

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA EXPLOTACIÓN DE LA MINA DE ESMERALDAS CUNAS EN EL OCCIDENTE DE BOYACÁ

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS GENERATED BY THE EXPLOITATION OF THE CRADLE EMERALD MINE IN WESTERN BOYACA

Juan David Villalobos Gualteros¹

¹ Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, juand-villalobosg@unilibre.edu.co

Fecha de recepción: 09/10/2019

Fecha de aceptación del artículo: 22 /11/ 2019

Resumen

La valoración económica de los impactos ambientales producto de la explotación de esmeraldas de la mina Cunas en el occidente de Boyacá y de la cual se encuentra bajo mandato y administración de la empresa Esmeraldas Santa Rosa S.A, se llevó a cabo por medio del método de estimación del cambio de productividad, este fue aplicado según correspondiera, sobre aquellas afectaciones derivadas de los impactos evaluados que poseían mayor significancia; para tal fin se identificaron los impactos ambientales de acuerdo con las actividades y procesos de la mina y estos fueron valorados de conformidad con lo expuesto por Vicente Conesa Fernández – Vitoria, además fueron identificados los factores y costos que influyen sobre la determinación del valor final; se encontró que el cambio de productividad agrícola respecto a los cultivos de cacao y caña de azúcar siendo estos los más representativos de la región equivale a \$19.537.655 y \$10.705.716 respectivamente, mientras que cambio de productividad ganadera equivale a

\$6.240.000, es decir se logró establecer que el valor de estas afectaciones es un poco elevado teniendo en cuenta la magnitud de la explotación, el cual toma un papel protagónico en la toma de futuras decisiones.

Palabras clave

Valoración económica, Afectaciones Ambientales en minería, Esmeralda, impactos ambientales, costos.

Abstract

The economic assessment of the environmental impacts resulting from the emerald mining of the Cunas mine in the west of Boyacá and of which it is under the mandate and administration of the company Esmeraldas Santa Rosa S. A, it was carried out through the productivity estimation method, this was applied accordingly, on those impacts arising from the impacts assessed that had the greatest significance; to this end, the environmental impacts were identified according to the activities and processes of the mine and these were assessed in accordance with what Vicente Conesa Fernández–Vitoria Said, and were also

identified the factors and costs that influence the determination of the final value; agricultural productivity change for cocoa and sugarcane crops was found to be the most representative in the region equals \$19,537,655 and \$10,705,716 respectively, while livestock productivity change equals \$ 6,240,000, i.e. it was established that the value of these impacts is a little high considering the magnitude of the holding, which takes a leading role in making future decisions.

Keywords

Economic Valuation, Environmental Impacts on Mining, Emerald, Environmental Impacts, Costs

Introducción

En Colombia la producción de esmeraldas alcanzó los 252.000 quilates en el último trimestre del año 2018, Agencia Nacional de Minería. (2018); cifra que aumento respecto a los años anterior lo que lleva a que Colombia ocupe el segundo lugar como exportador de esmeraldas en el mundo. Actividad que es relevante para el desarrollo del país y aunque debería ser buena noticia, uno de los problemas más significativos del país es la ilegalidad de las explotaciones, así como el impacto socioeconómico y ambiental de la minería que no cuentan con la infraestructura de maquinaria y tecnología para su explotación, actividad conocida como minería artesanal; así las cosas, en el marco del Plan de Desarrollo Nacional se han establecido políticas y mecanismos para

fortalecer la normatividad y la autoridad minera, con miras de buscar un proceso de consolidación de los registros y la fiscalización minera, es decir que la prioridad es identificar los datos reales de la minería ilegal y el fortalecimiento de las políticas para la legalización, pero aun así se siguen generando impactos ambientales y socioeconómicos independiente de la magnitud en que se desarrolle la actividad minera.

En general la actividad minera presenta afectaciones en el medio físico a la atmósfera, suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas; en lo biótico resulta generando afectaciones a los ecosistemas involucrados en el lugar de explotación y produce alteraciones o modificaciones en los sistemas económicos, sociales y en la salud de las comunidades involucradas de forma directa e indirecta con los proyectos mineros. Por lo que es necesario que las autoridades ambientales determinen los impactos y valoración económica y así definir soluciones técnicas, económicas y ambientalmente viables para el manejo de los impactos ambientales totales originados; esta valoración debe ser conocida por las comunidades, empresas que realizan la explotación y los trabajadores, Alcaldía Municipal de Maripí. (2000).

En los últimos años, se ha evidenciado el deterioro medio ambiental al que han sido sometido los diferentes recursos naturales de nuestro entorno, esto en su gran mayoría de

situaciones puede ser atribuido al constante desarrollo y avance tecnológico que se presenta en cada uno de los sectores económicos que intervienen en la dinámica normal de los países. Como una respuesta a esta problemática, por parte de especialistas en la materia, ha surgido la creación de técnicas exclusivamente dedicadas a la identificación y cuantificación de tal deterioro; su figura más visible y utilizada en la actualidad se encuentra denominada bajo un nombre genérico como las “Evaluaciones de Impacto Ambiental”, las cuales se han incorporado y convertido como una de las herramientas fundamentales que intervienen en el normal transcurrir de los proyectos, obras o actividades, logrando así una compatibilidad entre el desarrollo económico y el medio ambiente, Alcaldía Municipal de Maripí. (2000).

