

Vol. 7. N° 02. Año 2017 ISSN 2711-4260



REVISTA
AGUNKUYÂA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

AREANDINA

Fundación Universitaria del Área Andina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básica

AGUNKUYAA

Volumen 2, 2017

ISSN: 2711-4260



AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina

Pablo Oliveros Marmolejo †

Gustavo Eastman Vélez

Miembros Fundadores

Diego Molano Vega

**Presidente de la Asamblea General y
Consejo Superior**

José Leonardo Valencia Molano

Rector Nacional y Representante Legal

Martha Patricia Castellanos Saavedra

Vicerrectora Nacional Académica

Ana Karina Marín Quirós

**Vicerrectora Nacional de Experiencia
Areandina**

María José Orozco Amaya

**Vicerrectora Nacional de Planeación y
Calidad**

Darly Escorcía Saumet

**Vicerrectora Nacional de Crecimiento y
Desarrollo**

Erika Milena Ramírez Sánchez

**Vicerrectora Nacional Administrativa y
Financiera**

Felipe Baena Botero

Rector - Seccional Pereira

Gelca Patricia Gutiérrez Barranco

Rectora - Sede Valledupar

María Angélica Pacheco Chica

Secretaria General

Los textos publicados en esta revista pueden ser reproducidos citando siempre la fuente. Todos los contenidos de los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no reflejan la opinión de la Fundación Universitaria del Área Andina.

Volumen 2, 2017

ISSN: 2711-4260

Fundación Universitaria del Área Andina

Transv 22 Bis No. 4-105

Valledupar, Cesar

Contenido

Revista Agunkuyâa

Valledupar, Cesar

Volumen 2, páginas 1 a 93, 2017

- 5 | Aprovechamiento del estiércol caprino como recurso biomásico para la producción de biogás tomando como referencia a la comunidad Yutaho ubicado en Cuatro Vías, La Guajira: Revisión
Yurleys Paola Barros Gómez/ Yeraldine Elvira Dangond Rodríguez/Marlon Bastidas Barranco
- 25 | Diagnóstico geológico minero ambiental de las canteras de caliza en el departamento del Cesar
Martha Lucía Mendoza Castro/Islem Issela Urbina Garrido
- 41 | Impactos ambientales generados por la mina de arcilla Wajira S.A.S., en Manaure, La Guajira
Daniel Cotes/Laura Alvarado/Edrianis Hoyos/Marcela Molina/Dayeli Mosquera
- 59 | Medición multidimensional de la pobreza del corregimiento de Caracolí
Ricardo Durán Barón
- 68 | Optimización económica de los camiones asignados en la operación Dragalinas/ Apron Feeder en una empresa minera de carbón en el departamento del Cesar
Sandra Molina/Mary Hernández
- 75 | Responsabilidad ambiental de la mina de arcilla Betel en San Juan del Cesar, La Guajira
Danny Daniel López Juvinao/Tayris Carrillo/Kristie Cedeño/Meilys Quiroz

Aprovechamiento del estiércol caprino como recurso biomásico para la producción de biogás tomando como referencia a la comunidad Yutaho ubicado en Cuatro Vías, La Guajira: Revisión

Yurleys Paola Barros Gómez¹, Yeraldine Elvira Dangond Rodríguez², Marlon Bastidas Barranco³

Resumen

El uso de combustibles fósiles y la tala indiscriminada de la leña a través de los años se ha convertido en un fuerte problema de contaminación que ha traído como consecuencia el cambio climático y, por ende, el calentamiento global; por esta razón, los gobiernos buscan sustituir estos combustibles por fuentes de energías renovables que brinden una sostenibilidad. En este documento de revisión se hizo un enfoque sobre la energía obtenida a partir de la biomasa, como el excremento de especies caprinas, vacunas, gallinazas y porcinas. En este caso de estudio se consideró el estiércol caprino, cuyos elementos de evaluación se proyectaron a la comunidad Yutaho, ubicada en Cuatro Vía, La Guajira. Esta comunidad cuenta con 95 cabezas de especies de cabras, que producen 152 kg/día. Se concluyó que, de acuerdo con lo investigado, esta alternativa renovable, como lo es la biomasa sólida residual animal, puede aprovecharse de forma eficiente para la producción de biogás por medio de biodigestores en comunidades pequeñas.

Palabras clave: biodigestores, biogás, biomasa, combustibles fósiles, energías renovables.

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira. Correo: ypbarrosg@uniguajira.edu.co

²Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira. Correo: ydangond@uniguajira.edu.co

³Director del grupo Destacar de la Universidad de La Guajira. Correo: marlonjoseb@uniguajira.edu.co

Introducción

En los últimos años se ha observado un crecimiento energético en algunos países del mundo, cuyo aumento es, desde los 2000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) hasta los 12 500 Mtep, de 1960 hasta la actualidad (Villanueva, 2012). Este crecimiento energético está directamente relacionado con la alta tasa de urbanización que, por su parte, viene acompañado de la industrialización, el crecimiento económico y el desarrollo, por lo tanto, provoca un aumento acelerado en el consumo de energía (Bakirtas y Gokce, 2018).

La mayoría de los países en el mundo dependen de combustibles fósiles no renovables como su fuente principal de energía (Badii, Guillen y Abreu, 2016); algunos de los países que consumen mayor energía en el planeta son China, EE. UU., Rusia, India, Japón, Canadá, Alemania, Brasil, Francia y Corea del Sur, constituyendo un 64,6% de la energía primaria consumida a nivel mundial (Shahbaz et al., 2018). Otro factor menos importante relacionado con esta problemática es el aumento de la población que provoca un consumo excesivo de energía, debido a

la necesidad que tienen las ciudades de generar grandes cantidades de esta para realizar cada una de sus actividades.

Históricamente, los países desarrollados son los que han producido la mayoría de los gases de efecto invernadero (GEI), mientras que en los últimos años la proporción de las emisiones de estos gases han sido superadas por los países en desarrollo, aumentando muy rápidamente (Shahsavari y Akbari, 2018). Los gases de efecto de invernadero son los responsables del cambio climático que a su vez han traído como consecuencia el calentamiento global que enfrenta el planeta en la actualidad (Quintero y Quintero, 2015).

Por todo lo anterior, es necesario el estudio del potencial energético de los recursos renovables a partir del enfoque de su aprovechamiento en la producción de combustibles, siendo una excelente alternativa para minimizar los problemas ambientales que amenazan al mundo, como el cambio climático, la contaminación atmosférica en diversas ciudades, la contaminación de agua, los residuos radiactivos y la lluvia ácida (Solano, 2015). La mayoría de las tecnologías en energía limpia han sido implementadas en países altamente industrializados, especialmente los

Estados Unidos, Japón y la Unión Europea (Miller y Visicdi, 2016).

América Latina cuenta con un gran potencial de energías renovables que, según estimaciones recientes, revelan que la región puede producir más de 78 petrawatios-hora (PWh) a partir de energía solar, eólica, marina, geotérmica y biomásica (Vergara et al., 2014). Brasil es uno de los países más destacados en Latinoamérica en cuanto al uso de energías renovables que, según datos de la Empresa de Pesquisa Energética (EPE), en este país el 85,4% de la energía que se consume deriva de fuentes renovables, sin embargo, la mayor parte de esta energía es hidroeléctrica y en poca proporción es utilizada la biomasa (Pérez, 2017), siendo esta última, según algunas organizaciones y entidades en el mundo, muy importante para la producción sostenible de energía en el futuro.

“Colombia es reconocida a nivel mundial como uno de los países más ricos en cuanto a recursos naturales” (Bolívar y Hernández, 2013), por tal razón se convierte en una excelente alternativa para hacer aprovechamiento de sus recursos renovables y, espacialmente, de su biomasa.

La biomasa, en términos energéticos, son aquellos recursos biológicos de origen vegetal, animal o producto de su transformación, de los cuales se puedan obtener combustibles energéticos, también denominados biocombustibles (Arévalo, 2015). Se conoce como la forma más antigua de energía aprovechada por los seres humanos, esencialmente las ramas y troncos de los árboles que producían calor y luz al momento de ser utilizados por medio de combustión directa (Oviedo et al., 2015).

Existen varios tipos de biomasa como la natural, residual, excedentes de cosechas y, por último, los cultivos energéticos (Fernández et al., 2015). Para este caso el tipo de biomasa que se analiza es la biomasa residual,

teniendo en cuenta que en el país existen estudios preliminares sobre esta biomasa, dentro de las cuales se destaca para su aprovechamiento solamente el bagazo de caña, la cascarilla de arroz, el cuesco, y la fibra de palma de aceite, residuos de la industria maderera y residuos de cosechas. (Pérez y Salazar, 2015)

Por lo tanto, los residuos producidos por los animales, como el estiércol, son

muy poco usados para la generación de energía y, según sus características, se convierte en una excelente materia prima para la digestión anaeróbica debido a su alto contenido total de nitrógeno y la estabilidad de la fermentación (Zhang et al., 2013).

En Colombia, el departamento de La Guajira cuenta con la mayor cantidad de ganado caprino-ovino en el país (Quintero et al., 2010), con una población de 80,8% de caprinos (Cardona, 2017) todo esto es debido a sus características topográficas, climáticas, a la adaptabilidad de esta especie en zonas áridas y a la presencia de comunidades wayuu en las zonas que se dedican a la cría de estos animales. La generación energética en La Guajira empezó a tomar fuerza en los últimos años, un ejemplo claro de esto es el Parque Eólico Jepírachi, que fue ejecutado por Empresas Públicas de Medellín (EPM), convirtiéndose en el primer proyecto que Colombia registró oficialmente ante las Naciones Unidas para su estrategia de cambio climático (EPM, 2018). A pesar de que la huella energética de Colombia es doce veces menor que la de Estados Unidos, cinco veces menor que la de la Unión Europea y tres veces menor que la de China, ha experimentado en los últimos años un crecimiento energético

como consecuencia de su continuado avance económico (Cadavid y Bolaños, 2015), lo que implica el uso de su potencial energético para suplantar los combustibles fósiles.

Teniendo en cuenta lo anterior, Colombia goza de suficiente biomasa como materia prima para su aprovechamiento en la generación de energía limpia. En cuanto al departamento de La Guajira, este posee un gran potencial energético, tomando ventaja de su liderazgo en la población de caprinos, haciendo uso de los subproductos para la generación de biogás, convirtiéndose en una excelente alternativa para su aplicación en zonas rurales en las que los servicios públicos son inexistentes y siendo una seria posibilidad para suplir algunas necesidades en comunidades de difícil acceso a las energías convencionales (Ordóñez, 2010).

Por su parte, el biogás es un recurso de energía renovable que se produce a partir de la descomposición de residuos orgánicos en condiciones anaerobias, está compuesto principalmente por metano (60%) y dióxido de carbono (35-40%) (Zareei, 2018).

La digestión anaerobia es el conjunto de procesos bioquímicos

desarrollados en un ecosistema libre de oxígeno que logra la transformación y estabilización de la materia orgánica biodegradable realizada por varios grupos de microorganismos donde el producto final es el Biogás. (Cendales, 2011)

Este documento trata básicamente de una revisión teórica para el aprovechamiento del estiércol caprino como recurso biomásico para la producción de biogás, tomando como referencia a la comunidad Yutaho ubicada en Cuatro Vías, La Guajira, en la cual se realizan comparaciones de la biomasa sólida a nivel mundial, así como también se analizan los diferentes tipos de biodigestores que se utilizan para la generación de biogás mediante el aprovechamiento del estiércol, teniendo en cuenta el potencial de biomasa producida en el departamento de La Guajira. Por último, se escoge una de las alternativas más eficientes para la obtención de biogás, con el fin de garantizar la generación de este para ser utilizado por las comunidades rurales, reemplazando la leña que es talada para satisfacer algunas necesidades por falta de prestación de servicios públicos y, de este modo, contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Otro aspecto importante es la falta de información y estudios relacionados sobre el aprovechamiento del estiércol caprino como una fuente para la obtención de biogás, considerando que el departamento de La Guajira cuenta con la suficiente biomasa sólida animal para ser transformada y de esta forma darle un uso adecuado.

Metodología

El caso presentado se desarrolló en el área proyecto comunidad Yutaho, ubicada en Cuatro Vías, con coordenadas $11^{\circ}24'43.4''N$ $72^{\circ}24'33.7''W$ en jurisdicción del municipio de Maicao, La Guajira, Colombia, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Área de estudio; delimitación geográfica de la comunidad Yutaho
Fuente: Google Maps, 2018.

La revisión teórica para el aprovechamiento del estiércol caprino como recurso biomásico para la producción de biogás se realizó de tipo descriptivo, con ella se investigaron varias fuentes documentales, teniendo en cuenta condiciones similares a la de una comunidad. Para el cumplimiento de los objetivos de este documento se desarrollaron las siguientes fases:

Análisis de la información relacionada con los recursos biomásicos proveniente de los caprinos para la producción de biogás a nivel mundial

El análisis sobre los recursos biomásicos se realizó con el propósito de tener en cuenta la importancia que tiene la biomasa a nivel mundial y qué tan eficiente es el momento de producir biogás; esta se elaboró de forma descriptiva por medio de la literatura, en la cual se realizaron cuadros comparativos según la interpretación de cada autor, en los que se tiene en cuenta el número de animales (caprinas, vacunas, porcinas y gallinazas) presentes en comunidades rurales y sobre la cantidad de excremento que generan estas especies en kg/día, respectivamente; se

desarrolló un análisis por medio de la interpretación de los datos obtenidos.

Investigación de diseños de biodigestores para la estimación de la eficiencia energética de la biomasa generada por los caprinos

La investigación de diseño de biodigestores se realizó con la intención de tener en cuenta los tipos de biodigestores que existen para la producción de biogás, también para conocer cuál de estos es el más adecuado a la hora de implementarlo en comunidades rurales, teniendo en cuenta su rentabilidad y eficiencia a nivel mundial; lo anterior se ejecutó de forma descriptiva por medio de la literatura que soporta a dicha investigación.

Definición de estrategia teórica para el reemplazo de la leña por biogás derivados del estiércol caprino en comunidades con condiciones similares a la de Yutaho, La Guajira

Se realizó con el propósito de mejorar la calidad de vida de comunidades rurales y del medio ambiente, puesto que algunas comunidades utilizan la leña para realizar sus actividades de cocción,

pero esta trae como consecuencias problemas ambientales tale como deforestación, polución de partículas de cenizas y descomposición en el suelo, entre otras.

Las estrategias se realizaron de forma descriptiva por medio de la literatura, se realizaron cuadros comparativos y figuras, en las que se logró tener en cuenta el poder calorífico de los precursores de combustible y de la energía producida por estos, las comparaciones se hicieron con el fin de establecer el remplazo de los precursores de combustible y de este modo evitar la deforestación.

En cuanto al modelo matemático para las respectivas comparaciones, inicialmente se estiman las cantidades de masa de estiércol por cabeza según el tipo de especie, para ello se emplea la ecuación 1.

$$m_i = \frac{\dot{m}_i}{\dot{N}_i} \quad (1)$$

En la que m_i son los kg de estiércol por cada cabeza de la especie i , \dot{m}_i son los kg de estiércol por día de la especie i y \dot{N}_i es el numero de cabezas registradas por día de la especie i .

Para el cálculo del poder calorífico según el tipo de especie se utiliza la ecuación 2.

$$PC_i = V_{bi} * prom_{pcb} \quad (2)$$

PC_i es el poder calorífico por cada especie i , V_{bi} es el volumen de biogás que requieren cada especie i en (m^3/kg), y $prom_{pcb}$ es el promedio del poder calorífico de biogás en MJ/m^3 .

El valor del poder calorífico del biogás es 19.7-23 MJ de energía calórica por m^3 de gas (Cunalata, 2017).

Para el cálculo de la energía producida por las especies se usa la ecuación 3.

$$E_i = m_i * PC_i \quad (3)$$

E_i es la energía producida por cada especie i , m_i son los kilogramos de estiércol por cada cabeza de la especie i y PC_i es el poder calorífico por cada especie i .

Por último, se utiliza la ecuación 4, para hallar la energía de los precursores de los combustibles.

$$E_{pcb} = m_{pcb} * PC_{pcb} \quad (4)$$

E_{pcb} es la energía producida por los precursores de los combustibles, m_{pcb} son los kg/hectáreas de los precursores y PC_{pcb} es el poder calorífico de los precursores de los combustibles en MJ/kg .

Resultados

Para el cumplimiento de los resultados de este documento se desarrollaron tres fases que se describen a continuación:

Análisis de la información relacionada con los recursos biomásicos provenientes de los caprinos para la producción de biogás a nivel mundial

En la tabla 1 se observa el promedio de cabezas para diferentes tipos de animales que permiten la comparación

de los aportes energéticos provenientes del estiércol que producen cada una de ellas, tomando como referencia a la comunidad Yutaho. Se observa que la especie con mayor número de cabezas es la gallinaza, con un promedio 16484 para la generación de biogás, esto puede corresponder al poco excremento que disponen, teniendo en cuenta que este tipo de aves depositan 0.18 kg/día de excremento (Inca, 2016), seguida del vacuno con 174 cabezas y las especies caninas con 120 cabezas y, por último, las especies porcinas con 84 caprinas y 72 cabezas.

