a diferencia de la minería a gran escala (MGE), la gran escala presenta procesos mecanizados y con alta financiación privada. Colombia pertenece a una parte de los 81 países en realizar esta práctica, pues el 90% de los mineros extraen por el método MAPE.

La práctica inicia en puntos concentración que tiene los sedimentos geológicos, estos, formados por la tierra, por la explosión de volcán que genera venas de oro y por la erosión física y/o química son algunos de los motivos en que se encuentre menas de oro. Las menas son una cantidad de oro únicas a los sedimentos de roca calculados en g/Ton.; los cuales, se determina cuantas toneladas de sedimentos son necesarios para obtener oro. En el momento en que se idéntica una zona donde extraes oro, se tiene en referencia si los sedimentos son:

- De roca dura: depósitos solidos no triturados
- De roca blanda o sedimento aluvial: sedimentos sueltos

La extracción de estos sedimentos en el momento que se identifica la zona potencial de este mineral se realiza la extracción por medio de picas, palas, excavadoras o baldes de agua (en el caso de sedimento aluvial) para separar más roca del oro. Cando se hace una mayor trituración de estos sedimentos, se procede al transporte, este con el fin de llevarlos al punto de extracción. Para la extracción de oro en los sedimentos se realiza de la siguiente manera:

Los mecanismos más utilizados para la concentración son: Bateas, canalones, pulsadores, mesas vibradoras, separadores, centrífugos y flotaciones (se consideran otros métodos, sin embargo, estos son los más eficientes).

Cuando se identifica los sedimentos potenciales de oro, o menas de oro, se realiza el proceso de extracción de oro. Para ello, el procedimiento de extracción se realiza normalmente en puntos alejados de la zona, puesto que, la contaminación de los elementos usados puede llegar a ser más severos para los trabajadores de la zona. En la TABLA 2 se explica el procedimiento para la extracción de oro.

Gran parte del problema ante la alta exposición de mercurio se encuentra a partir de la amalgamación, debido a que, en el corto plazo genera una alta exposición sobre los trabajadores que realicen esta tarea, puesto que, en el largo plazo, mecanismos ineficientes puede contaminar la zona donde se realice el procesamiento. la MAPE puede generar un costo muy alto en la salud y en la exposición nociva para el medio ambiente con beneficios que no reemplacen el daño con la extracción (Hilson, 2002). El problema de la extracción tiene muchos factores, ya que, la alteración de un ecosistema se encuentra desde el momento en que se extrae hasta el producto final, puesto que tiene cambios ambientales en muchos campos donde interviene la práctica.

TABLA 2: El proceso es presentado por la Artisanal Gold Council (AGC). En el documento “Determinación del uso de mercurio en el sector de la minería de oro artesanal y en pequeña escala (MAPE)” explican el procedimiento de extracción con sus consecuencias.

Procesamiento de extracción del oro			
No.	Nombre del proceso	Características	Observaciones
1	Chancado	La extracción de sedimentos se lleva a un punto de procesamiento donde, por medio de pala o trituradora, se disminuye el tamaño de los sedimentos	
2	Molido	Se muele por medio de máquinas o de manera manual para formar fragmentos más pequeños	
3	Control del tamaño del grano	Se pasa mallas o tamizadores para verificar el grano	Puede quedar oro en los fragmentos separados
4	Concentración	Por medio de equipos se trata de concentrar el oro en los sedimentos	Los mecanismos más utilizados para la concentración son: <ul style="list-style-type: none"> • Bateas • Canalones • Pulsadores

			<ul style="list-style-type: none"> • Mesas vibradoras • Separadores • Centrífugos • Flotaciones <p>Se consideran otros métodos, sin embargo, estos son los más eficientes.</p>
5	Anulación de Mercurio	En el momento que se realiza la concentración de oro, este se mezcla con mercurio para la separación. El objetivo de usar mercurio es con el fin de separar minerales que no son útiles con el oro. Alrededor de la cantidad sacada de oro conserva aproximadamente un 50% de mercurio	
6	Exprimido de amalgama	Se realiza un lavado de la amalgama con el fin de exprimirlo a través de tela. Se extrae parte del mercurio para la reutilización o para tirar	
7	Vaporización de mercurio	La bola de amalgama con oro se calienta de modo que se evapora, este, aun conservando mercurio en su proceso trata de eliminar residuos impuros	El vapor que genera el mercurio puede tener efectos sobre la atmosfera y sobre los trabajadores
8	Fundición	Se funde a temperaturas altas para acabar el residuo de mercurio impregnado en el oro, el cual, se obtiene el oro en su estado más puro	
*	Lixiviación química	<p>Es una práctica donde se mezcla más menas de oro (sedimentos de roca con fragmentos de oro) con agua y cianuro. En el momento que se realiza esta práctica, esta se disuelve para generar un complejo de cianuro con oro en el agua. Este complejo de cianuro y oro se mezcla con carbón duro con el fin de quemar y obtener oro puro.</p> <p>La práctica de lixiviación se puede realizar con zinc, pues esta también se mezcla con oro y agua, la que se obtiene una pasta con estos compuestos. En el momento que se obtiene esta pasta, se desorden con carbón y esta separa el oro de los componentes impuros.</p>	Se considera que esta práctica ya que es más económica y recupera aproximadamente un 90% de oro, sin embargo, una mala práctica mezclada con mercurio en los procesos anteriores puede ser más peligroso, ya que, la mezcla al ser quemada lleva con más velocidad a la atmosfera y contamina en mayores proporciones al medio ambiente

9	Reprocesado de relaves	Se tiene en cuenta los residuos con menos cantidad de oro, Para ello, se utiliza mayores cantidades de mercurio	Si esta no se manipula de manera eficiente, puede generar problemas en el medio ambiente, pues estos sedimentos contaminados pueden contaminar el agua, la tierra y los animales
---	------------------------	---	--

En la TABLA 3 se presenta un diagnóstico general de los procesos que se realizan para extraer oro:

TABLA 3: Efectos de la extracción del oro.

Efectos en la extracción del oro		
Número del proceso	Nombre del proceso	Zona afectada
1	Chancado	Centros aislados de la población. La práctica puede alterar el hábitat en general
2	Molido	
3	Control del tamaño del grano	
4	Concentración	
5	Anulación de Mercurio	El mercurio (Hg) puede contaminar: <ul style="list-style-type: none"> • Las fuentes hídricas que pueden consumir una población • La tierra. Al estar en contacto con el mercurio, este se contamina y es nociva para el medio ambiente • La atmosfera, puesto que, a lo largo del tiempo la acumulación de mercurio en una zona puede generar contaminantes en el aire que alterara en mayor proporción la zona de trabajo • Al ser humano y animales, por los efectos nocivos en la piel, en el sistema digestivo y nervioso y malformaciones en mujeres embarazadas • Animales silvestres y de consumo para la sociedad
6	Exprimido de amalgama	
7	Vaporización de mercurio	
8	Fundición	
*	Lixiviación química	
9	Reprocesado de relaves	

En el momento en que se obtienen todos los sedimentos “inútiles” se desechan a la zona donde se encuentre, donde no existe una recuperación ambiental sobre la zona. El procedimiento de extracción por medio del mercurio fomenta muchos contaminantes que llegan a la atmosfera,

puesto que, en momentos de lluvia, esos elementos se mezclan con el agua y la lluvia puede aumentar las proporciones espaciales de nocividad sobre los ecosistemas. Gran parte de las practicas se realizan en zonas aisladas de las capitales, con bajos controles de seguridad y limitado conocimiento tecnologico (Hilson, 2002). En este documento se realizara una verificacion de las normas dadas por el Gobierno Nacional de Colombia para poder realizar la explotacion de oro, puesto que, estas practicas no han tenido significativos cambios a lo largo de los años para obtener el producto final.