La producción de bienes y servicios, la economía y el medio ambiente poseen una estrecha relación, es por esto por lo que en los últimos tiempos se han venido incorporando nuevas técnicas que permitan el manejo integrado de estos factores; es así como la Valoración Económica de los diversos efectos ambientales se incorpora a los diferentes estudios ambientales que se requieran según la actividad que se desarrolle, Alianza Mundial de Derecho Ambiental-ELAW. (2010).

La técnica de Valoración Económica tiene por objetivo principal la identificación, estimación y determinación de un valor, en términos monetarios, de las distintas afectaciones que se derivan de los impactos

ambientales producto del desarrollo de actividades específicas que involucran la interacción con el entorno ambiental expresados como costos ambientales; Ganaderos, F. N. (22 de 09 de 2019); así las cosas, en el presente trabajo se hizo la aplicación de la Metodología de “Estimación del Cambio de Productividad” con el fin de encontrar el determinado valor en de las actividades y afectaciones que desborda la mina Cunas en el occidente de Boyacá.

En este caso, la empresa Esmeraldas Santa Rosa que es la encargada de la actividad minera de la mina Cunas en el departamento de Boyacá a la fecha no cuenta con la valoración económica de los distintos impactos ambientales producto del desarrollo de la actividad minera, la cual se convierte en una herramienta referente para la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de acciones que intervengan las diferentes alteraciones.

Metodología

Recolección de Información

Para lograr el objetivo de valorar económicamente las diferentes afectaciones que se producen a raíz de los impactos ambientales generados, en primera medida era necesario conocer las condiciones del ambiente en la zona de interés al igual que la operación de la explotación, para esto se hizo una revisión documental de información secundaria adecuándola a la zona específica en caso de que fuera necesario; en aras de lo anterior y para nutrir el diagnóstico ambiental de las condiciones actuales de la mina se consultó el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Maripí, Boyacá (EOT), lo anterior referente a la información necesaria para la caracterización ambiental de la zona de estudio; los aspectos técnicos del proyecto fueron consultados en el Programa de Trabajo y Obras (PTO) de la Empresa Esmeraldas Santo Rosa bajo el cual se desarrollan cada una de las operaciones del proceso productivo de la mina.

La información recolectada de estos dos aspectos permitió establecer la interacción existente entre el ambiente y los procesos de producción, con el objetivo de realizar la identificación de los impactos ambientales producto de las actividades mineras.

Una vez realizada dicha identificación se procedió a realizar la evaluación de los mismos, por medio de la metodología establecida por Vicente Conesa Fernández

Vitoria en el año 1997, la cual en este

proyecto sufrió una modificación para adaptarla a las condiciones necesarias, para que una vez realizado este proceso, haciendo uso de la importancia final de cada uno de los impactos, obtenida luego de haber aplicado cada uno de los criterios que contiene la metodología, se logró realizar tanto la jerarquización como la priorización de los impactos ambientales que tácitamente fueron objeto de la aplicación de la valoración económica.

Finalmente, teniendo como base el producto anterior, se procedió a la identificación de las diferentes afectaciones ambientales que tienen lugar por la manifestación de cada uno de los impactos ambientales priorizados, sobre las cuales, de forma directa, se aplicaron las diferentes metodologías de valoración económica según correspondiera.

Proceso de producción de explotación de esmeraldas

La extracción de los minerales se lleva a cabo por métodos estándares de minería a cielo abierto, minería subterránea y minería aluvial, cada uno de ellos tienen diversos sistemas y técnicas que están orientadas a optimizar el rendimiento de la inversión, obtener el máximo aprovechamiento de las reservas y desarrollar una operación segura y sostenible. Particularmente para la extracción de esmeraldas en el occidente de Boyacá implementan la minería subterránea como método de extracción debido a la presencia de grandes montañas y la profundidad donde se encuentra el mineral, en estas operaciones el trabajo realizado reúne la técnica y destreza manual del personal con el equipamiento en busca de la veta y la

presencia de la esmeralda, proceso que lleva lugar en túneles que a su vez se comunican con excavaciones tanto ascendentes como descendentes, Monroy, R.J. C. (2011).

De conformidad con el argumento anterior, visitas y consultas sobre el método de

extracción de esmeraldas en la mina Cunas, se determinó cada una de las etapas y la descripción de las actividades que conllevan a obtener el mineral, que a su vez sirven como base para realizar la evaluación de impactos.

A. Etapa de construcción y montaje

Tabla 1. Etapa construcción.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Adecuación y avance de vías existentes hasta la cota final de bocaminas y escombrera.	En esta etapa se realiza la adecuación de las vías para que los vehículos puedan ingresar hasta, el campamento, el inicio del túnel y la escombrera.
Explanación y adecuación de patio y escombrera	Una vez se determina el sitio donde se realizará la disposición final del material procedente de las excavaciones. Se realiza un descapote, explanación y adecuación de sitio de disposición final de los materiales.
Construcción de campamento	Teniendo en cuenta la cantidad de personas que desarrollaran las labores de la mina, se establece un campamento y se adecuan las instalaciones básicas como cocina, baños y habitaciones.
Apertura de bocaminas y avance del túnel de acceso	Para desarrollar las labores de perforación se utilizan herramientas de mano como picos y barras, y un martillo neumático con el que se perforan las zonas que presentan rocas con alta dureza haciendo huecos del espesor de la broca y aproximadamente un metro de longitud para colocar pólvora y efectuar pequeñas explosiones.

Fuente: autoría propia, 2019.

