

ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR LA
EXPLOTACIÓN MINERA EN SOCAVÓN.

ANGELICA CHIQUILLO ARISMENDY

Código: 1004794949

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA

2020

ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR LA
EXPLOTACIÓN MINERA EN SOCAVÓN.

ANGELICA CHIQUILLO ARISMENDY

Código 100474049

Trabajo de grado presentado para optar al título de ingeniera ambiental.

Director: Juan Carlos Rojas.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA

2020

Tabla contenido

	Pág.
Introducción	6
Glosario	7
Descripción de la problemática ambiental del sector minero caso carbón en Colombia.	
Calidad Ambiental e Impacto Ambiental.	11
Indicadores de Impacto Ambiental	15
Metodologías de evaluación del impacto ambiental.	16
Metodología Cualitativa.	19
Casos representativos de afectaciones por la minería en el territorio colombiano.	23
Del impacto ambiental de la minería al desastre ambiental.	26
Minería a gran escala.	30
Impacto ambiental de procesamiento del mineral chancado y molienda de mineral.	43
Las alteraciones ambientales en los sistemas naturales durante el ciclo de explotación y el cierre o abandono posterior.	45
La explotación subterránea o de socavón	59
Impactos ambientales asociados con la actividad minera en Colombia e importancia de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en las empresas del sector.	64
Teorías sobre gestión ambiental.	67
Conclusiones	70
Referencias	71

Lista tablas

<i>Tabla 1. Componentes Ambientales en la metodología de valoración cualitativa.</i>	21
<i>Tabla 2. Algunos casos de minería en las regiones de Colombia cuyos impactos ambientales han sido fuente de desastre.</i>	24
<i>Tabla 3. Efectos directos e indirectos derivados de la creación de un botadero.</i>	54
<i>Tabla 4. Alteraciones en la atmósfera.</i>	54
<i>Tabla 5. Alteraciones sobre el agua superficial.</i>	55
<i>Tabla 6. Alteraciones de los suelos.</i>	56
<i>Tabla 7. Alteraciones sobre la flora y fauna.</i>	57
<i>Tabla 8. Alteraciones en los procesos geofísicos</i>	58
<i>Tabla 9. Alteraciones de la morfología y del paisaje.</i>	58
<i>Tabla 10. Impactos de la minería ilegal en Colombia.</i>	66

Lista figuras

	Pág.
<i>Figura 1: Relación entre los impactos ambientales de la minería y el desastre.</i>	27
<i>Figura 2. Algunos estudios realizados en Colombia con relación a la minería del carbón</i>	41

Introducción

La minería es una actividad económica de gran auge, dada la constante demanda de recursos minerales en el mundo en el sector industrial, y que tiene mayor impacto ambiental debido a sus métodos de exploración y extracción genera grandes afectaciones medioambientales, que impactan de manera negativa en los lugares donde se desarrolla la explotación minera, sin importar el tamaño de la misma, o la modalidad legal e ilegal en que se desarrolla dicha actividad.

Alrededor del mundo, existe clara evidencia de los impactos medioambientales negativos directos e indirectos en los diferentes ecosistemas, deteriorando a su vez la calidad de vida de las diferentes comunidades, sin que exista una responsabilidad social de tales acciones. En el mismo orden de ideas, los costes son indeterminados, dada la afectación ecosistémica que ocasiona la actividad industrial de extracción minera.

La presente monografía, se realiza un análisis cualitativo de los impactos ambientales por la explotación minera en socavón, para lo cual se realiza una búsqueda bibliográfica a través de Internet en las bibliotecas de diferentes universidades del contexto internacional y nacional y artículos en revistas indexadas, donde se plasman las diferentes problemáticas ambientales presentadas en los lugares donde se desarrolla la actividad minera.

Glosario.

Acuífero: “1. Formaciones rocosas que contienen agua en cantidades recuperables. 2. Zona terrestre con rocas permeables capaces de retener cantidades de agua que pueden ser explotables. Si su parte superficial está en contacto con la atmósfera, se denomina acuífero libre; si está cubierto por rocas impermeables y el agua retenida está a presión mayor que la atmosférica, se denomina acuífero confinado” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Agregados: “Son todos aquellos materiales líticos que debidamente fragmentados y clasificados sirven para incorporarse a un hormigón (llámese asfáltico o hidráulico) para efectos básicamente de llenante o para ocupar un volumen; además, tienen utilidad en otros usos ingenieriles debido a sus características físicas como en enrocado de presas, obras de protección de costas y márgenes de ríos y mares. Hacen parte de los agregados las arenas, las gravas y los triturados” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Aire (industria minera) En minas, el aire atmosférico al ingresar a la mina sufre cambios en su composición. El N₂ sube, el O₂ baja, aumenta el CO₂ y también se produce un aumento del vapor de agua, y existe generación de otros gases y polvos que también se suman a esta nueva composición, debido a: respiración de los hombres; equipos de combustión interna; voladuras e incendios (explosivos nitrosos, anfo); descomposición de sustancias o materias minerales u orgánicas; presencia de aguas estancadas; operaciones básicas de la explotación; empleo de lámparas de carburo (C₂H₂); talleres de soldadura y otros (humos nitrosos) Ministerio de Minas y Energía 2003).

Aluvión: “Depósitos dejados por las corrientes fluviales. Ocurren cuando la corriente pierde capacidad de carga de sedimentos y no los puede transportar y los deposita. Cubre todos los tamaños de grano. La acumulación puede ocurrir dentro o fuera del cauce” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Amalgamación: “Procedimiento de concentración en el que los metales nativos se separan de los minerales no metálicos de la ganga mediante un mojado selectivo de las superficies metálicas por el mercurio” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Aprovechamiento ilícito de recursos mineros: “Consiste en el beneficio, el comercio o la adquisición, a cualquier título, de minerales extraídos de áreas no amparadas por un título minero vigente” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Contaminación 1. Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos. 2. Descarga artificial de sustancias o energía en una concentración tal que produce efectos perjudiciales sobre el medio, incluido el hombre. Puede tener origen natural, pero, por lo general, es antrópico. Como producto de la actividad agrícola se puede presentar como residuos de pesticidas o sus metabolitos o acumulación de fertilizantes. Otras actividades industriales y urbanas promueven la acumulación de metales pesados, residuos radiactivos y de hidrocarburos. Su presencia en el suelo implica la probabilidad de ser fijados por las plantas y de penetrar la cadena trófica, hasta llegar al hombre. (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Contaminación ambiental: “Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente, en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Desarrollo (minería subterránea) 1. Preparación de una propiedad o área minera, susceptible de ser explotada por métodos de minería subterránea, de tal forma que el depósito pueda ser analizado y estimar sus reservas. El desarrollo es una etapa intermedia entre la exploración y la extracción propiamente dicha y comprende las labores mineras encaminadas a crear los accesos y vías internas dentro del depósito con el fin de preparar la extracción y el transporte del mismo. Los desarrollos pueden ser: desarrollo productivo o desarrollo improductivo. (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) 1. Documento técnico que debe presentar el titular del proyecto del cual se efectuará la declaración de impacto ambiental, que es recopilado antes de iniciar un proyecto; este estudio examina los efectos que tendrán las actividades del proyecto sobre las áreas circundantes naturales de un terreno. 2. Instrumento de planificación ambiental para la toma de decisiones con respecto al desarrollo de acciones o proyectos, exigido por la autoridad ambiental, carácter preventivo, cuyo propósito es identificar, valorar y definir las medidas de preservación, mitigación, control, corrección y compensación de los impactos o consecuencias, y efectos ambientales que las acciones de un proyecto, obra o actividad pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. El contenido del E.I.A. es: a) Resumen del E.I.A., b) Descripción del proyecto, c) Descripción de los procesos y las operaciones, d) Delimitación, caracterización y diagnóstico de las condiciones ambientales de las áreas de influencia, e) Estimación y evaluación de impactos ambientales, f) Plan de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y compensar posibles impactos. Debe incluir plan de seguimiento y monitoreo, y plan de contingencia. (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Evaluación de impacto ambiental 1. Estudio técnico de carácter multidisciplinario, encaminado a predecir, identificar, valorar y corregir los efectos o impactos ambientales que sobre el medio producen determinadas obras, instalaciones y actividades. 2. Es el procedimiento a través del cual, las autoridades ambientales autorizan proyectos específicos, así como las condiciones a las que se sujetarán los mismos para la realización de las obras, las actividades o los aprovechamientos, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos en el ambiente. (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Mina: 1. “Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, la cual puede ser a cielo abierto, en superficie o subterránea. 2. Yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional. 3. El Código de Minas define "mina" como el yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útiles y aprovechables económicamente, ya se encuentre en el suelo o el subsuelo” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Mina abandonada: “1. Operación minera que se encuentra clausurada. 2. Excavación, derrumbada o sellada, que ha sido abandonada y en la cual no se pretende llevar a cabo operaciones mineras futuras” (Ministerio de Minas y Energía 2003). Mina activa: “Mina en la cual actualmente se adelantan labores de explotación” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Mina inactiva: “Denominación que se da a una mina, si actualmente se encuentra en cese debido a circunstancias como paros, problemas económicos, pero hay, por ejemplo, vigilancia de la mina y labores de mantenimiento de equipos” (Ministerio de Minas y Energía 2003).

Análisis cualitativo de los impactos ambientales por la explotación minera en socavón.

Este estudio es de carácter cualitativo descriptivo. Primero se realizó una búsqueda bibliográfica en torno a la temática minera,

Descripción de la problemática ambiental del sector minero caso carbón en Colombia.

Acero (2018) menciona lo siguiente:

Desde tiempos remotos la minería en Colombia, ha sido uno de los principales procesos productivos y el de mayor expansión en el territorio, sin embargo, al ser uno de los procesos con mayor demanda y de presentación en el país, el desarrollo de la misma conlleva alteraciones medio ambientales y sociales.

De acuerdo a diversos estudios realizados por entidades gubernamentales ambientales del país, si las actividades mineras no se llevan de acuerdo a los principios normativos y de precaución, esta genera una gran variedad de impactos ambientales significativos, con base en estos estudios se puede definir que la minería causa impactos ambientales asociados al deterioro y transformaciones en los recursos hídrico, edáfico, geológico, atmosférico, biótico y socioeconómico, algunos de los impactos asociados son prevenibles, pero por otra parte se presenta impactos ambientales que son irreparables o inevitables (Lilo, 2011).

Dentro de los principales impactos ambientales producto de la minería subterránea de carbón, podemos identificar: en el recurso hídrico, se presentan descargas de vertimientos conocidos como drenaje ácido de mina (DAM), el cual genera acidificación en los cuerpos hídricos y cambios de las características físico químicas, por precipitación de metales pesados en especial hierro, esto a su vez, genera impacto en el recurso suelo, por dinámicas de escorrentía e infiltración (Aduvire, 2006) [5]; con respecto a los impactos edafológicos y en conjunto con la reestructura geológica que se realiza para el arranque de material, se evidencian impactos relacionados con subsidencias y hundimientos en el terreno, el conjunto de estos elementos inciden en el suelo activando procesos erosivos en las capas edafológicas de la zona de explotación. A su vez, el componente edáfico, se

puede ver afectado por elementos contaminantes relacionados con la generación e inadecuada disposición de residuos sólidos, los cuales de acuerdo a su caracterización, pueden ser estimados como convencionales, metálicos (chatarra) y peligros, sin embargo, también se presenta residuos especiales, haciendo referencia a restos de madera y material estéril, los cuales se originan como elementos residuales propiamente del proceso de extracción del carbón, estos residuos requieren de un almacenamiento y disposición específicas, puesto que por acción de agua lluvias pueden generar impactos sinérgicos en los componentes suelo y agua, por dinámicas de lixiviación, escorrentía e infiltración. Respecto a los elementos asociados al componente atmosférico, la minería subterránea presenta impactos relacionados con la emisión de material particulado especialmente en las etapas de transporte, cargue, descargue y almacenamiento del material mineral extraído (carbón) (Guías Minero Ambientales, 2005).

Otro de los aspectos relevantes de los impactos ambientales que genera la extracción minera de carbón, es lo relacionado con la afectación a las dinámicas ecosistémicos del área de influencia directa del desarrollo del proyecto, estas se asocian directamente con el deterioro de los elementos florísticos y faunísticos de la zona, causando principalmente cambios en las dinámicas migratorias de las especies presentes en el área, a su vez, también se presenta reemplazo de especies florísticas nativas del ecosistema por especies forestales, cual también se ve relacionado con aspectos de deterioro del componente edafológico.

Martínez (2010) del trabajo de maestría titulado: Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia, (p 44, 45, 46) se transcribe lo siguiente:

Calidad Ambiental e Impacto Ambiental.

Teniendo en cuenta que el concepto de ambiente es entendido como el conjunto de interacciones entre el sistema humano y el sistema natural y que estas interacciones pueden generar cambios, es pertinente, revisar el concepto de calidad ambiental, que está intrínsecamente ligado al concepto de impacto ambiental

Cada vez que se presenta una interacción entre el sistema humano y el sistema natural se pueden generar cambios al interior de cada uno de ellos. Estos cambios pueden ser percibidos a

través de la pérdida o mejora de la calidad ambiental en cualquiera de los sistemas y la manifestación de esta pérdida o mejora es lo que denominamos impacto ambiental.

El término calidad ambiental se utiliza a menudo para referenciar el estado de un determinado sistema o componente, v.gr. calidad de vida, calidad del agua, calidad del suelo, calidad del aire, etc. El concepto es usado en un escenario comparativo donde se define un patrón o nivel de referencia y depende del punto de vista que se tenga en cuenta para realizar la calificación o evaluación, así como de los indicadores que se utilicen. La calidad ambiental, de manera general, se define como el mantenimiento de la diversidad biológica, la salud pública y la calidad del aire, el agua y el suelo en niveles suficientes para preservar la vida y el bienestar humano (Carta de Aalborg de 1994; Fernández, 2009).