1.6 MARCO NORMATIVO

Debido a que la minería se lleva a cabo por la explotación de recursos naturales provenientes de la nación debe ser regulada bajo el tipo de marco normativo este garantiza el aprovechamiento de los recursos naturales garantizando el desarrollo sostenible y conservación de los mismos según lo expresado en el artículo 80 (Constitución Política Colombiana, 1991, pág 40), por lo tanto, desde 1991 han surgido diferentes modificaciones a la constitución en pro de la sostenibilidad minera. A continuación, se presenta una lista de los artículos y sus aportes a la regulación minera los cuales recaen directamente en la extracción de oro:

Legal

En esta sección, se mencionan las leyes, normas y resoluciones que conciernen a la explotación de oro en Colombia, la siguiente información fue tomada del ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

TABLA 4: Aspectos legales en la extracción de oro en Colombia

TIPO	NÚMERO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Resolución	180811	21-07-2003	Por medio del cual se adopta el procedimiento para realizar los aforos de que trata el artículo 30 de la Ley 756 de julio 23 de 2002
Resolución	180829	23-07-2003	Por medio de la cual se efectúa el aforo previsto en el inciso tercero del artículo 30 de la Ley 756 del año 2002
Resolución	180377	02-04-2004	Por medio de la cual se resuelve una Revocatoria Directa contra el artículo 1 de la Resolución No

			180829 del 23 de julio de 2003, que fijo el Aforo del Municipio de Caucasia, Antioquia
Resolución	180376	02-04-2004	Por medio de la cual se resuelve una Revocatoria Directa contra el artículo 1 de la Resolución No 180829 del 23 de julio de 2003, que fijo el Aforo del Municipio de Tarazá, Antioquia
Sentencia Judicial	1100103 2260002 0070000 500	02-05-2016	En los términos del artículo 80 Constitucional el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como deberá prevenir los factores de deterioro ambiental e impondrá las sanciones legales y exigirá la reparación de los daños causados.
Resolución	41164	31-10-2017	Por la cual se crea el Comité técnico operativo del Convenio Interadministrativo GGC número 489 de 2017, que tiene como objeto “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para identificar, proponer y seleccionar técnicas de extracción de oro que contribuyan a la sustitución del mercurio en la minería de subsistencia, en el marco del Proyecto “Implementación del Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio de la Actividad Minera en el Territorio Nacional.

Tributario

Las regalías Según el Ministerio de Minas y Energía son: una contraprestación económica que recibe el Estado por la explotación de recursos naturales no renovables, las cuales pueden ser recaudadas en dinero o en especie. El Sistema General de Regalías (SGR): es el nuevo esquema implementado por el gobierno nacional para determinar la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, uso eficiente y destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables, precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios (Ministerio de Minas y Energía, sf), por lo anterior en la TABLA 5 se mencionan los aspectos tributarios en la legislación Colombiana relacionados con la extracción de oro:

TABLA 5: Aspectos tributarios en la legislación colombiana relacionadas con la extracción del oro

TIPO	NÚMERO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Ley	488 art.152	24-12-1998	La explotación de los recursos naturales no renovables a saber, oro, plata y platino de propiedad de la Nación generarán una regalía y en las minas de reconocimiento de propiedad privada un impuesto, los cuales se liquidarán sobre los precios internacionales que certifique en moneda legal el Banco de la República con las tarifas que se señalan a continuación. En ambos casos, el impuesto y la regalía se destinarán con exclusividad para los municipios productores.
Ley	756 art.36	23-07-2002	Distribución de las regalías derivadas de la explotación de oro, plata y platino.
Decreto	1631 art.1	26-05-2006	La explotación de metales preciosos (oro, plata y platino) por parte de los titulares de reconocimiento de propiedad privada inscritos en el registro minero nacional, pagarán el 0.4% de regalías sobre el valor de la producción calculado o medido en boca o borde de mina
Decreto	1102	27-06-2017	Por el cual se adiciona y modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, respecto de la adopción de medidas relacionadas con la Comercialización de Minerales

Ambiental

Según el artículo 332 de la Constitución Política de 1991: “El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes” (Constitución Política de Colombia,1991), por lo tanto el estado creará el marco regulatorio en el cual se delimiten y controlen las actividades mineras en el país, a continuación se presentan las resoluciones y leyes que conciernen a la extracción minera del oro en Colombia:

TABLA 6: Aspectos ambientales en la legislación colombiana relacionados con la extracción de oro

TIPO	NUMERO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Resolución	1172	17-12-1999	entidades del sector ambiental. se establecen los términos de referencia genéricos para la elaboración del estudio de impacto ambiental para explotación de oro de filón.
Ley	685	15-08-2001	por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
Ley	1658	15-07-2013	por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones

El 15 de agosto de 2001 se expide el código de minas el cual se justificó como adaptación del antiguo código de minas a la constitución de 1991 (ley 685,2001), en él, se contempla el reconocimiento de las minorías étnicas dando delimitaciones para la explotación de dichos territorios (Capitulo III), también se especifica el contrato de concesión (capítulo V), el área de explotación (capítulo VI), delimitaciones de las concesiones (capítulo VII) entre otros.

A su vez en el capítulo XX de dicha ley corresponde a aspectos ambientales y en el artículo 194 se refiere a la sostenibilidad como: “El deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar y desarrollar racionalmente el aprovechamiento de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social”, y en el artículo 195 menciona que: “en ningún caso la autoridad ambiental podrá otorgar permisos, concesiones, autorizaciones o licencias de arden ambiental, para obras y trabajos no amparados por un título minero” lo cual manifiesta el interés del código de minas por atender las disposiciones del artículo 80 de la constitución política de 1991.

En el 2010 se el congreso decide plantear modificaciones al código de minas con el ánimo de minimizar los vacíos ya existentes en la el código planteado en el 2001, estas iniciativas estaban encaminadas a la modificación del otorgamiento de las concesiones mineras ,la formalización de la minería artesanal, los requisitos para la obtención de licencias ambientales y la conformación de áreas para confrontación minera entre otros (Peña, Martínez, Calle, & Velásquez, 2014).

En el 2011 la corte constitucional declaro inexecutable código planteado en el año 2010 debido a que este no fuese consultado a las comunidades indígenas y negras de las zona siendo que estas fuesen afectadas directamente por la implementación de dicho código (Peña et al., 2014), por lo tanto se continuó con la aplicación del código de minas planteado en el 2001.

La ley 036 de 2012 con el objetivo de proteger y salvaguardar la salud humana y garantiza la preservación de los recursos naturales, se prohíbe el uso de mercurio en el territorio nacional adoptando medidas ambientales enfocadas a la erradicación gradual del uso del mercurio en procesos productivos, a su vez plantea estrategias que delimiten un periodo de transición correspondiente a 10 años para la erradicación de dicho elemento (ley 036,2013).