B. Etapa de exploración y explotación

Tabla 2. Etapa de exploración.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
-----------	-------------

Excavaciones de túneles	Los túneles son elaborados obedeciendo técnicas de excavación subterránea selectiva, que siguen un rumbo donde se presume pueda estar una franja de mineralización, y se basan en el comportamiento mineralógico del material que se va extrayendo del túnel a medida que este avanza.
Desarrollo de niveles y clavadas	El túnel no siempre sigue un curso horizontal, es muy frecuente encontrar la necesidad de hacer cambios de nivel y para ello se construyen clavadas o caracoles que pueden llegar a alcanzar 100 metros en sentido vertical
Explosiones	Se preparan pequeñas cantidades de pólvora las cuales se introducen en los agujeros hechos con el martillo colocándoles detonadores y mecha de detonación. Luego de las explosiones se debe esperar a que el sistema de ventilación evacúe del túnel los gases y el polvo generado para poder ingresar nuevamente.
Desvío de agua subterráneas	Generalmente el interior de la montaña tiene zonas donde se encuentran filtraciones importantes de agua las cuales se deben dirigir hacia la boca del túnel por medio de la construcción de pequeños canales si se ha logrado mantener el piso del túnel uniforme y un recorrido horizontal, cuando las condiciones son otras se debe recurrir en algunos casos al uso de motobombas para la evacuación del agua.
Retiro de materiales de excavación	Luego de las explosiones con la ayuda de herramientas de mano se hace un retiro de todo el material que queda suelto en el frente del túnel y se inspecciona si el material extraído conserva las condiciones mineralógicas que se persiguen para seguir avanzando en esa dirección.
Operación de campamentos	En la etapa de exploración y operación, se tendrá en total capacidad de funcionamiento los campamentos construidos, esto implica el uso de los servicios públicos y los impactos antrópicos de los trabajadores y visitantes de la mina.
Ventilación e iluminación	Con el desarrollo de los trabajos y el avance del túnel se deben ir instalando los ductos de ventilación que son hechos con un plástico cilíndrico que se une en la punta de los trabajos y por el cual se inyecta aire por medio de ventiladores desde la boca del túnel. Algo similar ocurre con la iluminación la cual se elabora con un cableado eléctrico que brinda electricidad a los diferentes focos que se instalan a lo largo del túnel. La iluminación es muy importante para poder revisar las formaciones rocosas, advertir la presencia de

	esmeraldas y evitar dañarlas en el proceso de retiro del material.
Transporte de material	El material retirado del frente del túnel se transporta hasta la boca del mismo en carros de extracción que son empujados por los mineros, estos carros pueden llegar a pesar media tonelada y demandan de un gran esfuerzo físico para ser movidos dentro del túnel y puestos en los ascensores cuando se han construido clavadas.
Limpieza y Selección	Una vez el material llega a la boca del túnel el mismo se selecciona y limpia con agua para poder observar la presencia de material de interés mineralógico o directamente la aparición de esmeraldas. Las esmeraldas encontradas se clasifican.

Fuente: autoría propia, 2019.

C. Etapa de desmantelamiento

Tabla 3. Etapa de desmantelamiento.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Retiro de campamentos e infraestructura asociada a la mina	En esta etapa se debe retirar la totalidad de elementos contruidos para la exploración y explotación minera.

Fuente: autoría propia, 2019.

Valoración económica

El resultado final de la aplicación de esta técnica fue la obtención de un monto económico para cada una de las afectaciones, que nos indica el costo indirecto en el que el proyecto estaría incurriendo por el desarrollo de sus actividades mineras en la zona específica de estudio.

Para la valoración económica de cada una de las afectaciones ambientales

identificadas, se hizo la aplicación de diferentes metodologías específicas para esta técnica; en este proyecto en específico se hizo la aplicación de dos metodologías: la primera de estas, la Estimación del Cambio en la Productividad, que busca estimar el impacto ambiental producido sobre un recurso natural valorando los cambios físicos en la producción [5] y se encuentra fundamentada bajo los precios de mercado aproximados que se puede encontrar presentes en la zona.

Los diferentes valores con los que se realizaron los cálculos en la Metodología de Cambio en la productividad fueron obtenidos mediante entrevistas personales de forma verbal con la comunidad en cuanto a los precios de mercado y con asociación de cacaoteros de Boyacá, además de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, ya que son quienes conocen las

condiciones típicas del mismo; para los valores empleados en la metodología de costos en salud, se hizo por medio de cotizaciones en diferentes droguerías y en la entidad prestadora de salud correspondiente. En esta metodología se hizo la aplicación de diferentes fórmulas con el fin de encontrar el valor final de la afectación, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 4. Fórmulas utilizadas.

Corresponde a la fórmula de capitalización por medio de interés compuesto, fue utilizada para la proyección del valor estimado a recibir por los campesinos de la zona en una producción agrícola.	
$VF = VP * (1 + R)^N$	
Donde	VF = Valor Futuro VP= Valor Presente R= Rendimientos Esperados N= Número de Periodos.
Fue utilizada para el cálculo de cambio de la productividad debido a la perdida de suelos para el desarrollo de la crianza de ganado.	
$VF = CG * A * PV * VVF$	
Donde:	VF= Valor Final de la Afectación. CG= Capacidad de Carga (res/Ha). A= Área Intervenida. PV= Peso Vivo Promedio de las reses (Kg). VVF= Valor de Venta Final de la res (\$/Kg).

Fuente: autoría propia, 2019.

