

Retos para la explotación sostenible de esmeraldas en Colombia

Challenges for the sustainable exploitation of emeralds in Colombia

Angie Tatiana Ortega Ramírez¹, Édgar Danilo Ochoa Rodríguez², Sandro Gil Padilla³

^{1,2,3} Grupo de investigación en Gestión, Ambiente y Sostenibilidad. Facultad de Ingeniería Universidad América, Bogotá D. C., Colombia. Correo electrónico: angie.ortega@profesores.uamerica.edu.co

Orcid: 0000-0002-6364-8432

² Orcid: 0000-0002-9940-5694

³ Orcid: 0000-0003-1970-4991

Recibido: 05 de mayo, 2022, **Aceptación:** 05 de mayo, 2022. **Versión final:** 30 junio, 2022

Resumen

En el presente artículo se realiza una revisión detallada de los retos para la explotación sostenible de esmeraldas en Colombia, identificando los efectos socioeconómicos y ambientales causados durante dos eventos que han marcado el desarrollo de esta actividad económica a lo largo de la historia, los cuales son la bonanza esmeraldera donde se evidenciaron grandes situaciones de violencia y el proceso de transformación que actualmente enfrenta la minería de esmeraldas a causa del fin del conflicto y la llegada de empresas extranjeras al sector esmeraldero; adicionalmente, se realiza una descripción detallada del proceso de explotación de esmeraldas y se evalúa la sostenibilidad del sector minero en sus dimensiones económica, social y ambiental, con el objetivo de identificar y describir los retos que afronta dicha actividad económica y plantear algunas estrategias desarrolladas a nivel nacional e internacional dirigidas a la reducción, reutilización y reciclaje de residuos y la recuperación de zonas ambientalmente afectadas en búsqueda de la sostenibilidad del sector.

Palabras clave: esmeraldas; explotación; medio ambiente; sostenibilidad.

Abstract

This article makes a detailed review about the challenges for a sustainable exploitation of emeralds in Colombia, identifying the socioeconomic and environmental effects caused by two events that have marked the development of this economic activity along the history, which are, the emerald boom, where major situations of violence were evident and the transformation process that this economic activity is currently going through, caused by the end of the conflict and the arrival of foreign companies to the emerald industry, with the objective of identifying and describing the challenges faced by this economic activity and proposing some strategies developed at a national and international level aimed at reducing, reusing and recycling waste and the recovery of environmentally affected areas in search of the sustainability of the sector.

Keywords: emeralds; exploitation; environment; sustainability.

Como citar: Como citar: Ortega, A., Ochoa, E., & Gil, S. (2022). Retos para la explotación sostenible de esmeraldas en Colombia. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, 20(1), 73–85. <https://doi.org/10.18273/revfue.v20n1-2022007>



1. INTRODUCCIÓN

La explotación de esmeralda en Colombia se ha desarrollado desde la época prehispánica, generando una cultura tradicional minera en los municipios donde se explota esta piedra preciosa, con una tendencia a la explotación de manera informal (FEDESMERALDAS, 2015), sin embargo, la llegada de empresas mineras internacionales ha fomentado un cambio en la informalidad de este proceso, logrando ubicar a Colombia como el primer productor de esmeraldas a nivel mundial y de Latinoamérica (Agencia Nacional de Minería, 2018), convirtiéndose en un producto competitivo a nivel mundial debido a la alta calidad de la esmeralda obtenida en este país, lo cual es consecuencia de dos aspectos importantes que son: el contenido de cromo que en muchas de las esmeraldas resulta ideal y permite que su color, juego de luz y brillo sean adecuados para garantizar la calidad de las mismas, adicionalmente, al poseer inclusiones típicas que generan un sello de identidad frente a las esmeraldas de otras regiones y/o países (Agencia Nacional de Minería, 2020).

En Colombia para el año 2019 se produjeron y exportaron 582.182 quintales de esmeraldas de alta calidad y 14.649 quintales de otras calidades (Agencia Nacional de Minería, 2018), se estima que aproximadamente el 5% del total de la producción se dirige al consumo interno del país principalmente como piedras preciosas para joyería (FEDESMERALDAS, 2015) representando un nuevo mercado para la comercialización de esmeraldas en el cual se generan exportaciones de joyería a México, Perú, Estados Unidos, la Unión Europea, Brasil, Chile, Perú, Costa Rica y Corea del Sur (UPME, 2018) países con los cuales Colombia tiene preferencias arancelarias para la exportación de joyería y bisutería (MINCIT, 2018).

Los municipios donde predomina la producción de esmeraldas en Colombia son Muzo, Quípama, Coscuez y Peña Blanca, los cuales han sido sometidos a varios periodos de violencia originados por la lucha por el control de las explotaciones mineras (FEDESMERALDAS, 2015) bajo el liderazgo de Víctor Carranza, el comerciante y propietario de las minas más grandes del departamento de Boyacá, donde se explota el mayor porcentaje de esmeraldas de Colombia, quien al fallecer en el año 2013 generó una reestructuración de la minería de esmeraldas y una fuerte disminución de la violencia (Franco, Puppim de Oliveira y Ali, 2018) permitiendo la formalización de las actividades mineras, la inversión

