

Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: marzo, 2022

Fecha de publicación: mayo, 2022

LAS EXTERNALIDADES

PRODUCIDAS EN LA MINERÍA A CIELO ABIERTO EN YACIMIENTOS LATERÍTICOS Y VÍAS PARA SU INTERNALIZACIÓN.

EXTERNALITIES PRODUCED IN OPEN PIT MINING IN LATERITIC DEPOSITS AND WAYS FOR THEIR INTERNALIZATION.

Yordanis Torres Batista¹

E-mail: ytbatista@ismm.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1954-7447>

Roberto Guillermo Rodríguez Córdova²

E-mail: rrcordova@uho.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8752-2642>

¹Universidad de Moa. Cuba.

²Universidad de Holguín. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Torres Batista Y., Rodríguez Córdova E., (2022). Las externalidades producidas en la minería a cielo abierto en yacimientos lateríticos y vías para su internalización. Universidad. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 589-596.

RESUMEN

El proceso de identificación de las externalidades detectadas en los yacimientos lateríticos permite a las empresas niquelíferas proyectar las acciones necesarias que contribuya al restablecimiento del ecosistema. Por tanto, el objetivo del artículo es la identificación de las externalidades producidas por la minería a cielo abierto y las consecuencias económicas que provocan las mismas y las vías para la internalización. Lo expuesto permitirá a las empresas incorporar las externalidades detectadas en los costos de producción lo que permitirá objetivizar la elaboración del plan de rehabilitación minera que permita una mayor recuperación del ecosistema afectado.

Palabras Clave: Externalidades; Internalización; Yacimientos lateríticos.

ABSTRACT

The process of identifying the externalities detected in lateritic deposits allows nickel companies to plan the necessary actions that contribute to the restoration of the ecosystem. Therefore, the objective of the article is to identify the externalities produced by open-pit mining and the economic consequences that they cause and the pathways for internalization. The foregoing will allow companies to incorporate the externalities detected in production costs, which will make it possible to objectify the preparation of the mining rehabilitation plan that allows a greater recovery of the affected ecosystem.

Keywords: Externalities; Internalization; Lateritic deposits.

INTRODUCCIÓN

Los recursos minerales constituyen una fuente importante de materia prima para el desarrollo económico de las naciones. Las mayores fuentes de recursos minerales se encuentran en los países en vías de desarrollo los cuales son exportados por los países desarrollados que cuentan con alta tecnología para su procesamiento industrial. La explotación de los recursos minerales provoca severas afectaciones socioambientales que no se contempladas en los costos de producción, las que son conocidas como externalidades y requieren ser internalizadas como parte de los costos de producción.

Las explotaciones mineras son tan variadas en su concepción y diseño en correspondencia a la caracterización de los yacimientos donde se realicen. La elección del método a aplicar depende de numerosos factores tales como: la profundidad, la forma de inclinación del depósito, la distribución de leyes del mineral, las características geomecánicas de las rocas encajantes y del propio mineral y los costos de explotación (Ramos, 2009).

La explotación minera a cielo abierto o tajo abierto fue iniciada en el siglo XX después de la Segunda Guerra Mundial aparejado a los avances en la tecnología y el desarrollo de razadoras, niveladoras, palas y camiones más grandes y poderosos permitieron el movimiento de enormes cantidades de materiales. “La premisa principal para ser explotados por este método que tienen estos tipos de yacimientos es el gran volumen y cierta mínima baja ley, lo que en nuestros días se le reconoce como Megaminería” (Ramos, 2009).

En Estados Unidos según la Alianza Mundial de Derecho Ambiental (2010 pág. 4)

“la minería a tajo abierto es un tipo de minería superficial en la cual el mineral metálico se extiende muy profundamente en el suelo, lo cual demanda la remoción de capas de excedente y mineral”.