Resultados y Análisis

Identificación de impactos ambientales

Con el fin de conocer la oferta de los diferentes componentes del ambiente involucrados en el zona, se realiza la caracterización ambiental del lugar geográfico donde se desarrollan las actividades de la mina Cunas coordinadas por la empresa Esmeraldas Santa Rosa, lo anterior con la idea de que esta

caracterización se convierta en evidencia objetiva para la identificación de los impactos ambientales, así las cosas a continuación, se describe cada uno de los factores ambientales presentes en la zona:

**ASPECTOS FÍSICOS
GEOLOGÍA**

Aluvial (Qal). Están constituidos por sedimentos arcillosos, limo-arcilloso y gravas de color gris y blanco amarillento; los aluviones a lo largo del Río Minero y de las quebradas Yanacá, La Locha y Upanera. También se presentan en vegas estrechas de varias quebradas y caños menores. Este cuaternario aflora en las Veredas Zulia, Santa Rosa, Maripí Viejo, Carreras, Centro y Guayabal.

Colvial (QC). Son depósitos de fragmentos de rocas y materiales edáficos acumulados cerca de la base de fuentes pendientes por causa de arrastres, deslizamientos y escorrentías. Esta unidad se localiza en la Vereda Santa Rosa.

Formación Paja (Kip). Está formada por shales, negros micáceos limosos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, contiene concreciones de caliza en la vereda de Zulia, Santa Rosa, Guazo, Maripí Viejo, Carreras y parte de la vereda Guayabal.

Formación Rosablanca (Kir). En general está conformada por calizas masivas, duras, gris azulado, fosilífera, de textura gruesa con muchas capas margosas, que pasan a calizas de textura muy fina, negra y arcillosa de edad cretáceo inferior. La formación aflora en una pequeña área en el extremo occidental del municipio en la vereda Zulia, en la margen derecha del Río Minero y hace parte del Flanco Noroccidental del sinclinal de Santa Rosa

Formación Tablazo (Kit). Está compuesta por caliza de estratificación gruesa, extremadamente fosilífera, con buen contenido de margas o calizas arcillosas. La formación se presenta en la parte central del municipio y sus principales

afloramientos se tienen en la vereda Guayabal, Santa Rosa, Centro, El Palmar, Carrera y Maripí Viejo. Esta unidad se ve afectada por anticlinal de Río de Piedras.

Sinclinal de Santa Rosa. Esta estructura se localiza al occidente del Municipio de Maripí en las Veredas de Santa Rosa y Zulia en la margen derecha del Río Minero, su eje presenta una dirección N35E. Este pliegue se presenta en rocas de la formación Paja y la formación Rosa Blanca.

GEOMORFOLOGÍA

Zona montañosa muy alta (MMA). Corresponde al área entre las cotas 3100 msnm y 2600 msnm y se caracteriza por presentar un relieve de montaña. Se presenta una topografía quebrada por cuchillas y escarpes.

Zona montañosa alta (ZMA). Corresponde al área entre las cotas 2600 msnm y 1600 msnm y se caracteriza por presentar un relieve de montaña con un clima frío húmedo. En esta área se presentan los nacimientos de las quebradas Yanacá

Zona montañosa media (ZMM). Corresponde al área entre las cotas 1600 msnm y 800 msnm, se caracteriza por un relieve quebrado de cerros y cuchillas cortas, además de algunas zonas de colinas

Zona montañosa bajas (ZMB). Está definida por el área que se encuentra debajo de la cota de 800 msnm hasta el límite del municipio en el río minero.

SUELOS

Clase agrológica VI se – 1: Suelos localizados en terrazas y colinas, son moderadamente profundos a superficiales, de texturas francas, bien drenados y de fertilidad baja a moderada.

Clase agrológica VII se - 1: Este tipo de suelo es susceptible para el desarrollo de plantas nativas en la zona y eventualmente pastizales para ganadería y cultivos que permite el desarrollo de actividades agropecuarias, al igual que árboles forestales.

HIDROLOGÍA

La red hidrográfica del municipio está comprendida por las Microcuencas de las Quebradas Yanaca, La Locha, Trampas, Zapotal, Ternero, Ueme, Pupar, Hoyina y Cochemia, que pertenecen a la cuenca principal del río Minero. Así las cosas para la zona de estudio donde se encuentra la mina Cuna corresponde la microcuenca hidrográfica de la quebrada Pupar.

Esta microcuenca hidrográfica, es de gran importancia en el municipio porque es donde se encuentran localizadas las principales Minas de esmeraldas en la región, aproximadamente con una extensión de 14.64 Kilómetros cuadrados que corresponde al 7.0% del área municipal, con una longitud en su brazo principal de 5.2 kilómetros. Limita por el norte con la Zulia, por el este con la divisoria de aguas de las Quebradas Zapotal y Hoyina, por el sur con la Vereda Guazo, por el oeste con la divisoria de aguas del Río Minero.

ASPECTOS BIÓTICOS

La vereda Santa Rosa donde se ubica geográficamente la mina Cunas, según la clasificación de zonas de vida *Holdridge* propuesta en el capítulo ecosistemas y biodiversidad de la división de elementos del medio ambiente de la corporación autónoma regional de Boyacá, se tiene la presencia del Bosque muy húmedo premontano (bmh – PM), el cual según dicha clasificación se encuentra ubicado en un rango de altura de 850 a 2000 msnm, con precipitaciones entre los 2.000 a 4.000 mm y temperaturas entre los 17 a 24°C., ocupa el 5,81% del territorio y se localiza principalmente en los municipios de Otanche, San Pablo de Borbur, Quípama, Coper, Maripí, Pauna, Tununguá y Santana, en áreas menores en Mongua, Rondón, Miraflores, Páez, Chiscas y Güicán.