Johnson (1997), define la calidad ambiental como el conjunto de propiedades y características del medio ambiente que afectan a los seres humanos y otros organismos. Es la medida de la condición de un entorno en relación con los requisitos de una o más especies y/o cualquier necesidad humana.

El mantenimiento del nivel de calidad ambiental en los sistemas naturales y el mejoramiento en los sistemas humanos se relacionan con los objetivos de la EIA, por este motivo la identificación y valoración de impactos se ajustan a los principios del desarrollo sostenible adoptados en la Conferencia de las Naciones Unidas, Estocolmo, 1972 y Río de Janeiro, 1992.

Los cambios en la calidad ambiental del factor o componente evaluado deben ser identificados y posteriormente valorados para determinar su importancia. En este sentido, el nivel de alcance y la esencia de la EIA se basan en el concepto de impacto ambiental.

Según el Diccionario de la Lengua Española, Impacto Ambiental (IA) es el conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades (DRAE, 2003).

Wathern (1998), hace énfasis en el análisis de los impactos mediante el cambio de parámetros ambientales en un periodo de tiempo específico y sobre un área definida como resultado de una

actividad antrópica particular, así como en la necesidad de diferenciar impacto ambiental de efecto ambiental; este último concepto hace referencia a los cambios naturales o inducidos por el hombre en el ambiente biogeofísico, y los impactos como las consecuencias de estos cambios (Toro, 2009).

Garmendia (2005), define impacto ambiental como la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Dicha alteración puede ser favorable o desfavorable por lo que no necesariamente el término impacto implica negatividad.

Conesa (1997), explica el concepto de impacto ambiental definiéndolo como la diferencia entre la calidad ambiental del componente o factor ambiental en el escenario futuro con el proyecto en ejecución y el escenario futuro si el proyecto no hubiese sido ejecutado.

La ONU, en el Convenio sobre EIA en un contexto transfronterizo amplía la definición incluyendo los efectos sobre la salud, la seguridad de los seres humanos, los monumentos históricos u otras estructuras material” (ONU, 1994).

Reyes, Galván y Aguiar (2005) respecto al concepto de contaminación citan a el ecólogo Odum (1986) definió la contaminación como un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el suelo y el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana y la biodiversidad, los procesos industriales, las condiciones vitales del hombre y su acervo cultural, además de generar el deterioro y agotamiento de los recursos de la naturaleza.

Es decir, toda actividad de tipo extractiva que se realiza genera impactos negativos sobre el entorno, por lo cual es importante evaluar el impacto ambiental que causa determinada actividad, dado que en muchas cosas ocasiones los planes de manejo ambiental no cumplen con los parámetros exigidos, para mitigar los efectos negativos al medio ambiente, generando contaminación.

Indicadores de Impacto Ambiental

Siguiendo con lo expuesto por Martínez (2010 p 46, 47)

En el proceso de valoración de los impactos es necesario utilizar criterios que garanticen una medición adecuada del cambio o alteración sobre el factor o componente ambiental. De esta manera, la magnitud del impacto puede ser determinada a través del uso de indicadores de impacto ambiental.

Un indicador de impacto ambiental es aquél que transmite información sobre el estado del factor o componente ambiental y se utiliza para determinar el cambio en la calidad ambiental asociado a una determinada acción (Gallopín, 1997, Segnestam, 2002, Garmendia, 2005). De acuerdo a las relaciones de causalidad pueden existir indicadores de causa que permiten identificar la situación que origina el cambio en el factor, indicadores de efecto, que permiten identificar los cambios generados en el factor y los indicadores de calidad ambiental que combinan todas las variables para determinado el estado del factor.

Los indicadores de impacto ambiental pueden tener un carácter cualitativo o cuantitativo dependiendo del factor que se esté evaluando. Los indicadores de carácter cuantitativo se pueden expresar numéricamente, este es el caso de los índices, en los cuales se requiere del uso de funciones de transformación y de técnicas de muestreo que permitan cuantificar o correlacionar las variables analizadas con el estado del factor ambiental. Por su parte, los indicadores cualitativos utilizan conceptos de valoración calificativa en los cuales el estado de la variable puede ser evaluado como excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, entre otros. Este tipo de calificación, propia de los métodos cualitativos, puede utilizar de manera paralela sistemas de rangos que finalmente permiten clasificar los impactos en una escala numérica (Gallopín, 1997, Conesa 1997).

Metodologías de evaluación del impacto ambiental.

Cuentas (2009) en su trabajo de maestría titulado: Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno, referencia lo siguiente:

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental corresponden a enfoques que desarrollan la identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales de un proyecto.

Los métodos y técnicas usualmente aceptadas, están destinados a medir tanto los impactos directos que involucran pérdida parcial o total de un recurso o el deterioro de un componente ambiental, como la acumulación de impactos ambientales y la inducción de otros potenciales. (Espinoza, 2002. p.157.)

Los métodos se basan en la experiencia colectiva acumulada, y su selección correcta elimina errores en los análisis. Muchos de ellos han sido ajustados para incrementar su eficiencia y exactitud.

La selección de la metodología debe ajustarse a los tipos de impactos esperados, una buena metodología es aquella que enfoca los impactos de manera objetiva, los métodos deben seleccionarse caso a caso. No existe una metodología mejor que otra. Es recomendable la combinación de varias de ellas, pues resulta más útil en la evaluación del impacto ambiental.

Según Espinoza, los factores que debe considerarse en la selección de los métodos o técnicas a emplear se basan en:

El tipo de proyecto

El tamaño del proyecto

Las alternativas existentes en el proyecto

La naturaleza de los impactos

La experiencia del equipo de trabajo

Los recursos disponibles (información, especialistas, equipos, etc.)

La experiencia del equipo

La legislación existente

La participación ciudadana, entre otros.

Canter y Sadler, en 1997, clasificaron las metodologías para la evaluación de impacto ambiental en 22 grupos listados alfabéticamente:.

1. Análogos (estudio de casos)
2. Listas de chequeo simple
3. Listas de chequeo enfocadas a decisiones
4. Análisis costo – beneficio ambiental
5. Opinión de expertos
6. Sistemas expertos
7. Índices o indicadores
8. Pruebas de laboratorio y modelos a escala
9. Evaluación de paisajes
10. Revisión de literatura
11. Balances de masa (inventarios)
12. Matrices de interacción
13. Monitorización
14. Estudios de campo
15. Redes
16. Sobreposición de mapas con SIG
17. Montajes de fotografías
18. Modelización cualitativa (conceptual)
19. Modelización cuantitativa (matemática)
20. Evaluación de riesgo
21. Construcción de escenarios
22. Extrapolación de tendencias

Método de Leopold Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos en los años 70 por el Dr. Luna B. Leopold y colaboradores, inicialmente fue diseñado para la evaluación de los impactos ambientales generados por proyectos mineros¹, fue aplicada posteriormente en proyectos de construcción; es útil para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales. Se desarrolla una matriz con el fin de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto.

La matriz de Leopold consiste en un listado de 88 componentes ambientales susceptibles de ser impactados y 100 acciones o actividades que pueden causar impactos ambientales.

Estos parámetros están ordenados en un primer nivel según los 18 “componentes ambientales” siguientes:

Especies y poblaciones Suelo

Hábitat y comunidades Biota

Ecosistema Objetivos artesanales

Contaminación del agua Composición

Contaminación atmosférica Valores educacionales y científicos

Contaminación del suelo Valores históricos

Contaminación por ruido Cultura

Aire Sensaciones Agua Estilos de vida (patrones culturales)

Estos componentes ambientales se agrupan en 4 “categorías ambientales”:

Ecología

Contaminación

Aspectos estéticos

Aspectos de interés humano

¹ El ejemplo que propone Leopold al exponer su metodología, es la evaluación del impacto ambiental de una mina de fosfato en California.

Los niveles de información progresiva que se requiere son: Categorías Componentes
Parámetros Medidas

Estos cuatro niveles van en orden creciente a la información que aportan: el primer nivel (categorías) es el que aporta menos información; en el tercer nivel (parámetros) cada factor representa un aspecto ambiental con significado (este es el nivel en que se basa el sistema).

Metodología Cualitativa.

Acorde a Martínez (2010). Las metodologías de valoración cualitativa son ampliamente utilizadas para la EIA y se fundamentan en el uso de atributos o cualidades con los cuales se pueden calificar los impactos de cada una de las alternativas de un proyecto, asignando valores prefijados según esa cualidad sea alta, media o baja. Los valores obtenidos para cada impacto pueden volver a reflejarse en una matriz de cruce entre acciones y factores, denominada matriz de importancia (Garmendia, 2005).

La metodología cualitativa corresponde a un método matricial que se ha hecho común porque combina la evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa. Básicamente, se fundamenta en la metodología de matrices causa-efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y de la metodología del Instituto Battelle-Columbus con resultados cuantitativos (Conesa, 1997).

Conesa (1997), resume la metodología cualitativa en los siguientes pasos:

1. Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes
2. Identificación de los factores del medio potencialmente impactados
3. Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio, elaboración de la matriz de importancia y valoración cualitativa del impacto.
4. Valoración Cualitativa de las acciones y los factores ambientales

1. Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes En esta fase se deben identificar las acciones susceptibles de producir impactos para las fases de construcción, operación y de ser necesario para la fase de abandono del proyecto. Para la identificación de las acciones, se deben diferenciar los elementos del proyecto de manera estructurada, atendiendo los siguientes aspectos:

Acciones que modifican el uso del suelo por nuevas ocupaciones y/o por desplazamiento de la población.

Acciones que generan emisión de contaminantes a la atmósfera, a las aguas superficiales y subterráneas y/o al suelo.

Acciones derivadas del almacenamiento de residuos dentro del núcleo de la actividad, por el transporte, en vertederos y/o almacenes especiales

Acciones que implican sobreexplotación de materias primas, consumos energéticos y/o consumos de agua.

Acciones que implican subexplotación de recursos agropecuarios y/o faunísticos.

Acciones que actúan sobre el medio biótico generando efectos de emigración, disminución y/o aniquilación de especies

Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje por cambios en la topografía, el suelo, la vegetación y/o el agua.

Acciones que repercuten en las infraestructuras.

Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.

Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Finalmente, el número de acciones para cada caso en particular puede verse aumentado o reducido de acuerdo a las características y al nivel de complejidad del proyecto que se esté evaluando.

2. Identificación de los factores del medio potencialmente impactados El ambiente que funciona como un sistema, para fines de facilitar el proceso de evaluación, debe ser dividido en subsistemas, componentes ambientales y finalmente en factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

El objetivo de esta fase consiste en identificar finalmente los factores ambientales con la finalidad de detectar los aspectos del ambiente sobre los cuales pueden ocurrir cambios positivos o negativos ante las acciones del proyecto en sus diferentes fases. Para identificar los factores ambientales, Conesa (1997), sugiere un modelo de dos sistemas, cinco subsistemas y doce componentes ambientales, que facilitan el manejo de la metodología.

Tabla 1. Componentes Ambientales en la metodología de valoración cualitativa.

Sistema ambiental	Subsistema ambiental	Componente ambiental
Medio físico	Medio inerte	Atmosfera
		Suelo
		Agua
	Medio biótico	Flora
		Fauna
	Medio perceptual	Paisaje
Medio socioeconómico y cultural	Medio sociocultural	Uso del territorio
		Cultura
		Infraestructura
		Humanos y estéticos

	Medio socioeconómico	Economía
		Población

Fuente: Conesa, 1997

3. Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio, elaboración de la matriz de importancia y valoración cualitativa del impacto. Una vez que han sido identificados las acciones del proyecto y los factores ambientales susceptibles de ser impactados, se procede al análisis de las interacciones medio-acción, que dará como resultado la identificación de los impactos. A partir de esta fase del proceso, se inicia la Valoración Cualitativa propiamente dicha (Toro 2009)

4. Valoración Cualitativa de las acciones y los factores ambientales En esta etapa se lleva a cabo una valoración cualitativa de cada una de las acciones que han sido causa de impacto y a su vez de los factores que han sido impactados (Conesa, 1997).

Ponderación de los factores ambientales Los factores ambientales presentan importancias distintas, en cuanto mayor o menor sea su contribución a la situación ambiental. Considerando que cada factor representa sólo una parte del ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos se puedan analizar en conjunto para tener una dimensión de la situación general. Por este motivo es necesario llevar a cabo la ponderación de los factores ambientales, teniendo en cuenta la contribución a la situación del ambiente, estos valores de ponderación se usarán el cálculo del Impacto Ambiental Total (Toro, 2009)

Casos representativos de afectaciones por la minería en el territorio colombiano.

Vera (2018) en el artículo titulado: La minería en Colombia: del impacto al desastre, reseña lo siguiente:

Según Cuevas (2015a), una investigación realizada en Colombia, Ecuador, Brasil, Perú y Bolivia revela cómo la expansión de la extracción ilegal de oro no solo está degradando parte de

la reserva de biodiversidad más importante del mundo sino modificando drásticamente la vida de sus habitantes, en ese sentido podemos destacar que según un estudio realizado por Naciones Unidas y los Ministerios de Minas y de Ambiente (El Espectador, 2016), en Colombia, para ese entonces, el 60% de la minería de oro de aluvión (a cielo abierto) no se hacía bajo la normatividad vigente, mientras que el resto no contaba con licencias ambientales, o las licencias estaban en proceso de legalización o se estaban haciendo los contratos, solo el 2% de las licencias tramitadas cumplían todos los requisitos.

Sobre las consideraciones anteriores se puede mencionar ciertos casos de minería en algunas zonas de Colombia donde la minería legal o ilegal está produciendo alteraciones en el medio ambiente como contaminación de cuerpos de agua, desertización o desplazamiento de especies. Por ejemplo, en el caso del río Condoto, según Sánchez y Cañón (2010), la minería es probablemente la causante del mayor impacto en la calidad del río debido al aporte de sólidos, aceites y mercurio los cuales llegan a las fuentes hídricas y ocasionan problemas de sedimentación, aumento en la turbiedad, cambio en las características geomorfológicas y sobre todo afectación de la vida acuática.