de empresas extranjeras como Minería Texas S.A. (Estados Unidos) y Fura Gems Inc. (Canadá) (Agencia Nacional de Minería 2020). Sin embargo, el cese de violencia no generó grandes beneficios para todos los grupos de interés involucrados en la extracción de esmeraldas, debido a que esta actividad se concentró en grandes grupos mineros frenando casi por completo la minería a pequeña escala que era la principal fuente de ingresos de gran parte de la población de estos municipios, logrando evidenciar que los procesos de paz generan diferentes vías de desarrollo local que suelen ser afectados por el liderazgo de fuerzas políticas y económica no locales centralizando el poder y afectando el desarrollo de las comunidades más vulnerables de los municipios mineros (Franco, Puppim de Oliveira y Ali, 2018), lo cual genera grandes retos para el sector en búsqueda de una sostenibilidad social, ambiental y económica que fomente el desarrollo de las comunidades.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente artículo se realiza una búsqueda detallada de información mediante la aplicación de diferentes motores de búsqueda que permitieron la obtención de artículos científicos, estudios de caso, tesis académicas, congresos técnicos, entre otras fuentes bibliográficas, las cuales mediante un posterior análisis y gestión de información respaldan la investigación realizada por los autores en relación a los retos que afronta la extracción de esmeraldas en Colombia para alcanzar la sostenibilidad, adicionalmente se realizó una visita de campo con el fin de identificar la situación actual de la extracción de esmeralda en Colombia y obtener información del personal especializado que se encuentra a cargo del proceso de explotación de esmeraldas y de los mineros que desarrollan dicha actividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Problema inicial

La explotación de esmeraldas se ha visto involucrada en diferentes problemáticas que afectan de forma directa la sostenibilidad de dicha actividad económica, las cuales surgen de la bonanza esmeraldera del siglo XX en la década de los años 60, 70, y 80 cuando se generó el desplazamiento de personas de distintas partes del país a los municipios que presentaban una alta producción de esmeraldas, lo cual provocó el inicio de una serie de

problemas sociales y ambientales que aún afectan a los municipios mineros, entre los que se destacan la presencia de violencia y desigualdad social junto con un desgaste de la capa vegetal y alteración a fuentes hídricas aledañas a la zona minera (Hernández Duarte, 2020), de igual forma se generó el inicio de una brecha económica bastante fuerte a causa del llamado “embrujo verde” como muchos llaman a la necesidad de buscar y encontrar esmeraldas para el sustento de sus familias. Adicionalmente a esta bonanza esmeraldera se generó un conflicto interno en los municipios mineros por el control de la explotación de esmeraldas, siendo este una de las amenazas más importantes en la cadena productiva de esta piedra preciosa, generando problemas de orden público y un deterioro constante del medio ambiente a causa de la minería informal (FEDESMERALDAS, 2015), sin embargo, con el fin del conflicto se generó el ingreso de empresas mineras extranjeras quienes tomaron el control de la explotación de esmeraldas reduciendo el acceso de las comunidades a rentas mineras y aumentando la desigualdad (Franco, Puppim de Oliveira y Ali, 2018); adicionalmente se evidenció el aumento en los niveles de producción debido a la tecnificación del proceso causando un mayor volumen de residuos sólidos y líquidos que son depositados en los ecosistemas involucrados en el proceso de explotación, afectando sus propiedades y por consiguiente la productividad del terreno.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente se evidencia que la extracción de esmeraldas en Colombia se enfrenta a grandes retos sociales, ambientales y económicos que afectan de forma directa e indirecta el desarrollo sostenible tanto del sector minero como de las comunidades aledañas a las actividades de explotación de esmeraldas, lo cual fomenta la implementación de técnicas más sostenibles de producción que busquen la inclusión de las comunidades, minimizando la desigualdad y garantizando el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible en búsqueda de un crecimiento social donde se proteja el medio ambiente garantizando una producción y consumo responsable de las esmeraldas enfocado hacia el concepto de sostenibilidad que comprende el aprovechamiento responsable de los recursos para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, asegurando un equilibrio en tres pilares importantes: sostenibilidad económica (crecimiento económico), social (equidad social) y ambiental (protección ambiental) (Herrera Herbert, 2008).

A continuación, se realizará un análisis y evaluación de la explotación de esmeraldas identificando los retos que afronta esta actividad económica para lograr un desarrollo sostenible tanto del sector minero como de las comunidades aledañas, para finalmente proponer algunas estrategias que faciliten el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por las Naciones Unidas.

3.2. Proceso de explotación de esmeraldas

La explotación de esmeraldas se caracteriza por ser un proceso poco tecnificado y su metodología predominante es mediante la excavación de túneles (UNEP, 2016), también llamados socavones los cuales son grandes agujeros que se realizan en la tierra sostenidos por estructuras de madera siguiendo una trayectoria horizontal o clavada es decir de manera vertical. En la medida que se avanza es necesario la instalación de tubos para el desagüe del líquido que por naturaleza se filtra en el subsuelo y la instalación de variedad de herramientas como medidores de gases para mantener un control de la acumulación de gases que conllevan a la contaminación dentro del tubo y por consiguiente grandes afectaciones de salud a los trabajadores de la mina (Acosta Pérez, Hernández Martínez y Sogamoso Jiménez, 2017) quienes pueden presentar eventos indeseados de asfixia o intoxicaciones por la exposición a altas concentraciones de gases (Alonso Cárdenas, Arcos y Echavarría, 2017).

Durante la explotación de esmeraldas se deben cumplir con una serie de elementos, procedimientos y alistamientos de herramientas y equipos para poder garantizar una buena práctica de trabajo tal como se describe en la figura 1 mediante un diagrama del proceso de extracción de esmeraldas desde el alistamiento del terreno hasta la limpieza y clasificación de la piedra preciosa junto con la disposición final de los residuos.