En la zona de interés existe una gran diversidad de especies florísticas propias de cada una de las coberturas vegetales que se presentan, por lo que a continuación se presentan las especies vegetales de mayor representatividad dentro de la zona de explotación.

Tabla 5. Especies vegetales con mayor representatividad.

Nombre común	Nombre científico
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>

Arrayan	Myrcia popayanensis
Guayacán	Platymiscium hebestachyum
Laurel de cera	Myrica pubescens
Algarrobo	Prosopis juliflora
Arenillo	Tetrochidium boyacanum
Caracolí	Anacardium excelsum
Cedro	Cedrela odorata
Guadua	Guadua angustifolia
Gualanday	Jacaranda caucana

Fuente: Osorio, M.J. D., & Correa, R. F. (2004).

Lo relacionado con ecosistemas acuáticos, según el Plan Nacional de Desarrollo 2016 – 2019, el municipio hace parte de la subzona hidrográfica del Carare Minero y el nivel subsiguiente del río Alto Suárez, en la actualidad se tiene conocimiento de que se encuentra en desarrollo un convenio para la formulación de los POMCAS, del cual, para el río Carere-Minero de jurisdicción del municipio, se encuentra con acta de inicio este proceso, por lo anterior la actual Administración estará en disposición de aportar y vincularse activamente en lo relacionado a la ejecución para la formulación del POMCAS, Secretaria de Planeación. (2016).

Para la identificación de los impactos ambientales es importante conocer las Acciones Susceptibles de Producir Impactos (ASPI) proporcionando información sobre el proyecto haciendo énfasis en las partes potencialmente impactantes, a su vez determinar los Factores Ambientales que Reciben los Impactos (FARI), para así determinar la interacción de las actividades y procesos de la mina con el ambiente; como resultado de esto se tiene la identificación de los siguientes impactos ambientales según la etapa de explotación

de esmeraldas, los cuales son aquellos que presentarían un mayor efecto negativo.

- Etapa de construcción y montaje
 - Alteración de la calidad del aire por Material particulado y emisión de gases
 - Activación de procesos erosivos
 - Cambios de usos del suelo
 - Modificación del paisaje

-Pérdida de suelos

- **Perdida de la cobertura vegetal**
 - Alteración de la morfología
 - Generación de empleo
-
- Etapa de exploración y explotación
 - Alteración de la geomorfología del cauce
 - Afectación a la calidad del agua
 - Alteración a la calidad del aire
 - Incremento en los niveles de ruido
 - Disminución en la biodiversidad
 - Incremento en la capacidad de transporte de agua
 - Modificación del paisaje
 - Ausentamiento de especies
 - **Perdida de suelos**
 - **Perdida de la cobertura vegetal**
 - Generación de empleo

- Etapa de desmantelamiento
 - Compactación del suelo
 - Cambios de usos del suelo
 - Modificación del paisaje
 - **Perdida de la cobertura vegetal**

Identificación de afectaciones

Para la identificación de las diferentes afectaciones que fueron sujetas a la aplicación de las diferentes metodologías de valoración económica, se encuentra a partir de la evaluación, interpretación y clasificación de los impactos ambientales identificados anteriormente, de dicho proceso se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 6. Impactos ambientales jerarquizados.

Impacto Ambiental	Importancia
Perdida de la cobertura vegetal	Severo
Perdida de suelos	Severo

Fuente: autoría propia, 2019.

La anterior información, se convierte en la base necesaria para lograr el objetivo, dado que a partir de los impactos ambientales que se encontraron como de especial importancia se hará la identificación de las diferentes afectaciones que estén relacionadas, tanto con el entorno en cada

uno de sus componentes como en las personas que están directamente relacionadas con el proyecto. La siguiente tabla refleja las afectaciones que se derivan de los respectivos impactos.

Tabla 7. Afectaciones derivadas de los impactos ambientales.

IMPACTOS AMBIENTALES	AFECTACIÓN DERIVADA
Pérdida de la cobertura vegetal	La pérdida de la cobertura vegetal afecta directamente la flora y hace que las especies emigren hacia otros lugares, alterando la calidad de los recursos naturales y le perdida de especies vegetales nativas.
Pérdida de suelos	Este impacto debe entenderse como la pérdida de suelos productivos tanto para agricultura como para el desarrollo de pastizales para ganadería, dado que se hace o puede llegarse a presentar la ocupación de territorios destinados para tales actividades; además se pueden presentar procesos erosivos del suelo debido al tránsito de maquinaria por lugares en donde no tiene un acceso definido.

Fuente: autoría propia, 2019.

Lo anterior, da a entender que de un mismo impacto ambiental es posible que se

encuentren relacionadas una multiplicidad de consecuencias, que hacen que el ambiente se degrade en mayor medida.

Valoración económica de las afectaciones.

Valoración económica de las afectaciones por pérdida de la cobertura vegetal

Para obtener las esmeraldas como se ha mencionado a lo largo del documento se requiere actividades como adecuación del terreno, construcción del campamento, excavaciones de túneles, retiro del material de excavación entre otras, las cuales generaran perdida de la cobertura vegetal de la zona. Lo anterior afecta el desarrollo de las actividades agropecuarias, además teniendo en cuenta que se cuenta con una gran superficie en donde si se quisiera se podría desarrollar prácticas agrícolas con el fin de mejorar la economía de la región.