En la misma línea para Pardo (2011), los pocos estudios realizados revelan que el 14 % de los ecosistemas del departamento del Cesar han sido afectados por la gran minería; los caudales de los ríos han disminuido o desaparecido, se han perdido tierras cultivables y se han destruido ecosistemas acuáticos. Como si fuese poco, en el Caribe la deforestación ha sido mucho mayor que en cualquier otra región, entre el 2000 y 2007, año tras año, en el Norte desaparecían 19 hectáreas (ha) por cada 1000, mientras que en el resto del territorio la tasa era de 5 ha por cada 1000. A su vez, en las zonas carboneras del Cesar se “talaban, anualmente, 46 hectáreas” (Sila, 214).

De otro lado, en los municipios de Cáceres y Zaragoza, departamento de Antioquia, el auge del oro fue tan grande que “desembocó en otro impacto de tipo social: el incremento exponencial de la población” (Defensoría del Pueblo, 2015); impacto que trajo consigo la descomposición social y el detrimento de la calidad de vida de las poblaciones afectadas.

En el territorio colombiano, en varias regiones, la actividad de la minería se ha mantenido y en otras va y viene; esta ha representado la forma de obtener recursos para un porcentaje de los pobladores que la ven como una forma de subsistencia y mantenimiento, de sostén diario para satisfacer sus necesidades básicas. Lo que resulta contradictorio porque, aunque genera un impacto positivo con la generación de empleo, y en el mejoramiento de la calidad de vida, a la vez esta actividad afecta el medio ambiente, ocasionando gravísimos impactos ambientales en varias zonas de nuestro país.

Tabla 2. Algunos casos de minería en las regiones de Colombia cuyos impactos ambientales han sido fuente de desastre.

Área	Mineral	Departamento	Impactos	Actividades
Cerro Matoso	Ferroníquel	Cesar	Desertización, desaparición de arroyos, afectación a la salud por polución de emisiones de carbón. Afectación de aguas marina	Transporte de ferroníquel, extracción del mineral
Santander de Quilichao	Oro	Cauca	Pérdida de la capa orgánica, contaminación de cuerpos de agua superficiales	Extracción del mineral
Río Dagua	Oro	Valle del Cauca	Modificación del cauce del río.	Extracción

			Alteración en la sociedad	
Río Condoto	Oro	Chocó	Cambio en las características físicas del agua. Afectaciones de salud	Extracción
Ciénega de Ayapel y río San Jorge	Oro	Córdoba	Cambio en las características fisicoquímicas del agua. Avalanchas e inundaciones	Plantas de beneficio.
Buenos Aires	Oro	Cauca	Afectación a la salud, envenenamiento	Plantas de beneficio
Fuentes hídricas, Caño muerto, Lizama, ríos Sogamoso y Magdalena.	Petróleo	Santander	Afectaciones de salud, olores, gases, destrucción de ecosistemas acuáticos.	Explotación de pozos de crudo.
Cerro el Tigre	Oro	Guanía	Supresión de flora y fauna, destrucción de ecosistemas	Tala para extracción de oro
Ríos Nechí y Bagre	Oro	Antioquia	Fragmentación de los ecosistemas	Dragado del río, uso de maquinaria pesada

La Raya, Montecristo y Achí (río Cauca)	Oro	Bolívar	Aumento en las concentraciones de mercurio en la fauna acuática	Plantas de beneficio de oro
Usme, río Tunjuelo	Material pétreo	Cundinamarca	Contaminación de aguas superficiales, riesgo sanitario. Deslizamientos de taludes	Explotación de canteras.
Amaga	Carbón	Antioquia	Subsidencia y pérdida de vidas	Extracción de carbón
Cerrejón	Carbón	Guajira	Desertización, desaparición de fuentes superficiales de agua	Extracción de carbón
Paz de Ariporo	Petróleo	Casanare	Pérdida de fauna	Extracción de hidrocarburos

Fuente: Vera (2018)

Del impacto ambiental de la minería al desastre ambiental.

Siguiendo con Vera (2018). los impactos ambientales son las alteraciones del aire, agua, suelo, flora y fauna ocasionadas por las acciones antrópicas y naturales que se generan en el planeta, y un desastre suele definirse como el resultado de la combinación entre la exposición a una amenaza natural o antrópica, las condiciones preexistentes de vulnerabilidad de la comunidad afectada por la amenaza y la insuficiencia de capacidad de la comunidad para hacer frente a las consecuencias negativas de la amenaza con sus propios recursos o medios. Por ejemplo, un desastre ambiental como la devastación acelerada de los bosques, trae consigo graves secuelas como la disminución

en la productividad de los suelos, la destrucción de nichos ecológicos, la pérdida de hábitats, el desplazamiento de especies y la pérdida de infiltración y fuentes de agua (Vera, 2018).

Es evidente entonces que un impacto ambiental que no es manejado adecuadamente (ver figura 1) puede convertirse en una amenaza o una situación, las cuales podrían poner en peligro la vida, salud, propiedad o medioambiente y afectarían a la sociedad en un entorno, así, en este mismo orden podríamos concebir que una amenaza, sin la preparación y prevención por parte de la comunidad, se podría convertir en desastre.

Figura 1: Relación entre los impactos ambientales de la minería y el desastre.

Fuente: Vera (2018)



Los desastres son impactos ambientales que varían ampliamente en términos espaciales y de volumen, razón por la cual su calificación es relativa y depende de la valoración social que la comunidad les asigne. Así mismo, los desastres de tipo ambiental son causados por el hombre en un ambiente natural, por ejemplo, la destrucción de páramos, humedales, ríos, ciénagas, selvas, océanos ya sea por falta de previsión, accidentes, incompetencia, uso indiscriminado o sin control de los recursos, o por atentados en la infraestructura energética del país. Existe una relación recíproca entre el deterioro del medio ambiente (impactos ambientales) y el peligro (situación que produce un nivel de amenaza), esto como ya sea mencionado antes sin una previa preparación de la comunidad puede convertirse en un desastre.

Muchos de estos descuidos, en el territorio colombiano, y el manejo de los impactos ambientales han llevado que fenómenos hayan desencadenado desastres, en los cuales se han perdido vidas, en el caso de la región de San Jorge en el en abril de 2009 “se presentó una avalancha en río San Jorge causada por la minería ilegal, la cual arrasó con el pueblo de San Juan en

Montelibano Córdoba” (Berrocal, 2012). De otro lado, la reconocida mina de carbón del Cerrejón en la Guajira “consume 24 millones de litros de agua por día, lo que ha ocasionado que más de la mitad de los arroyos y fuentes de agua que garantizaban la supervivencia de las comunidades indígenas y su ganado, principalmente cabras, se hayan quedado sin el vital líquido” (Emanuelsson y Emanuelsson, 2018), causando la muerte de 23 menores en el año 2013 y 15 en el 2014 por enfermedades provocadas por la falta de agua y la mala alimentación, según lo reportado por la Superintendencia de Salud.

La minería subterránea del carbón no se queda atrás en cuanto a tragedias en Colombia, la ANM, citada por Becerra (2017), afirmó que en los primeros cinco meses de 2017 se presentaron 28 emergencias mineras, que dejaron 23 fallecidos y 33 heridos. El 60% de esos accidentes ocurrió en minas de carbón, en el 2016 se registraron 114 emergencias mineras, con un saldo de 124 fallecidos, según el mismo informe. Respecto a lo anterior podemos citar otros casos significativos de tragedias que se han presentado en nuestro país a causa de la minería subterránea, por ejemplo, en el 2011, en el sector San Roque, Municipio de Sardinata Norte de Santander; según Vásquez (2011) los niveles de gas metano, sin que nadie sospechara, aumentaban constantemente, provocando una explosión que ocasionó la muerte de 14 mineros en la mina La Preciosa.

De otro lado, en la mina San Fernando en el municipio de Amaga, Antioquia, en el mes de junio del 2010 murieron 73 trabajadores, la causa fue, al parecer, acumulación de gases, también en esa mina en noviembre de 2008, una inundación en un túnel causó la muerte a 5 personas.

En el año 2009, en la mina la Orquídea en la zona rural de cerro León del Zulia, cerca de Cúcuta, murieron 6 trabajadores en un socavón de carbón al parecer por una explosión. Como puede verse en nuestro país periódicamente se presentan tragedias por el inadecuado manejo de este tipo de extracción, recientemente, ocurrió el caso de la mina de carbón en el municipio de Corrales, Boyacá donde perdieron la vida 8 trabajadores en diciembre del 2017.

Generalmente, estos incidentes ocurren por las mismas causas: las minas carecen de las mínimas condiciones de seguridad; escasas de material de apoyo o sostenimiento en los socavones; inexistencia de un control y supervisión estricto por parte del Estado y de las mismas empresas

mineras; la ilegalidad y la búsqueda de recursos para el sostenimiento de algunas comunidades generan la extracción de los minerales sin los más mínimos requisitos de funcionamiento que se deben aplicar para esta actividad.

Otro de los grandes problemas ambientales que puede generar la minería del oro es la utilización del mercurio, ya que es un material altamente contaminante y según la OMS (2017) es uno de los diez productos químicos que más provocan inconvenientes en la salud pública, en efecto se calcula que solamente en la región amazónica se “arroja anualmente el equivalente de 30 toneladas de mercurio” (Duque, 2017), así mismo según un estudio de la Universidad Externado son “más de 80 los ríos del país que están contaminados con mercurio” (Semana Sostenible, 2017).

En esa misma línea, la Defensoría encontró que en el aire de los pueblos mineros de Segovia, Zaragoza y Remedios el nivel de mercurio puede ser hasta mil veces más alto que el permitido. En el caso de Remedios se “descubrió que 15 personas han pedido trasplante de riñón por intoxicación con mercurio” (Ronderos, 2011). Diversos estudios señalan que la vía principal de exposición al mercurio elemental es por inhalación de sus vapores, cerca del 80% de los vapores inhalados son absorbidos por los tejidos pulmonares y este “vapor también penetra con facilidad la barrera de sangre del cerebro y su neurotoxicidad está bien documentada” (Zegarra, 2009)

El mercurio proveniente de los entables mineros no solo afecta la zona donde es vertido, sino también aquellas aguas ubicadas abajo de los mismos. Este, finalmente, llegaría a zonas agrícolas, de pesca y a fuentes de abastecimiento de agua potable, donde por lo general “las bocatomas, o sistemas de captación, se encuentran ubicadas más cerca de los sedimentos, donde es mayor la contaminación” (Díaz, 2014), y de esta manera se incrementa el nivel de amenaza o la probabilidad latente de que ocurra un hecho que produzca ciertos efectos que atenten contra la salud humana propiciando pérdidas por envenenamiento con mercurio, entonces es evidente que esta amenaza se convierte en desastre. En el país el problema continuará de no tomarse medidas rápidas con este fenómeno, ya que un estudio nacional del agua estimó que 205 toneladas de mercurio anualmente llegan a los ríos de Colombia, y el boom de la minería ilegal está convirtiendo los afluentes de 17 departamentos del país en “autopistas contaminadas” (Cuevas, 2015b).

Acorde a lo mencionado en los párrafos anteriores, la actividad industrial afecta de manera directa el medio ambiente, para el caso de la presente monografía, es realizar un análisis cualitativo de la explotación minera subterránea o de socavón desarrolla su actividad por debajo de la superficie a través de labores subterráneas, para lo cual se consultan diferentes investigaciones realizadas respecto al tema:

Minería a gran escala.

Palacios (2014, y 47 y ss) en su proyecto de investigación titulado: Estudio del impacto ambiental y social de la explotación minera en el municipio de Tadó del departamento del Choco Una mirada desde el trabajo social. referencia lo siguiente:

Este tipo de minería, dado el tamaño de sus operaciones, cuenta con el mayor nivel de formalización y legalidad. Adicionalmente, su proceso productivo es el más tecnificado y el que tiene mayores garantías de seguridad industrial. Cuenta con mano de obra calificada, capital de trabajo y fuentes de financiamiento, que le permiten desenvolverse de manera más competitiva que la minería en escalas más pequeñas. Se caracteriza por:

Industrialización del proceso productivo.

Explotación de minas de tamaño relevante.

Mano de obra calificada.

Alta productividad y mayor eficiencia en la explotación y procesamiento del mineral.

Mayor nivel de salarios e ingresos y seguridad social para los trabajadores.

Explotación posterior a la obtención de títulos mineros. 30

Altos niveles de seguridad industrial.

Políticas para la prevención y mitigación del impacto ambiental.

Capital de trabajo y mayor facilidad para la obtención de recursos financieros destinados a inversión. (Ortiz, 2012).

Se ha evidenciado el deterioro que deja el desarrollo de la actividad minera en el terreno que la trabajan, el daño que le ocasiona a la tierra es muy grande, ya que este ha dejado grandes hocos,

y pozos de aguas que se va convirtiendo en aguas negras produciendo mosquitos como el dengue y el paludismo, desplazamiento de especies y de campesinos que se dedican a la agricultura. El impacto ambiental ha sido muy grande aunque hay campañas sobre cuidar el medio ambiente, esta no se ven reflejadas, ya que la gran mayoría que trabaja esta actividad lo que le interesa es producir ganar y seguir extrayendo el mineral en los lugares que este está, sin importar el daño que ocasiona

Siguiendo con la autora sobre el impacto Ambiental de la Minería en Tadó del departamento del Choco, menciona lo siguiente:

Revisando la página principal del Municipio se ha encontrado que por el momento, no se hace referencia del impacto ambiental en la zona de la mina, este es un indicador que muestra la página principal del Municipio del Tadó que no cuentan con información del impacto ambiental que este demuestra. Con este se recurre a buscar directamente información del Departamento del choco sobre el impacto ambiental que genera la explotación minera donde se encuentra que, según un comunicado del blog Late Con Chocó informa que el impacto ambiental de da atreves de:

Las consecuencias que ha traído la minería artesanal y la pequeña minería de oro en el Chocó, básicamente recaen en la fragmentación del ecosistema, sus principales causas son: la contaminación de las fuentes hídricas, el aire y el suelo debido a la gran cantidad de mercurio que se utiliza para la explotación; la deforestación con el propósito de abrir campo para realizar minería a cielo abierto; contaminación de ríos y quebradas por el uso de aceites en el proceso de la explotación; erosión genética de la tierra, pérdida de fauna y flora, y la creación de pozos de agua estancada que generan el desarrollo de plagas.