Este tipo de explotación trae como ventajas: mayores concentraciones de operarios y gestión más sencilla de recursos humanos y materiales; una mayor producción por explotación; una menor inversión por toneladas producidas; menos costos de operación por toneladas producidas; menos limitación en el tamaño y peso de los equipos; mayor recuperación mineral y menor dilución y mayor volumen de reservas mineras para explotación.

También presentan desventajas como: altas degradaciones del suelo, contaminación (emisiones a la atmósfera y contaminación sónica, productos químicos y desechos peligrosos, residuales líquidos y residuos sólidos), carencia y dificultades con la disponibilidad y calidad del agua,

pérdida de la biodiversidad, en la que se destacan las pérdidas de la flora, especialmente de la cobertura forestal, la fauna, lo que repercute negativamente en el paisaje y contribuye a las afectaciones del cambio climático, además de la afectaciones a la salud humana.

Para (Solana & Vicario, 2010):

“la externalidad es el perjuicio o beneficio experimentado por un individuo o una empresa a causa de acciones ejecutadas por otras personas o entidades”.

Según (León, 2015) define las externalidades como los:

“términos de la respuesta de la producción de una empresa, el beneficio (pérdida), o la utilidad (desutilidad) de una persona frente a la actividad de las otras”.

Se puede considerar que las externalidades son los impactos ambientales producidos por las acciones antrópicas, los cuales no se encuentran contemplados en los costos de producción, de manera que sean una alternativa para lograr una mejor gestión ambiental sostenible. De ahí que el presente artículo tiene como objetivo la identificación de las externalidades producidas por la minería a cielo abierto y las consecuencias económicas que provocan las mismas y las vías para la internalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la identificación de las principales externalidades producidas por la minería a cielo abierto se utilizaron los métodos siguientes:

Observación científica directa e indirecta: permitió realizar la caracterización del área objeto de estudio e identificación bienes y servicios ecosistémicos de forma directa, indirecta de opción y existencia.

Revisión documental: facilitó el análisis de los diferentes documentos relacionados con los estudios de impacto ambiental realizados en el área objetivo de estudio y las metodologías que puede ser utilizada.

Encuestas y entrevistas no estructuradas: permitió el estudio y recopilación de la información emitida por los expertos relacionados con los temas socioambientales y económicos en el sector minero que facilite la identificación de las externalidades producidas por la minería en cada uno de las fases desarrolladas y facilitó la aplicación del método directo para la valoración de los bienes y servicios de los ecosistemas.

Método Delphi: facilitó la obtención del conocimiento implícito de los expertos y proporcionó evaluar sus criterios en la determinación, valoración cualitativa y cuantitativa de las externalidades producidas en el ecosistema como consecuencia de la explotación minera.

Población: permitirá identificar las externalidades y las afectaciones económicas que se producen en los yacimientos minerales.

Caracterización del ecosistema en los yacimientos lateríticos.

En los yacimientos lateríticos se localizan recursos minerales con carácter no renovable, los cuales presentan un alto grado de explotación al ser una de las principales fuentes de ingresos financieros en los países en vías de desarrollo. La explotación irracional de los yacimientos lateríticos provoca afectaciones en los componentes del ecosistema natural donde se localizan geográficamente. En Cuba el Ministerio de Medio Ambiente, (1997) define al “ecosistema como un sistema complejo, con una determinada extensión territorial, dentro del cual existen interrelaciones de los seres vivos entre sí y de estos con el medio físico o químico”.