Tabla 1. Cantidad de cabezas de diferentes tipos de animales utilizados en diferentes trabajos para producción de biogás

| Especies | N.º cabezas [Ref.] | N.º cabezas [Ref.] | N.º cabezas [Ref.] | N.º cabezas/ comunidad Yutaho | Promedio de N.º de cabezas/comunidad Yutaho |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|---|
| Caprinas | 80 [26] | 40 [27] | - | 95 | 72 |
| Vacunos | 10 [28] | 450 [29] | 63 [26] | - | 174 |
| Porcinos | 86 [30] | 163 [31] | 2 [32] | - | 84 |
| Gallinazas | 4800 [26] | 28167 [33] | - | - | 16484 |
| Caninas | 120 [34] | - | - | - | 120 |

Fuente: elaboración propia.

En el caso de las especies caninas se puede argumentar que, al realizar la investigación, los procesos biomásico con este tipo de especies no son comunes de implementar. Con respecto a las especies caprinas, se encontraron

dos estudios, como se puede observar en la tabla 1, esto significa que se pueden producir biogás a partir del diseño de biodigestores en la comunidad Yutaho con las 95 cabezas caprinas disponibles.

En la tabla 2 se observa el promedio de la cantidad de estiércol en kg/día que disponen las especies investigadas para producir biogás a través de un biodigestor. Se evidencia que la especie que más genera excremento son los vacunos porque, de acuerdo con la tabla 1 y 2, se encontró que por cada diez vacunos se produce 60 kg/día. En total, una especie genera 6 kg/día, esto

puede corresponder a su peso promedio que equivale 300 kg (ver tabla 3); por consiguiente, los vacunos son la especie que más se utiliza para la producción de biogás, esto se debe a su producción de biomasa que, de acuerdo con lo investigado, cuenta con una cantidad promedio de 3278 kg/día por cada 174 cabezas promedio.

Tabla 2. Promedio de la cantidad de biomasa en (kg/día) que disponen las especies en las comunidades rurales investigadas y en la comunidad Yutaho

| Especies | Cantidad de estiércol diario [Ref.] (kg/día) | Cantidad de estiércol diario [Ref.] (kg/día) | Cantidad de estiércol diario [Ref.] (kg/día) | Cantidad de estiércol diario / Comunidad Yutaho (kg/día) | Promedio de la cantidad de estiércol diario/ comunidad Yutaho (kg/día) |
|------------|--|--|--|--|--|
| Caprinas | 128 [26] | 27 [27] | - | 152 [26] | 102,3 |
| Vacuno | 60 [28] | 6750 [29] | 3024 [26] | - | 3278 |
| Porcinos | 202,1 [30] | 175,1 [31] | 4 [32] | - | 127,07 |
| Gallinazas | 0,48 [26] | 2732,20 [33] | - | - | 1366,34 |
| Canina | 20 [34] | - | - | - | 20 |

Fuente: elaboración propia.

Luego le siguen las gallinazas con un valor de 1366,34 kg/día, esto corresponde, de acuerdo con lo investigado, en la tabla 1 utilizan 28167 y 4800 cabezas, esta cantidad pertenece a la de una provincia (Altamirano, 2017) y a la de una avícula de gallinas ponedoras

de huevos, por este motivo, son más elevados en comparación con las demás especies, las cuales son tomadas en comunidades rurales pequeñas.

En el caso de las especies caprinas, se cuentan con 40 cabezas de cabras que generan 27 kg/día, de acuerdo al informe

investigado, de los 27kg/día disponen de 9 kg para alimentar el biodigestor, en el que la producción fue de 2,4 m³ de gas diario y obtuvieron 1,68 m³ de metano, esto soporta el abastecimiento medio mensual de una familia (Follari y Torres, 2014). En el caso de la comunidad Yutaho, esta posee 95 cabezas de cabras que producen 152 kg/día; lo que indica que, a mayor número de cabezas, la cantidad de estiércol es más elevada; por consiguiente, la generación del biogás puede ser mayor (Navarro, 2015).

Investigación de diseños de biodigestores para la estimación de la eficiencia energética de la biomasa generada por los caprinos

Al hacer énfasis en un contexto general encontramos una revisión que tiene como propósito la aplicación de los biodigestores para producir biogás en las viviendas de zonas rurales de América Latina, mostrando este método como una tecnología limpia y considerada con el medio ambiente, así como para poder ayudar a las comunidades rurales, mejorando sus condiciones de vida y satisfaciendo sus necesidades básicas (Garfí et al., 2016), por otro lado, se encontró un estudio,

en el cual muestra una metodología para proporcionar el análisis y cálculo de las medidas para la construcción de biodigestores de cúpula fija, estos diseños permiten eliminar los malos olores, reducir la carga contaminante, mejorar la capacidad fertilizante del material, y, por último, se genera una energía renovable como el biogás. (Campos, 2011)

De acuerdo con lo anterior, se encontró en la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, la construcción y diseño de un biodigestor anaeróbico, este con el propósito de aprovechar la biomasa energética, donde utilizan el abono orgánico, biogás y biol consecuentes del proceso digestivo, el cual se ejecutó por medio de bacterias sin presencia de oxígeno molecular dentro del reactor (Navarro, 2015). Desde otro punto de vista se encuentra la ejecución de un biodigestor continuo en la finca la Poderosa para la obtención de biogás a partir de estiércol, en donde la elaboración del biodigestor se manejó en un tanque de polietileno de 500 litros y se consideraron diferentes componentes (Chillo y Paguay, 2015). Así mismo, el siguiente artículo presenta la implementación y el diseño de un biodigestor continuo de un prototipo de

bolsa para la realización de biogás a partir de heces canicas; este fue diseñado en la localidad de Tunja, municipio de Oicatá. Para la construcción se concretaron las principales características físico-químicas de las heces caninas y las situaciones ambientales del municipio (Rodríguez y García, 2017).

Otro diseño es el desarrollo de un biodigestor tubular para obtener biogás en la hacienda Santa Mónica ubicada en la comunidad Atapo, Santa Cruz, cantón Guamote, provincia de Chimborazo; este se realizó a partir de residuos orgánicos de ganado vacuno generados en la comunidad con el propósito de reducir la contaminación producida por los desechos (Calderón, 2015). De igual modo, se encontró el modelo de diseño del sistema de biogás óptima (OBSDM). Este modelo esta propuesto para ser utilizado como un instrumento para la toma de decisiones en cuanto al crecimiento del potencial para técnicas de biogás en diferentes aplicaciones en África subsahariana (SSA). La herramienta de toma de decisiones evidencia el diseño más adecuado de biodigestor fijo basado en los insumos (Smitha, Schroenn y Blignaut, 2014). Otro modelo a seguir es el establecido en la finca El Recodo, el cual está encaminado a formar mejoras al método

convencional de digestión anaerobio, usando los residuos generados por los bovinos para producir biogás (Bernal y Quintero, 2016).

Por otro lado, se ejecutó el diseño de un biodigestor tubular de flujo continuo de polietileno (anaeróbico) por ser el más apropiado a las necesidades del Rancho Guadalupe, para la obtención de biogás, a partir de excretas de ganado vacuno y, además, se elaboró un diseño de invernadero que cubrirá al biodigestor para incrementar la temperatura. (Toscano, 2016)

También se hace referencia al diseño de un biodigestor casero, utilizando estiércol bovino, para aprovecharlo como energía renovable, transportando su conversión de excremento a un producto de consumo masivo, como lo son el biocombustible y el biogás, por medio del uso de tecnologías y equipos adecuados (Cruz, 2014).

En cuanto a la siguiente investigación se implementó un biodigestor para adquirir biogás mediante de residuos orgánicos de especies vacunos producidos en el Criadero Jersey Chugllin situado en el cantón Chambo, región de Chimborazo, por el cual se busca

reducir la contaminación formada por los desechos. (Lara, 2016)

De igual forma, se investigó un proyecto práctico en el cual hubo intención de valorar la producción de biogás a partir del diseño de un biodigestor cilíndrico que produce por períodos 233 litros de volumen de estiércol porcino y bovino. También se experimentaron diferentes variables como tiempo de retención, temperatura ambiente, presión, cantidad de biogás generado y pH (Durazno, 2018). Para el diseño del biodigestor tubular, este fue de siete metros de longitud por un metro de diámetro, con una obtención de biogás de 1,37 m³. Se realizó, además, un análisis costo beneficio, el cual fue viable para la ejecución del biodigestor en el rancho (Bautista, 2016). Con respecto a los artículos anteriormente mencionados, se puede resaltar que los biodigestores son ampliamente utilizados para la generación de biogás por medio del estiércol, especialmente en países de Latinoamérica como Ecuador, Colombia y en Centroamérica como México, los cuales cuentan con pequeñas comunidades rurales, en las que indican que el diseño de biodigestor tubular es el más adecuado para implementar en estas zonas rurales. Para

el sustento del biodigestor, de acuerdo con lo investigado, se deben tener en cuenta algunos factores como lo son la temperatura, el tiempo de retención y la relación del sustrato (excremento) y el agua requerida, esto ayuda a determinar la cantidad de biogás producido y la capacidad del biodigestor (Yauyo, 2016).

Definición de una estrategia teórica para el reemplazo de la leña por biogás derivados del estiércol caprino en comunidades con condiciones similares a la de Yutaho en La Guajira

En la tabla 3 se observa la cantidad de estiércol producida por cada especie y el peso promedio de estos, la energía generada por estas y, por último, el poder calorífico en relación con el volumen del biogás. De acuerdo con los valores obtenidos, la cifra que, evidentemente, sobresale respecto a los demás valores es de 5,14 MJ/cabezas, que corresponde a los vacunos según su energía producida; en segundo lugar, encontramos la especie porcina con una energía producida de 3.02 MJ/cabezas, esto se debe a la cantidad de excremento que estas generan.

Tabla 3. Energía producida por cada especie expresada en MJ/cabezas

| Especies | Peso promedio de las especies (kg) | Cantidad de estiércol kg/cabeza | Volumen de biogás húmedo m ³ /kg | Poder calorífico MJ/kg | Energía producida MJ/cabezas |
|----------|------------------------------------|---------------------------------|---|------------------------|------------------------------|
| Caprino | 40 [26] | 1,6 | 0,05 [45] | 1,07 | 1,7 |
| Aves | 1,5 [26] | 1x10 ⁻⁴ | 0,08 [45] | 1,712 | 1,7x10 ⁻⁴ |
| Vacuno | 300 [28] | 6,0 | 0,04 [45] | 0,856 | 5,14 |
| Porcino | 50 [32] | 2,35 | 0,06 [45] | 1,284 | 3,02 |

Fuente: elaboración propia.

Los caprinos poseen una energía producida de 1,7 MJ/cabezas, que puede corresponder a la cantidad de excremento, que es de 1.6 kg/cabezas; también puede deberse al volumen del biogás en m³/kg, que corresponde a 0,05, pero su poder calórico, de acuerdo con lo establecido en la tabla 3, es de 1,07 MJ/kg, esto significa que es rentable producir biogás con este tipo de excrementos caprinos y al utilizar un mayor número de cabezas se generaría una cantidad alta de excrementos, por lo tanto, la energía obtenida sería más elevada. Por último, las aves presentan un 1,7x10⁻⁴ de energía producida, a

pesar de contar con el valor más bajo, son la que mayor poder calorífico poseen con un total de 1,712, esto puede estar relacionado con su volumen húmedo que tiene un valor de 0,08 m³/kg, siendo este el mayor en comparación con los demás.

En la tabla 4 se observa el poder calorífico (superior, inferior y medio) y la energía producida de los precursores de combustibles, teniendo en cuenta seis tipos diferentes (roble, duraznillo, árbol caucho, caña de azúcar, café, cascarilla y paja de arroz) y registrando la cantidad de masa en kg/hectárea/año utilizada para llevar a cabo procesos biomásicos.

Tabla 4. Relación entre el poder calorífico y la energía producida de los precursores de combustibles

| Precursor de combustibles | Cantidad kg/hectárea/año [ref.] | Poder calorífico MJ/kg [ref.] | Energía producida MJ/hectáreas/año |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Roble (hojas, raíces y ramas) | 1332,95 [46] | 18,7 [47] | 24926,2 |
| Duraznillo (hojas, raíces y ramas) | 1101,41 [46] | 18,020 (S) [48] | 19847,4 |
| Árbol caucho | 1100 [49] | 17,41 [50] | 19151 |
| Caña de azúcar (RAC) | 13 000 [51] | 14,7 (S) [51] | 191 100 |
| Café (Cisco) | 227 [52] | 16,7 (I) [53] | 3791 |
| Cascarilla y paja de arroz | 2000 [11] | 15,3 (M) [53] | 30600 |

Fuente: elaboración propia.

En la presente tabla 4 se evidencia que el precursor de combustible de mayor energía es la caña de azúcar, con un valor de 191 100 MJ/hectáreas anuales; la alta producción de energía se debe a la cantidad de masa utilizada que corresponde a 13 000 kg/hectárea/año de residuos agrícolas de cosecha (RAC) como el bagazo, tallo verde y paja, a pesar de contar con una alta generación de energía es la que tiene el más bajo poder calorífico de 14,7 MJ/kg. Por otro lado se encuentra la cascarilla y paja de arroz, con un total de 30 600 MJ/hectáreas/año y cuenta con un poder calorífico de 15,3 MJ/kg, seguido de los precursores de combustible como el roble, el cual cuenta con una energía de 24926,2 MJ/hectáreas y un poder calorífico mayor con respecto a los demás, esto indica

que al tener un alto poder calorífico la calidad de la biomasa es mejor. Luego está el duraznillo, con 19847,4 MJ/hectáreas y su poder calorífico de 18 020 MJ/hectáreas. La biomasa de los tipos de precursores anteriormente mencionados por medio de la combustión pueden proporcionar agua caliente y calefacción entre otras.

Por último, está el cisco del café, con una energía producida de 3791 MJ/hectáreas/año, esto se debe a la cantidad de masa utilizada en el informe investigado el cual utilizan un valor de 227 kg/hectárea/año o por su poder calorífico inferior de 16,7 MJ/kg.

En la tabla 5 se observa la energía de los precursores de combustibles y la energía generada por cada una de las

diferentes especies, también el número de cabezas de las especies que se necesitan para reemplazar los precursores de combustibles investigados, en los que se escogen tres tipos de animales como cabras, vacas y cerdos.

Tabla 5. Datos para sustituir la cantidad de madera por cabezas de especies

| Precusores de combustibles | Energía de los precursores de combustibles MJ/hectáreas | Energía generada por especies MJ/cabezas | | | Número de cabezas necesarias para el reemplazo de los precursores cabezas/hectáreas | | |
|------------------------------------|---|--|---------|----------|---|--------|--------|
| | | Caprinos | Vacunos | Porcinos | Cabras | Vacas | Cerdos |
| Robles (hojas, raíces y ramas) | 24 926,2 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 14 662 | 4849 | 8254 |
| Duraznillo (hojas, raíces y ramas) | 19 847,4 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 11 675 | 3861 | 6572 |
| Árbol caucho | 19 151 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 11 265 | 3726 | 6341 |
| Caña de azúcar (RAC) | 191 100 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 112 412 | 37 179 | 63 278 |
| Café (Cisico) | 3 791 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 2 230 | 738 | 1 255 |
| Cascarilla y paja de arroz | 30 600 | 1,7 | 5,14 | 3,02 | 18 000 | 5 953 | 10 132 |

Fuente: elaboración propia.

Según los cálculos obtenidos, el precursor que genera mayor energía es la caña de azúcar con, un valor de 191100 MJ/hectáreas, lo que indica que se necesitan 112412 cabezas/ hectáreas de cabras para suplir la madera utilizada (ver figura 1). Debemos tener en cuenta que es una cantidad muy elevada, esto se debe a la cantidad de biomasa usada según la

fuente de investigación y a la generación de estiércol utilizada en el documento consultado que es de 1,6kg/cabeza; en el caso de los vacunos esta representa una menor cantidad de cabezas con un valor de 37 179 vacas debido a que la generación de excremento es mayor. Por último están los porcinos, con una cifra 63 278 cerdos/hectáreas.

Por consiguiente, los precursores de combustible, como lo son la cascarilla de arroz, roble, duraznillo y árbol caucho presentan datos elevados en cuanto a la cantidad de cabezas / hectáreas necesarias para la sustitución de la leña en comunidades rurales. Como último, se observa el cisco del

café en el cual se necesitan una cantidad pequeña de cabezas de cabras, vacas y cerdos con valores de 2230, 738 y 1255 respectivamente, en relación con los demás resultados, esto se debe a la masa obtenida en kg/hectáreas/año con un valor 227 (ver tabla 4), siendo esta la menor.

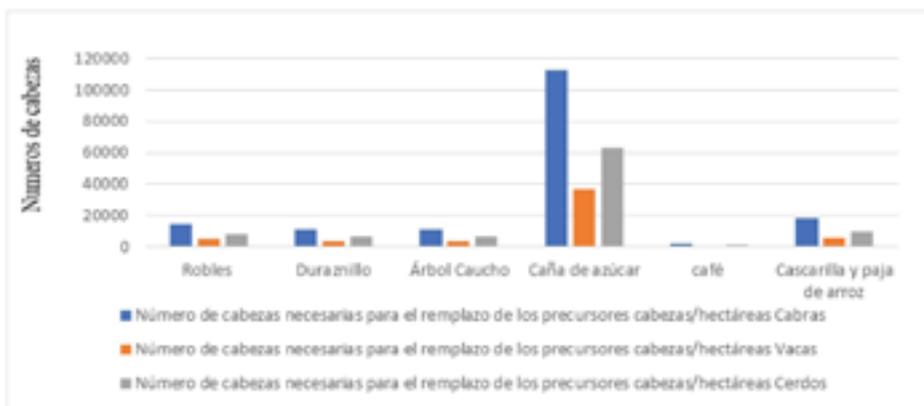


Figura 2. Cantidad de cabezas de animales (cabras, vacas y cerdos) necesarias para suplir la leña utilizadas en las comunidades rurales.