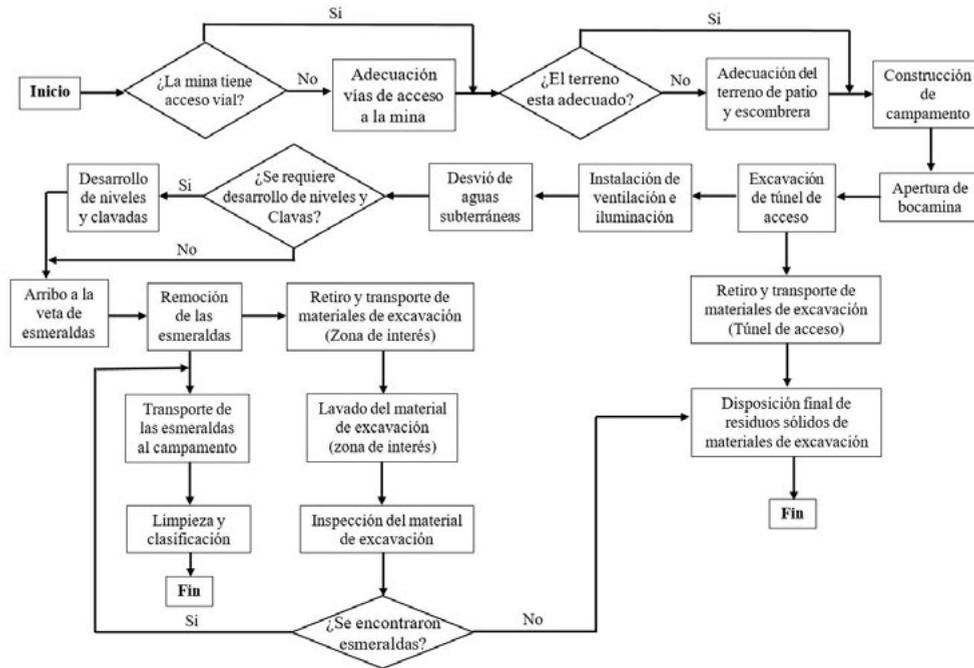


Figura 1. Diagrama del proceso de extracción de esmeraldas. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describirá en base a la figura 1 cada una de las etapas que comprende el proceso de extracción de esmeraldas con el fin de comprender el grado de afectación que puede generar cada etapa a nivel social y/o medioambiental.

- **Adecuación vías de acceso:** una actividad minera se debe iniciar con la adecuación de las vías de acceso existentes y/o la creación de nuevas vías para que los vehículos puedan ingresar hasta el campamento, la boca del túnel y la escombrera (Avenida Morales, 2014); esta etapa contempla una afectación ambiental debido al deterioro del medio ambiente para la construcción de vías.

- **Adecuación del terreno:** es necesario realizar una explanación cerca de la boca del túnel con el fin de facilitar la movilidad de vehículos y trabajadores, adicionalmente se determina el sitio donde se realizará la disposición final del material procedente de las excavaciones por lo cual es necesario realizar en dicha área un proceso de descapote que afecta la capa vegetal de la zona.

- **Montaje de equipos y construcción del campamento:** con el fin de garantizar un buen ambiente de trabajo y garantizar la seguridad de los trabajadores se debe contar con una serie de

herramientas y equipos que garanticen un ambiente seguro de trabajo, por tal motivo el montaje de equipos comprende la instalación de señales informativas, el campamento para albergar al personal que trabaja en la mina, las instalaciones del equipo eléctrico, los sistemas de ventilación descontaminantes y las bombas para desagüe de residuos (Acosta Pérez, Hernández Martínez y Sogamoso Jiménez 2017). En la figura 2 y figura 3 podemos evidenciar algunos de los implementos de emergencia y el tablero de medición de gases instalado en la entrada al túnel para garantizar la seguridad de las actividades mineras.



Figura 2. Proceso de montaje y construcción de campamento: instalación de implementos de emergencia para salvamento. Fuente: Elaboración propia.

AÑO 2019

TABLERO MEDICIÓN DE GASES

| FECHA | HORA | GAJO | O ₂ | CO | CO ₂ % | NO ₂ | H ₂ S | CH ₄ | RESPONSABLE |
|-------|------|-----------------|----------------|----|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------|
| 7-19 | 1:00 | CENTRAL OFICINA | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | NO SE ESTA LABORANDO |
| | 7:05 | MIVEL 22 DE 1-1 | 20.7 | 0 | 0.05 | 0 | 0 | 0 | JOSE PADILLA |
| | 7:10 | MIVEL 22 DE 1-1 | 19.0 | 0 | 0.28 | 0 | 0 | 0 | NO SE ESTA LABORANDO |

ENCENDER VENTILADOR ANTES DE INICIAR LABORES

NOTA:

Figura 3. Proceso de montaje y construcción de campamento: instalación de tablero de medición de gases.
Fuente: Elaboración propia.

• **Excavación:** contempla la actividad de construcción del socavón hasta encontrar el punto de la extracción de la esmeralda, con herramientas tradicionales (picos, palas, martillos neumáticos, etc.) e incluso la aplicación responsable de explosivos, los cuales se instalan dentro de agujeros generados por el martillo neumático dentro del túnel facilitando el avance en conglomeraciones de tierra que son difíciles de perforar con herramientas tradicionales, adicionalmente durante la excavación se realiza la instalación de una estructura en madera que garantiza la integridad del socavón. La figura 4 y la figura 5 permiten identificar la entrada a la mina de esmeraldas con una estructura interna en madera y algunas señales informativas sobre el uso obligatorio de los elementos de protección personal.



Figura 4. Proceso de excavación: entrada al túnel con estructura interna de madera.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Proceso de excavación: zona de almacenamiento de explosivos.
Fuente: Elaboración propia.