El ecosistema donde se localiza los yacimientos lateríticos se caracteriza por rocas del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorfozado, compuesto por peridotitas normales, peridotitas piroxénicas, gabro-peridotita, peridotitas plagioclásicas, gabroides olivínicos y gabroides normales. Estas rocas del complejo ultramáfico metamorfozado que originan las cortezas de intemperismo friables, ricas en fósforo (Fe), níquel (Ni) y cobalto (Co), son las más abundantes en el sector y se extraen como materia prima mineral para el proceso metalúrgico. (Durán, 2016)

Es por esto que el níquel es un metal básico cuyo consumo ha crecido, sobre todo en la economía de reciente industrialización. Cuba es un importante productor del mineral y sus exportaciones por este concepto rondan el 30% de sus exportaciones, (Vázquez, 2012). Aporta anualmente más de doscientos diez mil millones de dólares al Producto Interno Bruto cubano (PIB), (Torres, 2019) uno de los renglones más importantes en el país que ha contribuido el enfrentamiento de la pandemia Covid-19.

Los yacimientos lateríticos son ricos en vegetación, se desarrollan sobre suelos derivados de las rocas ultrabásicas serpentinizadas que tienen abundantes elementos pesados como hierro, sílice, aluminio, cromo, manganeso, níquel, cobalto y altas concentraciones de óxido de magnesio (MgO) y óxido de silicio (SiO₂), el mal manejo en la explotación es el que produce las emisiones de polvos y partículas que afectan las vías respiratorias y producen enfermedades.

La flora se encuentra constituida por plantas que a través de su evolución se han adaptado a este medio y han tomado características muy particulares. La fauna

se caracteriza por especies poco comunes (*anolis rubribarbus*, *anolis inexpectatus* y *leicocephalus macropus macropus*) y está en correspondencia con el clima y la vegetación existente, por lo que abundan especies raras, sobre todo en los invertebrados. (Durán, 2016).

La avifauna que no es muy abundante en cuanto a especies, cuenta con ejemplares poco comunes en otras regiones, como el tocororo (*Priotelus temnurus*), Capromys pilorides, pedorrera (*Todus multicolor*), carpintero verde (*Xiphidiopicus percussus*), totí (*Dives atrovioleaceus*), tomeguín del pinar (*Tiaris canora*), *Tropidophis melanurus*, *Epicrates angulifer*, *Porcatus* y *Eleutherodactylus auriculatus*, endémicas de la región y tienen presencia en las concesiones mineras. (Durán, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación tiene como propósito identificar las externalidades producidas por la minería a cielo abierto en 13 hectáreas que, colindan con la zona de amortiguamiento del parque Alejandro de Humboldt, y otra parte cubre las cuencas de los ríos Cayo Guam y Punta Gorda. Para llevar a cabo este proceso se utilizó el método Delphi, tomándose una muestra representativa que reunía las características de una población con dominio de los temas ambientales en la minería, esto dio como resultado 50 personas para encuestar y determinar los expertos. De ellas, 14 tuvieron un coeficiente de conocimiento igual a 1 ($K_c = 1$), una persona entre 0,8 y 0,9 ($0,8 \leq K_c \leq 0,9$) y nueve entre 0,9 y 1 ($0,9 \leq K_c \leq 1$). En relación con el coeficiente de argumentación, 26 personas no poseían criterios sustanciales sobre el medio ambiente y la minería, pues sus trabajos de investigación se realizaban en otro perfil.

De los 50 especialistas encuestados, 24 fueron seleccionados como expertos, cuatro internacionales (España, México y Brasil) y 20 especialistas cubanos de tres provincias del país (Habana, Pinar del Río y Holguín) con un coeficiente de competencia alto ($0,8 \leq K_{cm} \leq 1$); de ellos 13 profesores e investigadores con categoría superior, siete medioambientalistas y cuatro entre forestales y económicos. Todos los seleccionados, con una experiencia teórica y/o práctica de más de 15 años en diagnósticos ambiental, 15 de los expertos son Doctores en Ciencias y ocho másteres; ambas titulaciones relacionadas con la temática medioambiental. El criterio de los expertos en las encuestas aplicadas coincidió en 32 impactos ambientales que mayor incidencia tienen en la explotación a cielo abierto que se relacionan a continuación:

1. Aumento del nivel de ruido por incremento del trabajo de equipos pesados y tráfico de camiones.

2. Contaminación de la atmósfera.
3. Emisiones continuas de polvo a la atmósfera.
4. Modificación del relieve.
5. Cambio morfológico del lugar debido a los movimientos de tierra.
6. Aumento del deslizamiento y derrumbes.
7. Alteración del drenaje superficial natural.
8. Afectación a las cuencas hidrográficas.
9. Aumento de la sedimentación en los márgenes de los ríos.
10. Alteración de las condiciones de alimentación y descarga de las aguas subterráneas.
11. Aumento de los recursos de agua, combustible y electricidad.
12. Agotamiento de los recursos minerales del área.
13. Pérdida de la cobertura forestal en áreas que se minarán para el trazado de caminos mineros, terraplén del transportador del mineral.
14. Pérdida de material genético vegetal y germoplasma.
15. Pérdida de la capa vegetal.
16. Disminución en la productividad de biomasa vegetal.
17. Destrucción de los hábitats de la fauna silvestre
18. Migración (aves, mamíferos) y muertes (reptiles, anfibios, insectos).
19. Alteración de los ecosistemas naturales y desaparición de la microflora y microfauna.
20. Reubicación de los habitantes.
21. Cambios locales de microclima por la eliminación de la cobertura vegetal y los suelos.
22. Incremento de los procesos erosivos.
23. Modificación del comportamiento de variables meteorológicas.
24. Contaminación de las aguas fluviales.
25. Incremento de la diversidad de la red vial y del tráfico terrestre por la construcción de caminos mineros.
26. Alteración de la calidad estético-visual del paisaje.
27. Afectación de la composición y el funcionamiento del paisaje.
28. Afectación a la salud e integridad física de los trabajadores y habitantes.
29. Alteración de la dinámica demográfica.

30. Deterioro de las condiciones higiénicas de la población por aumento de los niveles de ruido y polvo.
31. Afectaciones en la población por las reubicaciones de sus viviendas.
32. Aumento de las demandas sociales.

Estos impactos ambientales que son ocasionados al medio ambiente y que no son reconocidos por la falta de valor en el mercado se consideran externalidades ambientales; estas no son contempladas en la contabilidad de las organizaciones pues la falta de valor económico las deja fuera de los informes contables; sin embargo, en la actualidad muchas organizaciones proactivas están interesadas en contribuir al cuidado y conservación de los recursos naturales, por tanto, es relevante para las empresas emitir un reporte contable que incluya las externalidades ambientales con la finalidad de que los directivos cuenten con información completa que les permita tomar decisiones en tiempo y forma, en beneficio del medio ambiente (Sinforoso et al., 2019).

Valoración económica de las externalidades detectadas y su internalización

Según (Aoun, 2015) citado por (Lugo et al., 2020) plantean que:

“la valoración económica de los bienes y servicios ambientales es un orientador de políticas públicas que conllevan a una mejor administración de recursos, a su asignación eficiente, a disminuir el deterioro del entorno y al aumento de la conservación de los recursos naturales para que se aplique un aprovechamiento de forma sostenible”.

A su vez (Gómez & Estruch, 2019) expone que:

“la valoración ambiental proporciona un valor monetario a estos servicios, que al no ser bienes transables en el mercado no tienen un valor explícito”. Por tanto, desde hace unas décadas ha crecido el interés científico-académico por cuantificar, evaluar y valorar aquellos beneficios ecosistémicos provistos por la naturaleza y derivados de procesos ecológicos que permiten el mantenimiento de las condiciones necesarias. (Iwan et al., 2017).

Entonces la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos deberá tener en cuenta: “La primera aproximación implica estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos en el área de estudio, a través de la aplicación de alguno de los métodos de valoración de mercado o no mercado disponibles. La segunda aproximación implica la transferencia de los valores calculados en uno o múltiples estudios previos, en donde el servicio ha sido valorado, al sitio de estudio (a menudo

sitio denominado de la política)". (Ruiz, 2014). Todo esto mediante el establecimiento de los métodos directos e indirectos o de contingente donde se valoran beneficios y costos.