El impacto ambiental que afecta inicialmente a los habitantes de la región y es más visible cuando la comunidad se alimenta de los recursos ambientales que han sido contaminados, como el consumo de agua con un elevado nivel de mercurio, que tiene como consecuencia enfermedades que afectan directamente a quienes se suministran de ella.

A su vez, todas estas transformaciones del ecosistema generan grandes impactos ambientales a nivel nacional, ya que se habla de Chocó como un territorio ambiental que mantiene en equilibrio los ciclos ecológicos y debido a su mal funcionamiento los cambios climáticos en el país se vuelven más radicales. (Recuperado 08/05/2014 de <http://lateconchoco.wordpress.com/2012/10/22/impacto-ambiental/>). Blog.

Por otra parte la Contraloría General de la Republica, hace referencia en que 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, y de manera especial, en alteraciones a sus relaciones y funciones eco-sistémicas.

La intervención con maquinaria pesada del cauce del río San Juan, de sus ríos afluentes y quebradas alteran las propiedades de residuo del agua evitando que sea consumible para la humanidad, conllevando a que las personas que viven alrededor de esta se desplacen a otros lugares donde el agua no esté contaminada.

Además, las instalaciones no cuentan tanques de tratamiento de aguas industriales para captar las sustancias químicas (mercurio o cianuro), que son utilizadas en el proceso de beneficio para la separación del oro en la clasificadora. Se pudo evidenciar gran cantidad de algunos pozos, que quedan una vez son abandonados de los sectores de explotación, se convierte en focos de vectores de enfermedades que ponen en riesgo la salud humana.

Se evidenció la emisión de gases contaminantes debido a la utilización de maquinaria pesada (retroexcavadora, dragas y mini dragas) y utilización de sustancias químicas en el proceso de explotación del oro en los cauces de los ríos San Juan.

Con la destrucción de bosque por tala indiscriminada se aceleran los procesos erosivos, y con ello se aumenta la sedimentación ocasionando la pérdida de navegabilidad y aumentando los costos de mantenimiento de los cauces y del tratamiento de agua para consumo humano.

Según el autor Torres 2010, esta fragmentación puede conllevar a diversos efectos sobre el ecosistema, entre los cuales están: la pérdida de la función amortiguadora del bosque sobre el clima local; alteración en los flujos hídricos como resultado del incremento en la escorrentía superficial; aumento en las tasas de erosión, con la consecuente degradación y pérdida de fertilidad de los suelos; aumento en la sedimentación de fuente hídricas; impacto a la supervivencia de los organismos acuáticos por alteración de sus hábitats, alterando su estructura física y sus ciclos; y la posible extinción de poblaciones y/o especies.

Así mismo el autor, explica que los procesos erosivos y fenómenos de inestabilidad como consecuencia de la pérdida de la cobertura vegetal y la tala de bosque ocasionada por la adecuación de las áreas de explotación. En general, en los sectores de interés se evidenció que la no ejecución de actividades encaminadas al manejo, control y mitigación ambiental de las afectaciones causadas por las actividades de explotación y beneficio que realizan en dichas zonas, han ocasionado que los impactos ambientales sean notorios sobre los componentes: suelo, aire y agua y el paisaje. (Torres, 2010).

El Municipio de Tadó es un pueblo en el cual la actividad minera predomina, alrededor de él se encuentran algunas empresas operando como lo son las la compañía minera Chocó Pacifico, Continental Gold de Colombia y Negocios Mineros S. A entre otras.

En esta actividad minera se encuentran trabajando alrededor de 200 personas, en Tadó se manejan dos formas de la minería, la artesanal y de pequeña escala, las empresas multifuncionales mineras legales han adquirido sus permisos para trabajar en este Municipio con maquinarias pesadas, como la retroexcavadora y las dragas, generando grandes huecos a la superficie terrestre ocasionando daños de los campos, disminución de etéreas, desplazamientos de especies y acumulación de aguas negras las cuales generan contaminación y reproducción de mosquitos que amenazan a la comunidad con enfermedades peligrosas que esta genera.

Aunque son empresas legales no todas cuentan con la seguridad ocupacional necesaria para sus empleados, pero tienen el conocimiento de los pasos que se deben seguir en caso de una emergencia.

Por otra parte, se cuenta con la minería artesanal, esta actividad es trabajada por los campesinos afro descendiente, colonos e indígenas, estos mineros temen desaparecer, debido a las grandes multinacionales que operan en este municipio, ya que se encuentran más desarrolladas con el uso de herramientas como las locomotoras que permiten desarrollar de una manera fácil esta actividad.

En el caso en concreto, sin importar el tipo de minería que se desarrolla en el municipio de Tadó, el impacto ambiental es difícil de cuantificar dado el evidente deterioro de los diferentes ecosistemas, así como los problemas sociales y de salud que padece la población del municipio por la actividad minera, sin que exista un plan de manejo ambiental integral para mitigar el impacto ambiental que deteriora día a día el medio ambiente.

En el mismo orden de ideas, Rocha (2018) en la Monografía de estudio: minería del carbón en Boyacá y sus impactos ambientales, se transcribe lo siguiente:

Boyacá debido a su ubicación en la región andina cuenta con una orografía bien variada. Con tierras planas del valle medio del río Magdalena, la cordillera oriental lo atraviesa de sureste a noreste lo que le otorga una completa topografía. Las condiciones geológicas han beneficiado al territorio con una gran variedad de manifestaciones mineralógicas de excelentes calidades y abundantes volúmenes. Dentro de los minerales que se encuentran están: las esmeraldas, el hierro, la caliza, la roca fosfórica, el carbón, el cobre, materiales de construcción (arcillas, arenas, gravas y mármol travertinos) (Simco, s.f.).

El departamento es el cuarto productor de carbón en Colombia y con más posibilidad de expandirse, con cerca del 3.21% de la producción nacional (Higuera, 2015). Las condiciones geológicas del departamento hacen que las vetas se encuentren a gran profundidad por lo que es necesaria la construcción de túneles subterráneos para extraer el carbón. (Cely, 2013).

Principales impactos ambientales generados por la minería. El carbón en todas las etapas de producción, explotación minera, transporte, almacenamiento, transformación, consumo, en el abandono y cierre de las minas genera problemas de contaminación en el ambiente (Mamurekli, 2010). La alta demanda de este mineral ha causado el aumento de la exploración, explotación y transporte; poniendo en riesgo el medio ambiente, principalmente a los páramos quienes son los grandes abastecedores de agua del país (Avellaneda, 2013)

Impactos sobre la Atmosfera El impacto a la atmosfera que causa esta minería se da generalmente en las actividades extractivas, durante los procesos de carga y transporte y en su transformación para la producción de coque (Lillo, s.f). Cuando una fuente emite contaminantes en la atmosfera, estos son transportados en el aire donde se mezclan y son sujetos a cambios fisicoquímicos en la atmosfera para así llegar al receptor (salud humana, ambiente, infraestructura y clima mundial) (Melo, Peña, Rocha & Torres, 2015).

En el proceso se genera una diversidad de material particulado (Verbel, s.f) rico en cenizas y CO (Pulido, 2014) el cual es esparcido por la manipulación y acción del viento (Cely, 2013). En el material particulado hay presencia de hidrocarburos aromáticos poli cíclico, flúor y metales pesados entre estos el plomo, el mercurio, níquel, vanadio, berilio, cadmio, bario, cromo, cobre, molibdeno, zinc y selenio; metaloides como el arsénico; algunos isotopos radioactivos como el radio, uranio y torio. Los cuales pueden esparcirse en la atmosfera durante la combustión del carbón, lo que provoca la alteración de diversos ecosistemas (citado por Keating, 2001) (Contraloría general de la república, 2013). En las ilustraciones 5, 6 y 7 es notable la presencia de emisiones atmosféricas en una planta coquizadora ubicada en la vereda la chorrera del municipio de Samacá.

Así mismo se producen una serie de gases que en primer lugar provienen de la descomposición de la roca y en algunos casos a los gases productos de voladuras (UPME, C n.d), estos gases producidos durante la extracción son Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂) y Metano (CH₄) (Lillo, s.f). Una vez extraído y lavado el carbón es transportado, puede ser en tren, camión o barco (Lockwood, Welker-Hood, Rauch, & Gottlieb, 2009).

Generalmente el carbón en Boyacá es transportado desde la mina en volquetas de 10 ton, doble troques de 20 ton y tracto mulas de 40 ton (Mejía, 2005). En el transporte del carbón puede liberarse toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de carbono (CO), Óxido de nitrógeno (NO), Dióxido de azufre (SO₂) y de material particulado producto de la combustión del Diésel (Lockwood, et al, 2009).

Durante el proceso de transformación del carbón también hay presencia de impactos debido a la combustión de este se producen una serie de gases CO_x, NO_x, y SO_x (Lillo, s.f); siendo el CO₂ el más producido tanto en el proceso de conversión en energía en las centrales eléctricas como en su transformación en coque (Pulido, 2014). De igual manera se han encontrado emisiones de Mercurio (Agudelo, Quiroz, García, Robledo & García, 2015); como también la formación de Smog mediante la liberación de óxidos de nitrógeno que reaccionan con compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz sola para producir ozono troposférico. (Lockwood, et al, 2009).

Estudios realizados por la Unidad de planeación minero-energética UPME, se hicieron mediciones de PM₁₀, mercurio y plomo en 6 municipios donde hay actividad minera (Paz del Rio, Samaca, Socota, Tasco, Socha y Sativa sur) y en 2 municipios de la zona de influencia (Ramiriqui y Tenza); realizadas en 2 periodos. (Agudelo, et. al, 2015)

Impactos sobre el Agua Uno de los problemas más significativos que ocasiona el carbón, su proceso de extracción y transformación es el causado a los cuerpos de agua, siendo este el recurso más afectado, puesto que al contaminarse difícilmente se recupera (Corpoboyacá, 2017). En consecuencia hay variaciones en la calidad de agua y en su cantidad, por lo que agua usada para el consumo humano ahora se utiliza en la minería del carbón (Pulido, 2014). Desde el lavado de maquinaria, pasando por el riego de vías y la modificación de ríos o de terrenos para la creación de embalses usados para la refrigeración en las termoeléctricas (Melo, et. al, 2015).

El aumento de la minería del carbón especialmente en zonas de páramo ha ocasionado la pérdida de vegetación propia de páramo la cual contribuye a la generación de fuentes de agua cristalina que finalmente es usada para el consumo de los habitantes de las diferentes regiones del departamento; un ejemplo de esto es el en páramo El rabanal donde hay contaminación de aguas

subterráneas debido a su cercanía a la zona de explotación minera de Samacá (Greenpeace, 2013). En el municipio de Tasco la contaminación ocasionada por la existencia de bocaminas en zonas de yacimientos hídricos, han alterado las aguas de la quebrada de Guaza (tributario del Río Chicamocha), carbonera y las aguas que van hacia el río Cravo que desemboca en el Orinoco (UPME, A, s.f.).

La contaminación al recurso hídrico incluye aguas subterráneas y superficiales (Verbel, s.f). Estas aguas que provienen de las minas salen con sedimentos y metales pesados que llegan directamente a los ríos y quebradas (Alfaro, s.f); la descarga de sedimentos genera contaminación química, incremento en la turbidez, aumento de sólidos en suspensión y disueltos, alteración del curso de los cauces y variación de niveles freáticos (Cely, 2013).

A los cuerpos de agua cercanos a la mina son liberados metales y químicos altamente tóxicos (Greenpeace, 2013). Cuando el azufre (S) y la pirita (FeS_2) entran en contacto con el O_2 , se oxida al mezclarse con el agua produciendo acidez (Agudelo, et.al, 2015), formando ácido sulfúrico y hierro disuelto; otros de los contaminantes que se encuentran presentes en los drenajes de las minas como consecuencia del polvillo del carbón son hidrocarburos aromáticos poli cíclicos, flúor y metales pesados entre estos el plomo, el mercurio, níquel, vanadio, berilio, cadmio, bario, cromo, cobre, molibdeno, zinc y selenio; metaloides como el arsénico; algunos isótopos radioactivos como el radio, uranio y torio (Contraloría general de la república, 2013); estos drenajes ácidos son luego arrojados a la superficie sin tratamiento ni canalización, lo que aumenta el riesgo de exposición de los suelos y fuentes hídricas (Mojica, 2013). El agua de la mina en la mayoría de los casos sale con un pH de 3, lo que significa que es altamente acida y contiene concentraciones significativas de los químicos antes mencionados (Alfaro, s.f). Muestra de esto es un análisis hecho por el profesor Jaime Fernando González y la estudiante Sonia Carolina Pardo de la universidad nacional en el río Samacá presento un valor de pH de 4.8, en el análisis de un efluente de una mina se tuvo un valor de 7.8 y otra tuvo un valor de 2.7 todos estos efluentes son descargados a los acuíferos por medio de los drenajes mineros (Contraloría general de la república, 2013).