• **Avance del túnel:** esta actividad comprende la instalación de redes eléctricas y sistemas de ventilación a lo largo del avance del túnel, garantizando buenas condiciones de trabajo para continuar la excavación del socavón evitando afectaciones de salud a los mineros por falta de luz y/o acumulación de gases que provocan intoxicaciones y afectaciones respiratorias. Los sistemas de ventilación contemplan la instalación de ductos mediante los cuales se inyecta aire por medio de un ventilador desde la boca del túnel Fuente especificada no válida. En la figura 6 y figura 7 se evidencia el sistema de ventilación instalado en una mina de esmeraldas y la red eléctrica que permite su iluminación.



Figura 6. Proceso de avance del túnel: sistema de ventilación con ventiladores internos.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Proceso de avance del túnel: red eléctrica para la iluminación de la mina.
Fuente: Elaboración propia.

• **Desvío de aguas subterráneas:** durante el proceso de excavación se encuentran filtraciones importantes de agua que deben ser dirigidas hacia la boca del túnel mediante el uso de canales o motobombas dependiendo el estado la uniformidad del piso dentro de la mina como se ilustra en la figura 8 y figura 9.



Figura 8. Proceso de desvío de aguas subterráneas. Canal interno de desagüe de aguas subterráneas.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Proceso de desvío de aguas subterráneas: llegada de las aguas subterráneas a la entrada de la mina.
Fuente: Elaboración propia.

• **Desarrollo de niveles y clavadas:** los túneles de las minas de esmeraldas generalmente no siguen un solo curso horizontal debido a la necesidad de hacer cambios en el nivel y para ello se construyen clavadas o caracoles que pueden alcanzar 100 metros en sentido vertical como se ilustra en la figura 10 y figura 11 (Santamaria Segura y Muños Palomino, 2017), el acceso a los niveles se realiza mediante escaleras o ascensores.



Figura 10. Proceso de desarrollo de niveles y clavadas: estructura interna de una clavada.
Fuente: Elaboración propia.

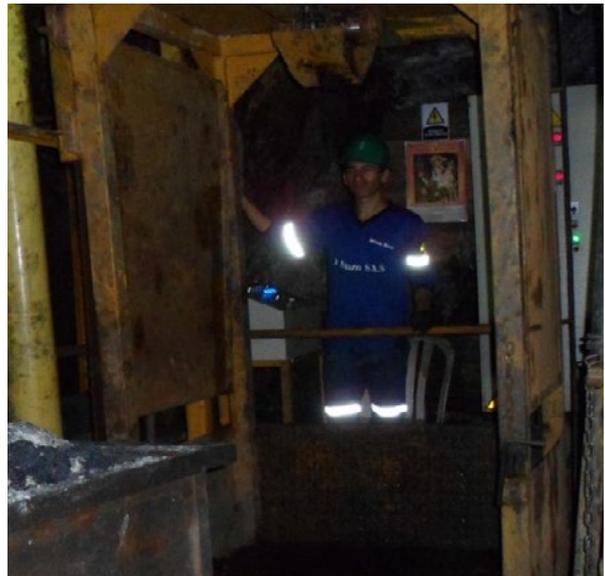


Figura 11. Proceso de desarrollo de niveles y clavadas: ascensor de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

• **Retiro y transporte de material:** esta actividad contempla dos etapas del proceso de explotación, antes y durante la llegada a la veta de esmeraldas. A medida

que se avanza la excavación del socavón la tierra removida es retirada del frente de trabajo mediante una serie de carros mineros hacia la superficie (figura 12 - figura 13), posteriormente al llegar a la veta de esmeraldas se extrae cuidadosamente el material y se dispone en un lugar específico afuera de la mina para luego ser revisado detalladamente.



Figura 12. Proceso de retiro y transporte de material mediante carros mineros desde el fondo de mina hasta la entrada al túnel (Fondo de mina).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Proceso de retiro y transporte de material mediante carros mineros desde el fondo de mina hasta la entrada al túnel (Superficie – entrada al túnel).

Fuente: Elaboración propia.

- **Remoción de las esmeraldas:** esta etapa se realiza mediante un proceso meticuloso y detallado a la hora de remover las unidades rocosa garantizando la integridad de las esmeraldas; por tal motivo este trabajo es realizado de forma cuidadosa por una persona especializada quien logra extraer la piedra preciosa sin dañarla y la guarda en tulas de seguridad las cuales son retiradas de la boca de mina por personas autorizadas hasta el campamento.

- **Limpieza y clasificación:** al llegar la esmeralda al campamento se lleva al cuarto de lavado donde se remueve la tierra adherida a la esmeralda para posteriormente ser clasificada, sellada y rotulada en una bolsa de seguridad.

- **Lavado e inspección de roca residual:** esta actividad contempla el lavado de la roca residual extraída de la veta de esmeraldas con el fin de analizar si hay presencia de esta piedra preciosa antes de ser dispuestas por completo.

- **Disposición final de residuos:** contempla la disposición final de los residuos sólidos provenientes de las actividades mineras y el vertimiento residuos líquidos en terrenos baldíos o cauces de ríos.

La esmeralda luego de su extracción pasa por diferentes intermediarios entre los cuales se encuentran los talladores que la transforman, los comisionistas que buscan compradores y los comercializadores, sin embargo durante todo ese proceso las esmeraldas actualmente en Colombia deben cumplir con un estricto proceso de registro para certificar su origen y el pago de regalías Fuente especificada no válida..

3.3. Sostenibilidad en la industria minera

La sostenibilidad de un sector económico se fundamenta en el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos, con el objetivo de garantizar una mejor calidad de vida para las poblaciones y de forma simultánea velar porque los patrones de consumo actual no afecten el bienestar de las generaciones futuras y se garantice la estabilidad del proceso productivo a lo largo del tiempo (Cortés Mura & Peña Reyes, 2015). El origen del concepto de sostenibilidad se asocia a la creciente preocupación de las comunidades internacionales en las últimas décadas del siglo XX al considerar el vínculo existente entre el desarrollo económico y social y sus efectos sobre el medio ambiente (Garea Moreda et al, 2014) contemplando

la sostenibilidad como un proceso cualitativo y cuantitativo que implica un cambio social que armonice el crecimiento económico, la conservación del medio ambiente y la equidad social (Cancino Cadena et al, 2017).