Los métodos indirectos buscan acercarse a un valor por homología o comparación con otros bienes que sí tienen un precio de mercado (precios hedónicos, costo de viaje y otros), en tanto los métodos directos lo hacen preguntando directamente a los usuarios, mediante encuestas, cuánto están dispuestos a pagar por recuperar la calidad ambiental perdida (valoración contingente).

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método directo que incluye los bienes y servicios de los ecosistemas, de los cuales el hombre puede beneficiarse de manera directa (se incluyen todos aquellos productos y servicios provenientes del ecosistema que son comercializados, tales como la extracción de madera, productos de la pesca, recreación y turismo. En general, el valor de dichos productos y servicios es de fácil determinación, pues existe un mercado definido, aunque los precios no siempre sean los adecuados) y también pueden formar parte de esta función productos asociados a actividades comerciales y no comerciales (se incluyen aquellos productos destinados para la subsistencia de la población local y que no pasan por el mercado como alimento, agua, energía y materiales para vivienda. En este caso el valor económico resulta más difícil de medir; con mucha frecuencia estos productos no mercantiles destinados a la subsistencia no son incluidos ni tenidos en cuenta en las decisiones de desarrollo). (Gómez et al., 2015).

De ahí que se identificó las externalidades producidas por la explotación minera en las 13 hectáreas seleccionadas del yacimiento, lo que se procedió a cuantificar los bienes y servicios ecosistémicos afectados, así como su valor económico (Tabla 1).

Tabla 1 Los bienes y servicios ecosistémicos afectados.

Valor de Uso Directo	
Agua	Leña y Carbón
Educación	Bejucos y troncos
Fauna	Semillas forestales
	Investigaciones
Valor de Uso Indirecto	
Productos no maderables del bosque	Producción de oxígeno
Espacios para hábitat	Diseminación de especies vegetales (polinización)

Protección de suelos	Purificación de aguas residuales
Absorción y fijación de carbono	Mantenimiento de la capacidad productiva del suelo
Captación hídrica	Reducción de la contaminación atmosférica
Valor de opción	
Especies	Conservación de hábitat
Protección de la biodiversidad	
Valor de existencia	
Valor estético (paisaje, especies)	Valor científico y educativo

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De los bienes y servicios cuantificados se procede a calcular los que tienen precio en el mercado como: la madera, fauna, agua, remoción de carbono y en la salud humana. Existen otros bienes y servicios ecosistémicos que pueden ser valorados económicamente por otros métodos existentes de la valoración económica (Método de Costos Evitados, Costo de Viaje, Precios Hedónicos, Valoración Contingente, costo-beneficio), aunque no tengan presencia en el mercado, pero por la complejidad en los cálculos, no fueron posible contemplarlos en la investigación realizada.

Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos

El total de madera dura clase B existente en las 13 hectáreas explotadas en el yacimiento es de 68,9 m³, valores determinados por la oficina de Ordenamiento Forestal correspondiente al año 2018 por la empresa Agroforestal de Moa. Los precios de la madera se encuentran establecidos en la Resolución 372/2009 del Ministerio de Finanzas y Precios.

Para las maderas duras de clase B se asumen los valores estimados para un total de 30 m³ de:

$$\text{Calidad B } 30 \text{ m}^3 \times 211.17 \text{ CUP} = 6\,335.1 \text{ CUP}$$

$$\text{Calidad B } 30 \text{ m}^3 \times 211.88 \text{ CUC} = 6\,356.4 \text{ CUC} \times 24 \text{ CUP} = 152\,553.6 \text{ CUP}$$