El decreto 2235 de 2012 plantea que la maquinaria que no se encuentre con las debidas autorizaciones legales para su funcionamiento sea destruida (decreto 2235, 2012), a su vez plantea el procedimiento para su destrucción y los actores que intervienen en este procedimiento, esto genera inconvenientes de orden social en las comunidades en las que se tiene dificultades por parte del gobierno al diferenciar entre la maquinaria informal y a maquinaria utilizada de manera ilegal ocasionando la destrucción sin rectificar el origen de los actores involucrados (Peña et al., 2014).

1.7 ESTADO DEL ARTE

El oro es un metal de gran importancia en la economía colombiana. Para el 2012, según el anuario estadístico minero Colombiano, Colombia ocupaba el 3° puesto en producción de oro en América Latina con (66.2 toneladas), precedido por Perú (160.9) y México (95.3) (Baxter, Hastings, Law, & Glass, 2008), obtener este bien tiende a ser complicado debido a los métodos que se mantienen al día de hoy. Gran parte de la extracción de este mineral se encuentra sobre la zona occidental del país, siendo departamentos como Antioquia y Chocó los que tienen mayor actividad para obtener este recurso (SIMCO, 2017). La explotación de recursos tiende a ser algo

limitado ya que no puede ser renovado generando conflictos sociales, teniendo como resultado final una pérdida de los recursos naturales y de un desarrollo netamente económico mas no sostenible (Power & McCarty, 2002), sin embargo, la explotación minería puede llegar a ser un motor sostenible para generar ingresos, tanto para las familias como para las empresas y en sí, al crecimiento económico (Whitmore, 2006).

A su vez se puede evidenciar tanto en la minería artesanal diferentes actores que participan en el desarrollo de estas como lo son Las compañías multinacionales, los gobiernos nacionales y los actores locales como lo son las comunidades afectadas (Dietz & Engels, 2017). Los aspectos anteriormente mencionados se podrían resumir en puntos de regulación, quien es el agente institucional que realiza la regulación política y de escala de significado quienes son lo que finalmente realizan la interpretación de los productos (Dietz & Engels, 2017).

Al día de hoy, los métodos para la explotación de oro son: la minería artesanal, la minería a pequeña escala (la más usada en Colombia con aproximadamente el 72% de los métodos productivos) (Calderon, Harris, & Kirsch, 2016) y la minería a gran escala. Estos métodos no han tenido algún cambio a lo largo del tiempo, por lo que genera gran cantidad de sedimentos y rocas excavadas, teniendo como resultado una contaminación del agua y cambios en los canales hídricos (Egidarev & Simonov, 2015), como lo es a su vez un problema de salud sobre las fuentes hídricas, contaminando las fuentes de agua expuestas en las diferentes comunidades, un cambio en la tierra vulnerando sectores como la agricultura y generando efectos negativos en el medio ambiente (Rochlin, 2018), (Tejeda-Benítez, Noguera-Oviedo, Aga, & Olivero-Verbel, 2018), (Vallejo Toro et al., 2016). En el siguiente cuadro, B. Betancur, J. Loaiza, M. Denich y C. Borgemeister para el 2018 realizan una evaluación de los desafíos, las iniciativas y las oportunidades que tiene la minería colombiana:

TABLA 7: Tipos de minería en Colombia

	Pequeña escala y la minería artesanal	A gran escala
Punto de vista ambiental		
Desafíos		
La generación de residuos y los cambios en el paisaje natural	✓	✓
Emisiones de mercurio	✓	
Agua, el uso de energía y las emisiones de efecto invernadero	✓	✓
Iniciativas		
La recuperación de los depósitos de residuos	✓	✓
Reducción de mercurio y remediación	✓	✓
Oportunidades		
El uso sostenible de los recursos	✓	✓
Elaboración de un marco para la evaluación de la sostenibilidad	✓	✓
Punto de vista social		
Desafíos		
La pobreza, la ilegalidad e informalidad	✓	✓
Informalidad de los mineros	✓	✓
Consideraciones posteriores a los conflictos para las actividades de extracción de oro	✓	✓
Iniciativas		
Participación de la comunidad	✓	✓
Responsabilidad social corporativa	✓	✓
Oportunidades		
Distribución de regalías	✓	✓
Responsabilidad social corporativa	✓	✓
Manejo de conflictos	✓	✓
La gestión como fundamento para la paz	✓	✓

CAPÍTULO II

2.1 Elementos socioeconómicos y ambientales del sector minero, junto con las estrategias de extracción del oro

Con el fin de determinar un modelo de extracción sostenible del oro se identificaron los siguientes aspectos:

El control estatal: el encargado de crear la regulación para la minería en Colombia.

El aspecto social: corresponde al procedimiento que tienen influencia directa en las comunidades participantes en la minería.

El aspecto económico: corresponde a indicadores económicos relacionados con el ingreso de las comunidades involucradas.

El aspecto ambiental: corresponde al proceso que tiene influencia directa en el entorno de la minería.

2.2 Desarrollo de los aspectos

Para realizar el desarrollo de los elementos, se tuvo en cuenta el desarrollo de los efectos ambientales, económicos y sociales para este ejercicio. Es importante entender que, el análisis de estos puntos permitirá presentar el desarrollo del modelo realizado. Bajo este criterio, los siguientes efectos en los 3 aspectos serían los siguientes:

2.2.1 Efectos ambientales

1. Pérdida de coberturas
2. Liberación de sustancias
3. Acumulación de mercurio en sedimentos
4. Deposición seca o húmeda en los cuerpos de agua
5. Pérdida de servicios ecosistémicos
6. Contaminación del suelo agua y alimentos
7. Contaminación en peces para el consumo humano
8. Efectos negativos en la salud humana

2.2.2 Efectos económicos

9. Productividad de los ecosistemas:
10. Producción de los alimentos
11. Costo de los alimentos

2.2.3 Efectos sociales

12. Efectos negativos en la salud humana
13. Gastos en tratamiento por intoxicación
14. Pobreza
15. Acceso e implementación de nuevas tecnologías

CAPÍTULO III

3.1 DESARROLLO DEL MODELO

3.1.2 Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas es una metodología desarrollada por Jay Forrester del Massachusetts Institute Technology (MIT) presentada en sus obras³. Con el desarrollo de este ejercicio, podemos indicar que la dinámica de sistemas es una representación dada para explicar para comprender las causas de una acción, considerando el comportamiento que puede tener cada nivel en el sistema. La evaluación de un sistema permitirá ilustrar una mayor percepción sobre un problema, de manera que se pueda identificar los diferentes problemas o situaciones dadas. La dinámica de sistemas será un modelo ilustrado mostrando la perspectiva de una situación con una relación dada por cada nivel de observación, de manera que se pueda identificar de una manera visual la perturbación que puede tener un nivel sobre el modelo⁴.

3.1.3 Diagramas causales – Hipótesis dinámica

Para este ejercicio, se realizará un diagrama causal, ya que es la metodología más cercana para explicar temáticas como la elaboración de políticas, sistemas de gestión administrativas, aunque también pueden ser usados para explicar análisis de tipo ambiental y social (Redondo J.M

³ Forrester, J. (1999). Industrial Dynamics. Pegasus Communications, Inc. Waltham

⁴ Dinámica de sistemas: <http://www.dinamica-de-sistemas.com/>

Como podemos observar en el diagrama, la explotación de oro puede causar un círculo vicioso donde, el beneficio económico puede tener altos efectos en el campo social y ambiental. La intervención que puede tener el Estado no puede ser suficiente debido a que, a lo largo de los años, el problema de la explotación por las practicas que se realizan no son eficientes para los trabajadores que realicen esta práctica. Debemos indicar que este diagrama fue pensado para la explotación de oro en Colombia, con el fin de realizar un análisis en los aspectos económicos, sociales y ambientales.