Uno de los impactos ambientales evidenciados en el recurso hídrico con relación a la minería del carbón, nace con la necesidad de usar madera en la construcción de las minas por lo que usan

eucalipto el cual en ocasiones son plantados en nacimientos de corriente hídricas provocando la alteración de caudales y cauces de los ríos (Alfaro, s.f).

Impactos sobre el Suelo Otro de los impactos representativos de la minería del carbón se da debido a que el aprovechamiento del subsuelo conduce a la alteración de áreas de suelo, la explotación minera causa el hundimiento (subsistencia) de este, así mismo se ve alterada la distribución de los metales en el suelo y alteran la topografía del suelo (Contraloría general de la república, 2013). Con la explotación y exploración se genera inestabilidad en el suelo y puede provocar deslizamientos (Osorio, 2015). La ilustración 10 muestra cómo sería la reacción del suelo ante una actividad minera.

En la minería del carbón hay presencia de pérdida de suelo por la extracción, arranque y acumulación de vertidos. Hay subsidencia por depresión en el nivel freático, desestabilización de laderas (Lillo, s.f). Por otro lado, también se han encontrado metales pesados como el cromo, cadmio, plomo y concentraciones mínimas de mercurio (Agudelo, et.al., 2015).

De igual manera las grandes plantaciones de eucalipto con lo que también hacen reforestación, plantaciones que originalmente no eran nativas de esos suelos provocando, erosión (Alfaro, s.f), deforestación, pérdida del suelo fértil, variación en la textura de los suelos (Lillo, s.f) y afectando los usos de suelos. No solo las plantaciones de eucalipto han sido las causantes de la erosión, sino que también la acumulación de estériles los cuales también impiden la regeneración vegetativa, residuos de la explotación del carbón (Mojica, 2103), y residuos que normalmente incineran y esparcen sobre el suelo (Cely, 2013).

Estudios realizados en 6 municipios donde hay presencia de actividad minera (Tasco, Paz del Rio, Samacá, Socota, Socha) hallaron concentraciones de mercurio mínimas y con contenido de plomo mayores pero muy variables (Agudelo, et.al, 2015).

Impactos sobre la Vegetación La minería del carbón genera impactos a la vegetación por su explotación y daño a las características fisicoquímicas del suelo, también, por el daño que produce el polvillo del carbón a las plantas una muestra de esto se ve en la ilustración 13. El problema

radica en que las reservas carboníferas se encuentran en lugares con altos porcentajes de reservas forestales lo que amenaza con reducirlo de forma legal e ilegal (Melo, et al, 2015). En Boyacá cuando Acerías Paz del Río llegó a Samacá a hacer la exploración y análisis de las vetas de carbón fueron afectadas 10.000 m² de vegetación nativa en zonas donde no se podía conceder licencia ambiental por su importancia hídrica (Greenpeace, 2013).

El daño en la vegetación comienza cuando esta es intervenida para la construcción de obras de infraestructura, vías, campamentos, patios de acopio y botaderos de estéril (UPME, C s.f). En estos lugares generalmente se producen grandes plantaciones de eucalipto muy usadas para la construcción y refuerzos internos de los túneles de la mina causando deforestación, sin embargo, aseguran que con esta especie reforestan la zona (Alfaro, s.f). Varias de estas plantaciones realizadas en zonas de páramos, subpáramos y bosques andinos causan daño y agotamiento de vegetación nativa provocando la erosión del suelo (Avellaneda, 2013).

En las zonas donde hay explotación minera, la inadecuada disposición final de materiales estériles ocasiona la pérdida de cobertura vegetal (Corpoboyaca, 2017)

Con la quema del carbón se generan grandes cantidades de cenizas, que cuando es esparcida por el viento llega a cultivos y plantas produciendo la quema de estos (Avellaneda, 2013). Las descargas de iones ferrosos y férricos lo mismo que de sulfatos y metales, tienen potencial tóxico para especies vegetales (Agudelo, et. al, 2015). Estos extractos de partículas de carbón han afectado a la flora presente generando efectos como clorosis, necrosis e inhibición del crecimiento (Contraloría general de la república, 2013)

Otra de las grandes preocupaciones en el departamento es en el páramo de Pisba se realizó minería de manera ilegal y sumado a esto es de conocimiento que fueron otorgadas licencias ambientales a una multinacional que por información de la comunidad de Tasco esta multinacional con el fin de hacer actividades de exploración y estudios hidrogeológicos arrancaron gran parte de frailejones (Acueductos comunitarios de Tasco, Boyacá).

Impactos sobre la Fauna Todos los impactos ambientales relacionados a la minería del carbón afectan directa e indirectamente a las especies animales que se encuentran en la zona de influencia

y cerca a esta. Principalmente la fauna acuática la cual se ve perjudicada por las descargas de aguas ácidas con alto contenido de sedimentos (UPME, C s.f); causando daños ecológicos que alteran o eliminan las comunidades biológicas de los ríos y disminuyen la diversidad de organismos (Melo, et.al, 2015), como en la ilustración 16 donde es clara la contaminación en la zona de Tasco. Estos drenajes pueden permanecer por tiempo indefinido aun cuando la mina ha sido abandonada o inapropiadamente cerrada. En algunos casos estos drenajes pueden ser alcalinos lo que implica la liberación de metales con capacidad de afectación a los ecosistemas (Contraloría general de la república, 2013).

Otro de los impactos causados por la minería del carbón que puede afectar a la fauna es la deforestación ya que esta reduce la disponibilidad de hábitat a las especies (UPME, C s.f). La erosión de los suelos ocasiona la perdida de cobertura vegetal ocasionando la desaparición de vegetación que es usada por los animales como alimento afectándolo de esta manera (Corpoboyaca, 2017)

Varias investigaciones como se muestran en la figura 1 realizadas en zonas donde hay presencia de minería del carbón han encontrado la existencia de genotoxicidad en ratas (*Rattus rattus*), ratones (*Mus musculus*) e iguanas silvestres procedentes de estas zonas (Contraloría general de la república, 2013). Aunque no hay evidencia de que esto haya ocurrido en Boyacá, el hecho de que la presencia de alteraciones genéticas en algunos animales se haya presentado en Colombia por la intervención de la minería del carbón deja un precedente de que si no hay control ni cuidado puede llegar a ocurrir y dañar significativamente la diversidad de la fauna en la región.

Figura 2. Algunos estudios realizados en Colombia con relación a la minería del carbón.

Lugar	Unidad experimental	Ensayo	Efectos	Referencia
Laboratorio	<i>Lemna minor</i> (planta acuática)	Fito-toxicidad por exposición a extractos metanólicos de povillo de carbón.	Clorosis, reducción en el tamaño de las hojas, abscisión de hojas y raíces, presencia de tejido necrótico.	Coronado-Posada et al. (2013)
Departamento del Cesar (La Loma y La Jagua de Ibirico)	<i>Mus musculus</i> (ratón) e <i>Iguana iguana</i> (iguana)	Genotoxicidad mediante ensayo cometa y micronúcleos en células de sangre periférica.	En ambas especies los marcadores de daño en el ADN son significativamente superiores a los medidos en el grupo de referencia (no expuesto).	Cabarcas-Montalvo et al. (2012)
Departamento de La Guajira (mina a cielo abierto "El Cerrejón")	Trabajadores de la mina examinados por grupos, de acuerdo con las actividades que desarrollan, tales como transporte, mantenimiento, extracción y embarque de carbón.	Genotoxicidad mediante ensayo cometa y micronúcleos en linfocitos.	Trabajadores que desarrollan diferentes actividades mineras presentaron marcadores de daño al ADN significativamente superiores a los registrados para un grupo de referencia.	León-Mejía et al. (2011)
Departamento de Córdoba (Municipio de Puerto Libertador)	<i>Rattus rattus</i> (rata) y <i>Mus musculus</i> (ratón).	Genotoxicidad mediante ensayo cometa en sangre periférica	Ambas especies demostraron ser indicadores sensibles de genotoxicidad ambiental causada por las actividades de extracción de carbón	León et al. (2007)

Tomado de: (Contraloría general de la república, 2013)

Impactos sobre el Paisaje Uno de los más claros impactos producidos por la minería del carbón y su transformación, es el hacia el paisaje. La ilustración 18 es la evidencia de cómo se pierde el paisaje en esta actividad. La explotación minera es una actividad que no pasa desapercibida, porque aunque sea de manera subterránea, se producen cambios sobre el relieve natural por el montaje y adecuación de las bocaminas y vías de acceso a esta (Álvarez, 2008)

Los cambios en el paisaje se han dado debido a la eliminación de vegetación autóctona, disminución de territorios agrícolas y acumulación de residuos mineros (Contraloría general de la república, 2013). La inadecuada conservación de las infraestructuras ha generado zonas con poca vegetación y discontinuidad del paisaje (UPME, C s.f). Debido a la inestabilidad de los terrenos donde existe explotación hay riesgo de generación de avenidas torrenciales con elementos contaminantes acabando a su paso la vegetación, la estructura de los ríos y quebradas (Greenpeace, 2013)

Otro impacto notorio que ha deteriorado el paisaje es la acumulación de cenizas como residuo de la transformación del carbón depositadas en las laderas de los ríos han transformado el paisaje de verde a tonos grisáceo (Avellaneda, 2013).

La autora, describe de manera detallada los impactos ambientales producto de la minería del Carbón en el departamento de Boyacá, en Colombia hay diferentes explotaciones de minerales en las diversas regiones del país, donde se presenta contaminación del medio ambiente, aparte de los problemas de violencia y desplazamiento que agudizan los problemas sociales en los que está inmerso el Estado Colombiano, donde las diferentes empresas extractivas no asumen una verdadera responsabilidad con el cuidado y preservación del medio ambiente.

En el mismo orden de ideas, esta situación plasmada de los impactos ambientales de la extracción minera del carbón en el departamento de Boyacá se presenta en diferentes países del mundo, acorde a Greene (1997 p 11, ss) en la publicación titulada: procesos mineros e impactos ambientales en Chile, referencia lo siguiente:

Impacto ambiental de procesamiento del mineral chancado y molienda de mineral.

Corresponde a la partición del mineral a pequeños tamaños, de tal manera que permitan facilitar la recuperación del metal contenido en los minerales en posteriores procesos.

Impactos Ambientales:

Aire: Emisión de material particulado, emisión de reactivos tóxicos a la atmósfera, ruidos y vibraciones generadas por molinos y chancadores

Agua: generación de residuos tóxicos y contaminaron de aguas, superficiales, contaminación de aguas por compuestos ácidos.

Suelo: generación de residuos sólidos generados por descartes de materiales.

Concentrado de mineral: corresponde a la separación del metal para dejarlo con un alto grado de pureza, Para ello se utilizan, procesos como flotación, extracción con solventes, con electro obtención.

Impactos ambientales.

Aire: emisión de material particulado, emisión al aire de reactivos, emisiones de ruido y vibraciones.

Agua: residuos líquidos almacenados en relaves, contaminación por compuestos ácidos, aumento de la turbiedad del agua.

Suelo, pérdida de suelo por aumento de sedimentos.

Lixiviación: Es la separación del metal contenido en el mineral, por medio de la utilización de ácidos y otras sustancias (por ejemplo cianuro). La lixiviación se puede realizar en tranques o pilas construidas en el suelo.

Impactos Ambientales

Aire: emisión de polvos tóxicos (compuestos ácidos), emisión de material particulado por efecto del viento.

Agua: generación de residuos líquidos tóxicos y que contienen metales pesados, contaminación de aguas superficiales y subterráneas por compuestos tóxicos.

Suelo: generación de relaves y pérdida de cubierta vegetal.

Fundición: Es la recuperación de los metales contenidos en el mineral por medio de la fundición del mineral a altas temperaturas. Impactos ambientales:

Aire: emisión de material particulado, emisión de anhídrido sulfuroso y generación de lluvia acida, emisión de arsénica contenido en los minerales.

Agua: contaminación de aguas por arrastre- de sedimentos depositados en el suelo.

Suelo: -perdida de suelo y vegetación por acumulación de escorias y estériles, disposición de polvo por precipitación de humos de las chimeneas.

Transporte: Esta asociado al traslado de los minerales o concentrado de mineral desde las áreas de explotación a los sectores de tratamiento o bien hacia los lugares de exportación del mineral (puertos) Impactos Ambientales.

Aire: emisiones de material particulado
celo: perdida de terrenos por construcción de vías de transporte férreas, caminos, mineroductos abandono de yacimientos.

Abandono de yacimientos mineros: Corresponde al estado en que quedan las instalaciones mineras una vez que se ha dejado de explotar el yacimiento.

Impactos Ambientales:

Suelo: -mantención de la alteración de la cubierto vegetal, permanencia de la geomorfología alterada.

Aire: emisiones de polvo en relaves, áreas de lixiviación, y estériles por efecto del viento.

Aguas: contaminación por acumulación de compuestos ácidos en las áreas de extracción del mineral.

Las alteraciones ambientales en los sistemas naturales durante el ciclo de explotación y el cierre o abandono posterior.

Aguilar (2019) en el trabajo de grado titulado: Las alteraciones ambientales en sistemas naturales provocadas por la minería metálica. precisa lo siguiente:

El agua Los cambios en los acuíferos locales, por acción directa de la minería son muy notorios. Por acción del bombeo y desagüe de minas, se producen variaciones de los niveles freáticos, y cambios localizados en el caudal de los manantiales y en la dirección del flujo; mientras que por acción de la lixiviación de sulfuros se producen alteraciones en la calidad del agua (aguas ácidas). El descenso de los niveles freáticos puede causar la disminución de la extensión de bofedales, la disminución de los caudales de manantiales, el descenso del caudal base de algunos ríos y de la consecuente disponibilidad del agua para riego (MINEM, 2005).