Fuente: elaboración propia.

Haciendo referencia a lo anterior, resaltamos que los kg/hectáreas/año tomados de los documentos consultados corresponden a áreas de bosques y de cultivos energéticos, por tal razón, al momento de comparar la cantidad de cabezas por hectáreas que se necesitan para el remplazo de los precursores, arrojan valores elevados.

Conclusiones

De acuerdo con la revisión teórica que se realizó en el presente documento, se concluye que la cantidad de excremento de las especies caprinas fueron las adecuadas debido a que cumplen con las características necesarias para la producción de biogás, puesto que, de

acuerdo con lo consultado, se hallaron dos estudios en los que se utilizaron 40 y 80 cabezas caprinas, las cuales disponen de 27kg/día y 128kg/día de excremento para la producción de biogás; la comunidad Yutaho cuenta con 95 cabezas, lo que ratifica que con este número de cabezas se generaría la cantidad de estiércol necesaria para producir biogás en una comunidad.

Para la generación del biogás, el biodigestor más adecuado para implementar en comunidades rurales es el tubular, porque, de acuerdo con lo investigado, su ejecución es de bajo costo y de fácil diseño, por lo tanto, se convierte en una alternativa ideal para emplearla en el departamento de La Guajira, tomando como ventaja que el departamento cuenta con la mayor población de caprinos en Colombia, a pesar de ello no se le da un adecuado aprovechamiento.

En comunidades rurales que no tienen acceso a los servicios públicos y, por esta razón, se ven en la necesidad de recurrir al uso de la leña para la cocción de sus alimentos, lo cual conlleva a la contaminación atmosférica y a la deforestación; por tal razón surgió la inquietud de buscar alternativas que permitan solucionar estas problemáticas,

haciendo aprovechamiento de la biomasa con la que se cuenta en dichas comunidades como lo es el estiércol caprino.

Referencias

- Altamirano, R. (2017). *Potencial de producción energética de biogás a partir de residuos pecuarios en la región*. Trujillo, Perú: La Libertad.
- Arévalo, W. (2015). *La biomasa: una alternativa energética proveniente de la vida misma*. Nariño, Colombia: Editorial Unimar.
- Badii, M., Guillén, A. y Abreu, J. (2016). Energías renovables y conservación de energía, *11(1)*, 141-155.
- Bakirtas, T. y Gokce, A. (2018). The Relationship between Energy Consumption, Urbanization, and Economic Growth in New Emerging-Market Countries. *Elsevier, 147*, 110-121.
- Bernal, D. y Quintero, D. (2016). Desarrollo de una propuesta para la mejora de un modelo de biodigestor anaerobio convencional a escala banco a partir de una mezcla de residuos bovinos y lodos en la finca El Recodo de Tabio, Cundinamarca. Bogotá, D. C.
- Bautista, V. (2016). *Evaluación de la generación de biogás a partir de excretas porcinas en la granja Agroinporc y diseño de un biodigestor*. Quito.
- Bolivar, J. y Hernández, Y. (2013). Análisis de viabilidad de la utilización de biomasa para la generación de energía en la sede Utopía de la Universidad de La Salle.

- Cadavid, L. y Bolaños, I. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Energetica*, 46, 23-28.
- Calderón, C. (2015). *Diseño de un biodigestor tubular para obtener biogás a partir de residuos orgánicos del ganado vacuno generados en la Hacienda "Santa Mónica", Guamote*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Campos, B. (2011). Methodology to determine the design and construction parameters of design of biogas installations for little farms. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2), 37 -41.
- Cardona, A. (2017). *Agronegocios*. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/ganaderia/la-guajira-lidera-censo-en-ganado-ovino-y-caprino-2622943> (consultado el 7 de agosto del 2018).
- Castaño, J. (2017). Factibilidad de la implementación de un biodigestor que transforme estiércol de porcino en biogás y biofertilizante para la venta comercial, en la finca la primavera, municipio de Lejanías, Meta.
- Cendales, E. (2011). Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. Bogotá, D.C.
- Chacha, J. y Flores, A. (2017). Implementación de un biodigestor piloto unifamiliar para la obtención y caracterización de biogás de uso calorífico a base de estiércol vacuno. Latacunga, Ecuador.
- Chillo, J. y Paguay, S. (2015). Implementación de un biodigestor continuo para producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno en la finca la poderosa. Riobamba, Ecuador.
- Corporación Ambiental Empresarial: Fundación Natura (2014). Crecimiento, biomasa acumulada y carbono capturado de 25 especies de árboles y arbustos nativos de la cordillera oriental colombiana. Bogotá, D.C.
- Cruz, A. (2014). Desarrollo de un biodigestor casero como alternativa para la generación de biogás empleando estiércol bovino. Tereon-Coahuila, México.
- Cunalata, J. (2017). Diseño de un sistema de transporte de biogás para uso doméstico en la hacienda San Francisco, Latacunga.
- Durazno, A. (2018). Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogas en un biodigestor de producción por etapas. Cuenca, Ecuador.
- EPM (2018). Parque Eólico Jepirachi. [Página web]. Recuperado de <https://www.epm.com.co/site/home/institucional/nuestras-plantas/energia/parque-eolico> (consultado el 8 de agosto del 2018).
- Fernández, J., Gutiérrez, F., Del Río, P., San Miguel, G., Bahillo, A., Sánchez, J., Ballesteros, M., Vásquez, J., Rodríguez, L. y Aracil, J. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Follari, J. y Torres, M. (2014). Un biodigestor de boñigas de cabra calefaccionado con colectores planos.
- Garfí, M., Martí, J., Garwood, A. y Ferrer, I. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. *Elsevier*, 60, 599-614.

- Inca, J. (2016). Diseño de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de las excretas de las gallinas provenientes de la granja avícola “Bilbao” en la parroquia Cotacól-Pelileo, Riobamba, Ecuador.
- Lara, M. (2016). Diseño de un biodigestor para la producción de biogás generado por las excretas de ganado vacuno, en el criadero “Jersey Chugllin”. Riobamba, Ecuador:
- Miller, J. y Visicdi, L. (2016). *Innovación en energía limpia en América Latina*. Sociotecnica.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y pesca. Presidencia de la Nación (2013). *La caña de azúcar como cultivo energético*. Tucumán, Argentina.
- Navarro, L. (2015). Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico para el aprovechamiento energético de la biomasa y uso experimental para la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Santander.
- Ordóñez, K. (2010). Producción de biogás a base de desechos agropecuarios (estiércol de cabra y pasto). Torreón.
- Oviedo, J., Badii, M., Guillen, A. y Lugo, O. (2015). *Historia y uso de energías renovables*. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 1-18.
- Pérez, D. (2017). Omicrono, la tecnología de El Español. Recuperado de <https://omicrono.elespanol.com/2017/02/paises-mas-inversores-energias-renovables/>. (consultado el 7 de agosto del 2018).
- Pérez, L. y Salazar, S. (2015). Elaboración de una guía ambiental para el manejo limpio en el aprovechamiento energético de la biomasa residual. Bogotá D. C.
- Quintero, J. y Quintero, L. (2015). Perspectivas del potencial energético de la biomasa en el marco global y latinoamericano. *Gestión y Ambiente*.
- Quintero, A., Walkiria, C., Fernández, L. y De Calzadilla, J. (2010). Diagnóstico del sistema de producción-comercialización del ganado caprino-ovino en el departamento de La Guajira, Colombia. Aplicación del Escalamiento Óptimo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2), 57-64.
- Rodríguez, D. y García, A. (2017). Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogás a partir de heces caninas. Bogotá, D. C.
- Rodríguez, N. y Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable, Caldas.
- Shahsavari, A. y Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291.
- Shahbaz, M., Zakaria, M., Hussain, S. Shahzad, J. y Mahalik, M. (2018). The energy consumption and economic growth nexus in top ten energy-consuming countries: Fresh evidence from using the quantile-on-quantile approach. *Energy economics*, 71, 282-301, 2018.
- Smitha, M., Schroenn, J. y Blignaut, J. (2014). The financial and economic feasibility of rural household biodigesters for poor communities in South Africa. *Elsevier*, 34(2), 352-362.
- Solano, J. (2015). Energía en América Latina: una aproximación prospectiva. *Pizarrón*

- Latinoamericano: Realidad y Contexto de América Latina*, 3(3), pp. 23-33, 2015.
- Toscano, T. C. (2016). Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de biogás, a partir de las excretas de ganado vacuno en el Rancho Guadalupe, en el Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua en el 2015. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vergara, W., Isbell, P., Ríos, A. Gómez, J. y Alves, L. (2014). Beneficios para la sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe.
- Villanueva, M. (2012). Los determinantes del consumo energético en España: ¿se ha mejorado la eficiencia energética? *Papeles de Economía Española*, 134, 196-210.
- Yauyo, L. (2016). Elaboración de un biodigestor piloto tubular para el manejo de estiércol porcino, en una de las viviendas de la asociación agropecuaria los lúcumos de Pachacamac, Villa El Salvador.
- Zareei, S. (2018). Evaluation of biogas potential from livestock manures and rural wastes using GIS in Iran. *Elsevier*, 118, 351-356.
- Zhang, T., Liu, L., Song, Z., Ren, G., Feng, Y., Han, X. y Yang, G. (2013). Biogas Production by Co-Digestion of Goat Manure with Three Crop Residues. *Plos-ONE*, 8(6).

Diagnóstico geológico minero ambiental de las canteras de caliza en el departamento del Cesar

Martha Lucía Mendoza Castro¹, Islem Issela Urbina Garrido²

Resumen

El presente diagnóstico fue elaborado con el fin de brindar un soporte a las canteras para mejorar y analizar las dificultades que estas han estado presentando en la parte geológica, minera y ambiental. Para lo anterior, es necesario conocer si en la minería a mediana escala se están haciendo los estudios geológicos pertinentes, además, comparar los métodos de explotación de la caliza y determinar los impactos ambientales generados; cabe resaltar que esta investigación es cuantitativa y se rige bajo la correlación bibliográfica y empleo de lista de chequeo. Ahora bien, las canteras no realizan estudios geoquímicos por el tipo de roca, sin embargo, realizan análisis químicos y de calidad para cemento, base de construcción, hormigón, y para procesos químicos de cal viva. Los métodos de explotación se clasifican en banco escalonado ascendente y banco escalonado descendente. Por último, a nivel ambiental se lograron determinar impactos de polución, deforestación y alteración paisajística. En conclusión, las canteras emplean los estudios geológicos de acuerdo con su necesidad, además de que el método de explotación más recomendado es el de banco escalonado descendente. Así mismo, se identificó, a partir de la correlación con la matriz de Leopold (1971), que en la etapa en la que se presenta más impacto es en la de construcción y montaje.

Palabras clave: ambiental, banco, caliza, descendente, diagnóstico, geología, impactos, minería.

¹Administradora de empresas, magíster en Gerencia de Proyectos I+D+I, docente investigadora de la Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar, Colombia. Correo: mmendoza27@areandina.edu.co

²Estudiante de Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar, Colombia. Correo: iurbina2@estudiantes.areandina.edu.co

Introducción

El departamento del Cesar posee un gran potencial geológico debido a la creación de montañas, proceso geológico conocido como orogénesis y que trae consigo variedad de preciados minerales encontrados en el subsuelo y que actualmente se observan en forma de afloramiento, dando razón así a las explotaciones para uso y aplicaciones de estos mismos; entre ellos podemos encontrar la roca caliza, la cual pertenece al gremio de las rocas sedimentarias orgánicas, con un alto contenido de carbonato de calcio, aproximadamente un 50%, lo que genera su efervescencia al contacto con ácido clorhídrico (HCl), material usado para la construcción; además, también sirve como decoración para las paredes y pisos, esto corresponde más cuando se habla del mármol como tal.

No obstante, el área del departamento se encuentra distribuida en cuatro Unidades asociadas a la Geología que las caracteriza: Sierra Nevada de Santa Marta, Valle de los Ríos Cesar y Magdalena, La Serranía del Perijá y la Región Norte de la Cordillera Oriental; cada una con sus propios rasgos distintivos y diferente concepción en cuanto a

los recursos minerales yacientes se refiere. (Guerrero, 2001)

El presente diagnóstico geológico minero ambiental de las canteras de caliza en el departamento del Cesar fue elaborado con el fin de observar un contexto regional, que busca enfocarse a la extracción de la roca caliza. Para la preparación de este documento se inició con la recopilación proveniente de tesis, informes, trabajos y libros referentes a la indagación del objeto de estudio del proyecto incursionado. De igual forma, en la compilación se ha hecho partícipe a organismos relacionados con la minería, como son: la Agencia Nacional de Minería, Corpocesar, Ministerio de Minas, entre otros. Además,

esta información, sumada a la observación en las visitas técnicas a las áreas de explotación minera, permitieron identificar aspectos importantes, que se convirtieron en la base para la elaboración de un formato de campo que facilitara acceder a la información que aquí se consigna. (Corponariño, s. f.)

Dentro de esta investigación se tendrán en cuenta los diferentes aspectos en las canteras de caliza ubicadas en el departamento del Cesar (minería a pequeña escala), dentro de los cuales

se realizará un diagnóstico geológico minero ambiental, para así poder evaluar y analizar estas diversas problemáticas que se están generando hoy en día, además de conocer si manejan una extracción o explotación de manera artesanal. Esto socorrerá a todas las canteras para mejorar, evitar y mitigar las dificultades que estas han estado presentando en la parte minerogeológica y ambiental en el Cesar.

De esta manera, se procede a presentar, desde el punto de vista práctico, el cual motivará y presentará a las distintas canteras, aquellos inconvenientes que afectan de manera directa e indirectamente al departamento del Cesar y con ello a Colombia, esto por medio del diagnóstico que está representado en la investigación, logrando así que con base a las conclusiones se mejore la producción y calidad de vida del artesano, aplicando técnicas de explotación del mineral; de la misma manera se reflejaría con el aumento de la fabricación como también en la contribución de un desarrollo sostenible y sustentable en la región.

Además, desde el punto de vista teórico de la investigación, se busca analizar los aspectos inherentes a los pequeños mineros desde la perspectiva

de los impactos geológicos, mineros y ambientales que deja rastro en la explotación minera del Cesar para generar conocimientos con base en los resultados obtenidos.

También presenta un gran aporte social, ya que, haciendo uso de buenas técnicas de producción, se puede guiar a un mejor manejo de los recursos humanos, minerales y ambientales, hacer operativa la transferencia del crecimiento individual de las canteras y al profesional que lo asesora entornos fuera de su contexto de explotación.

Así mismo, Corponariño afirma que

este diagnóstico da una idea de la situación actual ambiental minera de los seis distritos que conforman el Distrito minero de la Llanada y puede convertirse en una herramienta importante para la elaboración de proyectos orientados a mejorar el aprovechamiento de los recursos y la identificación de nuevas alternativas tecnológicas del desarrollo minero acorde con la sostenibilidad ambiental.

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación utilizará técnicas e instrumentos que permitirán lograr los objetivos en el

orden teórico y aplicativo, este tiene como objeto primordial proponer un sistema conceptual explicativo en torno al diagnóstico geológico minero ambiental de las canteras de caliza, ubicadas en el departamento del Cesar y, de esta manera, poder convertir las debilidades identificadas en fortalezas, aportando ideas a otros investigadores que se interesen por la recolección de datos y profundización de estos temas.

Materiales y métodos

En la actual investigación se aplica un estudio cuantitativo de tipo descriptivo, en el que Sampieri, Fernández y Baptista (2006), afirman que

la investigación descriptiva se emplea cuando el objetivo es el de detallar cómo son y cómo se manifiesta fenómenos, situaciones, contextos y eventos. Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para describir lo que se investiga. Describe tendencias de un grupo o población.

Es oportuno ahora recalcar que la investigación se dirige a diagnosticar los aspectos geológicos, mineros y ambientales de la cantera de caliza en el departamento del Cesar, en el cual la indagación descriptiva accede a examinar las condiciones de las variables, mostrándose tal como se exhiben en la realidad sin elaborar deducciones correspondientes debido a que busca medir las variables, dimensiones e indicadores acerca de la extracción de la caliza, de tal manera que se valoren las medidas, los procesos, los estudios y demás factores inmersos a las constataciones antes expuestas para así generar predicciones específicas en forma de conclusiones, además de recomendaciones. No obstante, se integra con un estudio de correlación al procurar analizar los métodos de explotación en el que se busca interpretar cuál o cuáles son los más viables al momento de la extracción de la caliza.

Población. A partir de los títulos mineros registrados en el departamento del Cesar, se estimó que existen 35 canteras de caliza, las cuales se desglosan, según los contratos de legalización y concesión, así: 17 en etapa de exploración, cinco en etapa de construcción y montaje y, por último, trece en etapa de explotación.

Muestra. Para cumplir los objetivos planteados previamente, se procederá a tomar una muestra de cinco canteras de caliza ubicadas en el departamento del Cesar.