Para la madera blanda con clase B se obtiene un volumen de 10 m³

$$\text{Calidad B } 10 \text{ m}^3 \times 158.87 \text{ CUP} = 1\,588.7 \text{ CUP}$$

$$\text{Calidad B } 10 \text{ m}^3 \times 120.79 \text{ CUC} = 1\,207.9 \text{ CUC} \times 24 \text{ CUP} = 28\,989.6 \text{ CUP}$$

Para coníferas con clase C se obtiene un volumen de 8 m³

Calidad B $8 \text{ m}^3 \times 123.52 \text{ CUP} = 988.16 \text{ CUP}$

Calidad B $8 \text{ m}^3 \times 102.38 \text{ CUC} = 819.04 \text{ CUC} \times 24 \text{ CUP} = 19\,656.96 \text{ CUP}$

En el yacimiento se produce, con la restante madera, un total de 25.9 m^3 de leña

Leña $25.9 \text{ m}^3 \times 9.80 \text{ CUP} = 253.83 \text{ CUP}$

En resumen, el monto total de la madera existente en el yacimiento es:

$6\,335.1 \text{ CUP} + 1\,588.7 \text{ CUP} + 988.16 \text{ CUP} + 253.83 \text{ CUP} = 9\,165.79 \text{ CUP}$

$6\,356.4 \text{ CUC} + 1\,207.9 \text{ CUC} + 819.04 \text{ CUC} = 8\,383.34 \text{ CUC} \times 24 \text{ CUP} = 201\,200.16 \text{ CUP}$

Fauna

En las 13 hectáreas en que se realiza el proceso de explotación minera y las hectáreas adyacentes se muestra la pérdida de la fauna, solo se pudo calcular un monto total de \$ 9 953.36 CUP. Según los precios establecidos de oferta y demanda de los municipios de Gibara, Holguín y Rafael Freyre en la provincia de Holguín, por la tienda Tritón, Madrid, España, con el link <http://www.tritonrep-tiles.com> y en el link <http://www.shellauction.net>

Agua

El río Cayo Guam, por encontrarse próximo al yacimiento y los impactos provocados por la actividad minera, se afecta un total de 13 875 840 millones de $\text{m}^3/\text{año}$. Es por tanto que se calcula la corriente utilizada por la construcción, que es el 5% según establece el informe del escurrimiento de las aguas superficiales de recursos hidráulico del Municipio de Moa, el cual asciende a 693 792 millones de $\text{m}^3/\text{año}$ por 10 pesos, se obtiene un valor total de 6 937 920 millones de pesos.

Carbono

Para la estimación del dióxido de carbono retenido en suelos se tuvieron en cuenta estudios realizados por el Instituto de Investigación de la Agroforestal de La Habana en suelos forestales con características similares. El mismo tiene suelo ferralítico rojo con textura arcillo-arenosa con composición máfica y ultramáfica que ocupa una superficie de 13 ha, caracterizado ampliamente desde el punto de vista edafológico forestal.

$13 \text{ ha} * 159.99 \text{ t/ha} = 2\,079.87 \text{ t}$

$2\,079.87 \text{ t} * \$ 15.88 \text{ (SENDECO}_2, 2020) = \$ 33\,028.34€ * 24 \text{ tasa de cambio} = 792\,680.16 \text{ CUP}$

Salud

Al existir 18 nuevos casos con enfermedades respiratorias agudas provocadas por la actividad minera en el año 2018 y al tener en cuenta el costo del sistema de salud en medicinas, personal y materiales para atender un paciente con problemas respiratorios, es de \$22.00 por día (Gómez, 2016), por lo que se tiene un gasto de 396.00 pesos por día y con una atención general de 24 consultas aproximadamente al año asciende a un total de 9 504.00 CUP.

La Tabla 2 muestra el resumen de la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos.

Tabla 2. Resumen de la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos.