Deformación de acuíferos. El Instituto Geológico Minero de España (1989), menciona que las minas subterráneas exigen para su explotación un drenaje continuo a lo largo de grandes periodos de tiempo, lo que da lugar a una alteración interna del balance de los sistemas acuíferos con conos de depresión que pueden alcanzar extensiones con radios de acción de hasta decenas de kilómetros. El colapso de los huecos subterráneos y el efecto que tienen los hundimientos y subsidencia inducidas en todo el entorno de las excavaciones producen siempre complejas interconexiones de los sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos.

Las explotaciones de superficie afectan también a los niveles piezométricos de dichas áreas, en unas magnitudes que en ocasiones se han minusvalorado. En muchas minas, durante la operación. se aplican diferentes sistemas de drenaje con el fin de garantizar la estabilidad de los taludes, hacer viable las diferentes labores con los equipos mineros y evitar los problemas de hinchamiento de los materiales del fondo de las explotaciones por presión del agua subterránea (ITGE, 1989).

En el caso de la explotación de un placer sobre terrenos aluviales el nivel freático también es deprimido en el entorno de la explotación, pero de una forma asimétrica, ya que la depresión es

más importante aguas abajo. Esta depresión asimétrica se mantiene, aún más acusada, al cese de los trabajos mientras que el hueco creado es ocupado por el agua Pagés (como se citó en IGME, 1993).

Alteraciones de cauces y de la escorrentía superficial. Aumento de la escorrentía por la pavimentación y modificación de relieve natural por efectos de los movimientos de tierras

Alteración de caudales. Los caudales naturales de agua explica Pages-Valcarlos, (1993), “son modificados por la actividad minera. Los desagües de labores merman caudal a los acuíferos y lo aportan en los cauces superficiales. Por otro lado, los procesos mineralúrgicos son consumidores de agua que generalmente es de origen superficial”.

Contaminación del agua. La contaminación se produce tanto en minería superficial como en minería subterránea; hay algunas que tienen una especial incidencia que se pueden destacar.

Cambio de las características fisicoquímicas de agua por manipulación de cauces y de la escorrentía superficial y subterránea. El aumento de la turbidez afecta de forma muy importante al medio biótico existente en las corrientes fluviales, pues dificulta la penetración de la luz y reduce la función de fotosíntesis, dando lugar todo ello a un aumento de la mortandad y a un empobrecimiento de la flora y de la fauna. Además, si las partículas son gruesas, puede producirse una sedimentación continua que provoque el aterrado de los canales, presas, entre otras.

Otro efecto perturbador de la calidad de las aguas superficiales se debe a la elevación de la temperatura de éstas, como consecuencia de la irradiación solar y temperatura ambiente del aire. El diferencial térmico entre el agua y el aire depende entre otras cosas de las dimensiones del depósito o lámina de agua (superficie y profundidad), permeabilidad de los terrenos atravesados, gradiente hidráulico, entre otros.

Los efectos que tiene el recalentamiento del agua son dos: modifica la fauna acuática en beneficio de las especies más tolerantes, en detrimento de otras que pueden ser las de mayor valor ecológico, y disminuye el ritmo de saturación de oxígeno disuelto llegando a agravarse el

fenómeno anterior. La contaminación química de las aguas superficiales se produce, generalmente, por la disolución de determinados compuestos solubles que constituyen las rocas y por los cambios de pH originados por la oxidación de la pirita. Este mineral no sólo es el componente principal de los yacimientos de sulfuros metálicos, sino que también abunda en los depósitos de otros minerales metálicos y, de forma especial, en los yacimientos de carbón (ITGE, 1989).

Contaminación por hidrocarburo y aceites. El uso de maquinaria pesada en minería conlleva una serie de riesgos de vertidos accidentales de combustibles y lubricantes, causantes de impactos importantes.

Contaminación por lixiviados de los botaderos. La minería a cielo abierto de sulfuros de metales genera grandes cantidades de base (p.ej., Cu, Pb, Zn) genera grandes volúmenes de roca consideradas como estériles, que, en muchas ocasiones, son rocas con leyes sub - económicas, esto es, se trata de rocas mineralizadas. Estos materiales serán volados, extraídos de la mina, pero no enviados a flotación. Sin embargo, contienen sulfuros, en particular pirita, con lo cual volvemos al problema del potencial para la generación de drenaje ácido. Así los “botaderos de estériles” pueden constituir un problema de facto mayor incluso que el de las presas de relaves.

Este no es solo un problema ambiental relacionado con el potencial de los botaderos para generar drenaje ácido, hablamos también de volúmenes inmensos. Por poner un ejemplo muy simple, si una mina tiene una razón de estéril a mineral de 3:1, significa que por cada tonelada enviada a planta tres irán a las escombreras. Así, si diariamente se envían a planta 50.000 toneladas de mineral, 150.000 pasarán a estériles (...) (Oyarzún et al., 2011).

Contaminación por aguas ácidas. La formación de aguas ácidas tiene lugar a partir de la oxidación química de los sulfuros, acelerada en muchos casos por la acción bacteriana. Los principales elementos que intervienen son: los sulfuros reactivos, el oxígeno y el agua (vapor o líquida), y como elemento catalizador las bacterias (Aduvire, 2006).

El drenaje ácido de mina (AMD) es la consecuencia de la oxidación de algunos sulfuros minerales (pirita, pirrotita, marcasita, etc.) en contacto con el oxígeno del aire y agua (Aduvire, 2006):

(Sulfuro mineral + Oxígeno + Agua = Sulfato + Acidez + Metal).

También otros oxidantes como hierro férrico puede reemplazar al oxígeno del aire en la reacción y en algunos casos al oxígeno del agua (Aduvire, 2006):

(Sulfuro mineral + Hierro férrico + Agua = Sulfato + Acidez + Metal).

Las aguas ácidas son aparentemente aguas limpias, pero al mezclarse con las aguas naturales producen en éstas importantes alteraciones ya que (Pagés, 1993):

Acidifican las aguas naturales, anulando su capacidad de amortiguación para las pequeñas oscilaciones de pH, confiriéndoles un carácter corrosivo que las hace inútiles para muchos usos y altamente dañinas para los ecosistemas que dependen de esas aguas.

Precipitan hidróxido férrico, que da coloración amarilla a las aguas y forma costras en los cauces.

Su bajo pH les permite llevar metales pesados en disolución. La disminución del pH producida por la mezcla de aguas reduce la solubilidad de los iones metálicos que precipitan. La persistencia de descargas de aguas ácidas en lagos y embalses produce un proceso de envenenamiento progresivo por acumulación de metales tóxicos en el sedimento y en los organismos bentónicos, entrando así en las cadenas tróficas.

Las aguas ácidas pueden contaminar los acuíferos cuando se produce su percolación en profundidad. -Los impactos que generan son importantes y críticos constituyendo un problema de solución compleja y costosa.

El suelo.

Ocupación y destrucción del suelo. Las operaciones mineras son consumidoras importantes de suelo en el entorno de las explotaciones. Este consumo detrae suelo fértil para otros usos de manera generalmente irreversible. La ocupación del suelo produce su destrucción física por la creación de huecos de explotación, implantación de escombreras y balsas, edificios y plantas de tratamiento. También consume y destruye suelo la red viaria que acompaña la explotación de un yacimiento (Pagés, 1993)

Contaminación del suelo En relación a los procesos de contaminación, puede presentar distintas tipologías:

Contaminación por aceites y combustibles. Las Instalaciones mineras auxiliares (talleres, oficinas), equipos, maquinarias, etc. en torno a las minería, tienen también un cierto potencial de generación de impactos, en especial los talleres de la maquinaria minera, que a menudo implican la presencia de grandes volúmenes de hidrocarburos líquidos (combustibles, lubricantes), susceptibles de escapes accidentales (Oyarzún et al., 2011).

Contaminación por metales pesados. Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad 1 efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García & Dorronsoro, 2002)(como se citó en Puga, et al, 2006).

Acidificación del suelo. Pagés (1993), menciona que los suelos sufren un proceso de acidificación por circulación de aguas ácidas o por aportes importantes de polvo que contengan pirritas. Esta acidificación, produce una degradación del suelo que puede llegar a impedir el crecimiento de la vegetación.

El aire.

El transporte de emisiones en el aire ocurre durante todas las etapas del ciclo de vida de una mina, si bien en particular se dan durante la exploración, desarrollo, construcción y operación. Las operaciones mineras movilizan grandes cantidades de material; requieren maquinaria pesada y equipos industriales para procesar el mineral. Las pilas o depósitos de desechos contienen partículas pequeñas que pueden ser fácilmente dispersadas por el viento. Las mayores fuentes de contaminación del aire en operaciones mineras son: El polvo y los gases y vapores (Wieczorek & Schiefelbein, 2014)

El polvo.

Material particulado transportado por el viento como resultado de excavaciones, voladuras, transporte de materiales, erosión eólica (más frecuente en tajos abiertos), polvo fugitivo proveniente de los depósitos de relaves, depósitos, pilas de desechos, caminos. Las emisiones de los gases de escape de fuentes móviles (vehículos, camiones, maquinaria pesada) también contribuyen a aumentar el nivel de material particulado (Wieczorek & Schiefelbein, 2014).

Los gases y vapores.

Wieczorek & Schiefelbein (2014) explican que las emisiones gaseosas provenientes de la quema de combustibles en fuentes estacionarias como móviles, voladuras y procesamiento de minerales. Cuando una fuente emite contaminantes en la atmósfera, los contaminantes son transportados en el aire, se diluyen y son sujetos a cambios (físicos y químicos) en la atmósfera y finalmente alcanzan al receptor. Estos contaminantes pueden causar serios efectos en la salud de las personas y en el ambiente.

El ruido.

Las dos categorías principales de fuentes de ruido en minería según (ITGE, 1989), son las plantas de tratamiento y los equipos móviles. Las plantas fijas comprenden una amplia gama de aparatos, incluyendo trituradoras, cribas, cintas, tolvas, celdas de flotación, acondicionadores,

motores, etc. Normalmente, se ubican en una o varias áreas próximas a la mina y, frecuentemente, se construyen cubiertas para proteger a los operarios y maquinaria de las inclemencias del tiempo, e incluso para mejorar la seguridad.

El equilibrio geodinámico

La estabilidad geodinámica es alterada por la creación tanto de huecos y taludes, como de nuevos volúmenes artificiales en presas de relave y botaderos, perturbando el equilibrio natural. Se pueden señalar varias desestabilizaciones características, provocadas por la minería IGME & Sanz Contreras (como se citó en Pagés, 1993):

Los hundimientos mineros.

La inestabilidad de taludes en los tajos.

La inestabilidad de los botaderos.

La inestabilidad de presas de relave.

Alteración de los procesos de erosión - sedimentación.

La vegetación y la fauna.

La vida silvestre es un término amplio que se refiere a todos los seres vivientes especialmente todos los vegetales, animales y otros organismos no han sido domesticados. La minería afecta al ambiente y a la biota asociada mediante la remoción de vegetación y capa superficial del suelo, desplazamiento de la fauna, la liberación de contaminantes y la generación de ruido (Wieczorek & Schiefelbein, 2014).

Las alteraciones directas en la vegetación y la fauna.

En la etapa de operación

Flora. Con las actividades mineras se elimina la vegetación en el área de operaciones, se destruye parcialmente o se modifica la flora en áreas circunvecinas. Como consecuencia de la remoción de la vegetación, se producen cambios en las condiciones del hábitat de la fauna asociada con ella. Además, un proyecto minero pone en riesgo a las especies protegidas y a otras de interés biológico y local por los desmontes y despalmes (Sánchez & Ortiz, 2016).

Fauna. La fauna se ve perturbada o es ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, así como por el aumento en el nivel de sedimentos en los ríos. También puede haber envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación. De esta manera, los desmontes y despalmes afectan a mamíferos, reptiles y aves asociados a la vegetación, y se ha demostrado que los residuos de metales pesados tienen efectos mutagénicos en la flora y fauna circundantes a los sitios de disposición (Ibid, 2016).

Las alteraciones indirectas de la vegetación y la fauna

A. *A partir de los suelos.* La vegetación es alterada de varias maneras Pagés (1993). Puede degradarse y llegar a desaparecer por erosión del suelo provocada por la manipulación de la escorrentía. La acidificación del suelo produce efectos negativos sobre la vegetación que pueden llegar a eliminarla.

B. *A partir del agua.* La vegetación y la fauna sufren alteraciones de diversa índole (Pagés, 1993):

La distorsión de la circulación natural del agua.

Hay un aporte de metales pesados en disolución.

El aumento de la Turbidez.

El aumento de la temperatura.

Los vertidos aportados por los efluentes de las plantas de tratamiento.

El envenenamiento lento de lagos y embalses

C. Demanda de la actividad. Las explotaciones subterráneas han sido tradicionalmente importantes consumidoras de madera para la realización de los entibados. Esta demanda ha «tragado» bosques por la boca de la mina y en el pasado ha sido sin duda un factor importante de la deforestación de algunos distritos mineros.

El paisaje

Tanto la minería superficial como la subterránea provocan alteraciones como huecos, escombreras, edificaciones, presas de relave y residuos, botaderos, etc.

Las etapas de preparación mecánica: trituración, molienda, clasificación, etc. son construcciones que producen una gran intrusión visual.

En las minas subterráneas, además de las instalaciones de tratamiento, edificios de oficinas, etc., destacan, por su forma y altura, los castilletes de extracción. Son construcciones metálicas o de hormigón. En cuanto a los talleres, oficinas, estaciones de servicio, etc., en las grandes minas a cielo abierto y algunas subterráneas, son instalaciones que pueden llegar a ocasionar cierto impacto visual (ITGE, 1989).

Tabla 3. Efectos directos e indirectos derivados de la creación de un botadero

SUELO	– Alteración del paisaje.
Cambio de morfología:	– Pérdida del suelo por erosión.
Ocupación del suelo:	– Pérdida de comunidades vegetales.

	– Alteración de poblaciones animales
AGUA	– Contaminación del agua superficial.
Alteración de la red de drenaje natural:	– Inundación de áreas próximas
AIRE	– Alteración de la vida silvestre y afectación
Cambios temporales en la calidad del aire:	de la vegetación de áreas cercanas.