Instrumentos

Como esta investigación se lleva a cabo por medio de un enfoque descriptivo, se maneja entonces para la obtención de los datos y la observación, para los que se emplea la lista de chequeo según Olivia (2009), en la que se concierne toda la información de las visitas realizadas a las respectivas canteras de extracción de la roca caliza en el departamento del Cesar, aplicándola en la variable minera. Posterior a esto se correlaciona con la información de la matriz de Leopold, realizada por Peláez (2017) para el parámetro ambiental, así como las normas Invías (2012) para determinar porcentajes del análisis químico para su uso en el mercado, de los resultados obtenidos por el PTO de cada contrato de concesión.

Resultados

Teniendo en cuenta la información obtenida a través de la Agencia Nacional de Minería (ANM), se establece que

actualmente en el departamento del Cesar hay 35 canteras de caliza dedicadas a la extracción de la roca, de las cuales 17 se encuentran en etapa de exploración (ver figura 1), en la que la mayoría de estas se encuentran en Valledupar y Bosconia; cinco en construcción y montaje, ubicadas en Valledupar, San Diego y La Paz (ver figura 2); y las doce restantes se encuentran en la etapa de explotación que corresponde a Valledupar, Bosconia, Curumaní y La Paz (ver figura 3).

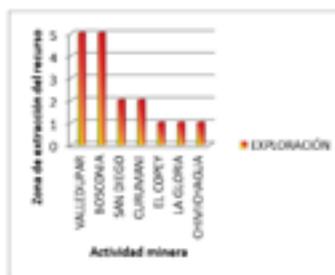


Figura 1. Etapa minera de exploración de las canteras de la caliza del departamento del Cesar

Fuente: Islem Urbina (2015).

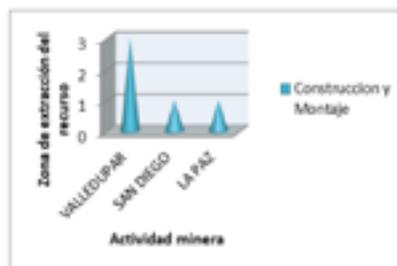


Figura 2. Etapa minera de construcción y montaje de las canteras de la caliza del departamento del Cesar.

Fuente: Islem Urbina (2015).

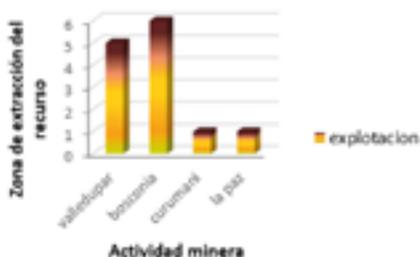


Figura 3. Etapa minera de explotación de las canteras de la caliza del departamento del Cesar

Fuente: Islem Urbina (2015).

Diagnóstico geológico

En este apartado se dividirán las cinco canteras estudiadas geológicamente, los estudios que se deben realizar de acuerdo con el PTO y los análisis realizados a la caliza por cada mina.

- **Código_exp:** 0184-20

Esta cantera se encuentra ubicada geológicamente en el grupo cogollo (ver figura 4); esta área está compuesta por calizas fosilíferas hacia la parte NW, se observa caliza color gris claro con bivalvos, así como también calizas color gris oscuro con poca presencia de fósiles. La caliza encontrada en la superficie económicamente explotable es la mencionada primero, pero las que presentan escasos fósiles también son explotables.

Geográficamente se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas:

| X | Y |
|---------|---------|
| 1598874 | 1022800 |
| 1599900 | 1022800 |
| 1599900 | 1023784 |
| 1598874 | 1023784 |

Estudios geológicos

Para este tipo de yacimiento, por lo general, no es necesaria la aplicación de los estudios geoquímicos y geofísicos, como es en este caso, de acuerdo con el PTO del contrato de concesión 0184-20 (2011), obtenido por la ANM, se pudo obtener la suficiente información a través de la interpretación superficial de la misma. Cabe recalcar que se aplica de igual manera para la realización de apiques o pozos.

Además de estos estudios, también se realizaron ensayos geológicos para determinar la calidad de la roca y la cantidad porcentual de los elementos químicos que conforman la caliza explotable, entre ellos se realizaron: ensayo de resistencia a la compresión confinada de cilindros, su objetivo fue caracterizar y clasificar un núcleo de roca intacta; determinación de la cohesión y el ángulo de fricción interna,

utilizado para el cálculo de altura crítica del banco, obteniendo $c=202,68$ y el ángulo de $32,40$; resistencia al desgaste de los agregados (máquina de los ángeles), que fue del $20,9\%$, teniendo en cuenta dicho porcentaje, se cataloga como muy resistente, los cuales pueden ser utilizados como base y subbase en construcciones, ya que, según las normas Invías (2012), debe ser máximo del 50% .

Así mismo, dentro de los análisis químicos realizados a la caliza de explotación por la cantera se determinaron dos muestras el $42,5\%$ de CaO , el cual es bueno para el cemento, pero no es aprovechable para la industria del vidrio porque es menor al 50% del mismo compuesto químico.



Figura 4. Ubicación geológica de la cantera de código 0184-20
Fuente: Islem Urbina (2015).

- **Código_exp:** 0190-20

Esta cantera también está ubicada geológicamente el grupo cogollo (ver figura 5), presentándose en esta área calizas fosilíferas de color gris claro,

las que actualmente son las que están siendo explotadas, además, también se identifican calizas de gris oscuro con poca presencia de fósiles. Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

| X | Y |
|---------|---------|
| 1593750 | 1023500 |
| 1594250 | 1023500 |
| 1594250 | 1024000 |
| 1593750 | 1024000 |

| Resistencia al desgaste | Compresión confinada | Cohesión y ángulo de fricción |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 19,1 % - 18 % | 42,06 kg/cm ² | 335,29 / 42,11 |

Estudios geológicos

Ahora bien, según el PTO del número de solicitud 0190-20 (2009) obtenido por la ANM, se realizaron ensayos fisicomecánicos, en los que se obtuvo:

Dentro del análisis químico, se manejan porcentajes similares de SiO₂, CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, TiO₂, Na₂O, K₂O, obteniendo de



Figura 5. Ubicación geológica de la cantera de código 0190-20
Fuente: Islem Urbina (2015).
manera distintiva valores bajos en Al₂O₃ y FeO₂ y alto en CaO₂ y SiO₂.

De acuerdo con el porcentaje de desgaste se establece con una resistencia alta, así como también la cohesión alta genera o muestra una resistencia a la compresión. De la misma manera, los análisis químicos se ligan a la producción de construcción y cemento por ser valores similares entre 42-50% de CaO₂ y SiO₂.

- **Código_exp:** 15056-1

Esta cantera está ubicada geológicamente entre el grupo cogollo y la formación la luna (ver figura 6). No está demás mencionar que la más explotable es la caliza perteneciente a cogollo de la parte basal, conformado por capas de calizas grises de tonos claros a oscuros.

Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

| X | Y |
|---------|------------|
| 1598737 | 1027819,38 |
| 1598737 | 1028719 |
| 1599987 | 1028719 |
| 1599987 | 1027819,38 |

Estudios geológicos

No se realizan estudios geoquímicos ni geofísicos porque no es necesario, teniendo en cuenta la información obtenida de la geología superficial, que serían potencia, ubicación, forma y dirección.



Figura 6. Ubicación geológica de la cantera de código 15056-1.
Fuente: Islem Urbina (2015).

Gracias a los destapes de afloramiento realizados en el área, la cantera, de acuerdo con esta información, tiene una idea clara del comportamiento del yacimiento en profundidad.

Basándose en el análisis químico realizado según el PTO del contrato de concesión 15056-1 (2009), obtenido por la ANM, se encuentra que las muestras oscilan entre 30,5% y 40,50% de SiO₂, entre 6,21% y pérdida de calcinación de los 103 a 1000 °C entre 36,33% y 39,19%. Además, se realizó el ensayo de resistencia al desgaste arrojando un porcentaje del 23,4%. De acuerdo con estos datos, según las normas Invías (2012), se puede incorporar al hormigón; cabe resaltar que la roca se establece como muy resistente.

- **Código_exp:** 0152-20

La cantera con el código 0152-20 está ubicada geológicamente en la formación la luna (ver figura 7). La escala es mucho más grande a comparación con la cartografía establecida en el área, presentándose, en realidad, en el grupo cogollo, conformado por capas de calizas grises de tonos claros a oscuros con intercalaciones irregulares de arcillolitas calcáreas.

Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

| X | Y |
|---------|---------|
| 1607000 | 1046000 |
| 1607000 | 1047000 |
| 1606500 | 1047000 |
| 1606500 | 1046000 |



Figura 7. Ubicación geológica de la cantera de código 0152-20.
Fuente: Islem Urbina (2015).

Estudios geológicos

Dentro de los análisis realizados según el PTO del número de solicitud 0152-20 (2007) obtenido por la ANM, el químico es de mayor interés, relacionado con valores de CaO del 56%, lo que indica una caliza de alta pureza; los contenidos de sílice y alumina son muy bajos, en un promedio de SiO₂= 1,3% y Al₂O₃= 0,4%, lo que corresponde a calizas aptas para procesos químicos como fabricación de cal viva y usos industriales como el hierro y el acero.

- **Código_exp:** 0189-20

La cantera asignada con el código 0189-20 está ubicada geológicamente en la formación la luna, pero está a una escala mayor (ver figura 8); sin embargo, es el grupo cogollo cartográficamente a

escala 1:10000, el cual está conformado por calizas grises de tonos claros a oscuros, el que se presenta en la cantera. De acuerdo con el PTO del número de solicitud 0189-20 (2007) obtenido por la ANM, al levantamiento geológico en los distintos frentes se identificaron tres mantos correspondiente a un yacimiento estratificado. Los niveles considerados como interés coinciden en su color gris claro con abundante presencia fosilífera y venas de calcita, baja densidad de fracturación y ausencia de alteraciones.

Geográficamente, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

| X | Y |
|---------|---------|
| 1605000 | 1043000 |
| 1606000 | 1043000 |
| 1606000 | 1044000 |
| 1605000 | 1044000 |

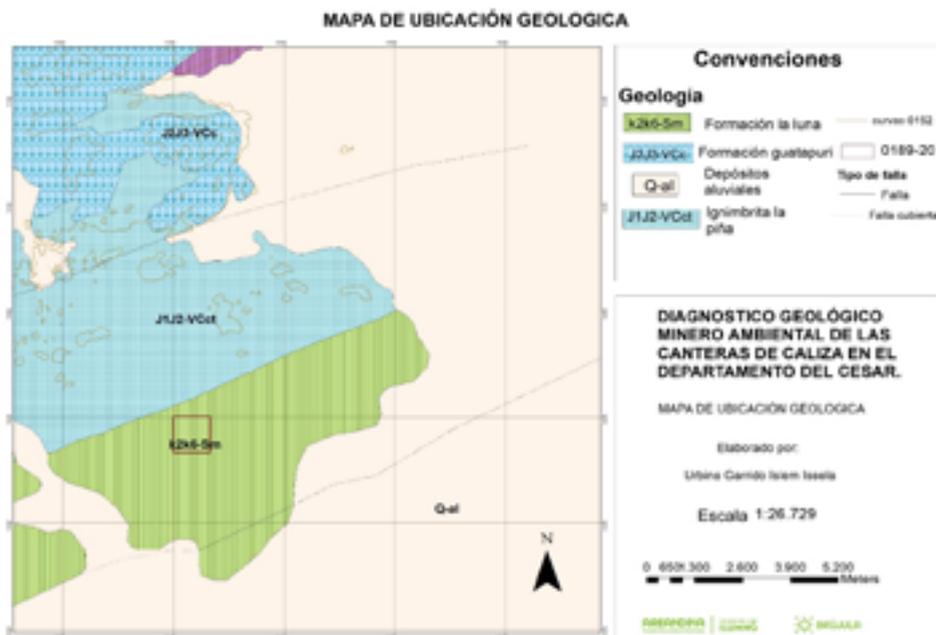


Figura 8. Ubicación geológica de la cantera de código 0189-20
Fuente: Islem Urbina (2015).

Estudios geológicos

Dentro de los estudios mostrados en el PTO de la mina, los análisis químicos arrojaron un valor porcentual entre el 60% y 67%, lo que indica que esta caliza es apta para la fabricación de cemento Portland, además de que el CaO es de 54,79%, garantizando una pureza alta de la misma.

Diagnóstico minero

El método de explotación aplicado a las calizas es variado, la comparación de estos métodos se hace analizando las características del depósito de caliza como lo son: geometría, topografía, propiedades físicas y geomecánicas. Ahora bien, de acuerdo con Herbet (2006), el método más utilizado es el de banqueo, sus alternativas corresponden a banco único, banco escalonados ascendentes y bancos escalonados

descendientes. Cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas; por ejemplo, la primera tiene un buen rendimiento en cuanto a la perforación y voladura, pero su producción es baja, además de esto causa desviaciones en las perforaciones, esto a causa del espesor de los bancos o a la mala fracturación que ha tenido la roca; además, tiene un menor rendimiento en carga y transporte.

Con el banco escalonado descendente se tiene una ventaja desde el inicio que corresponde a la restauración, logrando además un mayor rendimiento en el arranque, cargue, transporte desde la explotación; también brinda mayor seguridad para el personal y maquinaria. Sin embargo, tiene como desventaja que es de largo plazo; también se exige construir la infraestructura completa para acceder a los niveles superiores desde el principio y a mayor distancia en el transporte, logrando una mayor inversión.

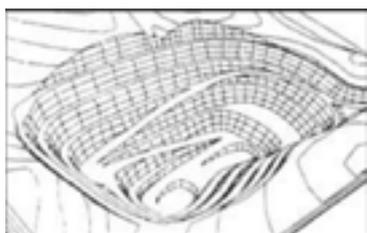


Figura 9. Esquema de un banco descendente
Fuente: Herbet (2006).

Por último, se tiene el banco escalonado ascendente, el cual es uno de los métodos más utilizados por su facilidad de apertura de las canteras, además de la poca distancia de transporte hasta la planta de tratamiento, cabe recalcar que el frente siempre está activo. El inconveniente de este método se basa en la restauración, la cual se debe realizar finalizada el proceso de explotación. Del mismo modo, para la extracción de la caliza, son necesarios bancos de poca altura para así avalar la seguridad, además de esto, el establecimiento de maquinaria para construir el paso al frente y adecuación del área de interés. Por esta razón, el más adecuado para la extracción de la caliza es el de banco escalonado descendente por la seguridad tanto del trabajo como de los trabajadores.

Diagnóstico ambiental

Las repercusiones ambientales que está ocasionando la pequeña minería de caliza no están muy lejos de lo que ocasionan las de grande minería, la diferencia radica en que estas últimas emplean mayor mitigación en los impactos que generan. Unos de los más conocidos son las poluciones, estos

generan un deterioro en el aire por el contenido de las partículas y gases emitidos a la hora de realizar la extracción. De la misma manera, la explotación de esta roca ayuda con la disminución en la calidad del suelo, producto de los procesos de meteorización, que aumentan su efectividad al quitar la capa vegetal que los cubren, facilitando su labor, ocasionando así la erosión de estos.

Del mismo modo, se tiene también el cambio geomorfológico, generado a partir de la extracción de la roca caliza en las canteras, las cuales no tienen en cuenta las afectaciones que generan a la variable paisajística; todo esto a razón de no tener un plan de tratamiento o restauración tanto del suelo como del paisaje.

Como es bien sabido, a la hora de fijar la explotación de algún mineral o material se debe tratar directamente con la naturaleza, es decir, el lugar del que procede lo que se quiere extraer, esto quiere indicar que se encuentran ligadas, por esto mismo, es necesario que se tenga en cuenta el medio en el que se trabaja y hacer lo posible para generar una minería bien hecha, en la que se trabajen con variables de máxima importancia, las cuales están preestablecidas como

mitigación y prevención. Cabe recalcar que, además de lo realizado en esta investigación, se establece que dentro de las etapas mineras para la canteras la que más genera impacto ambiental corresponde a la etapa de construcción y montaje, esto basado en la matriz de Leopold (Peláez, 2017), la cual permite identificar diferentes ámbitos ambientales susceptibles a presentar cambios drásticos, pero que de igual manera se puedan dar de manera indirecta a las diversas zonas de estudio.

Conclusión

A lo largo de la trayectoria de la presente investigación se lograron determinar las diferentes etapas en las que se encontraban las canteras de caliza en el departamento del Cesar, las cuales han realizado sus respectivas extracciones aplicando conocimiento de estudios geológicos necesarios a realizar. Todas las canteras se abstuvieron de realizar estudios geoquímicos y geofísicos porque encontraban toda la información relevante en la geología superficial, cabe recalcar que la mayoría de la caliza explotada es utilizada para la elaboración de cemento y base de construcción, solo de la mina con código 0152-20 se puede

extraer cal viva para procesos químicos, además de usos industriales en hierro y acero.

La formalización de la minería a pequeña escala requiere de mucha labor y dedicación, en la que una de las grandes dificultades es cumplir con los requisitos jurídicos establecidos por el PTO, además del ANLA; por esto mismo, se planteó el realizar una lista de chequeo para conocer en qué etapa se encontraban, si realizaban los estudios pertinentes y si se tenían en consideración las repercusiones ambientales, de las que se concluye que en realidad no las practican, más que todo por la inversión que tocaría implementar. No está de más mencionar que la idea no es eliminar la pequeña minería porque esto generaría mayor ilegalidad de las mismas, sino comenzar con aplicar metodologías que logren satisfacer las necesidades del titular de la cantera con respecto al cumplimiento de los requisitos mineros; por lo mismo, se establece aplicar el método de explotación para las canteras de caliza de banco escalonado descendente, ya que este brinda mayor seguridad para los operarios y maquinaria en toda la fase minera debido a la poca altura de

los bancos. Cabe resaltar que el primer paso de este método es adecuar las vías en función de la facilidad de acceso a las áreas de interés, además de las áreas de cuidado y restauración de suelos que ya han sido descapotados.