El desarrollo de las actividades de la mina cunas podrían desencadenar en afectaciones directas sobre el desarrollo de las actividades sociales y económicas mencionadas anteriormente es decir sobre las áreas con dedicación para procesos productivos agropecuarios o de finalidad comercial y que de acuerdo con los impactos que se generan

por la pérdida de la cobertura vegetal representan un cambio en la productividad de la zona. En consecuencia, de lo anterior la evaluación económica de las afectaciones por este impacto se realiza mediante la metodología de estimación de cambio en la productividad. El valor de la afectación estará determinado por la vocación productiva de la zona, especialmente el cultivo de cacao, caña de azúcar que a la fecha son los de mayor incidencia en la región, debido a la buena comercialización, aspectos climáticos y de suelos, además de los hábitos de agrícolas los campesinos, así mismo por la extensión de los cultivos que puede resultar afectada por la pérdida de la cobertura vegetal.

El valor final en términos monetarios de esta afectación está representado por el valor comercial de los beneficios dejados de recibir por parte del propietario del cultivo afectado como consecuencia de la perdida de la cobertura vegetal.

Tabla 8. Costos cultivo de cacao.

CONCEPTO	COSTO	CACAO SEMILLA (650 plantas/ha)
----------	-------	--------------------------------

	UNITARIO	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR
LABORES				
Semilla	\$ 75.000	15	Jornal	\$ 1.125.000
Regulación de sombra	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Poda	\$ 75.000	8	Jornal	\$ 600.000
Riego	\$ 75.000	6	Jornal	\$ 450.000
Fertilización	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Muestreo de suelo	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Control fitosanitario	\$ 75.000	3	Jornal	\$ 225.000
Mantenimiento de canales	\$ 75.000	3	Jornal	\$ 225.000
Cosecha	\$ 75.000	10	Jornal	\$ 750.000
Postcosecha	\$ 75.000	8	Jornal	\$ 600.000
Subtotal labores				\$ 4.200.000
INSUMOS, MATERIALES Y SERVICIOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR
Urea	\$ 180.000	3	Sacos	\$ 540.000
Muriato de potasio	\$ 274.000	1	Sacos	\$ 274.000
Superfosfato triple	\$ 346.500	1	Sacos	\$ 346.500
Insecticida (Thiodán)	\$ 100.000	1	Litros	\$ 100.000
Fungicida (Cobrenordox)	\$ 80.000	2	Kilogramos	\$ 160.000
Alquitrán vegetal	\$ 200.000	2	Galones	\$ 400.000
Costo de agua para riego	\$ 1.250	12	m3	\$ 15.000
Costo de bombeo de agua	\$ 1.250	18	m3	\$ 22.500
Subtotal insumos, materiales y servicios				\$ 1.858.000
TOTAL GENERAL				\$ 6.058.000

Fuente: Asociación de cacaoteros de Boyacá. Modificado por el autor, 2019.

Los datos anteriores son obtenidos con una base de cálculo de una hectárea (10.000 m²), es decir que para volver productiva una hectárea de terreno se hace necesaria la inversión de \$6.058.000, de esta manera se proyecta uno rendimientos esperados en

promedio de 5% mensual durante 24 meses que tarda para ser recolectada la cosecha. Es por esto por lo que haciendo uso de la fórmula de interés compuesto se proyecta el valor esperado al final del periodo que tarda el cultivo en cumplir su ciclo.

$$VF = VP * (1 + R)^N$$

Donde:

- VF: Valor futuro
- VP: Valor presente
- R: Rendimientos esperados
- N: Numero de periodos

Valor final obtenido

$$VF = \$6.058.000 * (1 + 0.05)^{24}$$

$$VF = \$ 19.537.655$$

Con el valor anterior se espera recibir un total de \$ 19.537.655, equivalentes a un

valor de producción por metro cuadrado de \$ 1.954 al final de los 24 meses de trabajo,

este valor final se puede entender como la cantidad de dinero que el agricultor dejaría de recibir por cada metro cuadrado que

resulte afectado por la pérdida de la cobertura vegetal respecto al cultivo de cacao.

Tabla 9. Costos cultivo de caña de azúcar.

CONCEPTO	COSTO UNITARIO	SEMILLA (4356 plantas/ha) Distanciamiento 1,5 mts.		
		CANTIDAD	UNIDADES	VALOR
LABORES				
Semillas				\$ 1.600.000
Siembra	\$ 75.000	10	Jornal	\$ 750.000
Tapas de surco	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Desbroche	\$ 75.000	4	Jornal	\$ 300.000
Reacondicionamiento del surco	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Emboquilladura	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Raspa	\$ 75.000	5	Jornal	\$ 375.000
Repique	\$ 75.000	1	Jornal	\$ 75.000
Resembro	\$ 75.000	2	Jornal	\$ 150.000
Cosecha	\$ 75.000	25	Jornal	\$ 1.875.000
Subtotal labores				\$ 5.350.000
INSUMOS, MATERIALES Y SERVICIOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR
Urea	\$ 180.000	2	Sacos	\$ 360.000
Fosfato diamónico	\$ 92.000	3	Sacos	\$ 276.000
Sulfato de potasio	\$ 116.000	2	Sacos	\$ 232.000
Kimelgran	\$ 125.000	1	Sacos	\$ 125.000
Rayo (atrazina)	\$ 45.000	4	Litros	\$ 180.000
Pakatan (ametrina)	\$ 50.000	4	Litros	\$ 200.000
Hedonal (2,4d)	\$ 45.000	2	Litros	\$ 90.000
Trichogramma sp.	\$ 80	100	Pulgadas	\$ 8.000
Chrysoperla sp.	\$ 20.000	4	Millares	\$ 80.000
Costo del agua utilizada	\$ 1.250	22	m3	\$ 27.500
Subtotal insumos, materiales y servicios				\$ 1.551.000
TOTAL GENERAL				\$ 6.901.000

Fuente: Asociación de cultivadores de caña de azúcar.