La tabla 3 muestra los efectos en el suelo, agua y aire durante la creación de un botadero (ITGE, 1989).

Tabla 4. Alteraciones en la atmósfera.

IMPACTOS SOBRE LA ATMOSFERA	<p>– Contaminación, fundamentalmente por partículas sólidas. polvo y gases, derivada de las operaciones de apertura de huecos, de la creación de las escombreras y del tráfico de volquetes y de maquinaria pesada (impactos severos), y en menor grado, de la construcción de pistas (impactos moderados). En todos los casos enunciados, estos efectos son temporales, asociados con el período funcional de las operaciones.</p> <p>– Contaminación sónica, ruidos; impactos temporales, pero severos, durante las operaciones de apertura del hueco, creación de las escombreras y tráfico de volquetes y de maquinaria pesada; impactos temporales, también y de menor intensidad, durante la construcción de pistas e infraestructuras.</p>
-----------------------------	---

La tabla 4 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural en la atmósfera (ITGE, 1989).

Tabla 5. Alteraciones sobre el agua superficial.

<p>IMPACTO SOBRE EL AGUA SUPERFICIAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración permanente de los drenajes superficiales, severa en el caso de la construcción de botaderos y moderada en el de la implantación de viales e infraestructuras. – Contaminación de las aguas superficiales (turbiedad por partículas sólidas, elementos tóxicos disueltos, acidificación derivada de la oxidación e hidratación de elementos piríticos, precipitación química de compuestos de hierro, etc.) derivada de las operaciones necesarias para la creación de escombreras (impacto temporal crítico), y del tráfico de volquetes y maquinaria pesada, del bombeo y la descarga de efluentes, y de la implantación de viales e infraestructuras (impactos temporales y moderados)
<p>IMPACTO SOBRE LOS ACUIFEROS</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración temporal del régimen de caudales subterráneos motivada por la de creación de huecos y excavación de galerías y bombeos del agua de los niveles freáticos seccionados. Impacto temporal, recuperable al cesar las operaciones de menor entidad. – Contaminación de acuíferos (aceites, hidrocarburos, etc.) temporal y de efectos preocupantes, derivada del mantenimiento de maquinaria

La tabla 5 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural en el agua superficial y acuíferos (ITGE, 1989).

Tabla 6. Alteraciones de los suelos.

IMPACTO SOBRE LOS SUELOS	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupación irreversible de suelo fértil por la creación de huecos y botaderos (impactos críticos y severos), y por la construcción de pistas, edificios y plantas de tratamiento (impactos moderados). - Inducción de efectos edáficos negativos en los alrededores de la explotación por las operaciones derivadas de la creación de huecos, escombreras y pistas (impactos locales moderados y compatibles, debido a la acumulación de residuos, elementos finos, polvo. Etc.
--------------------------	---

La tabla 6 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural en los suelos (ITGE, 1989).

Tabla 7. Alteraciones sobre la flora y fauna.

	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminación o alteración de hábitats vegetales terrestres para la fauna, así como desplazamientos o concentración de especies o individuos, motivados por la construcción de huecos y por la creación de pistas (impactos de magnitud moderada). Sin embargo, la creación de escombreras produce un impacto crítico (cambio de hábitat total) sobre estos aspectos.
--	---

IMPACTOS SOBRE LA FLORA Y FAUNA	<ul style="list-style-type: none"> – Cambios en las pautas de comportamiento de la fauna por perturbaciones causadas por el tráfico de volquetes y maquinaria pesada, y por la creación de pistas e infraestructura. Impactos temporales y de carácter compatible. – Eliminación o reducción de la cubierta vegetal, así como provocación de dificultades para la regeneración de la vegetación (pérdida de elementos fértiles, aumentos drásticos de la pendiente y erosión, etc.) estos impactos generalmente son severos en el caso de las escombreras y moderados en el de los huecos y pistas.
---------------------------------	---

La tabla 7 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural en la flora y fauna (ITGE, 1989).

Tabla 8. Alteraciones en los procesos geofísicos.

RIESGOS GEOFISICOS	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento del riesgo de los desprendimientos, deslizamientos o hundimientos de tierras, motivado por la creación de botadero (impacto severo) y por la construcción de huecos y galerías subterráneas (impacto moderado). – Aumento de la carga de sedimentación aguas abajo, producido por la adición de material sólido, derivado de la creación de escombreras, de pistas e infraestructura. Impactos genéricos, y de carácter severo en el caso de los botaderos.
--------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento de la erosión, derivada de las operaciones que son precisas para la creación de escombreras y pistas, de la propia existencia de botaderos y taludes, y del tráfico de volquetes y maquinaria pesada. Impacto de magnitud moderada a severa, aunque temporal en el caso del tráfico. – Aumento del riesgo de subsidencia, producido por la creación de las escombreras. Impacto permanente de carácter moderado.
--	---

La tabla 8 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural en los procesos geofísicos. (ITGE, 1989)

Tabla 9. Alteraciones de la morfología y del paisaje.

<p>IMPACTOS SOBRE LA MORFOLOGIA Y EL PAISAJE</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Perturbación del carácter global del paisaje, generalmente grave en el caso de las escombreras, severa en el de los huecos de explotación y de menor entidad por su mayor facilidad de control y temporalidad las derivadas de la construcción de edificios y plantas, y de la implantación de accesos e infraestructura.
--	---

La tabla 9 muestra los impactos a partir de las alteraciones al sistema natural sobre la morfología y el paisaje (ITGE, 1989).

La explotación subterránea o de socavón

López (2000) en el estudio titulado: Impacto ambiental de la minería en el desarrollo rural de las comunidades afectadas en el Perú, realiza un análisis tanto de los impactos ambientales de la minería a cielo abierto como la subterránea, de la cual se mencionan los relacionados con la subterránea, en los que se centra la presente monografía.

Es la que se realiza en el subsuelo construyendo una red de túneles horizontales o verticales para extraer el mineral.

El sistema de túneles y chimeneas subterráneas debilitan la estructura geológica de la tierra, que si no son bien apuntaladas se producen derrumbes y hundimientos ocasionando accidentes fatales entre los trabajadores mineros. Pero estos también pueden ser de menores dimensiones llegando a alterar la superficie, el caso más grave que se conoce en el Perú es el de las Lagunas de Morococha en 1928 y San Cristóbal en 1997.

Igualmente se realizan disparos para remover el mineral. En este caso los tóxicos y las partículas mineralizadas no salen a la superficie; pero, por tratarse de ambientes más cerrados, la exposición de los trabajadores es más intensa.

Las partículas mineralizadas son absorbidas por las vías respiratorias y se acumulan en las paredes de los pulmones, ocasionando la enfermedad llamada Neumoconiosis.

Las minas de socavón, en muchos casos están cubiertas de agua, generalmente muy ácidas y con un alto contenido de metales disueltos como el Hierro, Plomo, Zinc y Cobre. Estas deben ser drenadas para explotar el mineral y sin tratamiento son arrojadas a los cauces de ríos y lagunas.

En Cerro de Pasco, estas aguas son drenadas a la laguna de Quiulacocha, que desemboca en el río San Juan y al lago Chinchaycocha, y últimamente a la laguna de Yanamate. En Hualgayoc, se puede observar bocaminas al lado de la carretera cuyas aguas van directamente a los ríos Maygasbamba y Llaucano.

Concentración de minerales

El mineral extraído de la mina debe elevar su contenido metálico para alcanzar valor comercial. Para esto debe ser chancado y molido, y luego en unos pozos de flotación separarse la parte valiosa del mineral llamado concentrado. La Planta donde se realiza este proceso se llama Concentradora.

Relaves.

La parte no valiosa del mineral se llama relave y es desechado. El relave es una mezcla de líquidos y sólidos, que, en la mayoría de los casos, contiene gran cantidad de sólidos, metales sin valor comercial y reactivos químicos.

Este es una fuente de contaminación y quizás la que más estragos ha causado a los riachuelos, quebradas, ríos, lagunas, lagos y mares; ya que ha sido costumbre arrojarlos directamente a ellos sin ningún tratamiento, ocasionando daños irreparables a la flora y a la fauna.

Canchas de Relaves

También se han depositado estos desperdicios en canchas de relaves, que son unos pozos en áreas suficientemente grandes para su embalsamiento. Hace algunos años atrás no existía ningún dispositivo legal, que fijara las condiciones técnicas para la construcción de estas canchas, y es común observar en las zonas mineras que simplemente se construyen diques de contención. Cuando existen zonas desérticas los daños son menores, pero muchos de ellos están situados en terrenos agrícolas de pastizales para la ganadería.

Si bien, esta técnica evita contaminar directamente las corrientes de aguas, no dejan de causar daños importantes al medio ambiente. En principio, las canchas malogran miles de hectáreas de terrenos que, en su momento, fueron dedicados al pastoreo o a la agricultura. Así mismo, se producen filtraciones líquidas por los diques de contención, que contienen sustancias metálicas

tóxicas y ácidas que van a los riachuelos, ríos o lagunas e incluso inundan campos. Por otra parte, como los suelos no son impermeables, también hay filtraciones al subsuelo.

En el Perú, es común encontrar canchas de relaves abandonadas que son otra fuente contaminadora. Los relaves se secan y los vientos esparcen las partículas por campos y poblados vecinos, y en las épocas de lluvia, estas lavan las canchas y arrastran las sustancias a los campos, riachuelos, ríos y lagunas.

Transporte de mineral y concentrados

No se ha dado mucha importancia a esta fuente de contaminación, pero generalmente van derramando pequeñas cantidades de concentrado por el camino, pero con el paso constante y por mucho tiempo se torna peligrosa la cantidad de polvos que son llevados por los vientos o lavados por las lluvias. Igualmente la limpieza de camiones o vagones-cargueros que arrojan a los cauces de agua partículas de mineral y sustancias químicas que usan, como detergentes y ácidos. Durante este año se ha presentado el caso de Minera Yanacocha, con el derramamiento de Mercurio, en el Departamento de Cajamarca.

Unidades de lixiviación.

La tecnología moderna está permitiendo evitar la concentración y la fundición de minerales, procesándose directamente en unas pozas que, con técnicas químicas, microbianas o electrolíticas, separa la parte valiosa del mineral de la no valiosa. Potencialmente tiene, sin considerar el proceso de minado, maneras de contaminar el medio ambiente en los siguientes pasos:

La posibilidad de filtraciones de las pozas de lixiviación afectando el subsuelo.

Los afluentes líquidos derivados de las soluciones que se utilizan para separar los metales.

Y los desechos sólidos de los cuales se ha extraído el metal con valor comercial que deben ser almacenados en algún lugar y que se encuentran expuestos a los vientos y a las lluvias.

Para minimizar los riesgos se recomiendan que las pozas de lixiviación deben ser construidas con una base impermeable para impedir las filtraciones, los afluentes líquidos tratados en pozas impermeabilizadas y aplicarse técnicas adecuadas para que los vientos y las lluvias no expandan la contaminación a los campos y centros poblados. Sin embargo, aún quedan a la intemperie desmontes y desechos sólidos y métodos para contrarrestar la acción de los vientos.

Fundiciones y refinerías.

Estas producen tres tipos de desechos principales, que son fuentes de contaminación ambiental. Los desechos líquidos, conteniendo sustancias metálicas, reactivos químicos, ácidos, desechos de petróleo y derivados, etc; siendo la manera más “fácil y económica” para las empresas, arrojarlas a los ríos, lagunas o mares.

Los desechos gaseosos que en forma de humo son expulsados a la atmósfera, tienen alto contenido de sustancias metálicas y tóxicas.

Los desechos sólidos se presentan en dos tipos: Sustancias mineras sin valor comercial para las compañías como Arsénico, Ácido Sulfúrico, etc; y las escorias que son piedrecitas de metales fundidos sin valor comercial. Las primeras, por su alto grado de toxicidad generalmente son guardadas en tanques y pozas subterráneas con tratamiento especial, ya que cualquier fuga es sumamente peligrosa. Las Escorias son amontonadas formando cerros negros en la intemperie y en los lugares lluviosos, como en La Oroya, son lavados por la lluvia.

Desperdicios industriales y aguas servidas.

En todos los procesos de la actividad minero – metalúrgica, también se cuentan con los desperdicios industriales de actividades complementarias y de los campamentos. Estos desagües, comúnmente, van a los ríos y lagunas, que en muchos casos se encuentran con los relaves, aguas subterráneas de la mina y desechos líquidos de las fundiciones; que provocan diferentes reacciones químicas que empeoran la contaminación.

Los contaminantes vertidos por la industria minera representan un riesgo para la salud ambiental y humana, que depende de factores de peligro, efecto del contaminante (en el ser vivo), la capacidad y resistencia del organismo y del nivel de contaminación al que se está expuesto. Sobre cada uno de estos aspectos solo se puede controlar y disminuir el riesgo de exposición.

Los seres más expuestos y más sensibles por sus características físicas y bioquímicas son las bacterias que se encargan de la biodegradación de la materia orgánica y que por lo tanto, ayudan a la estabilización de los residuos orgánicos naturales. Otros organismos sensibles a la contaminación son los moluscos, microcrustáceos, las algas y el plancton (zoo y fitoplancton) de las aguas superficiales.

Para los salubristas, es de vital importancia la preservación de las fuentes de agua que sirven de materia prima para el agua de bebida. En el Perú y América Latina la tecnología que se usa para el tratamiento del agua de consumo humano consiste en la renovación de partículas y bacterias, pero no remueve material disuelto, por ello, si las aguas naturales tienen elementos y compuestos disueltos, lo más probable es que estos sean ingeridos por los consumidores.