Dentro de la variable ambiental, las zonas que más repercusiones ambientales han tenido son aquellas en las que se procede con la extracción de la roca, en la etapa de construcción y montaje, ya que es allí donde sucede la eliminación de la capa vegetal, aumentando la degradación física del medio, además del suelo y el aire, este por polución, por lo cual se establece la morfología como un cambio que tiene el área al momento de dar lugar a la explotación. Del mismo modo, también salen afectadas la flora y la fauna del área circundante, teniendo en cuenta la falta de mitigación de la contaminación empleada a la hora de la extracción.

Por último, la ciudad de Valledupar, ubicada en el departamento del Cesar, teniendo en cuenta las estadísticas planteadas anteriormente, esta categorizada como la mayor productora de la roca caliza, generando de la misma manera, un alto impacto ambiental donde residen cada una de estas canteras.

Referencias

- Aignerren, M. (2009). Diseños cuantitativos, análisis e interpretación de la información. Sociología en sus escenarios.
- ANI (2012). Normas Invías. Sitio web: <ftp://ftp.ani.gov.co/Licitaci%C3%B3n%20VJ-VGCLP%20001-2016-M-1/Normas%20de%20Ensayo%20de%20materiales%20para%20carreteras/SECCI%C3%93N%20600.pdf>
- Chaparro, E. (2000). La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial.
- Chem, J. (1998). Factors Affecting the Rate of a Chemical Reaction. *Journal of Chemical Education*, 75(9).
- Contento, J. (2014). Diseño del método de explotación del yacimiento de caliza módulo norte de la mina La Esperanza, municipio La Calera, Cundinamarca. <https://repositorio.upte.edu.co/bitstream/001/1525/1/TGT-265.pdf>.
- CooperAcción, (2005). Formalización de la minería en pequeña escala en América Latina y el Caribe: un análisis de experiencias en el Perú.
- Corponariño (s.f.). *Diagnóstico minero ambiental distrito minero de La Llanada 2006-2007*. Disponible en <http://corponariño.gov.co/expedientes/publicaciones/diagnosticomineroambiental.pdf>
- CRC (2003). *Diagnóstico geológico, mine-ro ambiental, social y económico distrito minero de fondas El Tambo-Cauca*. Disponible en <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/mineria/MINERIA%20TAMBO/Diagnostico%20Distrito%20Minero%20de%20Fondas%20Tambo.pdf>
- D'Angelo, S. (2008). Población y muestra. 20/05/2015, de UNNE; UCP. Disponible en [http://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLACION%20MUESTRA%20\(Lic%20D'Angelo\).pdf](http://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLACION%20MUESTRA%20(Lic%20D'Angelo).pdf)
- González, L. (2013). *Impacto de la minería de hecho en Colombia*. Disponible en http://www.uis.edu.co/webUIS/es/catedraLowMaus/lowMauss13_1/terceraSesion/Impacto%20de%20la%20minería%20de%20hecho%20en%20Colombia.pdf (consultado el 20 de mayo de 2015).
- Herbet, J. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Disponible en http://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO.pdf (consultado el 20 de mayo de 2015).
- MMSD. (2012). Final report. Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development.
- Olivia, P. (2009). Listas de chequeo como técnicas de control. Disponible en <http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/7cf9e499a55c4cc7e04001011f016c69.pdf>
- Recasens, A. (2005). Fundamentos epistemológicos, metodológicos y teóricos que sustentan un modelo de investigación cualitativa en las ciencias sociales.

Impactos ambientales generados por la mina de arcilla Wajira S.A.S., en Manaure, La Guajira

Daniel Cotes¹, Laura Alvarado², Edrianis Hoyos³, Marcela Molina⁴, Dayeli Mosquera⁵

Resumen

Las problemáticas ambientales más frecuentes en las minas de arcilla en el departamento de La Guajira se ven generalizadas por la afectación y modificación morfológica del suelo, atrasando la génesis del suelo, la tala de árboles, la pérdida de la capa vegetal, la erosión del suelo, la pérdida de hábitat en términos de fauna y problemas futuros en términos de O₂, pues son estas plantas las que disminuyen el CO₂ de la atmósfera para convertirlo en O₂. La finalidad de este estudio es identificar los impactos ambientales generados por la mina de arcilla Wajira S.A. S. en Manaure, La Guajira. Este estudio está enmarcado en el tipo de investigación descriptivo con enfoque cualitativo, ya que, a través de valoraciones subjetivas, se realizará un diagnóstico de los impactos ambientales que genera la mina de arcilla Wajira S.A. S. Se concluye que la mayoría de los componentes, tal como el agua, el suelo, la flora (pérdida de biodiversidad y extinción de las especies endémicas), la fauna en la emigración de especies y disminución de las especies endémicas, estudiadas para las fases de construcción y operación, generan impacto moderado, es decir, requieren medidas bien elaboradas. La recuperación de las condiciones iniciales ameritan cierto tiempo y se precisan prácticas de manejo simples.

Palabras clave: arcilla, impacto ambiental, lista de chequeo.

Introducción

En Colombia la deforestación es el principal disturbio antrópico que afecta a todos los ecosistemas terrestres y algunos costeros; la destrucción y los cambios en la

cobertura vegetal son causa directa de la pérdida de biodiversidad. Las actividades que mayor deforestación generan en los bosques tropicales son la extracción selectiva de maderas de gran valor económico, el establecimiento de sistemas de producción agrícolas y ganaderos y cultivos ilícitos, la explotación de minerales a cielo abierto, la expansión urbana, la construcción de obras de infraestructura, entre ellas carreteras y embalses, así como la extracción de leña para combustible y cercas vivas, cuyo impacto es a menor escala que todas las anteriores, y todo esto debido a que no existe una adecuada planificación ambiental que permita el control y prevenga todos estos impactos causados. (Etter, 1998 citado en IDEAM y MAVDS, 2011)

La puesta en marcha de una actividad minera genera contaminantes y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo, esto e presenta ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera, o por la infiltración de productos

de lixiviación del entorno minero: aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras, etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso. (Vega, 2007)

La explotación a cielo abierto puede desarrollar: pérdida de cobertura vegetal que ocupa un área específica dentro de un ecosistema, este cumple funciones como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, y previene procesos erosivos del suelo, etc. Además, representa una modificación radical de la morfología; condiciones de inestabilidad; sedimentación de cauces por arrastre de materiales y escorrentía; intervención de áreas de recarga de acuíferos. (MAVDT, 2010)

“Contaminación por ruido, vibraciones y circulación de la maquinaria utilizada; emisión de partículas y gases a la atmósfera y deterioro de la infraestructura vial por tráfico de vehículos de carga” (Sánchez, 2001 citado por Garzón, 2013). Por consiguiente, se pueden generar afectaciones ocasionada en el proceso

industrial de la producción de ladrillos y bloques, el cual se encuentra sujeto a una serie de actividades que requieren insumos naturales como el recurso hídrico, al que se debe aplicar las normas de buen uso. Cabe destacar que para este proceso se necesitan maquinarias y equipos que en sus salidas generan impactos, como son el tema de los gases en relación con la atmósfera y la salud de las personas que viven en zonas aledañas al sitio de producción, además los desechos o residuos sólidos y las aguas residuales que deben ser manejadas; por otro lado, en la actividad referente al tema de los hornos y el recurso que se utilice, como en el caso de la madera, es un problema que se debe considerar y planificar, ya que es un recurso finito, además, produce el efecto conocido como isla caliente y el uso irracional de este recurso afecta directamente las condiciones fisicoquímicas del suelo y genera algunas problemáticas sociales.

En la mina de arcilla Wajira S.A.S en Manaure, La Guajira, la explotación del material se realiza para la elaboración de productos ladrillos y bloques que van a satisfacer la demanda de la industria de la construcción, preferiblemente a los municipios que componen el departamento de La Guajira. Por lo anterior, se resalta que esta empresa maneja

o emplea dos áreas de trabajo en las que, principalmente, se encuentra la actividad de extracción y obtención del material arcilloso por la minería y, en la otra, el proceso de producción de ladrillos y bloque mediante actividades industriales. Las problemáticas ambientales más frecuentes en las minas de arcilla en el departamento de La Guajira se ven generalizadas por la afectación y modificación morfológica del suelo, atrasando la génesis del suelo, la tala de árboles, la pérdida de la capa vegetal, la erosión del suelo, la pérdida de hábitat en términos de fauna y problemas futuros en términos de O₂, pues son estas plantas las que disminuyen el CO₂ de la atmósfera para convertirlo en O₂.

Esta investigación se centra en el análisis de los impactos ambientales generados por la minería a cielo abierto en el municipio de Manaure, con la finalidad de identificar y buscar medidas de control, prevención, mitigación y de compensación por los impactos generados, buscando con ello la conservación y recuperación de áreas degradadas por estas actividades extractivas. Es bueno comprender que el crecimiento socioeconómico es elemental para una sociedad; principalmente como la de la región Caribe colombiano, ya que esta cuenta con una diversidad de minerales que

pueden ser aprovechados de manera positiva, generando empleo y permitiendo un avance social; a su vez, la humanidad debe pensar en el desarrollo sostenible y que las generaciones futuras tienen derecho de disfrutar y vivir en un planeta con las comodidades ambientales necesarias.

Metodología

Localización

La Mina de Arcilla Wajira S.A.S. está ubicada en el kilómetro 7 vía Riohacha a Maicao, en el corregimiento de Paumahana, municipio de Manaure, La Guajira. Sus coordenadas son, 11°31'16.14" N y 72°50'39.18" O. En el área de interés, el material extraído son las arcillas. La zona del corregimiento de Paumahana, municipio de Manaure, se caracteriza por presentar temperaturas que oscilan entre 28°C y 35°C, la temperatura se ve altamente influenciada por la intensa insolación característica de la zona. El área de estudio, en general, presenta una topografía plana, también cuenta con una gran variedad de especies arbóreas.

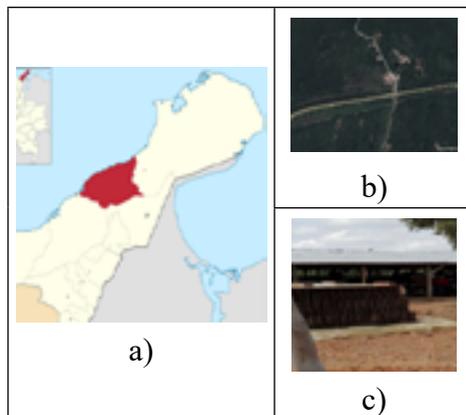


Figura 1. Localización del área de estudio

a) localización del municipio de Manaure, en La Guajira; b) ubicación del corregimiento de Pauhamana; y c) Mina de arcilla Wajira S.A. S.

Tipo de investigación

Este estudio está enmarcado en el tipo de investigación descriptivo con enfoque cualitativo, ya que a través de valoraciones subjetivas se realizará un diagnóstico de los impactos ambientales que genera la mina de arcilla Wajira S.A. S.

Para alcanzar los objetivos específicos se realizará observación, en la cual se identificará cuál es el proceso utilizado para la elaboración del ladrillo, así como también se identificarán los

riesgos ambientales presentados en esta mina; además se realizarán entrevistas para contrastar la información vista en campo; también, se aplicarán listas de chequeo, las cuales son relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica, con el fin de valorar los impactos ambientales presentados. Finalmente, se realizará un análisis de los resultados y se propondrán unas recomendaciones para mitigar dichos impactos.

Resultados

Riesgos ambientales presentados en la mina de arcilla Wajira S. A. S., en Manaure, La Guajira

En la mina Wajira S.A.S. existe un uso irracional de los recursos y materia prima utilizados en el proceso que realiza la mina de arcilla Wajira S.A.S. No se hallan procesos que generen una reducción del consumo energético, ya que, durante el desarrollo de la combustión, se incrementa la emisión de gases efecto invernadero que contribuyen de forma negativa al calentamiento global. Esto, a su vez, genera una emisión de material particulado a la atmósfera, tanto por la

combustión como por la extracción y manipulación del material, lo cual puede ocasionar afectaciones a la salud como problemas en el sistema respiratorio. La recuperación de residuos sólidos en la técnica de fabricación aún no tiene un manejo eficiente, lo que puede generar pérdidas económicas como un costo excesivo en las actividades de producción y afectaciones al ambiente debido a las pérdidas de las condiciones naturales del suelo respecto a la flora y la fauna.

La toma indiscriminada de los recursos naturales tanto por parte de la comunidad como de la empresa, tales como la arcilla que se extrae directamente de las minas existentes en la zona, la arena de río, aserrín o arena fina (polvillo), agua y la madera como combustible; junto a ello son requeridos el recurso humano, los equipos y las herramientas al igual que los hornos para dar inicio al proceso; pueden producir acciones como la tala indiscriminada, disminución de la cobertura vegetal, deterioro del paisaje erosión del suelo y múltiples efectos más producto de dicha actividad. Es por ello que se requiere adoptar medidas que permitan mitigar los impactos negativos generados al medio ambiente.

Listas de chequeo. Control o verificación

Tabla 1. Lista de chequeo para identificar impactos ambientales en la mina de arcilla Wajira S. A. S.

| Impactos generados | Etapa del proyecto | | | |
|---|--------------------|-----------------|------------|-------------------|
| | Diseño | Construcción | Operación | Abandono o cierre |
| 1. Sobre el aire 1.1. Contaminación. 1.2. Emisión de material particulado 1.3. Incremento de ruido | | x x | x x | x |
| 2. Sobre el suelo 2.1. Pérdida de vegetación 2.2. Pérdida de suelos fértiles 2.3. Erosión | | x x x | | x x |
| 3. Sobre la vegetación 3.1. Deforestación 3.2. Pérdida de biodiversidad 3.3. Efecto sobre especies endémicas | | x x x | | x x x |
| 4. Sobre la población 4.1. Generación de empleo | | x | x | |
| 5. Sobre el agua 5.1. Contaminación de acuíferos 5.2. Cambio de uso | | x x | x | x |
| 6. Otros 6.1. Pérdida del paisaje | | x | | x |

Causas de los problemas ambientales

Pérdida de la cobertura vegetal

Corresponde al primer paso a llevar a cabo en casi todos los proyectos mineros a cielo abierto, consiste en despojar la zona de interés de la capa vegetal para poder acceder a los horizontes objeto de explotación, muy pocas veces en los frentes de explotación se recupera la cobertura vegetal, en algunos casos se realiza parcialmente después de terminar las labores mineras en un sitio determinado. La pérdida de cobertura desencadena con frecuencia procesos erosivos, a excepción de los lugares en los que aflora roca fresca, es decir, poco meteorizada.

Erosión

La erosión es el proceso natural de desgaste o destrucción de los suelos, pero para el caso de las prácticas mineras, la erosión se acelera, ya que como se mencionó arriba, es necesario retirar la capa vegetal y dejar el suelo o la roca expuesta. El avance de este proceso genera otros fenómenos como surcos, cárcavas y cuando no se toman ciertas medidas se generan deslizamientos,

los cuales llegan a obstaculizar las labores mineras o afectar los barrios aledaños. (Alcaldía de Medellín, 2011)

Afectación del paisajismo

Este problema combina los dos problemas anteriores, ya que los lugares que han sido afectados por procesos mineros, presentan poca cobertura vegetal y generalmente son zonas afectadas por procesos erosivos. También es común observar cambios morfológicos como consecuencia de las actividades mineras y en muchos casos recuperar la cobertura vegetal es un proceso difícil y lento, ya que es frecuente que queden expuestas zonas poco meteorizadas y el proceso de revegetalización tarda más del tiempo normal. (Ramírez, 2008)

Contaminación del aire

La contaminación del aire está fuertemente relacionada a las zonas donde se presentan grandes superficies desprovistas de vegetación, ya que es habitual el levantamiento de partículas que son transportadas por el viento especialmente en las épocas de

verano, generando grandes nubes de polvo en suspensión. (Ramírez, 2008)

Generación de ruido

Este problema se presenta especialmente en la explotación del mineral donde se emplea maquinaria para estas labores, no solo por el uso de explosivos, sino también por el continuo golpe de las palas de las retroexcavadoras a los frentes de trabajo y el cargue de las volquetas que sacan el material para la venta. (Benito y Huamán, 2014)

Plan de Manejo Ambiental

Como programas y fichas consideradas para las operaciones del proyecto de la evaluación de impacto ambiental de la mina de arcilla Wajira S.A.S. en el municipio de Manaure, La Guajira son los siguientes:

I programa: mejorar la calidad del suelo

- MCS 001. Restaurar la capacidad de producción del suelo (fertilidad).

II programa: manejo de material particulado

- MP 002. Medidas de control para el material particulado que afecta al personal.

III programa: plan de recuperación de la flora

- MRF 003. Medidas para la conservación de la flora.

IV programa: medidas de corrección y mitigación

- PGS 005. Determinación de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

Seguido de esto, se presentarán las fichas de manejo ambiental aplicadas a cada uno de los programas elaborados para este estudio.