Servicios ecosistémicos	Valor económico CUP
Salud	9 504.00
Fauna	9 953.36
Madera m^3	210 365.95
Agua	6 937 920.00
Dióxido de Carbono	792 680.16
Total	7 960 423.47

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la presente investigación se trabajó solo en 13 hectáreas debido a que la ubicación del área objeto de estudio se encuentra cerca al parque Alejandro de Humboldt (Patrimonio de la Humanidad) y por otra parte cubre las cuencas de los ríos Cayo Guam y Punta Gorda, lo cual, limita calcular la incidencia que tuvo la internalización de las externalidades en el plazo de recuperación de la inversión.

El proyecto inversionista debe contemplar el plazo de recuperación de la inversión, el cual se obtiene dividiendo la inversión entre los costos de la misma, incluyendo la internalización de las externalidades, lo que implicaría el alargamiento del tiempo en el plazo de recuperación al incrementarse los costos de producción.

Plan de rehabilitación minera

Concluido el proceso de extracción minera en las áreas seleccionadas se procede a realizar una inversión con un monto total de 529 306.06 en ambas monedas para asumir el plan de rehabilitación que es pagada a terceros, donde se especifican acciones dirigidas a recuperar el nivel de afectación del ecosistema dañado.

Preparación técnica del terreno

1. Se unificó la superficie irregular, una vez terminada la explotación minera por cada hectárea.

2. Se conformaron terrazas de plataforma constante donde la pendiente sobrepasaba los 100 de inclinación.

- Las terrazas se conformaron por las zonas más altas, de forma tal que con corte y compensación se rellenaron las depresiones y partes bajas.

- El ancho de la plataforma fue de 5 metros y con todo el largo que el terreno lo permitió, sin inclinación en sus lados para evitar la erosión del suelo.

- La culminación de las terrazas conformadas o rellenas fue con la capa vegetal que se encontraba conformada como escombrera y su espesor osciló entre 20 y 40 cm.

La remediación del terreno

1. Técnica de neutralización:

- Se diseñaron taludes en bordes activos e inactivos, para que fueran estables.

- Se tuvo en cuenta que la pendiente máxima de los taludes de los bordes inactivos, situados aguas arriba, fuera de 300 para asegurar la estabilidad y disminuir la formación de cárcavas.

La rehabilitación biológica del terreno

1. Selección de las especies florísticas:

- Se seleccionaron las semillas para plantar: casuarina, guayaba y marañón, certificadas por los estándares de calidad.

- En ocho hectáreas del yacimiento se realizó el intercalamiento de casuarina y herbácea, lo que facilitó la regeneración del suelo y la incorporación de reptiles y anfibios.

- En cinco hectáreas se sembró guayaba y marañón como parte del intercalamiento de especies, lo que ayuda a la alimentación de los trabajadores como forma de autoconsumo y ayuda al retorno de la fauna en el yacimiento.

- Se realizará el mantenimiento a las plantaciones de forma mensual, lo que permitirá una mejor supervivencia y follaje de la plantación.

2. Aplicación de fertilizantes:

- En la siembra se incorporó el fertilizante orgánico, que se aplicó en el fondo del hoyo de la plantación en el momento de una adecuada humedad y el fertilizante mineral (NPK 8-10-10), también se procedió después de realizada

la plantación a 10 – 12 cm alrededor del tronco y en surco en forma de media luna.

- Se aplicó una dosis individual de 2 kg por cada plantación.

3. Marcos de plantación:

- Se realizó el marco de plantación de las especies 2 x 2 metros lo que facilitó el crecimiento y aclimatación de las plantas forestales y se intercalaron barreras herbáceas, guayaba y marañón entre las hileras de casuarina y se expandió materia orgánica para asegurar el crecimiento.

4. Regeneración de las especies faunísticas:

- Se confeccionaron casas artificiales en las 13 hectáreas rehabilitadas que posibilitaron, con el proceso natural, la reincorporación de la fauna.

Recuperación económica:

- Las especies seleccionadas cuentan con un valor económico en el mercado e inciden en una mejor calidad de vida.

- Se utiliza la capa vegetal para disminuir la utilización de fertilizante.