- E1: Un aumento de la explotación de oro aumenta el drenaje liquido de mercurio

Cuando se empieza a realiza la explotación de oro, parte de los procesos productivos contaminan los sedimentos de tierra que pueden llegar a las fuentes de agua, considerando desde este punto un problema ambiental por la contaminación que puede llegar a la tierra y a los cuerpos hídricos de una región, viendo esta perspectiva, un problema en el sector agrícola (Olivero, 2013).

- E2: Un aumento de la explotación de oro aumenta la liberación de sustancias toxicas

La explotación de oro, siendo un efecto negativo para el medio ambiente, puede generar una liberación de sustancias puede variar en las minas en que se realice la práctica para la extracción de minerales y obtener el oro puro. La ineficiencia de su control para evitar la contaminación sobre un ecosistema puede ser perjudicial en una comunidad, en la productividad de los trabajadores y en el medio ambiente (Bridge, 2004a).

- E3: Un aumento de la explotación de oro aumenta liberación de mercurio al aire

Cuando se pasa a la extracción de oro, el proceso de amalgama con el oro genera una emisión de gases que contiene mercurio al ser extraído por la evaporación. La contaminación llega a la atmosfera y puede contaminar la zona de explotación y extracción de oro perjudicando a los trabajadores, a las regiones cercanas y al ecosistema donde se realice esta práctica (Betancur-Corredor et al., 2018; Cordy et al., 2011; Esdaile & Chalker, 2018; Olivero, 2013; Palacios-Torres et al., 2018).

- E4: Un aumento en el drenaje liquido de mercurio aumenta la acumulación de mercurio en sedimentos

Los cuerpos de agua contaminados con mercurio es un problema productivo debido a la dificultad que puede existir para su extracción sobre la roca. Estos sedimentos, ante una pérdida de controles puede llegar a las fuentes hídricas o ser depositadas en zonas que puedan deteriorar una zona ambiental y afectar al sector agrícola por el deterioro del suelo (Betancur-Corredor et al., 2018; Hilson, 2006; Tejeda-Benítez et al., 2018; Vallejo Toro et al., 2016).

- E5: Un aumento en la liberación de sustancias tóxicas aumenta la contaminación del suelo, agua y de alimentos

La liberación de mercurio, ya sea por la formación de amalgama de oro, por los residuos contaminados de sedimentos o por el filtro de agua aumenta la contaminación por medio de los desechos arrojados. Una pérdida de controles puede deteriorar la vida de un ecosistema y disminuir la cantidad de recursos para el consumo de las poblaciones aledañas (Velásquez-López, Veiga, Klein, Shandro, & Hall, 2011).

- E6: El aumento de mercurio al aire aumenta la deposición seca o húmeda en los componentes de agua

Cuando se incrementa los sedimentos contaminados de mercurio dados por los procesos de extracción y una mala manipulación de estos sedimentos puede llegar a los cuerpos de agua. Cuando estas sustancias contaminan el agua, se pierden recursos naturales afectando las regiones aledañas y al medio ambiente (Antwi et al., 2017; Marrugo-Negrete, Benitez, & Olivero-Verbel, 2008; Tejeda-Benítez et al., 2018).

- E7: La acumulación de mercurio en sedimentos aumenta la contaminación del suelo y agua

La acumulación de sedimentos con una mala manipulación de estos, pueden estancarse o pueden llegar a las fuentes de agua. Cuando esto ocurre se presenta un problema ambiental y económico debido a que incrementa el campo espacial de su contaminación. El mercurio, al ser un elemento difícil de retirar, queda durante un largo periodo en el agua, en el suelo y en la región (Antwi et al., 2017; Marrugo-Negrete et al., 2008; Tejeda-Benítez et al., 2018).

- E8: La acumulación de mercurio en sedimentos aumenta la contaminación en peces para el consumo humano

La pesca en zonas de explotación minera de oro, por medio de la contaminación de sedimentos con mercurio puede llegar a los cuerpos de agua, generando problemas de salud en el consumo que pueda tener las comunidades. La acumulación de sedimentos con mercurio tiende a permanecer durante un largo periodo de tiempo, por lo que agrava el problema de salud pública en las regiones donde se realice esta práctica. La extracción de oro aumenta en gran parte el deterioro de salud en las regiones y genera un gran problema en los gastos destinados a la salud para el Estado (Betancur-Corredor et al., 2018; Hilson, 2006; Marrugo-Negrete et al., 2008; Olivero-Verbel, Johnson-Restrepo, & Arguello, 2002; Tejeda-Benítez et al., 2018).

- E9: La contaminación del suelo, agua y sedimentos aumenta la contaminación en peces para el consumo humano

Explicado anteriormente, el aumento que tenga el mercurio sobre un ecosistema puede generar problemas medioambientales en los cuerpos de agua. Algunas partes de Colombia donde se realice la pesca como medio de ingreso tienden a ser mucho menores ya que muchos peces pueden encontrarse contaminados en las regiones que se extrae oro. Este problema disminuye las oportunidades de aumentar su ingreso.

- E10: Cuando aumenta la contaminación en los peces aumenta el deterioro de la salud humana

La intoxicación por mercurio es un problema en la salud pública de un país por una mala gestión productiva donde se encuentran perjudicados los trabajadores de las minas y los habitantes de regiones aledañas donde se realice esta práctica. La intoxicación por mercurio puede llegar por medio del aire, del agua, del suelo e incluso de los alimentos que se produzcan. Parte de los sedimentos no se estancan en los cuerpos de agua, ya que algunos viajan en posibles corrientes hídricas y extender el problema en otras zonas del país, por lo que disminuiría el consumo de pescado y, aquellos que lo consuman, tendrán problemas de salud si no se identifica oportunamente el problema (Cordy et al., 2011; Gutiérrez-Mosquera et al., 2018; Marrugo-Negrete et al., 2008;

Veiga, Angeloci-Santos, & Meech, 2014; Wilson, Renne, Roncoli, Agyei-Baffour, & Tenkorang, 2015).

- E11: La contaminación del suelo, agua y sedimentos aumenta los efectos negativos en la salud humana

La contaminación de mercurio puede llegar a los alimentos, los cuales, todo consumidor de agua, de peces o que hayan usado el riego de cultivos con agua también se verán contaminados, lo que genera un alto deterioro en la salud humana. Si la explotación de oro aumenta, la contaminación por mercurio sobre los recursos naturales será mayor perjudicando la salud del ser humano (Olivero, 2013).

- E12: La deposición seca o húmeda en los cuerpos de agua aumenta la contaminación del suelo, del agua y de los alimentos

La roca que no se usa tiende a ser desechada y sin uso. Cuando estas son arrojadas sobre las fuentes de agua aumenta la contaminación, generando un problema ambiental. El deterioro de los recursos del suelo y del agua se deterioran con el aumento de sedimentos arrojados (Palacios-Torres et al., 2018).