Tabla 2. Ficha de prevención y mitigación para mejoramiento del suelo

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
| Ficha | MCS 001 | Programa | Mejorar la calidad del suelo |
| | | Proyecto | Restaurar la capacidad de producción del suelo |
| Objetivo | Aplicar medidas para la sostenibilidad del suelo y minimizar la disposición de material calcáreo en este. | | |
| Meta | Soporte de las plantas | | |
| Componentes ambientales afectados | <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Flora • Fauna • Suelo | Aspectos ambientales | Deterioro de la calidad del suelo |
| Actividades que ocasionan el impacto | <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de arcilla | | |
| Efectos | Las excavaciones y tomas de arcilla del suelo generan pérdida de componentes elementales para las características morfométricas del mismo. | | |
| Impactos ambientales | <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la composición físicoquímica del suelo ocasionando pérdidas de nutrientes para poder abastecer a las plantas. • Contaminación de cuerpos de aguas, por aguas con sedimentos de material depositado. | | |

Tabla 3. Tipos de medidas para la prevención y mitigación para mejoramiento del suelo

| Tipos de medidas: prevención y mitigación | | | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Lugar de aplicación | Mina de Arcilla Wajira, S. A. S. | | | | |
| Acciones por desarrollar | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento continuo de las zonas de disposición de material depositado. • Establecimiento de cobertura vegetal en zonas en las que se deposita la arcilla para generar ladrillos comerciales. • Construcción de canales de recolección y conducción de aguas de escorrentías. | | | | | |
| Alternativas para realizar las acciones planteadas | | | | | |
| “El procedimiento de disposición de material calcáreo establece el método de construcción de la zona de disposición del material. Se deben implementar desde las fases de la explotación los conceptos de localización, diseño, construcción, manejo y adecuación de material calcáreo, para prevenir y mitigar los impactos propios de la actividad” (Avancejuridico.com). | | | | | |
| Descripción de las medidas | | | | | |
| Prevención y mitigación | | | | | |
| Objetivo: compensar de manera ambiental el suelo teniendo en cuenta su uso en terrenos forestales, en el que se tiene como propósito llevar a cabo acciones para la restauración de los suelos, reforestación y mantenimientos de los ecosistemas forestales. | | | | | |
| Actividades | Tiempo de ejecución (mes) | Responsable | Recurso humano | Recurso físico | Costos asociados |
| Recuperación del suelo a partir del compost | 3 | Experto en calidad del suelo | 4 | Abono, cavadoras, y palas | \$2 500 000 |
| Mantenimientos de ecosistemas forestales | 3 | | 2 | Folletos, Pancartas, avisos viales | \$2 000 000 |

Tabla 4. Ficha de mitigación para el control de material particulado

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
| Ficha | MP 002 | Programa | Manejo de emisión material particulado |
| | | Proyecto | Medidas de control para el material particulado producido por la empresa que afecta al personal. |
| Objetivo | Mitigar los niveles de material particulado producidos por la extracción del mineral, transporte, calcinación, descargue, y fabricación de ladrillos, alterando la calidad del aire y afectaciones a la flora. Mantener la calidad del aire bajo los valores permisibles exigidos por la norma. | | |
| Meta | “Cumplir con los niveles máximos permisibles de material particulado de acuerdo con la norma vigente” (Avancejuridico.com). | | |
| Componentes ambientales afectados | <ul style="list-style-type: none"> • Aire • Flora • Fauna • Ser humano | Aspectos ambientales | Deterioro de la calidad del aire y la salud humana. |
| Actividades que ocasionan el impacto | <ul style="list-style-type: none"> • Cargue del recurso explotado y transformado. • Transporte del recurso explotado y transformado. | | |
| Efectos | En el cargue y transporte del recurso se emite material particulado, causante de cambios en la atmósfera, calentamientos, problemas respiratorios, visibilidad y edemas pulmonares. | | |
| Impactos ambientales | <ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la calidad del aire en la zona de influencia. • Afectación de la vegetación. • Disminución de la calidad paisajística por disminución de la visibilidad. | | |

Tabla 5. Tipos de medidas para el control de material particulado

| Tipos de medidas: mitigación | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Lugar de aplicación | Mina de Arcilla Wajira, S.A.S. | | | | |
| Acciones por desarrollar | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • “Realizar medidas de mitigación de emisión de partículas, como barreras rompe vientos para patios de acopio y cubrimiento de pilas de material. • En las vías de acceso se puede realizar riego regulado para minimizar el levantamiento de material particulado. • Los vehículos que transportan material deben poseer carpas o protectores hechos de material resistente debidamente asegurados para evitar escapes de desechos” (Avancejuridico.com). | | | | | |
| Alternativas para realizar las acciones planteadas | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • “Construcción de barreras rompe vientos en las zonas donde exista mayor generación de material particulado. • Dispositivos protectores, carpas o cobertura para los vehículos. • Capacitación sobre las medidas de manejo de la emisión de material particulado”(Avancejuridico.com). | | | | | |
| Descripción de las medidas | | | | | |
| Mitigación | | | | | |
| Objetivo: Minimizar las emisiones de material particulado en el área de influencia con el fin de evitar la contaminación de la atmósfera y afectación a la salud de los seres vivos. | | | | | |
| Actividades | Tiempo de ejecución (mes) | Responsable | Recurso humano | Recurso físico | Costos asociados |
| Sistema de aspersión | Toda la vida útil del proyecto | Personal capacitado en el área de mitigación de partículas | 4 | Bombeo, tuberías y camión | \$2 500 000 |
| Educación de conductores | 3 | | 2 | Folletos, Pancartas, avisos viales | \$2 000 000 |

Tabla 6. Ficha de mitigación para la conservación de la flora

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
| Ficha | MRF 003 | Programa | Plan de Recuperación de la flora |
| | | Proyecto | Medidas para la conservación de la Flora |
| Objetivo | Minimizar los impactos realizados sobre el sistema paisajístico para la recuperación de flora endémica. | | |
| Meta | La flora como fuente básica del ser vivo por la producción de oxígeno. | | |
| Componentes Ambientales afectados | <ul style="list-style-type: none"> • Flora • Fauna • Social • Paisaje | Aspectos ambientales | Deterioro de la calidad de la flora. |
| Actividades que ocasionan el impacto | <ul style="list-style-type: none"> • Tala de árboles presentes en la zona de estudio. • Disposición de escombros. | | |
| Efectos | La tala de árboles genera disminución del hábitat, erosión del suelo, disminución de los caudales de agua, contaminación global. | | |
| Impactos ambientales | Pérdida de flora por el retiro de la cubierta vegetal, generando alteración en este además del paisaje de la zona de influencia. | | |

Tabla 7. Tipos de medidas para la conservación de la flora

| Tipos de medidas: mitigación | | | | | |
|--|---------------------------------|---|----------------|----------------|------------------|
| Lugar de aplicación | Mina de Arcilla Wajira, S.A. S. | | | | |
| Acciones por desarrollar | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Realizar revegetalización y reforestación de zonas intervenidas. • Realizar podas en vez de talas de árboles. • Reducir la intervención de la flora presente en la zona. | | | | | |
| Alternativas para realizar las acciones planteadas | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • “Elaboración de la zonificación de las áreas de protección • Identificación de especies de flora propias del área de influencia del proyecto. • Realizar un programa de educación ambiental con respecto al conocimiento y la importancia de protección de la flora” (Avancejuridico.com). | | | | | |
| Descripción de las medidas | | | | | |
| Mitigación | | | | | |
| Objetivo: Disminuir la tala intensiva en la zona y a su vez evitar posibles afectaciones en la flora. | | | | | |
| Actividades | Tiempo de ejecución (mes) | Responsable | Recurso humano | Recurso físico | Costos asociados |
| Siembra de árboles | 2 | Agrónomos y Supervisor en reforestación | 6 | 200 plántulas | \$55 000 000 |
| Mantenimiento de suelos | 2 | | 2 | Abono, palas | \$3 000 000 |

Tabla 8. Ficha para corregir y mitigar los efectos sobre las aguas subterráneas y superficiales

| | | | |
|---|--|-----------------------------|--|
| Ficha | PGS 005 | Programa | Medidas de corrección y mitigación. |
| | | Proyecto | Determinación de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales. |
| Objetivo | “Aplicar las medidas de manejo ambiental para la minimización de los impactos generados por el manejo inadecuado de cuerpos de agua, aguas lluvias y escorrentías” (Avancejuridico.com). | | |
| Meta | Proteger la calidad de las aguas subterráneas y superficiales y minimizar la erosión por lluvias y escorrentías. | | |
| Componentes ambientales afectados | <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Flora • Fauna | Aspectos ambientales | Material suspendido |
| Actividades que ocasionan el impacto | <ul style="list-style-type: none"> • Arrastre de material sedimentado por escorrentía y aguas lluvias. • Transporte interno y externo. • Beneficio (molienda, clasificación y lavado) | | |
| Efectos | Modificar las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas y superficiales. | | |
| Impactos ambientales | <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. • Alteración de los parámetros físicos y químicos. • Sedimentación en cuerpos de aguas. | | |

Tabla 9. Tipos de medidas para corregir y mitigar los efectos sobre las aguas subterráneas y superficiales

| Tipos de medidas: corrección y mitigación | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|-----------------------|---|-------------------------|
| Lugar de aplicación | Mina de Arcilla Wajira, S.A. S. | | | | |
| Acciones por desarrollar | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • “Construir canales que minimicen el arrastre de sedimentos. • No disponer escombros y residuos en ríos. • No realizar el lavado y mantenimiento de vehículos cerca de los ríos. • Minimizar la remoción de la cobertura que controla la velocidad del agua de escorrentía y la producción de sedimentos” (Avancejuridico.com). | | | | | |
| Alternativa para realizar las acciones planteadas | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Construcción y mantenimiento de sistemas para aguas de escorrentías y de retención de sedimentos | | | | | |
| Descripción de las medidas | | | | | |
| Prevención | | | | | |
| Objetivo: Reducir la cantidad de material sedimentado en el suelo, para evitar una carga en exceso. | | | | | |
| Actividades | Tiempo de ejecución (mes) | Responsable | Recurso humano | Recurso físico | Costos asociados |
| Evaluación de parámetros físico químicos y biológicos del agua | 1 | Contratista experto para determinación de parámetros a evaluar | 3 | -Medidor multiparámetro. -pHmetro -Turbidímetro -Conductímetro | \$6 700 000 |
| Monitoreo para control y prevención | Durante la vida útil del proyecto | | 2 | -personal especializado | \$2 400 000 |

Conclusión

Se concluye que la mayoría de los componentes, tales como el agua, el suelo, la flora (pérdida de biodiversidad y extinción de las especies endémicas), la fauna en la emigración de especies y la disminución de las especies endémicas, estudiados para las fases de construcción y operación, generan impacto moderado, es decir, requieren medidas bien elaboradas. La recuperación de las condiciones iniciales ameritan cierto tiempo y se precisan prácticas de manejo simples.

Además, se destaca que el componente flora, fauna (especies en peligro de extinción) se pueden decir que son impactos irrelevantes, esto quiere decir que la carencia del impacto o la recuperación inmediata tras el cese de la acción pueden requerir tan solo de medidas de protección generales.

De acuerdo con los resultados de la lista de chequeo, se elaboró un plan de manejo ambiental correspondiente a fichas de manejo para prevenir, corregir, mitigar y compensar aquellos impactos generados por la empresa al medio ambiente. Las medidas de manejo ambiental que se propusieron

fueron memorias técnicas (descripción, diseños), tratamientos o planteamientos concretos, técnicas y procedimientos de aplicación, costos y cronogramas de ejecución. Como programas y fichas consideradas para las operaciones del Proyecto se crearon las siguientes: I Programa: Mejorar la calidad del suelo; II Programa: Manejo de material particulado; III Programa: Plan de recuperación de la flora; IV Programa: Medidas de corrección y mitigación.

Referencias

- Alcaldía de Medellín (2011). Plan Ambiental Municipal (PAM) 2012-2019 hacia una ciudad sostenible. Tomo II. Diagnóstico actualizado.
- Avancejurídico.com. Resolución 1285 de 2015. [Página web] Recuperado de http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2015/49535/r_mads_1258_2015.html
- Benito, O. y Huamán, I. (2014). *Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera Santa Rosa 94-I C.C. Llocllapampa*. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Etter, A. (1998). Mapa General de Ecosistemas de Colombia (1:2000000). En Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terri-

- torial (MAVDT) (2010). Resolución 1023 del 2010.
- Ramírez, M. (2008). *Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá*. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Sánchez, J. (2001). *El medio ambiente en Colombia: uso del territorio en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio del Medio Ambiente. República de Colombia. A través de Garzón, N (2013). *Análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas a cielo abierto en la vereda El Mochuelo Bajo, Ciudad Bolívar, Bogotá, D. C., Estudio de caso*. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Bogotá, D. C.
- Vega, R. (2007). Los impactos sobre la salud humana de los polvos de minerales y el desarrollo sustentable de la minería como alternativa para mitigar sus efectos. *Revista Futuros.info* V(18), 1-16.

Medición multidimensional de la pobreza del corregimiento de Caracolí

Ricardo Durán Barón¹

Resumen

La pobreza es un fenómeno multidimensional, por esa razón, una persona pobre se reconoce como aquella que tiene necesidades insatisfechas, que carece de ingresos, de protección social, que hace que su presente se degrade y su futuro sea inseguro y de un conjunto multidimensional de bienes y servicios deseables que se restringe y se hace ajeno. El objetivo de este estudio consistió en determinar el índice de pobreza del corregimiento de Caracolí, basado en un censo a la población y la metodología de análisis multidimensional. El análisis permite concluir que el índice de calidad de vida es deficiente pues en todos los factores hay variables críticas que hacen pensar en que esta es una población pobre y alguna parte de ella se encuentra en extrema pobreza, con empleos de mala calidad cuyos ingresos no alcanzan para cubrir los gastos mínimos de la familia; los servicios públicos son deficientes, no tienen agua potable ni servicio de alcantarillado, deficiencia y poco acceso a la educación.

Palabras clave: análisis multidimensional, censo, pobreza.

¹Ingeniero químico, profesor del programa de Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar, Cesar. Correo: rduran4@areandina.edu.co

Introducción

La pobreza es un fenómeno multidimensional, por esa razón una persona pobre se reconoce como aquella que tiene necesidades insatisfechas, que carece de ingresos, de protección social que hace que su presente se degrade y su futuro sea inseguro, y de un conjunto multidimensional de bienes y servicios deseables que se restringe y se hace ajeno. (Pinzón, 2014)

Las condiciones de la niñez y juventud se miden en la asistencia escolar donde una persona se considera privada si pertenece a un hogar que tiene al menos un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa; el rezago escolar establece que una persona se considera privada si pertenece a un hogar que tiene al menos un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior al normal nacional). (DANE, 2015)

En cuanto al trabajo se considera una persona privada si pertenece a un hogar que tiene al menos una persona de la Población Económicamente Activa (PEA) desempleada por

más de 12 meses y con respecto al empleo formal se considera privada una persona si pertenece a un hogar que tiene al menos un ocupado que no tiene afiliación a pensiones o se encuentra en desempleo. (Gómez, Galvis y Royuela, 2015)

En cuanto a la eliminación de excretas se considera una persona privada si pertenece a un hogar que no cuenta con servicio público de alcantarillado; en el caso de los hogares rurales cuentan con inodoro sin conexión, o no tienen servicio sanitario. Además, una persona se considera privada si pertenece a un hogar cuya vivienda cuenta con piso de tierra y pertenece a un hogar cuya vivienda cuenta con paredes de madera burda, tabla, tablón, guadua, zinc, tela, cartón, desechos sin paredes. (Pinzón, 2014)

El objetivo de este estudio consistió en determinar el índice de pobreza del corregimiento de Caracolí, basado en un censo a la población y la metodología de análisis multidimensional.

Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló

con un grupo de estudiantes del curso Investigación Cuantitativa de la Fundación Universitaria del Área Andina en el segundo semestre del año 2016, con el objetivo de conocer mediante un censo las necesidades del corregimiento de Caracolí del municipio de Valledupar, evaluando factores de seguridad, condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, acceso a los servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda para determinar el índice de pobreza mediante un cuestionario desarrollado en forma directa y personal con integrantes adultos de la familia, logrando abarcar todas las viviendas del corregimiento, siguiendo la metodología del Departamento Nacional de Planeación.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2015) mide el índice de pobreza multidimensional con base en la metodología de Alkire y Foster (2008),

cuyas principales ventajas radican en que no solo es un indicador de incidencia sino de brecha y severidad; cumple con las propiedades axiomáticas deseables en una medida de pobreza; permite hacer un seguimiento de política

pública puesto que la definición de las variables determina el responsable de su cumplimiento y constituye un instrumento que permite la focalización de la política en grupos poblaciones con múltiples carencias, exaltando su utilidad en la medida en que permite suplir las carencias a las que se enfrentan los más necesitados

Estos indicadores construyen un valor de 0 a 100, donde 0 es un hogar con ninguna privación y 100 es un hogar con todas las privaciones, aquellos hogares que tengan en dicho indicador un valor igual o mayor a 33% son considerados pobres. (Pinzón, 2014)

Se diseñó un formulario en el que se establecieron varias preguntas con respecto a cada uno de los factores mencionados. Los estudiantes se dividieron por grupos y de manera individual y personal llegaron a cada una de las viviendas en las que fueron atendidos cordialmente por un adulto para la realización de la encuesta. Se realizaron preguntas control y se verificó en campo la veracidad de las respuestas. Las encuestas fueron tabuladas y analizadas por el equipo de trabajo y reportadas en figuras y tablas.