- Se logra disminuir los gastos en la explotación al dejar núcleos naturales.

CONCLUSIONES

La caracterización de los yacimientos lateríticos permitió determinar el medio físico, la biota y medio socioeconómico que confluye en el ecosistema, con vista a proyectar acciones para su recuperación una vez culminado el proceso de extracción minera.

En las 13 hectáreas seleccionadas se identificó un total de 32 impactos sobre el medio físico, la biota y el medio socioeconómico, de los cuales uno es positivo y 31 negativos, lo que representa el 96.88%. También se alcanzan 19 impactos clasificados en moderados para el 59.38%, 12 severos con el 37.5% y un crítico, lo que representa el 3.12% del total.

Las externalidades que se producen mediante los impactos ambientales traen consigo una pérdida de \$ 7 960 423.47 CUP al ecosistema y comunidades cercanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alianza Mundial de Derecho Ambiental (2010). Vista General de la Actividad Minera y sus Impactos. En, Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros (pp. 132). Editorial Eugene.

- Ruiz, C.A., & Carolina, L. (2014) ¿El valor de algunos servicios ecosistémicos de los Andes colombianos?: transferencia de beneficios por meta – análisis. *Revista Universitas Scientiarum*, 19 (n.3), 301-320. Doi: 10.11144
- Durán, Y. (2016). Caracterización y evaluación de las escombreras de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara para su posible uso industrial. (Tesis de Maestría). Cuba: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Gómez, A.M., & Estruch, V. (2019) Valoración económica de los servicios ecosistémicos marinos: un caso de estudio de La Safor, Golfo de Valencia, España. *Revista Ecosistemas*, 28(2), 100-108. Doi: 10.7818/ECOS.1644
- Gómez, C. (2016). *Economía Ambiental: Conceptos y aplicaciones prácticas* (1ra ed.). La Habana: CITMATEL.
- Gómez, G., Gómez, C., & Rangel, R. (2015). Guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales. (pp. 27): CITMA.
- Iwan, A., Guerrero, E. M., Romanelli, A., & Bocanegra, E. (2017). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de una Laguna del sudeste bonaerense (Argentina). *Revista Investigaciones Geográficas*, (68), 173-189. Doi:10.14198 /INGEO2017.68.10
- León, G. P. (2015). La internalización de externalidades ambientales y su impacto en los costos de producción en la empresa ozono en la parroquia del tambo, cantón pelileo en la provincia de Tungurahua en el año 2012. (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Ley 81 de 1997. Ley de Medio Ambiente. 11 de julio de 1997. D.O. Ley 33.
- Lugo, M., Valdivia, R., Hernández, J., Monroy, R., Sandoval, F., & Contreras, J.M. (2020). Valoración económica de los servicios ambientales del Monte Tláloc, Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 11 (61), 176 – 195. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.672>
- Ramos, V. (2009). La megaminería a cielo abierto. (Ponencia). Tercera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2009, La Habana. Cuba.
- Resolución 372 de 2009. Lista oficial de precios mayoristas máximos de la madera aserrada UM: m³. 18 de noviembre de 2009. D.O. Resolución No. P-51.
- SENDECO2. (2020). Precios del CO₂. Recuperado el 28 de septiembre de 2018 en: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Sinforoso, S, Ricardez, J.D., & Pelegrí, A. (2019). Externalidades ambientales desde el enfoque del costo para la toma de decisiones en materia ambiental. Caso de una empresa cafetalera, 13(1), 170-187.
- Solana, J.M., & Vicario, P. (2010). La economía oculta. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense* XLIII (n. 43), pp. 393-400.
- Torres, (2019). Gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera. (Tesis Doctoral). Holguín. Universidad de Holguín.
- Vázquez, Y. (2012). Relaciones dinámicas entre el precio del níquel y del petróleo. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/ciei-uh/20131030123812/Relacionesprecio.pdf>