- E13: La deposición seca o húmeda en los cuerpos de agua aumenta el deterioro de la salud humana

El consumo de agua con mercurio hará que las comunidades expuestas cuenten con menos recursos para consumir. La extracción de mercurio tiende a ser difícil y puede llegar a ser mortal para todo ser humano que consuma agua. El nivel de mercurio que puede encontrarse en los cuerpos de agua ser dado por el consumo de pescado o por el consumo directo de agua (Olivero, 2013).

- E14: Un aumento de los problemas de salud genera mayor gasto en tratamientos por intoxicación

El envenenamiento que puede generar el Mercurio representa costos muy altos para la Estado, ya que es difícil de retirar el mercurio del cuerpo (Hilson, 2002; Olivero, 2013; Velásquez-López et al., 2011).

- E15: Los gastos en tratamiento pueden incrementar la pobreza

Cuando el Estado promueve las licencias para realizar la explotación y extracción de oro, la contaminación de mercurio puede extenderse en la región. Dado al caso que la explotación llegue al ser humano, los gastos en tratamientos representan un problema, puesto que no se prevé de mecanismos suficientes para superar este factor.

- E16: La explotación de oro aumenta la pérdida de coberturas

En este punto, la pérdida de recursos ambientales es uno de los factores que agota los recursos en una región. Cabe destacar que, la minería tiende a deteriorar los recursos de una población, lo que puede tener problemas en algunos sectores productivos, entre ellos, la agricultura (Betancur-Corredor et al., 2018; Segura-Salazar & Tavares, 2018).

- E17: La pérdida de coberturas aumenta la pérdida de servicios ecosistémicos

El deterioro de la tierra y el agua puede generar una erosión sobre la zona, por lo que puede verse afectado otros sectores productivos y en la protección de recursos ambientales (Antwi et al., 2017; Asamoah, Zhang, Liang, Pang, & Tang, 2017; Bridge, 2004b; Esdaile & Chalker, 2018).

- E18: Cuando aumenta la pérdida de servicios ecosistémicos disminuye la productividad de los ecosistemas

Cuando se elimina la vegetación en áreas de explotación minera de oro, la flora y la fauna se deteriora. Este problema se denomina impactos paisajísticos, ya que dejan sus huellas en profundos cráteres y arrumes de sobranes causados por la minería, de manera que deja un rastro de degradación ambiental que se percibe visualmente. El suelo también se ve seriamente afectado, originado por la remoción de grandes volúmenes de capa vegetal y material orgánico, provocando erosión en zonas aledañas y con ello la inhabilitación del mismo, generando como resultado, una disminución de actividad agrícola. Los impactos ambientales ocasionados por la actividad de

minería ilegal del oro en el Chocó se ven reflejados en los efectos sobre el ambiente y los recursos naturales indispensables para garantizar la vida humana, su desarrollo y bienestar (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA et al., 2013).

- E19: Un aumento en la productividad de los ecosistemas genera un aumento en la producción de alimentos

El deterioro ambiental puede disminuir el sector productivo primario de una región. Cabe destacar que este deterioro, causado por el riego de agua, el uso del suelo y el aire con mercurio hacen que sea menos productivo para el sector agrícola. Si se deteriora la fauna y flora, la tierra y la productividad de otros sectores será menor (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA et al., 2013).

- E20: Una mayor producción de alimentos disminuye los precios de los alimentos

Cuando se aumenta la producción de los alimentos, habrá mecanismos para que el precio de los alimentos sea menor. Sin embargo, una disminución de la productividad agrícola y en zonas pesqueras por la contaminación del agua y la erosión puede aumentar su demanda y exista un déficit en la cantidad de alimentos que se pueden consumir en las regiones de explotación minera (Marrugo-Negrete et al., 2008; Tejeda-Benítez et al., 2018; Yaaba Baah-Ennumh & Forson, 2017).

- E21: El aumento generado por los precios de alimentación puede aumentar la pobreza

La pobreza es vista desde una posición social donde se trata de superarla. Sin embargo, la búsqueda de ingreso vista desde el corto plazo puede generar problemas sociales y ambientales. Gran parte de la actividad es realizada por personas que no han tenido acceso a la educación o que buscan alternativas de superación con el oro (Betancur-Corredor et al., 2018; Calderon et al., 2016; Olivero, 2013; Wilson et al., 2015; Yakovleva & Vazquez-Brust, 2018)

- E22: La pobreza disminuye el acceso a otros sectores y nuevas tecnologías de producción

Parte del problema ocurre cuando la explotación de oro se encuentra aisladas de las grandes urbes, debido a que pueden representar un problema mayor a nivel social. Cuando es la población quien opta por estos mecanismos, muchas veces abandonan de prácticas muchos más amigables para el medio ambiente y para su seguridad. Si la pobreza disminuye, existe altas probabilidades de que s situación permanezca o incluso pueda agravarse a lo largo de los años.

- E23: La pobreza disminuye el acceso a la educación y a nuevas oportunidades

El acceso a la educación es un problema social debido a que muchas de estas minas se encuentran en regiones aisladas de instituciones educativas. Gran parte del problema existe por una búsqueda del ingreso, siendo la educación un punto aislado que no consideran viable para su futuro. La búsqueda de nuevas oportunidades y de una educación activa no es un incentivo para los habitantes que realicen esta práctica ya que , los procesos para extraer oro tienden a ser prácticas básicas y de poca capacitación técnica (Calderon et al., 2016; Hilson, 2006; Santos, 2018; Veiga et al., 2014; WorldBank, 2009).

- E24: La educación y las nuevas oportunidades pueden disminuir la minería artesanal

Planteado desde el desarrollo económico, mejorar las condiciones productivas o cambiar los sectores productivos pueden favorecer en el mediano y largo plazo. El cambio de mecanismos puede fomentar otros sectores de la economía que sea amigable para el medio ambiente, benéfico para la sociedad colombiana y generando empleo y desarrollo en las regiones aisladas.

- E25: Un mayor acceso a nuevos sectores y nuevas tecnologías de producción podrían disminuir la minería artesanal

Ligado al enunciado anterior, se debe destacar que el Estado puede intervenir para cambiar el camino de la economía en un país. Colombia podría realizar cambios en las regiones en que se explota oro y mejorar las alternativas productivas, entre ellas la agricultura.

La agricultura al ser un sector tan competitivo, favorece que el desarrollo económico sea amigable para el medio ambiente y en general para la sociedad colombiana.

- E26: Si aumenta la minería artesanal aumenta la explotación de oro

Si existe interés en encontrar oro, como resultado, la explotación de oro crearía un bucle que repita lo antes mencionado. Es importante entender que la explotación tiene efectos negativos en el campo ambiental, en el campo social y en el campo económico.

Discusión del diagrama causal

Realizando la verificación mediante el diagrama causal, la extracción de oro puede llegar a tener efectos sobre los aspectos sociales y ambientales, puesto que, ante una falta de regulaciones dadas por el Estado, los efectos a lo largo del tiempo pueden agravar y extender el problema. Se destaca que gran parte de la práctica es con el fin de buscar recursos sobre el corto plazo sin tener alguna consideración ambiental, puesto que, gran parte del consumo puede verse afectada en las regiones que se realice esta práctica.