Resultados

El corregimiento de Caracolí fue fundado en 1905, por Bárbara Flórez, propietaria de las tierras se encuentra a una distancia de 69 km desde Valledupar. El nombre del corregimiento fue dado en honor al árbol de Caracolí. En 1921 llegó la hacendada Josefina Quiroz quien contribuyó al desarrollo de Caracolí. La mayoría de tierras en el corregimiento de Caracolí, son usadas como fincas. A mediados del siglo XX, la región empezó a ser afectada por el accionar de las guerrillas comunistas; como las FARC y el ELN, dando origen al conflicto armado colombiano. En Caracolí empezó a operar el Frente 19 y el Frente 59 de las FARC. (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2005)

A mediados de la década de 1990, a raíz del accionar de las guerrillas,

Caracolí fue epicentro de incursiones de los paramilitares de las Autodefensas Unidas de Colombia (AUC) y su Bloque Norte, Las AUC combatieron las guerrillas, pero a su paso dejaron desaparecidos, muertos, desplazados, amenazados y muchas veces mujeres abusadas. Caracolí siguió siendo un paso estratégico para los delincuentes y el tráfico de drogas y armas entre la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada y el mar Caribe. (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2005)

El corregimiento de Caracolí es atravesado por la vía nacional Ruta Nacional 80. Tramo Valledupar-Bosconia que comunica al corregimiento a través de una vía terciaria que comunica con el corregimiento de Los Venados. En la figura 1. Se identifican la posición astronómica, veredas, ríos y límites del corregimiento. (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2005)

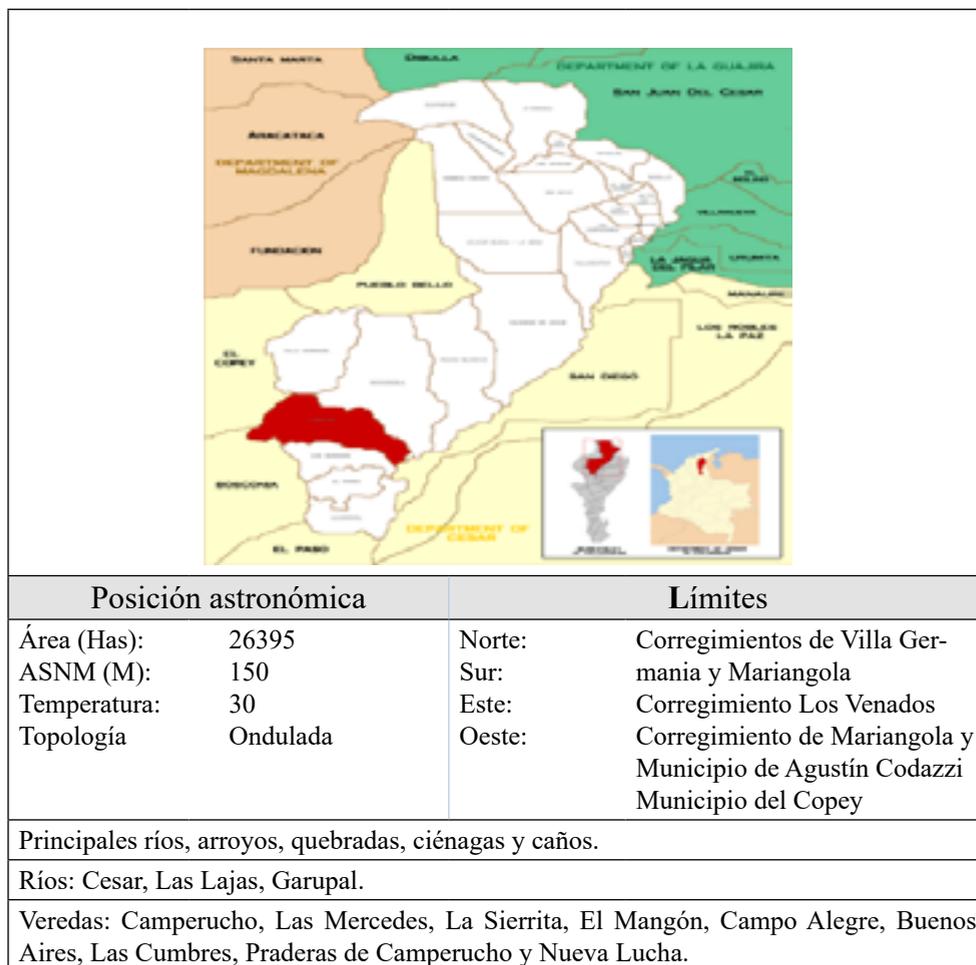


Figura 1. Información sobre el corregimiento de Caracolí

Según la información obtenida del censo, el corregimiento tiene una población de 567 habitantes (43% masculina y 57% femenina), distribuida en 180 viviendas en las que habitan un promedio entre cuatro y cinco personas por vivienda, de la cual el 0,5% está

afiliada al régimen subsidiado, el 18,57% al régimen contributivo y el 2,0% no está afiliada a régimen de salud. Esta información contrasta con la información de la Alcaldía Municipal de Valledupar (2005), que reporta que existen 700 habitantes (49% masculina

y 51% femenina), distribuida en 143 viviendas en las que habitan un promedio de una familia y cuatro personas por vivienda, de la cual el 0,8% está afiliada al régimen subsidiado, el 14,7% al régimen contributivo y el 1,8% no está afiliada a regímenes de salud. La población desplazada que ha retornado es del 1,2%, la población desplazada (receptada) es del 1,3%, la población discapacitada es del 0,5%, la población especial es del 0,2% y las madres cabeza de hogar ocupan el 2,5% de la población.

Las actividades económicas más significativas son la ganadería, agricultura, pesca y la explotación de la barita. Los principales productos agrícolas son maíz, yuca y fríjol. Cuenta con una institución educativa en la que prestan los servicios educativos a los niveles de primaria, con una población de estudiantes de: preescolar veinte estudiantes; primero 22 estudiantes; segundo, 28 estudiantes; tercero, 25 estudiantes; cuarto, 21 estudiantes; quinto, 25 estudiantes y posee dos canchas deportivas (una de fútbol y otra polifuncional), ambas en regular estado. Carece de bibliotecas, grupos de danzas, grupos de teatro, etc.

“La población cuenta con servicio de acueducto (no cumple con el 100% de los parámetros de potabilidad establecidos),

y energía eléctrica, con una cobertura del 100% en ambos servicios, tanto el acueducto como la energía son prestados inadecuadamente” (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2005). La postería y el cableado se encuentran en mal estado, originando interrupciones que dificultan la continuidad del servicio, con una cobertura del 100% en ambos servicios; son prestados inadecuadamente.

Carece de alcantarillado, por esa razón utilizan sistemas no convencionales (en algunos casos letrinas) y los residuos sólidos son quemados o enterrados. No hay gas domiciliario, no hay servicio de mensajería y no hay servicio telefónico por cableado. No hay matadero o lugar de sacrificio de especies mayores o menores.

Las vías de acceso al corregimiento, están en buen estado. Las calles carecen de pavimento. No cuenta con una empresa específica hacia el corregimiento, ya que el corregimiento es paso obligado por la carretera nacional, por lo tanto, pasan diferentes empresas de transporte que cubren diferentes rutas diarias, permitiendo la movilización de aproximadamente veinte personas.

Cuenta con un puesto de salud en buen estado, el cual es atendido por un auxiliar de enfermería y un médico

general y un odontólogo. Prestan los servicios de primeros auxilios, medicina general, control prenatal, control de crecimiento y desarrollo. El servicio de odontología es prestado ocasionalmente por la unidad médica odontológica del Hospital Eduardo Arredondo Daza. La enfermedad más común es la diarrea.

Tiene un cementerio pequeño en mal estado y cuenta con una inspección rural de policía. Existe una iglesia católica llamada San Martín, y una evangélica, Pentecostal Unida de Colombia y celebran la fiesta de San Martín de Loba entre el 10 y 11 de noviembre.

A continuación, se presentan en detalle cada uno de los factores analizados:

a) *Seguridad*. La seguridad en el corregimiento de Caracolí, muestra que el 73% de los habitantes se sienten, en su mayoría, seguros porque el pueblo en general es tranquilo; el 19% lo considera poco seguro, el 12% lo considera muy seguro y el restante nada seguro. El 5% de las personas manifiesta que se registran hurtos, de los cuales el 12% son a residencias. Ocasionalmente suceden hurtos a establecimientos, riñas y peleas; el 50% de la población lo atribuye a factores que no manifestaron y solo el 12% de la población manifiesta haber

realizado la respectiva denuncia.

b) *Condiciones educativas*. El 56,5% de los encuestados tienen educación primaria, el 27,9% educación secundaria, el 6,5% tecnólogo, el 6,5% universitario y un 8,44% no ha estudiado. El 98,5% de la población sabe leer y escribir y el restante es completamente analfabeta. Manifiestan que les gustaría recibir capacitaciones en ganadería, modistería, albañilería y agricultura.

c) *Acceso a los servicios públicos*. Todos los habitantes respondieron que los servicios públicos colectivos son deficientes, ya que en su mayoría no cuentan con los servicios y los que tienen, en general, son pésimos.

Aunque en el pueblo hay servicio de agua esta no es apta para el consumo humano, ya que no disponen de plantas de tratamiento, y el agua que consumen viene del río sin ningún tipo de tratamiento. La gran mayoría de los habitantes del sector cuenta con un servicio de energía considerado deficiente, ya que tienen apagones constantes y la energía en general no es muy buena; sufren altas y bajas en la calidad de la luz ocasionándole pérdidas materiales en algunos de sus electrodomésticos. Más de treinta viviendas no disponen del servicio,

setenta la consideran deficiente, cuarenta la consideran regular y menos de cinco usuarios consideran bueno el servicio de energía. El corregimiento no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario. Todas las casas tienen sus baños conectados a una poceta construida en predios de su propiedad y con estos suplen las necesidades del almacenamiento de sus desechos.

El pueblo no dispone de telefonía fija actualmente. Según los habitantes, esto se debe a que los ingresos promedios del pueblo no son suficientes para poder tener un servicio de telefonía fija local. El 44% de la población piensa que el servicio celular es bueno y menos del 10% lo considera excelente; el 38% lo considera regular y el 6% deficiente. El 15% de la población no dispone de este servicio. El corregimiento no dispone del servicio de mensajería postal.

d) *Economía*. El ingreso mensual promedio por familia en el 38% es de \$100 000 a \$350 000, el 4% entre \$50 000 y \$100 000, el 22% entre \$350 000 y \$500 000, el 15% entre uno y dos millones de pesos. La gran mayoría de las familias generan sus ingresos de forma independiente básicamente en labores de campo al desempeñarse como

jornalero, obrero y vendedor y menos del 1% manifiesta disponer de algún tipo de subsidio. Por lo tanto, no cuentan con un trabajo estable, que les dé una economía que les brinde progreso.

El 47% de la población tiene una edad entre treinta y cuarenta años, el 23% entre cuarenta y cincuenta años, el 38% más de cincuenta años y el 29% entre veinte a treinta años. Sin embargo, no todos los habitantes del sector tienen estas edades, verificaciones de campo permitieron observar personas menores de veinte años que no fueron reportados por los encuestados. El 35% de los hogares tiene cuatro integrantes, el 22% tres integrantes, el 21% cinco integrantes, el 7% doce integrantes, el 8% dos integrantes, el 3% seis y siete integrantes respectivamente y un hogar cuenta con un integrante. En términos generales, trabajan entre uno o dos miembros de cada vivienda.

Conclusiones

El análisis permite concluir que el índice de calidad de vida es deficiente, pues en todos los factores hay variables críticas que hacen pensar en que esta es una población pobre y alguna parte de

ella en extrema pobreza, con empleos de mala calidad cuyos ingresos no alcanzan para cubrir los gastos mínimos de la familia, los servicios públicos son deficientes, teniendo agua no potable, sin servicio de alcantarillado y poco acceso a la educación.

Agradecimientos

Estudiantes del curso Investigación Cuantitativa: Andrés Felipe Guerra Amaya, Carlos Davis Lastra Cardeño, Dioselina Herrera Pedrozo, Yonni Rafael Reyes Páez, Julio Guerra Pinto, Roberto Calos Calderón, Samuel Sepúlveda y los habitantes del corregimiento de Caracolí.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Valledupar (2005). *Anuario Estadístico Municipio de Valledupar*.
- Alkire, S. y Foster, J. (2008). Recuento y medición multidimensional de la pobreza. Documento de trabajo n.º 7. Universidad Vanderbilt y Universidad de Oxford.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2015). Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Colombia.
- Gómez, M., Galvis, L.A. y Royuela, V. (2015). *Calidad de vida laboral en Colombia: un índice multidimensional difuso*. Banco de la República. Colombia
- Pinzón, Y. (2014). *Diseño de estrategias para el mejoramiento del sistema de recaudo del impuesto predial e industria y comercio, para la alcaldía municipal de Aguachica. Informe final de práctica empresarial*. Aguachica-Cesar: Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, Facultad de Ciencias Administrativas, Contables y Económicas, Programa de Administración.

Optimización económica de los camiones asignados en la operación Dragalinas/Apron Feeder en una empresa minera de carbón en el departamento del Cesar

Sandra Molina¹, Mary Hernández²

Resumen

En el ámbito de la minería para que exista una óptima producción influyen muchos factores. En la operación Dragalina/Apron Feeder depende directamente del factor de camiones asignados, el cual tiene un gran impacto en la producción y costo de la operación. Mediante este artículo se busca determinar la saturación de la asignación de camiones, proporcionado por la tasa de producción óptima al menor costo por metro cúbico banco. Además, se determinará el número mínimo de camiones asignados, lo que produce un costo por metro cúbico banco por debajo del objetivo de corte de la empresa, desarrollando un modelo de costos a partir de los datos históricos y costos de producción en la mina, utilizando Excel para analizar el impacto que genera una buena asignación de camiones.

Palabras clave: asignación de camiones, óptima, saturación.

¹Ingeniera de minas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar, Colombia. Correo: Smolina17@areandina.edu.co

²Estudiante de Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar, Colombia. Correo: mahernandez50@estudiantes.areaandina.edu.co

Introducción

En el ámbito de la minería para que exista una óptima producción depende de muchos factores, los cuales siempre están en una mejora continua, uno de estos son los ciclos de los camiones en el acarreo de roca y carbón. La producción de roca con el sistema de dragalinas/*apron feeder* es directamente dependiente del factor de camiones asignados. A medida que los tiempos de ciclo del camión se afectan, el número de asignación de camiones aumenta o disminuye. El objetivo de este proyecto es determinar la saturación de la asignación de camiones proporcionado por la tasa de producción óptima al menor costo por metro cúbico banco. Además, se determinará el número mínimo de camiones asignados, lo que produce un costo por metro cúbico banco por debajo del objetivo de corte de la empresa. Para lograr estos objetivos, se desarrollará un modelo de costos a partir de los datos históricos y costos de producción en la mina.

Las dragalinas son muy económicas y representan unos de los equipos más populares en cuanto a remoción de roca. Son comúnmente usadas en combinación con raspadores para reducir la cantidad

de remanejo. Una dragalina es como la estructura de una grúa con un largo balde con capacidad de 100 m³, suspendida por cables de acero. El balde se arrastra a través de la roca y una vez se ha llenado se alza. La base de los pivotes de la dragalina y la roca se botan en otros lugares. La roca generalmente necesita ser volada antes de que la dragalina pueda ser usada. En el caso de DLTD no sucede así porque las dragalinas trabajan en material de aluvión de río. Las dragalinas son comúnmente usadas en minería a cielo abierto para remover la roca para exponer la traza de los mantos de carbón. Una dragalina es básicamente una grúa giratoria en la que el balde es suspendido entre los cables de izar y los cables de arrastre que estiran el balde hacia el eje de rotación. En un solo ciclo, la secuencia típica del movimiento es el siguiente: deje caer el balde, arrastre sobre la superficie a rellenar con roca suelta, izar el balde, llevar el *boom* de la draga a donde botan el material, en este caso en Drummond Ltd. en los alimentadores blindados, y hacer el giro de vuelta y llevar el balde a su posición de inicio.

Apron feeder es un alimentador blindado, es una máquina larga de material de acarreo para procesos por manufactura o un proceso industrial.

Esta máquina ha sido reensamblada con cortas o pequeñas partes de bandas transportadoras, más conocidas como alimentadores de plato o banda blindada. Los alimentadores blindados permiten automáticamente el control del volumen del material, que es añadido al proceso, regulando la velocidad del material que se añade a los camiones. Los alimentadores blindados se pueden encontrar en operaciones mineras, fábricas y plantas de concreto.

DLTD *apron feeder*. La MMD diseñó alimentadores empleados por DLTD, generando gran impacto al cargue del material directamente al plato de los alimentadores, incluso cuando el alimentador estaba operando. Cuando el material era cargado en el alimentador los platos trituraban el material, absorbiendo las fuerzas de impacto inicial indefinidas y haciendo que estas se deformaran dentro de su límite elástico.

Materiales y métodos

La metodología se desarrolló inicialmente con un estudio de los antecedentes de los últimos años que han arrojado los datos históricos de la operación en las dragalinas/*apron feeder*, para la confinación de estos datos se realizarán estudios de los datos

históricos de la productividad de estas mismas, visitas a campo, es decir, al área en la que operan y observar posibles afectaciones para la productividad. Para que el sistema de dragalinas/*apron feeder* funcione adecuadamente este necesita de ciertas condiciones. Algunas de las unidades principales de la dragalina son: equipo de interfaz, casa de maquinaria, equipo de propulsión, base y planta de energía.