Por otro lado, los productos hidrobiológicos (moluscos, crustáceos, peces, etc) y algunos agropecuarios (vegetales, pasto, ganado) pueden acumular o magnificar tóxicos que al ser ingeridos por los consumidores pueden tener un efecto nocivo en su salud, ya sea crónico o agudo. Se conoce varios casos de contaminación masiva a través del agua con Plomo, Cadmio y Mercurio, entre otros. Cabe anotar, que los efectos tóxicos de metales y sustancias orgánicas, en algunos casos, son irreversibles.

Dado los efectos ambientales mencionados, se añade además un fenómeno ambiental, que se produce a escala mundial y que es consecuencia de las variaciones climáticas globales: “la disminución de las Superficies Glaciares”. En el Perú durante los años 1966-1997, se han realizado monitoreos glaciares continuos en 18 cordilleras, obteniendo incrementos alarmantes de balances negativos a partir de la década del 80. Un impacto de la reducción de las superficies Glaciares de varias cordilleras, traerá a corto plazo una disminución de los caudales de los ríos que afectará la producción agrícola y energética. Del mismo modo, los distritos mineros que reciben el aporte de

la fusión de glaciares, sobre todo en la época de sequía, tendrán dificultades crecientes de aprovisionamiento de agua para sus operaciones minero-metalúrgicas y energéticas.

Impactos ambientales asociados con la actividad minera en Colombia e importancia de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en las empresas del sector.

Quiroga & Silva (2020) referencian lo siguiente: La historia de la minería en Colombia es casi tan antigua como su historia. Desde la época precolombina diferentes tribus que residían en el territorio colombiano utilizaban las piedras preciosas como ornamentación a sus caciques y figuras importantes pero la extracción de estos minerales se daba de manera artesanal y en bajo volumen. La conquista de los españoles al territorio americano trajo consigo la explotación de oro y plata en los ríos del país, es en este momento cuando se crea la primera legislación minera de acuerdo con los estamentos españoles y se empezaron a crear las minas de socavón que en un principio no eran las preferidas.

Adicionalmente a los tipos de minería ya expuestos también se encuentra la minería ilegal, en Colombia el Congreso de la República (Ley 685 de 2001, Art. 159) establece que la minería ilegal es aquella extracción de minerales de la nación o de terceros que se realiza sin ningún título minero vigente o sin la autorización del dueño de la propiedad privada donde se ubique el proyecto.

a) Mayores impactos Los principales impactos ambientales generados se pueden clasificar a partir de los diferentes tipos de minería. Para el caso de la minería a cielo abierto se reportan los siguientes (España y Serna, 2016):

Daños a la superficie y suelos

Gran contaminación atmosférica la cual afecta la calidad del aire

Daños a la flora y fauna del territorio donde se ejecuta la minería

Amenazas a fuentes hídricas de las regiones donde se practica la minería

La minería no solo afecta al medio ambiente, también genera impactos sobre las poblaciones donde se realiza esta actividad ya que se pueden ver involucrados conflictos de intereses de terceros (España y Serna, 2016).

b) Minería Ilegal en Colombia Según Juárez (2016):

El Código de Minas (Congreso de la República, Ley 685 de 2001, Art. 159) describe la minería ilegal como la actividad exploratoria o de extracción de minerales, bien sean propiedad de la nación o de particulares, que se desarrolla sin el correspondiente título minero vigente o sin la autorización del titular de la propiedad privada donde se ubique el proyecto. Además, el Código Penal (Congreso de la República, Ley 599 de 2000, Art. 244, según el Código de Minas) la señala como un delito, la legislación ambiental (Congreso de la República, Ley 99 de 1993) establece los mecanismos para ejercer la autoridad ambiental sobre ella, en caso de destrucción del medio ambiente, y las autoridades locales actúan, por vía policiva, para erradicarla (p.137).

En la Tabla 10 se describen los impactos de la minería ilegal en el ámbito económico, social, ambiental y político-jurídico

Tabla 10. Impactos de la minería ilegal en Colombia.

<i>Ámbito</i>	<i>Efecto</i>
<i>Económico</i>	No permite un desarrollo sostenible en la economía nacional limitando los recursos disponibles del país, adicionalmente genera ingresos que no serán reportados al estado y los cuales no cumplirán con los tributos legales establecidos para esta actividad y creando un déficit fiscal.
<i>Social</i>	Problema social, incremento de la pobreza y de la brecha social ya que genera sub-empleos sin las condiciones laborales establecidas por la ley. En este ámbito se puede encontrar explotación y maltrato de las personas que ejercen esta actividad. Adicionalmente la ilegalidad de la

	minería puede llegar a generar actividades ilícitas que aumentan el terrorismo y la criminalidad.
<i>Ambiental</i>	Daños a la superficie, liberación de sustancias tóxicas, drenaje de ácidos que requieren de un manejo especial por su alto grado de contaminación.
<i>Político y jurídico.</i>	Incumplimiento de las normas establecidas por el estado, desconfianza en las entidades que regula este sector.

Fuente: Modificado de Minería Ilegal en Colombia. Informe Preventivo, Procuraduría General de la Nación, 2010. <https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/MINERIA%20ILEGAL%20EN%20COLOMBIA%20%20DOCUMENTO.pdf>

Como ejemplo de los impactos ambientales generados por la minería se puede citar el proyecto minero desarrollado en Cajamarca, Tolima llamado La Colosa el cual fue liderado por la compañía AngloGold Ashanti. Este proyecto desencadenó consecuencias sociales, ambientales y económicas en el municipio y en general en todo el país. El estudio del proyecto fue realizado por las siguientes entidades (2016)

Colombia Solidarity Campaign .

London Mining Network.

REDHER.

The Green Centre.

A causa de los impactos generados, la comunidad de este departamento realizó marchas, los medios realizaron entrevistas a diferentes víctimas que no estaban de acuerdo con los conflictos y las faltas ambientales generadas en los ecosistemas más representativos de este municipio..

Los riesgos ambientales más graves de este proyecto fueron:

Drenaje ácido proveniente de la actividad minera, el cual se generaría por el dique de colas que almacenaría toneladas de escombros.

Alto porcentaje de utilización de energía y recurso hídrico.

Los importantes impactos asociados con la actividad minera en Colombia deben ser enfrentados para lograr su prevención, control o mitigación y compensación; y una de las estrategias más efectiva para el logro de estas metas es la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental capaces de incluir la variable ambiental en su quehacer organizacional.

Teorías sobre gestión ambiental.

Muriel (2006) respecto a la gestión ambiental cita a los siguientes autores:

Para Ernest Guhl la gestión ambiental es entendida como “el manejo participativo de las situaciones ambientales de una región por los diversos actores, mediante el uso y la aplicación de instrumentos jurídicos, de planeación, tecnológicos, económicos, financieros y administrativos, para lograr el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de sostenibilidad”. (Gulh, Ernest. Vida y Región. 2000, citado por Ministerio del Medio Ambiente (Colombia). SIGAM. Tomo 1. Pág. 40) Esta definición tiene la ventaja de señalar que la gestión debe ser emprendida por todos los actores involucrados en la solución de los problemas ambientales, mejorando no sólo el estado de los recursos naturales y la biota, sino la calidad de vida de los seres humanos.

Acorde a este autor, la gestión ambiental debe involucrar la participación de los diferentes actores sociales para la efectiva protección del medio ambiente en procura del mejoramiento de la calidad de vida en general, no se trata solo de establecer un plan, trazar objetivos y políticas, sino que realidad se apliquen en la práctica, es decir, mostrar hechos viables y medibles respecto al manejo y cuidado en la protección del medio ambiente.

Para Esperanza González, Gestión Ambiental es un proceso técnico-administrativo, financiero y político, por medio del cual las autoridades encargadas organizan un conjunto de recursos de diversa índole, que tienen como finalidad la protección, manejo, y preservación del ambiente y de los recursos naturales renovables, en un territorio específico. (González, Esperanza. “Gestión Ambiental en pequeños municipios”. Revista Foro, N0 42. Bogotá. Octubre de 2001, Pág. 57.)

Esta definición enfatiza los recursos naturales y da a entender que el ambiente es el medio natural, el cual debe ser protegido y preservado. Es una definición muy usual, donde no se tiene en cuenta que el ambiente es la resultante entre el subsistema social (antrópico) y el subsistema natural (biótico y abiótico). Esta visión reduccionista es muy común en la actualidad, donde se supone que los seres humanos debemos proteger la naturaleza, que es la dadora universal de todos los recursos que consumimos los seres humanos.

Acorde a lo mencionado, la gestión ambiental es integral, es decir, son diversos actores públicos y privados que deben coordinar y establecer las diferentes actividades a realizar de manera integral de manera que se mitigue los impactos ambientales en el entorno donde se desarrolla una determinada empresa, para lo cual deben dar cumplimiento a la legislación y asumir su responsabilidad social como empresa, con el medio ambiente y con la comunidad en general teniendo en cuenta los beneficios que recibe de la actividad que realiza.

Conclusiones

Del trabajo realizado se puede concluir lo siguiente:

La minería, genera cambios ambientales y sociales del ato impacto no importa donde ocurra. Las perturbaciones causadas por la minería pueden impactar el ambiente físico a través, por ejemplo, de pérdida de hábitats y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas o comunidades locales a través, por ejemplo, de modificaciones culturales por la presencia de trabajadores mineros, así mismo la salud y calidad de vida de las diferentes comunidades donde se desarrolla la minería.

Es de tener en cuenta, que muchas de las problemáticas ambientales que se presentan, es la falta de cabal cumplimiento de las autoridades responsables por el cuidado y protección del medio ambiente, no ejercen vigilancia y control sobre las empresas y las actividades que realizan.

Las autoridades ambientales deben promover que las empresas cumplan la reglamentación de manera adecuada, mejorando la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional para que las empresas en general realicen prácticas amigables con el medio ambiente, para disminuir el impacto ambiental de dichas actividades.

Los beneficios económicos son para las empresas, en detrimento del medio ambiente y de la vida en general, sin que asuman su Responsabilidad Social Empresarial, ya que no tienen o no implementan programas de mitigación del impacto eco-sistémico que ocasiona su actividad extractiva, por otra parte, las autoridades sean del orden nacional, departamental y municipal, no cumplen a cabalidad con su responsabilidad de la protección del medio ambiente.

La actividad minera afecta al medio ambiente, la salud, además del deterioro de infraestructura pública y privada, y la afectación del patrimonio cultural y arqueológico de cada región donde se desarrolla.

Referencias.

- Acero Plazas J. P. (2018). Criterios de Implementación ISO 14001:2015 Caso Estudio Minería Subterránea de Carbón. Padlet. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24019/jpacerop.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar Narváz J. A. (2019) Las alteraciones ambientales en sistemas naturales provocadas por la minería metálica. Universidad Nacional del Altiplano de Puno Facultad de Ingeniería de Minas Escuela Profesional de Ingeniería de Minas Puno, Perú. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14033/Aguilar_Narvaez_Javier_Aldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuentas Alvarado, M. S. (2009) Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1482/MAS_GAA_007.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Greene Muñoz J. (1997) en la publicación titulada: procesos mineros e impactos ambientales en Chile. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Disponible en: <http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/16846/U1928.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- López Ascarza, F. (2000) Impacto ambiental de la minería en el desarrollo rural de las comunidades afectadas en el Perú. Pontificia Universidad Javeriana. Seminario Internacional, Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/rjave/mesa5/flopez>
- Martínez Prada R. J. (2010) Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas Instituto

de Estudios Ambientales Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Bogotá. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/4232/1/696893.2011.pdf>

Ministerio de Minas y Energía., 2003. Glosario técnico minero. A: [en línea]. p. 108. Disponible en: <http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>.

Muriel F. R. D (2006) Gestión ambiental. Revista ideas sostenible. Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible. Año 3 No. 13. Enero. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56362084/60398777-gection-ambiental-rafa.pdf?1524184426=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGESTION_AMBIENTAL.pdf&Expires=1597084487&Signature=Mx0dJ2upAnHztGKpJA1FLKpXwc0njWJ2IsvolaE-9KWvAfeKIW1RbG5BL-o~ACCR~yvcfyJbdAIKja-BjakbDqcDf-EdqZUsUI3Qj9s7TueHKK1OvADngi2937m3jSeAb9D4W6ASkHBfHGGF04r1oWFuBYvANBUBI0HOqBFXAfzFfYvs2TRsCRILWq3h8dxzXjLvWa6QfUhnxQHqLL00peAXJIvhYZ1zXK32g9YZKA~SxLowNJ7k1liSGPTCCSLmH9zZ3JiDbhXuYSvIbD53IN20hff-QZLLOdithOiW9UoVb1nF5MF5vgbWqZLgbieIeoi1cvvxcUET1SyeEAROQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Palacios Murillo J. (2014) Estudio del impacto ambiental y social de la explotación minera en el municipio de Tadó del departamento del Choco Una mirada desde el trabajo social. Corporación Universitaria Minuto de Dios Seccional Bello Antioquia. Disponible en: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3594/TTS_PalaciosMurilloYessica_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quiroga Rueda H. L., & Silva Morales L. T. (2020). Barreras y limitaciones para la implementación del Sistema de Gestión Ambiental del sector minero en Colombia. Fundación Universitaria Los Libertadores Facultada de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables. Contaduría Pública Bogotá. Disponible en: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3136/Silva_Luisa_Quiroga_Lizzeth_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Rocha Suarez L. J. (2018) Monografía de estudio: minería del carbón en Boyacá y sus impactos ambientales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente Ingeniería Ambiental Tunja. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21316/1049635152.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vera Solano J. A. (2018) La minería en Colombia: del impacto al desastre. Revista VIRTUALPRO ISSN 1900-6241 Bogotá, Colombia. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Javier_Vera_Solano/publication/328203239_La_mineria_en_Colombia_del_impacto_al_desastre/links/5bbf6b5e92851c88fd65091c/La-mineria-en-Colombia-del-impacto-al-desastre.pdf