La minería por su propia naturaleza no es una actividad sostenible debido a que su proceso productivo implica una afectación en el medio ambiente a causa de la tala de bosques, la remoción de grandes cantidades de suelo, el uso de grandes cantidades de agua y emisiones de gases y partículas a la atmosfera (Moyo Shoko y Mwitwa, 2015), en el caso de la minería de esmeraldas, aunque no requiera químicos, la remoción de la capa vegetal en el área de las minas y la disposición del material rocoso estéril extraído de los túneles en escombreras generan la presencia de terrenos baldíos con apariencia desolada (Revista Semana, 2017), adicionalmente se generan afectaciones a fuentes hídricas aledañas a la zona minera causadas por el vertimiento del agua proveniente de los túneles y del proceso de limpieza e inspección de material estéril; representando un reto para el desarrollo de una minería sostenible en Colombia.

La explotación minera sostenible implica más que el cumplimiento de la normatividad existente que regula esta actividad económica, debido a que se debe garantizar que futuras generaciones tengan acceso a estos recursos mineros (Cortes Forero, 2015) y adicionalmente apoyar el desarrollo de las comunidades y la protección del medioambiente, generando una minería económicamente viable, ambientalmente sensible, socialmente responsable y lo más importante que produzca beneficios sostenibles y descentralizados (Ramírez Rojas, 2008) garantizando la coexistencia de la minería con otras actividades económicas como la ganadería y la agricultura en el área de influencia geográfica, fomentando procesos productivos sostenibles que garanticen el crecimiento de todos los sectores económicos de la región (Oyarzún y Oyarzún, 2011).

Colombia en búsqueda del desarrollo de una minería sostenible y socialmente responsable ha suscrito varios acuerdos entre los cuales se encuentra el ingreso del país en la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) que solicita al país mejorar sus prácticas en el desarrollo de la minería de tal forma que se reduzcan las afectaciones de los derechos humanos en las poblaciones mineras (UPME 2018). Considerando lo descrito anteriormente se evidencia la necesidad de implementar un conjunto de

acciones que se asocien a la normatividad del sector y a otras variables como los precios internacionales en el mercado de los minerales con el objetivo de lograr un proceso productivo minero sostenible (Pachón Mahecha, 2014), dichas actividades buscarán optimizar el consumo de los recursos naturales, realizar acciones para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales, aumentar la eficiencia energética mediante la adopción de tecnologías más limpias, mejorar la seguridad de las minas con el fin de reducir amenazas y peligros geoambientales y geodinámicos y garantizar un mejoramiento continuo de la gestión ambiental (Guerrero Almeida y Blanco Torrens, 2002), (Cacua y Chacón, 2009). Adicionalmente, la búsqueda de la sostenibilidad en la industria minera obliga a dirigir esfuerzos académicos, sociales y organizacionales que lleven a la optimización de la explotación de los recursos naturales de una forma responsable (Blanco Orozco, 2021).

La sostenibilidad de la minería de esmeraldas contempla un equilibrio social, ambiental y económico en cada una de las etapas de la cadena de valor de dicha actividad, es decir, para lograr un desarrollo sostenible es necesario implementar procesos de exploración, explotación, comercialización y transporte que garanticen el cuidado medioambiental y el desarrollo social y económico de las comunidades mineras, adicionalmente se debe contemplar programas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos y la recuperación de las áreas afectadas mediante actividades de reforestación y restauración de la capa vegetal.

3.4. Dimensión económica del desarrollo sostenible.

Históricamente el sector minero en Colombia ha sido de gran importancia para el crecimiento económico tanto del país como de las comunidades mineras, aportando en promedio desde el año 2005 al año 2020 el 1.96% del producto interno bruto (PIB) del país, sin embargo, debido a la situación actual que enfrenta el mundo a causa del covid-19 el sector minero redujo su producción afectando sus indicadores económicos, por consiguiente, la extracción de esmeraldas pasó de producir 654.558 quintales para el año 2019 a producir 165.262 quintales para el año 2020, afectando de forma directa el recaudo por regalías de esta actividad, el cual fue de 7.650,77 millones de pesos colombianos para el año 2019 y de 1.237,47 millones de pesos colombianos en el año 2020 (UPME, 2021).

El sector minero en Colombia genera aproximadamente 350.000 empleos directos y cerca de un millón de

empleos indirectos (Agencia Nacional de Minería, 2020) apoyando el desarrollo de las comunidades mineras y creando vínculos con otras actividades económicas como la ganadería y la agricultura, adicionalmente la minería de esmeraldas ha fomentado la inversión extranjera generando la llegada de empresas que buscan invertir en la extracción de esta piedra preciosa causando desarrollo para las comunidades que habitan las zonas aledañas a esta actividad económica; sin embargo, la llegada de estas empresas extranjeras junto con la formalización de la minería ha generado la reducción casi por completo de la minería artesanal e ilegal de esmeraldas afectando la economía de numerosas familias que subsistían económicamente mediante esta actividad, lo cual conlleva a la necesidad de fomentar proyectos por parte de las empresas mineras en pro del desarrollo de las comunidades del área donde operan, generando inversiones estratégicas voluntarias dirigidas a la sostenibilidad económica de las regiones; esto a su vez fortalece los lazos de confianza entre las comunidades y las empresas (Zuluaga Guerra & Monterroza Villalba, 2019).