El Estado debe tener un mayor control sobre la minería debido a que, la salud humana y la conservación de recursos naturales debe ser una prioridad de carácter público, aun obteniendo beneficios económicos. El desarrollo sostenible, contemplado desde el mediano y largo plazo debe ser alcanzable, incluso, ante la extracción de oro por la demanda que tiene en el mercado. La observación dada por diferentes autores permite analizar las consecuencias que tiene esta práctica, puesto que no ha tenido una gran evolución durante los últimos años. Cabe considerar que es necesario que el Estado intervenga para realizar cambios sobre los métodos de extracción, de manera que no tenga consecuencias en las comunidades cercanas y sobre el medio ambiente.

Visto desde el diagrama causal, la extracción de oro genera unos niveles ante los aspectos sociales, ambientales y económicos. La relación que existe en cada nivel permite observar que, un cambio sobre la extracción puede atraer altos beneficios sociales y ambientales, lo que se puede buscar otros mecanismos para mejorar la productividad generando en el largo plazo, beneficios en las comunidades y en la conservación de recursos naturales.

CAPÍTULO IV

Estrategias implementadas por el control estatal sobre el sistema socioeconómico y ambiental del sector minero

En el desarrollo del presente capítulo se utilizarán dos controles estatales:

El primero corresponde a la ley 1658 de 2013 correspondiente a la eliminación total del mercurio en la minería para el 2018 (Ley 1658,2013), en este se evaluará su impacto ambiental, panorama actual y posibles alternativas para su debido cumplimiento en el ciclo de explotación del mercurio, esto con el fin de determinar si cumple o no un impacto significativo en la sostenibilidad de la explotación del oro.

El segundo control estatal corresponde al aumento en inversión estatal en educación alineada con lo estipulado en el PGN 2014-2018, este control estatal será evaluado en sus implicaciones en el aspecto social en el ciclo de explotación del oro, a su vez se presentará un panorama actual de dicho control y las posibles alternativas para el mejoramiento del mismo, esto con la finalidad de determinar si cumple o no un impacto significativo en la sostenibilidad en la explotación del oro.

5.1 Estrategia para el impacto ambiental de la extracción del oro en Colombia

A partir del 16 de julio de 2018 entra en vigencia el artículo número 3 de la ley 1658 el cual menciona:” Erradíquese el uso del mercurio en todo el territorio nacional, en todos los procesos industriales y productivos en un plazo no mayor a diez (10) años y para la minería en un plazo máximo de cinco (5) años.” (Ley 1658,2013). A su vez el cumplimiento de este artículo permitirá cortar de raíz los aspectos ambientales, económicos y sociales ya que con la eliminación del mercurio del proceso de explotación no se produciría los derrames de líquido con mercurio ni la liberación de mercurio al aire por medio de la minería del oro.

Por otro lado, la misma ley en el artículo 10 menciona los” Incentivos para la reducción y eliminación del uso de mercurio en el sector minero” (Ley 1658,2013), lo cual permite que las

comunidades que se dedican a la explotación de oro se sientan incentivadas para la sustitución del mercurio de sus labores cotidianas.

Implicaciones en el aspecto ambiental

El cumplimiento de la ley 1658 de 2013 implicaría la reducción en contaminación de mercurio en los 8 efectos ambientales mencionados en el capítulo 2.2.1 de este documento ya que al no utilizar esta sustancia en la extracción oro implicaría la reducción en contaminación de mercurio, disminución en la liberación de sustancias tóxicas y drenaje líquido de mercurio, reducción en la liberación de mercurio al aire.

A su vez contribuiría a la reducción en los aspectos relacionados con las relaciones E4, E5 y E6 propuestas en el capítulo III de este documento, ya que al eliminar esta sustancia del mercado y proponer sustitutos se reduciría la acumulación de mercurio en sedimentos, se evitaría la contaminación de agua, suelo y alimentos, y se eliminaría la deposición seca o húmeda en los cuerpos de agua.

En el reporte Colombia viva publicado por World Wildlife Fund for Nature (2017) menciona que Colombia para el 2017 Colombia presentaba una liberación aproximada de 150 toneladas de mercurio al año y por tal motivo Colombia se ubicaba en el 3 puesto en contaminación per cápita a nivel mundial, el mismo informe se menciona que para el 2012 el uso de mercurio correspondería a 205 toneladas aproximadamente, lo cual permite concluir que, en 5 años solo 50 toneladas y que no se podrá cumplir la meta propuesta por la ley de 1658 de 2013 debido a que no se presentan las condiciones adecuadas que permitan el cumplimiento de dicha ley.

En Conclusión, el debido cumplimiento de la ley 1658 de 2013 permitirá la reducción sustancial en el efecto medio ambiental del uso del mercurio a su vez presenta retos importantes que impiden su cumplimiento como que el 90% de la minería que se realiza es informal (World Wildlife Fund for Nature,2017), esto impide que se tenga un control claro sobre el panorama actual del uso de mercurio en dicha actividad. Si se presenta un control adecuado a la informalidad y un debido cumplimiento de la ley 1658 de 2013 se puede cumplir la meta de la eliminación total del mercurio para el 2023.

Posibles alternativas

Existen alternativas menos contaminantes la explotación de oro como lo es la flotación espumante (Universidad Nacional,2015), la cual permite por medio de la utilización de reactivos químicos la separación de minerales que terminan por producir una espuma donde se concentra el oro, con esta alternativa se espera que la recuperación del oro sea del 100%, reemplazando la alternativa de uso de mercurio el cual permitía una recuperación de oro cercana al 40%.

5.2 Estrategia para el impacto social de la extracción del oro en Colombia

Debido a la falta de educación en la mayoría departamentos mineros del país presenta déficit en educación , un ejemplo de esto es Choco, en el que por lo menos el 92% de sus estudiantes se encontraban en niveles mínimo en insuficiente (Pensamiento, 2017), se plantea como estrategia el aumento en la cobertura en educación, permitiendo la aplicación del pilar fundamental del plan nacional de desarrollo 2014-2018 en el que expresa:” Educación. El Plan asume la educación como el más poderoso instrumento de igualdad social y crecimiento económico en el largo plazo, con una visión orientada a cerrar brechas en acceso y calidad al sistema educativo, entre individuos, grupos poblacionales y entre regiones, acercando al país a altos estándares internacionales y logrando la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos”. Con la aplicación de plan de gobierno se busca influir en el aspecto educación y oportunidades mencionado en el capítulo II de este texto y a la relación E24 mencionada en el capítulo III la cual vincula el aspecto educación y oportunidades con el aspecto disminución de la minería artesanal.

Aspectos Sociales

Con el objetivo de aumentar la cobertura en educación para la educación en preescolar, básica y media desde el 2010 se han implementado medidas estructurales para la construcción de más de 30.000 aulas para el 2018 de las cuales ya fueron entregadas 5.000 y se encuentran en contratos otras 12.000 (Ministerio de Educación 2017), esto permitió que para el 2017 un total de 563.111 estudiantes accedieran a educación preescolar, básica y media.

Según datos obtenidos por el Ministerio de Educación para cerrar la brecha en educación superior en Colombia se han conformado 18 alianzas con 17 departamentos entre los que se

encuentra el Choco con una inversión de 16.000 millones, esto con el objetivo de mejorar el acceso de la población vulnerable de la región a educación superior (Ministerio de Educación 2017) aumentando la cobertura de 37% en 2010 a 51.5% en 2016.