Para el cálculo anterior de los costos del cultivo de caña de azúcar se tomó como base de cálculo una hectárea (10.000 m²), es decir que para volver productiva una hectárea de terreno se hace necesaria la inversión de \$6.901.000, de esta manera se proyecta unos rendimientos esperados en

promedio de 5% mensual durante nueve meses que tarda para ser recolectada la cosecha. Es por esto por lo que haciendo uso de la fórmula de interés compuesto se proyecta el valor esperado al final del periodo que tarda el cultivo en cumplir su ciclo.

$$VF = VP * (1 + R)^N$$

Donde:

- VF: Valor futuro
- VP: Valor presente
- R: Rendimientos esperados
- N: Numero de periodos

Valor final obtenido

$$VF = \$6.901.000 * (1 + 0.05)^9$$

$$VF = \$ 10.705.716$$

Con el valor anterior se espera recibir un total de \$ 10.705.716, equivalentes a un valor de producción por metro cuadrado de \$ 1.071 al final de los nueve meses de trabajo, este valor final se puede entender como la cantidad de dinero que el agricultor dejaría de recibir por cada metro cuadrado que resulte afectado por la pérdida de la cobertura vegetal respecto al cultivo de caña de azúcar.

En términos generales el valor total de la afectación por la pérdida de la cobertura vegetal será el correspondiente a la sumatoria de los valores futuro de cada cultivo, es decir el valor final en valores monetarios que el agricultor dejaría de recibir por dicha afectación.

Valor total: valor final cultivo de cacao + valor final cultivo de caña de azúcar

$$VT: \$ 19.537.655 + \$ 10.705.716$$

$$VT: \$ 30.243.371$$

Valoración económica de las afectaciones por perdida de suelos

En la caracterización ambiental se mencionó que en la zona existen suelos con aptitudes para el desarrollo de pastizales con el fin de la producción ganadera, de esta manera es prudente resaltar que en el lugar de estudio se hace el aprovechamiento al máximo de estas condiciones, además en espacios cercanos al lugar de explotación y demás actividades de la mina cunas se tiene la presencia de fincas con tal

finalidad.

Según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) la producción ganadera depende de diversos factores como la topografía, la calidad y tipo de las pasturas, la raza de los bovinos, y primordialmente el sistema de pastoreo que se emplee; por parte de esta federación se ha incrementado el apoyo a los ganaderos del país por medio de diferentes programas como ganadería sostenible, con el fin de incrementar la producción ganadera, Segura, S. S. V., Et_al.

En Colombia hace algunos años, la capacidad de carga promedio en el territorio nacional era de 0,6 unidades por hectárea, pero según el tercer censo nacional agropecuario realizado para el periodo 2014 había 21 millones 500 mil cabezas de ganado en el territorio colombiano y la capacidad de carga animal aumento sustancialmente a 1,2 cabezas de ganado por cada hectárea, UPME. (2018).

La extensión de terreno que se tiene dedicada al descargue del material extraído de la mina cuenta con una superficie total de 20.000 m²; es decir que resulta una afectación sobre tal actividad. Según ganaderos de la zona el peso vivo final de las reses que salen para la venta ronda los 400 kilogramos en promedio y el

$$VF = CG * A * PV * VVF$$

Donde:

- VF: Valor final de la afectación
- CG: Capacidad de carga (res/ha)
- A: Área intervenida
- PV: Peso vivo promedio de las reses (kg/res)
- V V F: Valor de venta final de la res (\$/kg)

El valor final de la afectación aplicando la formula anterior y haciendo uso de los valores definidos será el siguiente:

$$VF = 1.2 \frac{res}{Ha} * \left(20.000 m^2 * \frac{1 Ha}{10.000 m^2} \right) * 400 \frac{kg}{res} * 6500 \frac{\$}{kg}$$

$$VF: \$ 6.240.000$$

precio varía de acuerdo con los centros de consumo en donde se realice la comercialización, pero se logró establecer un precio promedio de \$ 6.500 por kilogramo; el tiempo estimado para lograr estas condiciones en el ganado es de 1 año y 5 meses.

En este caso, se puede entender como la pérdida de suelos en la zona tiene una afectación sobre la productividad de un lugar en específico, en este caso, se presenta una disminución en la producción ganadera; es así como, para la obtención del valor final, de tal afectación se hizo por medio de la aplicación de la siguiente fórmula:

Conclusiones

Analizado el proceso de extracción y explotación de esmeraldas de la mina cunas e

identificadas las actividades de este, se logró observar que en el área de influencia de la mina se vienen presentando alteraciones negativas en el medio ambiente al igual que afectaciones en términos sociales de la comunidad involucrada; situación que se genera debido a la inadecuada ejecución de las actividades en términos ambientales, es decir no se percibe por parte de los trabajadores toma de conciencia respecto al cuidado del medio ambiente, además de la poca incidencia de la alta dirección de la empresa encargada de la gestión de la mina por ofrecer procesos más limpios enfocado al desarrollo sostenible y la economía circular.