3.5. Dimensión ambiental del desarrollo sostenible.

La minería implica la remoción de grandes cantidades de vegetación y suelo para dar paso a la actividad minera, de igual forma la tecnología utilizada puede tener impactos significativos en el medio ambiente, desde la degradación ambiental hasta la contaminación del aire y de fuentes hídricas superficiales y subterráneas, generando afectaciones graves a la biodiversidad de la región minera (Moyo Shoko y Mwitwa, 2015). Debido a que la extracción de esmeraldas no requiere el uso de ningún material o químico tóxico como el mercurio en el caso de la minería aurífera, las afectaciones medioambientales son relativamente simples de controlar puesto que se limitan a un deterioro del terreno causado por la remoción de la capa vegetal, la disposición de residuos sólidos estériles y el vertimiento de aguas residuales poco contaminadas a cauces de ríos aledaños, sin embargo, se evidencia que los grupos de interés de esta actividad económica no están lo suficientemente integrados para trabajar de forma efectiva en conjunto, dificultando la implementación de diferentes medidas que reduzcan, mitiguen o eliminen las afectaciones ambientales (Puppim de Oliveira y H. Ali, 2011).

3.6. Dimensión social del desarrollo sostenible.

A lo largo de la historia de la minería de esmeraldas en Colombia se han evidenciado diferentes conflictos sociales que han generado la violencia y desigualdad en

las regiones mineras del país, sin embargo, actualmente con la reducción de los actos de violencia en búsqueda del dominio de la extracción de esmeraldas que causó la muerte de más de 3.000 personas en el municipio de Muzo (Franco, Puppim de Oliveira y Ali, 2018), muchas empresas extranjeras han decidido invertir en este proceso productivo implementando diferentes herramientas tecnológicas que optimizan el proceso de extracción, si bien, esto podría ser un gran beneficio, las comunidades aledañas a zonas mineras opinan lo contrario debido a que se redujo la minería a pequeña escala y las oportunidades laborales a causa de no contar con la calificación adecuada para hacer parte de las operaciones mineras más grandes y a la reducción de puestos de trabajo generada por la tecnificación del proceso de extracción (Franco, Puppim de Oliveira y Ali, 2018); el bajo nivel de formación de las personas que habitan en los municipios mineros del país genera impactos sociales negativos como lo son la pobreza y bajos índices de desarrollo humano (Moncada Torres, 2016). En base a lo anterior se evidencia que la mayoría de las comunidades locales soportan el costo social en comparación con las empresas mineras y los gobiernos que tienden a disfrutar de los beneficios de la explotación de esmeraldas (Moyo Shoko & Mwitwa, 2015), sin embargo, actualmente en Colombia se desarrolló una reforma al sistema de regalías para destinar recursos para la protección del medio ambiente, la reducción de la pobreza y la inversión social en búsqueda de reducir el costo social de esta actividad económica (Minenergía, 2020).

3.7. Retos para la sostenibilidad

La minería de esmeraldas en Colombia en búsqueda de ser una actividad económica responsable, sostenible y amigable con el medioambiente se enfrenta a grandes retos en todo contexto, en los cuales se debe garantizar una reducción en la desigualdad de las comunidades, más oportunidades de empleo y mayor responsabilidad ambiental garantizando la compatibilidad con otras actividades productivas en el mismo suelo sin afectar el normal desarrollo de las demás industrias (Revista Semana, 2017), sin embargo, para afrontar dichos retos es necesario el trabajo conjunto de todos los involucrados en el proceso de extracción de esmeraldas, entre los cuales se encuentran empresas privadas y/o públicas, instituciones gubernamentales y la comunidad.

Las comunidades que habitan en zonas mineras asumen una parte desproporcionada del costo económico, social y ambiental generado por extracción de minerales,

situación que se agudiza al realizar dicha actividad económica en áreas remotas donde las comunidades carecen de servicios como infraestructura, mercados, educación y recursos que contribuyen a mantener una situación de pobreza donde no se logra participar y beneficiarse de las oportunidades económicas generadas por el sector (Moyo Shoko & Mwitwa, 2015) y por consiguiente se ha ampliado la brecha económica de las regiones mineras, donde las comunidades son cada vez más vulnerables debido a la apropiación indebida de tierras propias de comunidades marginales, desequilibrio del poder, degradación ambiental y las restricciones generadas a propiedades anteriormente consideradas como recursos comunes.

Con el fin de afrontar las problemáticas anteriormente descritas en Colombia se han desarrollado diferentes estrategias para apoyar el desarrollo de las comunidades mineras y reducir los impactos causados por la extracción de esmeraldas. Una de estas iniciativas contempla la recuperación de la capa vegetal retirada y/o afectada por la disposición de material estéril extraído en las actividades mineras, todo esto mediante un proceso de reforestación que inicia con un inventario forestal y la reubicación y rescate de las plantas afectadas que son llevadas a un vivero donde esperan hasta que el terreno esté listo para volver a su lugar de origen; posteriormente se realiza un proceso de hidrosiembra, el cual permite recuperar en poco tiempo el paisaje degradado mediante una maquina Hydro-Mulcher donde se mezcla agua y semillas de grama con un material que hace que estas se adhieran al suelo sin necesidad de sembrarlas y luego se vierte mediante una manera sobre el terreno afectado (Revista Semana, 2017); adicionalmente a los procesos de reforestación la empresa Minería Texas Colombia tiene un grupo de manejo medioambiental que trabaja en la recuperación y preservación del daño ambiental mediante cinco estrategias: manejo de agua y residuos, control de emisiones, rehabilitación de tierras, paisajismo y reforestación.