En conclusión se debe implementar un modelo de estructuración más asertivo ya que el objetivo para el 2018 era la construcción de más de 30.000 aulas para la educación básica, preescolar y media, y para el 2017 solo se habían entregado 5.000 lo que permite evidenciar que solo se cumplió con cerca del 16%, un valor que no es significativo ya que el propósito era cubrir el 60% de la educación para este sector, a su vez la inversión en 16.000 para aumentar el acceso a educación es reducida si se tiene en cuenta que esos 16.000 no completan ni el 0.001% del PGN del 2017 (224.4billones)(Ministerio de Hacienda,2016).

Posibles alternativas

Brindar cumplimiento pleno de la legislación ya existente debido a que presenta inconsistencias en su desarrollo ya que con esta se plantea reducir en cerca de 60% la brecha en educación preescolar, básica y media, aumentar la cobertura y calidad de la educación superior, superando el 51% del 2016 (Ministerio de Educación,2017) de los sectores más vulnerables.

CAPÍTULO V

Conclusiones generales

1. En conclusión, existen alternativas para cambiar de rumbo el proceso de explotación minera del oro en Colombia como lo es la flotación espumante y otras alternativas que aún se están desarrollando y que permitan ser un proceso sostenible. A su vez, los cambios en los procesos de extracción pueden permitir un mayor bienestar social, ambiental y económico de la mano de la intervención del Estado implantando controles para un óptimo funcionamiento.
2. Existen deficiencias en el procedimiento de la explotación del oro ya que, al ser un método tradicional no se toman en cuenta factores sociales ni ambientales para la aplicación por lo tanto se deben implementar controles en la educación que permitan mejorar estos procedimientos con el fin de que sean más óptimos y sostenibles.
3. La explotación y extracción de oro ha tenido una visión netamente económica, puesto que, la preocupación de conservar los recursos naturales y presentar una protección sobre las regiones en que se encuentren cercanas a estas minas son vistas durante los últimos años. La preocupación del Estado por evitar este problema se puede encontrar mejorando el acceso a la educación y una capacitación de otros sectores productivos para fomentar otros sectores económicos que no generen huella en el medio ambiente.
4. Se pudo observar por medio del diagrama de flujo que la relación económica con el medio ambiente es importante para el desarrollo sostenible. La conservación de recursos como el agua y el suelo pueden ser positivos para la producción de otros sectores económicos y el deterioro de recursos naturales también representa un deterioro en la economía⁵.
5. La explotación de oro puede aumentar los beneficios económicos, pero estos pueden perjudicar los recursos naturales y deteriorar la sociedad en prolongados periodos de tiempo.

⁵ Joseph E. Stiglitz, El Precio De La Desigualdad, 2012

Bibliografía:

- Olivero-Verbel, J., Johnson-Restrepo, B., & Arguello, E. (2002). Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). *Science of The Total Environment*, 289(1–3), 41–47. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01018-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01018-X)
- Rochlin, J. (2018). Informal gold miners, security and development in Colombia: Charting the way forward. *Extractive Industries and Society*, 5(3), 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.03.008>
- Gonçalves, A. O., Marshall, B. G., Kaplan, R. J., Moreno-Chavez, J., & Veiga, M. M. (2017). Evidence of reduced mercury loss and increased use of cyanidation at gold processing centers in southern Ecuador. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.097>
- Palacios-Torres, Y., Caballero-Gallardo, K., & Olivero-Verbel, J. (2018). Mercury pollution by gold mining in a global biodiversity hotspot, the Choco biogeographic region, Colombia. *Chemosphere*, 193, 421–430. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.160>
- Tejeda-Benítez, L., Noguera-Oviedo, K., Aga, D. S., & Olivero-Verbel, J. (2018). Toxicity profile of organic extracts from Magdalena River sediments. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1519–1532. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0364-9>
- Hilson, G. (2006). Abatement of mercury pollution in the small-scale gold mining industry: Restructuring the policy and research agendas. *Science of the Total Environment*, 362(1–3), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.065>
- Rocha-Román, L., Olivero-Verbel, J., & Caballero-Gallardo, K. R. (2018). Impacto De La Minería Del Oro Asociado Con La Contaminación Por Mercurio En Suelo Superficial De San Martín De Loba, Sur De Bolívar (Colombia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 93–102. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.08>
- Veiga, M. M., Angeloci-Santos, G., & Meech, J. A. (2014). Review of barriers to reduce mercury use in artisanal gold mining. *Extractive Industries and Society*.

<https://doi.org/10.1016/j.exis.2014.03.004>

- Marrugo-Negrete, J., Benítez, L. N., & Olivero-Verbel, J. (2008). Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 55(2), 305–316. <https://doi.org/10.1007/s00244-007-9129-7>
- Betancur-Corredor, B., Loaiza-Usuga, J. C., Denich, M., & Borgemeister, C. (2018). Gold mining as a potential driver of development in Colombia: challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.142>
- Santos, R. J. (2018). Blessing and curse. The gold boom and local development in Colombia. *World Development*, 106, 337–355. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.02.016>
- Vallejo Toro, P. P., Vásquez Bedoya, L. F., Correa, I. D., Bernal Franco, G. R., Alcántara-Carrió, J., & Palacio Baena, J. A. (2016). Impact of terrestrial mining and intensive agriculture in pollution of estuarine surface sediments: Spatial distribution of trace metals in the Gulf of Urabá, Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1–2), 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.093>
- Tubb, D. (2015). Muddy Decisions: Gold in the Chocó, Colombia. *Extractive Industries and Society*, 2(4), 722–733. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2015.08.008>
- Gutiérrez-Mosquera, H., Sujitha, S. B., Jonathan, M. P., Sarkar, S. K., Medina-Mosquera, F., Ayala-Mosquera, H., ... Arreola-Mendoza, L. (2018). Mercury levels in human population from a mining district in Western Colombia. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 68, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.12.007>
- Cordy, P., Veiga, M. M., Salih, I., Al-Saadi, S., Console, S., Garcia, O., ... Roeser, M. (2011). Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Science of the Total Environment*, 410–411, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.006>
- Esdaile, L. J., & Chalker, J. M. (2018). The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold

- Mining. Chemistry - A European Journal. <https://doi.org/10.1002/chem.201704840>
- Bridge, G. (2004). CONTESTED TERRAIN: Mining and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 29(1), 205–259.
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.011503.163434>
- Veiga, M. M., Maxson, P. A., & Hylander, L. D. (2006). Origin and consumption of mercury in small-scale gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 14(3–4), 436–447.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.08.010>
- Mudd, G. M. (2008). Sustainability reporting and water resources: A preliminary assessment of embodied water and sustainable mining. *Mine Water and the Environment*, 27(3), 136–144.
<https://doi.org/10.1007/s10230-008-0037-5>
- Mudd, G. M. (2007). Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability. *Resources Policy*, 32(1–2), 42–56.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2007.05.002>
- Yaaba Baah-Ennumh, T., & Forson, J. A. (2017). The impact of artisanal small-scale mining on sustainable livelihoods. *World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 13(3), 204–222. <https://doi.org/10.1108/WJEMSD-09-2016-0042>
- Segura-Salazar, J., & Tavares, L. M. (2018). Sustainability in the minerals industry: Seeking a consensus on its meaning. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su10051429>
- Hilson, G. (2002). The environmental impact of small-scale gold mining in Ghana. *Geographical Journal*, 168(1), 57. <https://doi.org/10.1111/1475-4959.00038>
- Dizdaroglu, D., & Yigitcanlar, T. (2014). A parcel-scale assessment tool to measure sustainability through urban ecosystem components: The MUSIX model. *Ecological Indicators*, 41, 115–130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.037>
- HILSON, G. (2001). PUTTING THEORY INTO PRACTICE: HOW HAS THE GOLD MINING INDUSTRY INTERPRETED THE CONCEPT OF SUSTAINABLE