De conformidad con los análisis y las visitas efectuadas en el sitio donde la mina Cunas desarrolla las actividades de explotación y extracción de esmeraldas, se logró observar que los aspectos técnicos de la minería en la zona de estudio tienen una significativa dominancia frente al componente ambiental, situación que se presenta en virtud de que los trabajadores no identifican la importancia del cuidado y conservación del medio ambiente, por lo que es evidente la falta de toma de conciencia y de capacitaciones en materia ambiental por parte de la empresa Esmeraldas Santa Rosa quien es la propietaria de la mina en mención.

De acuerdo con resultados obtenidos de la evaluación de impactos ambientales producto de las explotación y extracción de esmeraldas y de la cual fue llevada a cabo mediante la metodología propuesta por Vicente Concesa Fernández, se determinó que los impactos generados con mayor relevancia y/o

Recomendaciones

significancia son la pérdida de la cobertura vegetal y la pérdida de suelos con vocación agrícola y pecuaria.

Dentro de la valoración económica final de las afectaciones derivadas de los impactos ambientales generados por las actividades de la mina cunas, se presentaron ciertas limitaciones relacionadas con la escasa información sobre la aplicación de esta técnica en proyectos similares, es prudente traer a contexto que el occidente de Boyacá existe la presencia de varios proyectos mineros; además no se cuenta con otros estudios que aporte información para el desarrollo y aplicación de las diferentes metodologías que permiten conocer el valor final.

Teniendo en cuenta la valoración de impactos ambientales y la valoración económica de sus afectaciones se puede concluir que los daños generados al medio ambiente son de alta envergadura lo cual indicada que las actividades de la mina cunas vienen siendo las principales causantes del deterioro ambiental, social y económico de la zona, por lo que estaría en dirección contraria frente a la búsqueda de una economía circular y desarrollo sostenible de la minera

Por último, la valoración económica puede usarse como un indicador económico de los recursos naturales y llevarla hasta la calificación de una herramienta gerencial para la toma de decisiones frente a futuras inversiones con el fin de realizar adecuaciones para la disminución de su impacto en el entorno en que opera.

Debido a la escasa información sobre los impactos ambientales de la minería en el

occidente de Boyacá, se recomienda que las entidades ambientales competentes, instituciones y entes gubernamentales al igual que la empresa Esmeraldas Santa Rosa hagan uso de este estudio como línea base o diagnóstico para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas en busca del desarrollo sostenible de la región.

Se recomienda que la empresa Esmeraldas Santa Rosa formule e implemente un plan de manejo ambiental con medidas enfocadas hacia una mejora continua en su proceso de producción, fortaleciendo el desarrollo de actividades de sensibilización orientadas principalmente al personal que trabaja directamente en la parte operativa de la explotación, con el fin de transmitir la importancia de cuidar el medio ambiente.

La valoración económica de las afectaciones producto de los impactos ambientales, se considera como una herramienta para la toma de decisiones en la ejecución de proyectos mineros a razón de que para que estos sean ejecutados los recursos naturales lo que conlleva a que la comunidad y el medio ambiente se vean afectados. De acuerdo con lo anterior, se recomienda el desarrollo de estudios que incorporen esta técnica en función de nuevos proyectos que afecten al medio ambiente.

Es prudente mencionar que alguno de los datos recopilados correspondientes a los cultivos de cacao y de caña de azúcar junto a

las actividades de la ganadería de la zona no fueron fáciles de obtener y de realizar la veracidad de estos; por lo que se recomienda que las entidades de la región bien sea la Alcaldía, Asociación de cacaoteros, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá o demás encargados del manejo de registros agropecuarios tengan al día y en información documentada aquellos datos, con el fin de poder determinar el valor en el cambio de la productividad con mayor exactitud y de esta forma poder incorporar estos datos en las evaluaciones financieras que tengan lugar por parte de cualquier interesado.

Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional de Minería. (2018). *Carbón, esmeraldas y materiales para construcción aumentan producción en el tercer trimestre.*

Bogotá D.C, México: Minenergía.

Alcaldía Municipal de Maripí. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT*. Maripí.

Alianza Mundial de Derecho Ambiental-ELAW. (2010). *Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros*. Eugene OR.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2014). *Tercer Censo Nacional Agropecuario*. Bogotá D.C: DANE.

Ganaderos, F. N. (22 de 09 de 2019). *Fondo Nacional de ganaderos*. Obtenido de <http://www.fedegan.org.co/>

Monroy, R. J. C. (2011). *El Costo de la Indiferencia Ambiental*. Bogotá: Universidad del Rosario.

Osorio, M.J. D. & Correa, R. F. (2004). *Valoración Económica de Costos Ambientales: MARCO CONceptual y Métodos de Estimación*. Medellín, Colombia: Semestre Económico.

Secretaría de Planeación. (2016). *Plan de desarrollo Municipal 2016 - 2019*. Maripí: Xti Maripí.

Segura, S. S. V., Et_al. (5 de marzo de 2017). *Valoración Económica de los Impactos Ambientales Generados por la Explotación de una Mina de Esmeraldas - Quipama Boyacá*. Bogotá D.C.

UPME. (2018). *Esmeraldas - Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035*. Bogotá D.C: CRU.