En Colombia han surgido diferentes investigaciones en búsqueda de nuevas estrategias de readecuación del ciclo lineal de la extracción de esmeraldas donde los residuos mineros son dispuestos a cielo abierto y dentro de los causes de quebradas y ríos; dichas investigaciones proponen estrategias para reincorporar los residuos mineros a un ciclo circular de aprovechamiento residual con el fin de aumentar la productividad económica en las explotaciones y probablemente transformar los residuos en subproductos para otras industrias. Una de estas estrategias consiste en el

aprovechamiento productivo de los residuos mineros de lutita bituminosa (Black Shale) mediante el diseño de fachaletas para el revestimiento de interiores y exteriores utilizables en el sector de la construcción; para lograr dicho objetivo fue necesario la toma de muestras de estas lutitas permitiendo su análisis en laboratorio para determinar el contenido de agua y realizarles pruebas de compresión y granulometría por tamizaje obteniendo como resultado la viabilidad técnica y financiera del aprovechamiento de las lutitas bituminosas para la construcción de lajas para fachaleta en interior o exterior (Hernández Duarte, 2020).

A nivel internacional se han desarrollado diferentes proyectos con el objetivo de utilizar los residuos sólidos de la minería de esmeraldas en nuevos procesos productivos, uno de ellos se implementó en Brasil en los estados de Minas Gerais, Bahia y Goiás, donde se identificó que los esquistos residuales de la minería de esmeraldas contienen elementos como magnesio (Mg), calcio (Ca), fosforo (P), potasio (K), zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y cobalto (Co) que son necesarios en los procesos fisiológicos del desarrollo vegetal, por tal razón se implementó una estrategia para utilizar los relaves de residuos sólidos de la minería de esmeraldas como fertilizante de suelos latericos incrementando el contenido de algunos elementos como magnesio y potasio junto con una baja corrección del pH en este tipo de suelos, favoreciendo la ejecución de actividades agrícolas en dichos estados mineros de Brasil (Aguir et al, 2016); por otra parte, en Portugal se realizó una investigación en la Universidad Tecnológica de Lisboa que buscaba implementar una estrategia para el uso de residuos mineros de esmeraldas para la producción de sensores de humedad (Calvalcante et al, 2009).

CONCLUSIONES

De acuerdo a la temática revisada a lo largo del artículo, se puede concluir que la explotación de esmeraldas es un proceso productivo que a lo largo de su historia se ha visto involucrado en situaciones de violencia, desigualdad social y degradación del medio ambiente, afectando de forma directa y/o indirecta el desarrollo sostenible de esta actividad económica y de las comunidades mineras. La bonanza esmeraldera que se presentó en el siglo XX trajo consigo la migración de muchas personas a regiones mineras con alto potencial de producción de esmeraldas, iniciando una creciente problemática social marcada por la desigualdad. Posteriormente con el fin del conflicto y la llegada de empresas internacionales mineras se inició una etapa de transformación en la minería de

esmeraldas que trajo consigo problemas de desempleo debido a que los mineros tradicionales no cuentan con el nivel de conocimiento necesario para trabajar en una minería más tecnificada y formal, lo cual junto con la reducción significativa de la minería informal generó el crecimiento de la pobreza y la desigualdad económica en las comunidades. Por lo anterior es importante concluir que las poblaciones mineras han cargado a lo largo de la historia con un costo desproporcionado a nivel social y económico, sin dejar a un lado el aspecto ambiental donde se evidencia una degradación de la capa vegetal de los terrenos y la aparición de zonas baldías y desoladas causados por la disposición final de residuos estériles provenientes de las minas de esmeraldas.

La explotación sostenible de esmeraldas se fundamenta principalmente en dos áreas, por un lado, encontramos la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos generados por dicha actividad económica y por otra parte la recuperación de zonas ambientalmente afectadas junto con la inclusión de las comunidades y la coexistencia de la minería con otras actividades económicas de la región como la ganadería y la agricultura; por consiguiente en los últimos años se han desarrollado una serie de proyectos que buscan la reutilización de los residuos sólidos estériles provenientes de la extracción de esmeraldas en procesos productivos secundarios como la elaboración de fachaletas para construcción, sensores de humedad y/o fertilizantes para los cultivos agrícolas, generando de forma simultánea nuevas fuentes de empleo para las comunidades aledañas a las actividades mineras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Universidad de América y la empresa Esmeracol SAS, por permitir el desarrollo de esta investigación y acceder a zonas mineras donde se extraen esmeraldas en el municipio de Maripí.

REFERENCIAS

Acosta Pérez, Á., Hernández Martínez, C., & Sogamoso Jiménez, L. S. (2017). *Propuesta de diseño del sistema de gestión de calidad para la empresa esmeraldas santa rosa s.a. con base en la norma ntc - ISO 9001:2015*. Bogotá D.C: Universidad Sergio Arboleda.

Agencia Nacional de Minería. (2018). *Esmeraldas*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/esmeraldas.pdf>

Agencia Nacional de Minería. (2020). *Colombia: Explorando Oportunidades*. Bogotá D.C: Minienergía. Obtenido de https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/cartilla_minera_2020.pdf

Aguiar, A., Horn, H. A., Viera da Costa, A. S., Baggio, H., & Bilal, E. (2016). Use of mining waste in agriculture: An example using emerald mining waste from Minas Gerais, Brazil. *Romanian Journal of Mineral Deposits*, 89, 45-48.

Alonso Cárdenas, J., Arcos, A., & Echavarría, E. (2017). *Seguridad y salud en la pequeña minería Colombiana: estudio de caso en oro y carbón*. Envigado, Antioquia, Colombia: Alianza por la minería responsable, 08-119, ISBN 978-958-56331-0-0.