- DEVELOPMENT? *Mineral Resources Engineering*, 10(04), 397–413.
<https://doi.org/10.1142/S0950609801000725>
- Seccatore, J., Marin, T., De Tomi, G., & Veiga, M. (2014). A practical approach for the management of resources and reserves in Small-Scale Mining. *Journal of Cleaner Production*, 84(1), 803–808. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.031>
- Mudd, G. M. (2007). Gold mining in Australia: linking historical trends and environmental and resource sustainability. *Environmental Science and Policy*, 10(7–8), 629–644.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2007.04.006>
- Whitmore, A. (2006). The emperors new clothes: Sustainable mining? *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.005>
- Wilson, M. L., Renne, E., Roncoli, C., Agyei-Baffour, P., & Tenkorang, E. Y. (2015). Integrated assessment of artisanal and small-scale gold mining in Ghana — Part 3: Social sciences and economics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
<https://doi.org/10.3390/ijerph120708133>
- Valdivia, S., & Ugaya, C. M. L. (2011). Life Cycle Inventories of Gold Artisanal and Small-Scale Mining Activities in Peru. SSRN. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00379.x>
- Asamoah, E. F., Zhang, L., Liang, S., Pang, M., & Tang, S. (2017). Emergy perspectives on the environmental performance and sustainability of small-scale gold production systems in Ghana. *Sustainability (Switzerland)*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/su9112034>
- Kumah, A. (2006). Sustainability and gold mining in the developing world. *Journal of Cleaner Production*, 14(3–4), 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.08.007>
- Dizdaroglu, D., & Yigitcanlar, T. (2016). Integrating urban ecosystem sustainability assessment into policy-making: insights from the Gold Coast City. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(11), 1982–2006. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1103211>
- Yigitcanlar, T., Dur, F., & Dizdaroglu, D. (2015). Towards prosperous sustainable cities: A

- multiscalar urban sustainability assessment approach. *Habitat International*, 45(P1), 36–46.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.033>
- Fuisz-Kehrbach, S. K. (2015). A three-dimensional framework to explore corporate sustainability activities in the mining industry: Current status and challenges ahead. *Resources Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.009>
- Hilson, G., & Murck, B. (2000). Sustainable development in the mining industry: Clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*, 26(4), 227–238. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(00\)00041-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(00)00041-6)
- Antwi, Effah Kwabena Antwi, E. K., Owusu-Banahene, W., Boakye-Danquah, J., Mensah, R., Tetteh, J. D., Nagao, M., & Takeuchi, K. (2017). S. assessment of mine-affected communities in G. towards ecosystems and livelihood restoration. S. S. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0474-9>, Owusu-Banahene, W., Boakye-Danquah, J., Mensah, R., Tetteh, J. D., Nagao, M., & Takeuchi, K. (2017). Sustainability assessment of mine-affected communities in Ghana: towards ecosystems and livelihood restoration. *Sustainability Science*, 12(5), 747–767. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0474-9>
- Yakovleva, N., & Vazquez-Brust, D. A. (2018). Multinational mining enterprises and artisanal small-scale miners: From confrontation to cooperation. *Journal of World Business*, 53(1), 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2017.08.004>
- Egidarev, E. G., & Simonov, E. A. (2015). Assessment of the environmental effect of placer gold mining in the Amur river basin. *Water Resources*, 42(7), 897–908.
<https://doi.org/10.1134/S0097807815070039>
- Calderon, A., Harris, J. D., & Kirsch, P. A. (2016). Health interventions used by major resource companies operating in Colombia. *Resources Policy*, 47, 187–197.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.02.003>
- Whitmore, A. (2006). The emperors new clothes: Sustainable mining? *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.005>

Power, M., & McCarty, L. S. (2002). Trends in the development of ecological risk assessment and management frameworks. In *Human and Ecological Risk Assessment* (Vol. 8, pp. 7–18). <https://doi.org/10.1080/20028091056683>

Olivero, J. (2013). EFECTOS DE LA MINERÍA EN COLOMBIA SOBRE LA SALUD HUMANA. *Conciencia Humana*, 44. Retrieved from <http://concienciaciudadana.org/wp-content/uploads/2017/06/Efectos-de-la-Minería-en-Colombia-sobre-la-Salud-Humana-Jesús-Olivero-Verbel.pdf>

SIMCO. (2017). ESTUDIO DE LA CADENA DEL MERCURIO EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN LA ACTIVIDAD MINERA DE ORO. Retrieved from http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Cadena_Mercurio_Tomo_II.pdf

Dietz, K., & Engels, B. (2017). Contested extractivism: Actors and strategies in conflicts over mining. *Erde*, 148(2–3), 111–120. <https://doi.org/10.12854/erde-148-42>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Espec, C., CVC, García Gómez, Á. G., Esquivia Zapata, M., Parra Pizarro, A., ... CIAT-CGIAR-CVC. (2013). La Explotación Ilicita de los Recursos Minerales en Colombia. Informe Contraloría General de La República, 12(1), 31. <https://doi.org/86113-059-05>

Alternativas para extraer oro sin usar mercurio serán implementadas en Chocó (2015). Universidad Nacional de Colombia: minas.medellin.unal.edu.co
<https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/235-alternativas-para-extraer-oro-sin-usar-mercurio-seran-implementadas-en-choco>

Generales, D. (2013). Chocó ficha departamental 27-12-2013. Pensamiento, L. De. (2017). Locomotora de Pensamiento Compendio para la Calidad de la Educación en el Departamento del Chocó.

Ministerio de Minas y Eenergía (S.F). Regalías-Conceptos básicos:
<https://www.minminas.gov.co/regalias>

Ministerio de Educación.(2017). Balance 2017 Colombia sigue avanzando hacia una educación de calidad y con igualdad de oportunidades: <http://es.presidencia.gov.co/noticia/171227-Balance-2017-Colombia-sigue-avanzando-hacia-una-educacion-de-calidad-y-con-igualdad-de-oportunidades>.

World Wildlife Fund for Nature. (2017). Colombia Viva: Un país megadiverso de cara al futuro. Recuperado de:
http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/colombia_viva__informe_2017_1.pdf

Ministerio de Hacienda.(2016). Congreso aprueba Presupuesto General de la Nación 2017 por \$224,4 billones:
http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ShowProperty?nodeId=%2FOCS%2FPMHCP_WCC-059064%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased

Ley N° 1658. Congreso de Colombia, Bogotá, Colombia, 15 de Julio de 2013.

Ministerio de minas. (2016). MinMinas acompañó lanzamiento de 'COLOMBIA VALE ORO':
<https://www.minminas.gov.co/historico-de-noticias?idNoticia=23890518>

Redondo, J., M. (2012). Modelado de Mercados de Electricidad, <https://core.ac.uk/download/pdf/17037237.pdf>