Avendaño Morales, L. M. (2014). *Planteamiento minero para la explotación a cielo abierto de puzolana correspondiente al título minero L0764-15 ubicado en el municipio de Paipa, en el departamento de Boyacá*. Sogamoso: Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia.

Blanco-Orozco, N. V. (2020). *Generación de energía eléctrica en sistemas de generación distribuida de pequeña escala usando bioenergía en Nicaragua*. Revista Fuentes, El reventón energético, 19(1), 21-31. (<https://doi.org/10.18273/revfue.v19n1-2021003>)

Cacua, M., & Chacón, C. (2009). *La Minería en Colombia, un escenario de decisiones ante un desarrollo sostenible*. Instituto de Altos Estudios para la Integración y el Desarrollo Legislativo.

Calvalcante, R., Coelho, R., Esteves, P., & Marimbondo, R. (2009). *Study of the use of emerald mining waste for the production of electronic humidity sensor*. Lisboa, Portugal: Universidad Técnica de Lisboa.

Cancino Cadena, A., Mesa Salamanca, C. A., Páez Méndez, J. A., Meneses Montes, G., Cuéllar Escobar, J. J., & Vásquez Ochoa, F. A. (2017). Desarrollo sostenible de la minería de socavón del carbón en Colombia. *Documentos de Investigación: Economía*(20), 7-60.

- Cortes Forero, J. (2015). La expedición de licencias para la explotación minera. *Universidad Católica de Colombia*, Bogotá D.C.
- Cortés Mura, H. G., & Peña Reyes, J. I. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 78(ISSN: 0120-8160), 40-45.
- Durán Prieto, J. M. (28 de 09 de 2020). *Revista Semana*. Obtenido de Colombia, la puerta a una minería competitiva y sostenible: <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/mineria/articulo/colombia-la-puerta-a-una-mineria-competitiva-y-sostenible/202000/>
- FEDESMERALDAS. (2015). *Estudio de caracterización del sector esmeraldero así como de la cadena productiva colombiana de la esmeralda y la joyería, Fase I*. Bogotá D.C: Portex.
- FEDESMERALDAS. (2015). *Estudio de caracterización del sector esmeraldero así como de la cadena productiva colombiana de la esmeralda y la joyería, Fase II y III*. Bogotá D.C: Portex.
- Franco, I., Puppim de Oliveira, J., & Ali, S. (2018). Peace with Hunger: Colombia's Checkered Experience with Post-Conflict Sustainable Community Development in Emerald-Mining Regions. *MDPI*(doi:10.3390/su10020504), 1-17.
- Garea Moreda, B., Torres Valle, A., Gómez Gutiérrez, C., Pichs Madruga, R., Jáuregui Haza, U., Valdés Valdés, O., . . . González Espino, Z. (2014). El desarrollo sostenible: Concepto básico, alcance y criterios para su evaluación. En UNESCO, *Cambio climático y desarrollo sostenible. Bases conceptuales para la educación en Cuba* (págs. 90-111). Habana, Cuba: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Guerrero Almeida, D., & Blanco Torrens, R. (2002). Criterios generales de sostenibilidad para la actividad minera. *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*, 93-113.
- Hernández Duarte, J. L. (2020). *Aprovechamiento de residuos de minería de esmeraldas aplicando una alternativa socio-económica y cultural para aportar en la minimización del impacto ambiental ocasionado en cercanías al municipio de Muzo departamento de Boyacá – Colombia*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- Herrera Herbert, J. (2008). *La protección del medioambiente en minería y el desarrollo minero sostenible*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- MINCIT. (2018). *Manual de Joyería y Bisutería 2018*. Bogotá D.C: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Procolombia.
- Minenergía. (2020). *La transición energética de Colombia: Memorias al congreso*. Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía.
- Moncada Torres, N. (2016). *La responsabilidad social en el sector minero en Colombia*. Bogotá D.C: Universidad Militar Nueva Granada.
- Moyo Shoko, P., & Mwitwa, J. (2015). Socio-economic impact of small scale emerald mining on local community livelihoods: the case of Lufwanyama district. *International Journal of Education and Research*(ISSN: 2411-5681), 375 - 388.
- Oyarzún, J., & Oyarzún, R. (2011). *Minería Sostenible: Principios y prácticas*. La Serena, Chile: Minería Sostenible: Principios y prácticas.
- Pachón Mahecha, C. T. (2014). *Minería sostenible: El reto Colombiano*. Bogotá D.C: Universidad Militar Nueva Granada.
- Puppim de Oliveira, J. A., & H. Ali, S. (2011). *Gemstone mining as a development cluster: A study of Brazil's emerald mines*. Brasil: ELSEVIER.
- Ramírez Rojas, M. I. (2008). *Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Revista Semana. (2017). MINERÍA: Esmeraldas Historias Por Contar. *Revista Semana*, 1-131.
- Santamaria Segura, S. V., & Muños Palomino, J. C. (2017). *Valoración económica de los impactos ambientales generados por la explotación de una mina de esmeraldas (Municipio de Quipama Boyacá)*. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas.

UNEP. (2016). *GCF Readiness GCF Readiness Programme Componente 4 Análisis Sectorial MINERÍA*. Frankfurt: Frankfurt school.

UPME. (2018). *Esmeraldas: Balance 2012 - 2016*. Bogotá D.C: Unidad de Planeación Minero Energética.

UPME. (01 de 2021). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de Indicadores Económicos de la minería: <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/IndicadoresEconomicos.aspx>

Zuluaga Guerra, A. D. y Monterroza Villalba, R. I. (2019). *Licencia social como mecanismo de desarrollo de yacimientos de hidrocarburos no convencionales en el departamento del Cesar-Colombia*. Revista Fuentes: El reventón energético, 17(2), 101-110 (DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revfue.v17n2-2019009>)