El equipo de la parte delantera generalmente se refiere al mástil, *boom* y el balde, así como a sus sistemas de cuerdas de soporte y funcionamiento. La casa de máquinas encierra toda la maquinaria de dragalina y los sistemas eléctricos. La casa también contiene un sistema de aire presurizado para eliminar el polvo o la acumulación de calor. El equipo de propulsión se utiliza para impulsar un mecanismo de leva y bastidor que produce una acción de marcha suave para la máquina. Una base integral tipo *web* lleva un conjunto de pivote central, cremallera y rodillo. Este equipo proporciona una estructura de distribución de carga para las obras superiores. La energía de Ca que se origina en una planta eléctrica externa se enruta a través de un cable de conexión a una subestación transformadora a bordo de la dragalina. Desde la subestación, la

energía se dirige a los conjuntos M-G y a la sala del transformador auxiliar. Los transformadores reducen el voltaje entrante para alimentar los equipos auxiliares, incluidos los compresores, las luces y los calentadores. Se realizaron tablas en Excel en las que se recopilieron datos históricos de la producción y costos de hace un año y los datos del 2017 hasta el mes de septiembre del libro de costos de la empresa.

En estas tablas se recopiló cada mes, día a día las horas operativas, el costo por turno de las dragalinas y sus equipos que conforman este sistema, con el fin de saber el número total de horas operativas de cada equipo, sus costos totales por turno del mes, costos totales por hora, y un factor hora por hora. El total de horas operativas se realizó mediante el cálculo del total de costos entre el costo por hora de cada equipo (dragalinas, *apron feeder*, *backhoes*, *dozers*, D11, camiones, etc.). Para las tablas de costos se realizó también un cálculo del factor hora por hora, el cual se realiza para mostrar el costo de una hora de los equipos que trabajan de la mano con las dragalinas. Se da a conocer un nuevo concepto nunca antes visto que es el factor de asignación de camiones, en los que la base de este es el ciclo de los camiones, el cual nos enfoca a analizar y ver qué tan influyente

es el ciclo en la producción y costo de la operación, en este caso del sistema de dragalina/*apron feeder*, el cual será de gran ayuda para poder implementarlos en los demás sistemas (palas, *load out*, etc.) para poder tener una mejor asignación. Este nuevo concepto se diferencia del factor de camiones o factor carga que se implementa en la empresa, ya que el factor de carga lo hacen para dar una proyección de cuantos BCM/h se pueden mover en un año por camión. Se realizó al final de las tablas de costos una tabla en la que se recopilaba el total de costos por turno (*total shift cost*), los BCM por turno (*BCM/shift*), el costo por BCM ($\$/BCM$) y el factor de asignación de camiones de cada día/turno generando graficas del costo por BCM($\$/BCM$) mensual del costo por BCM de cada equipo que conforma el sistema (dragalina, *apron feeder*, *apron feeder transporter*, *apron feeder box*, *apron feeder E house*, *dozers*, D11, camiones, *back hoers*, cargadores, etc.), en la que se hace una comparación con el Promedio de costos por BCM, mostrando que mes tuvo relevancia. Se generó un modelo de costo en el cual se lleva a analizar cuál es el punto óptimo para la asignación de camiones, teniendo en cuenta el número actual asignados y la afectación en los costos y producción del sistema de dragalinas/*apron feeder*, que

se construyó basado en un resumen de las tablas del promedio costo por turno, llevando todo hacia las horas operativas esta vez no de la dragalina, sino de los *apron feeder*, creando un segundo factor de hora.

Construyendo a su vez una tabla mes por mes del factor de asignación de Camiones y desglosando cada uno de los tiempos que lo afecta promediando cada ítem para al final mostrarnos el total de BCM por turno (*BCM/shift*) y el costo por BCM ($\$/\text{BCM}$) que se genera en cada mes analizado. Tomando del libro amarillo o libro de costos de la empresa las horas de las dragalinas y *apron Feeder* las cuales fueron ajustadas para incluir en esta electricidad y ciertas labores del sistema.

A su vez, esta tabla nos describe el número de cargas, las horas operativas del sistema dragalina/*apron feeder*, las cargas por hora, altitud que se trabaja, los BCM del mes, BCM por hora, los camiones que se requieren y los que deben ser asignados para ser óptimos para nuestro sistema. Para luego arrojar una última tabla del modelo de costo la cual nos describe el número de camiones, mostrándonos el número óptimo de camiones, de costos y producción para la operación, mostrándonos lo influyente

que es si le agregan más o menos camiones del óptimo arrojado por el factor de asignación y describiendo equivalente en costos las horas operativas y el costo por turno de cada equipo del sistema de dragalinas/*apron feeder* en la mina.

Por último, se recrea el modelo en una curva de costos, en las que se muestra el impacto que genera tener un óptimo número de camiones a el costo y producción de esta, haciendo un comparativo con el número actual que se emplea en la empresa utilizando el factor de asignación de camiones, generando curvas de este modelo mes a mes para cada una de las dragalinas.

Resultado

En la mina se cuenta con un personal de primera, en el cual no solo le brindan calidad humana al practicante sino su sabiduría y experiencia en el campo de la minería, con el fin de obtener de la empresa su primera experiencia como profesional. El estar en constante relación con ingenieros extranjeros y nacionales con alta experiencia en el campo genera aptitudes como es hablar un lenguaje técnico y, a su vez, hablar una segunda lengua, en este caso el inglés, que hoy en día es una herramienta muy valiosa para el profesional, un hábito de compromiso,

responsabilidad y sentido de pertenencia hacia la empresa, lo cual convierte al practicante en una persona capaz de enfrentarse a retos futuros, además de generar conciencia en mantener al medioambiente llevando de la mano una mejora continua para hacer de la minería cada día más viable y confiable. Gracias a esto y mucho más de parte de los ingenieros de planeación y todo su personal de la mina, se pudieron obtener resultados como: manejo básico del *software* AutoCAD, Carlson; experiencia en minería a cielo abierto; experiencia como ingeniera en el departamento de planeación; conocimiento adquirido sobre cómo funcionan las operaciones y procesos mineros en Drummond Ltd.; conocimiento básico en seguridad industrial; conocimiento básico en voladura y sus procesos; generalidades conceptuales y prácticas de topografía; relaciones interpersonales con el personal de la mina; aptitudes de responsabilidad, respeto y puntualidad; y afianzar conocimientos aprendidos durante la carrera como profesional.

Se realizó al final de las tablas de costos una tabla en la que se recopilaba el total de costos por turno (*total shift cost*), los BCM por turno (BCM/*shift*), el costo por BCM ($\$/\text{BCM}$) y el factor de asignación de camiones de cada día/

turno, generando gráficas del costo por BCM($\$/\text{BCM}$) mensual, del costo por BCM de cada equipo que conforma el sistema (*dragalina, apron feeder, apron feeder transporter, apron feeder box, apron feeder E house, dozers, D11, camiones, backhoes, cargadores, etc.*), en el que se hace una comparación con el promedio de costos por BCM, mostrando que mes tuvo relevancia.

Anexo 16: Grafica de las Curvas del Modelo de Costos

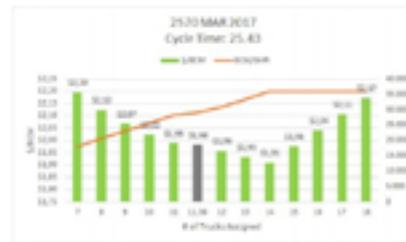


Figura 1. bcm explotados

Anexo 4: Grafica $\$/\text{BCM}$ por mes



Anexo 7: Grafica $\$/\text{BCM}$ Cajas



Figura 2. Curva de modelo de costos

Modelo en una curva de costos, en la que se muestra el impacto que genera tener un óptimo número de camiones a costo y producción.

Conclusiones

Se conoció detalladamente el funcionamiento y operaciones de la mina. Se comprobó que la asignación de camiones en la operación de dragalinas/ *apron feeder* no es la más óptima, mostrando que afecta los costos y producción de esta. Se logró definir y mostrar el concepto del factor de asignación de camiones, mostrando que el factor ayuda para identificar cual es el número óptimo que debe tener la operación. Con este concepto se crearán nuevas bases para la empresa, para trabajar en la identificación de los ciclos y su mejora, la cual sería una gran ayuda para despacho, pues genera una asignación adecuada de los camiones, haciendo que la producción y costos de este sistema, y de todos en general en la mina, tenga un buen rendimiento a futuro. Se lograron identificar las características operativas del sistema dragalinas/*apron feeder*, las cuales siempre deben ser óptimas para que esta operación funcione

adecuadamente, siendo la dragalina como equipo principal y equipo de apoyo (*apron feeder, dozers, backhoes, D11, etc.*) y los diseños implementados por el equipo de planeación y demás que se han de requerir para el buen funcionamiento de este sistema.

Se logró generar un modelo de costos, demostrando la saturación de la asignación de camiones que proporciona la tasa de producción óptima al menor costo por metro cúbico bancario, mostrando a su vez el impacto de los costos y producción que se genera con esta.

Referencias

- Benton, K (2011). Tom. Dragline and Apron Feeder mining paper. May 17.
- Corte Constitucional de Colombia (2014). Sentencia T849.
- Rojas, Y. (2014). La historia de las áreas protegidas en Colombia, sus firmas de Gobierno y las alternativas para la gobernanza. *Sociedad y Economía*, 27, 155-176.
- Ruiz, C. (2010). Alcance de la Investigación Cuantitativa.

Responsabilidad ambiental de la mina de arcilla Betel en San Juan del Cesar, La Guajira

Danny Daniel López Juvinao¹, Tayris Carrillo², Kristie Cedeño³, Meilys Quiroz⁴

Resumen

La investigación tiene como objeto realizar un estudio de responsabilidad ambiental en la mina de arcilla Betel en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira, siendo esta una empresa minera artesanal de tipo informal. El desarrollo metodológico se realizó a través de una construcción teórica, en la que se analizan e interpretan los datos obtenidos y se describen buscando el porqué de los hechos mediante una relación causa efecto; es decir, una investigación descriptiva explicativa. Específicamente se buscaron y lograron identificar los aspectos e impactos ambientales generados por la actividad de extracción y producción minera, los cuales traen consigo consecuencias sobre el medio biótico, abiótico y sociocultural. Mediante encuestas realizadas al personal empleado de la mina se pudo obtener una estimación porcentual de los cambios que se han observado durante los procesos y etapas de dicha actividad. Los resultados indican falencias en la recuperación y conservación del área intervenida, así mismo, los trabajadores perciben debilidades en el proceso de explotación y elaboración del ladrillo.

Palabras clave: arcilla, estrategias ambientales, minería, normas ambientales, responsabilidad ambiental.

¹Ingeniero en Minas, doctor en Ciencias Gerenciales, docente de tiempo completo de la Universidad de La Guajira, investigador asociado a Colciencias, grupo de investigación Ipaítug.

²Ingeniera ambiental de la Universidad de La Guajira.

³Ingeniera ambiental de la Universidad de La Guajira.

⁴Ingeniera ambiental de la Universidad de La Guajira.

Introducción

El concepto de desarrollo sostenible fue popularizado en 1987 gracias al reporte *Nuestro Futuro Común* de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, presidida por el Primer Ministro de Noruega Sr. Brundtland, destacó que la producción de bienes en el mundo en 1987 era siete veces mayor que en 1950. La Comisión propuso el “Desarrollo Sustentable”, un enlace entre economía y ecología, como la única solución práctica para el crecimiento económico sin dañar el medio ambiente. (Brundtland, 1987)

Según Cervantes (2017), para lograr un equilibrio entre medio ambiente y minería de arcilla es necesario aprovechar los recursos naturales, desarrollando medidas de mitigación que disminuyan los daños, además de conocer como tal qué recursos se usan para el desarrollo de la actividad y si pueden afectar o no el bienestar de la sociedad. Debido a esto, en el avance y la influencia de la minería radica la evolución y desarrollo tecnológico de las sociedades, por este y otros beneficios es de vital importancia realizarla de manera correcta y respon-

sable, tanto para el entorno social como ambiental que rodea este tipo de acciones, pero de igual manera es urgente que como sociedad se instruya acerca de los impactos negativos que ésta produce.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo se proclamaron unos principios con el objetivo de establecer la creación de nuevos niveles de cooperación las personas, los sectores claves de la sociedad y los estados, afirmando que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. Para alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe ser parte del proceso de desarrollo y no puede ser considerado por separado. (Drexhage y Murphy, 2012)

Uno de los aspectos que puede implementar la minería es la responsabilidad ambiental a través de la restauración de las áreas explotadas, de tal forma que pueda volver a su condición original o tener un uso alternativo que beneficie a las comunidades.

La responsabilidad ambiental, se espera actuar bajo el principio de precaución cuando los impactos de las actividades sean desconocidos, gestionar adecuadamente los residuos y desechos en todo el ciclo de vida de los minerales, y promover un manejo responsable de los recursos naturales, el sector minero en la práctica puede implementar métodos y procesos que promuevan la conservación y que, de acuerdo con las herramientas y tecnologías disponibles permitan prevenir y mitigar los impactos de su operación sobre el entorno ambiental, adoptando por ejemplo, medidas que reduzcan el daño a los ecosistemas y la polución del agua superficial durante la explotación, usando tecnologías de minería limpias durante las excavaciones e implementando los procesos de restauración durante el cierre de la mina. (Kommadath, Sarkar y Rath, 2014)

La responsabilidad ambiental puede ser definida como la incorporación voluntaria de las preocupaciones de los actores involucrados dentro de la operación de una compañía, tanto al interior como al exterior de la misma (Drexhage y Murphy, 2012).

La minería en Colombia es una de las principales fuentes de ingreso económico del país. Durante las últimas décadas, en los diferentes departamentos del país se han intensificado las labores de explotación, a esto se le suman los diferentes inversionistas extranjeros, como lo son Drummond Ltd. y AngloGold Ashanti Colombia S.A., que aportan significativamente a muchas de las explotaciones mineras.

Particularmente, la región Guajira, se mueve en un escenario todavía más promisorio, está en pleno auge minero y las proyecciones son excelentes, por ejemplo se puede citar: minerales que ya se explotan y procesan de manera industrial en el departamento, tales como el yeso, la caliza, los materiales aluviales y la sal marina; minerales que se explotan de manera artesanal, tales como la arcilla, el oro, el mármol y la barita, cuyos procesos están ávidos de modernización mediante la formación de empresas legalmente establecidas; y minerales que aún no se han explotado, pero que sabemos están en nuestra región, tales como el granito, el cobre, el hierro, el caolín y el plomo, con una potencialidad evidente para su producción industrial. (López, 2012)

El uso de la minería en San Juan del Cesar, La Guajira, su materia prima de explotación es la arcilla, esta es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito; presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. (López, 2012)

Con la minería artesanal de arcilla se genera contaminación al medio natural, proveniente de la elaboración del ladrillo, en este caso emisión de material particulado, el diámetro de las partículas de arcilla es inferior a 0,002 mm (López, 2012) gases como lo es el CO₂, SO₂ y el hollín, que es dispersado a la atmósfera e inhalado, afectando de una u otra manera la salud de muchas personas que circundan por el sector. Inhalar estos gases afecta las vías respiratorias, causando irritación, enfermedades como bronquitis y pulmonía y genera una reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. También generan impactos ambientales en cuanto al uso del suelo, transformación del paisaje, degradación del entorno visual, disturbios en los cursos de agua

y pérdida y destrucción de *hábitats* naturales, es por este motivo que se hace necesario contar con una seguridad que este encaminada a una responsabilidad medioambiental y salubridad en el área de influencia aportando a una mejor sostenibilidad social (Martínez, 2007).

En relación con lo mencionado, cabe resaltar la importancia de los esfuerzos en materia ambiental, a través de saneamiento básico, donde el objetivo es apoyar la participación de la comunidad y del gobierno municipal en el mejoramiento de la salubridad pública, la recolección, disposición y manejo de residuos sólidos, para obtener una responsabilidad ambiental, de esta manera apoyar proyectos de conservación, protección y manejo de los recursos naturales ya sea agua, suelo, aire de los corregimientos y veredas cercanas a la operación minera.

Así mismo, adoptar procesos de educación ambiental y participación comunitaria para la prevención de contaminantes sobre el medio natural. (La Villa, 2018)

La actividad que realiza la minería de arcilla en San Juan del Cesar, depar-

tamento de La Guajira, ha traído consigo graves consecuencias ambientales, las cuales han causado cambios en el entorno; una de estas consecuencias son la modificación del medio paisajístico para la ubicación de las calderas y la implementación de maquinarias en el lugar, en el que se realiza deforestación de árboles y alteración del sistema montañoso para ampliar las concesiones de la zona y ejecutar sus actividades. De esta manera desaparecen ecosistemas importantes para el municipio.

Desde un contexto general, la minería de arcilla es una actividad minera a cielo abierto, utilizando procesos de maduración, tratamiento mecánico previo, depósito de materia prima procesada, humidificación, moldeado, secado, cocción y almacenaje para la obtención de materiales para la industria de la construcción. Para desarrollar este proceso se utiliza una cantidad de material particulado y se genera un nivel alto de contaminación en el aire. La responsabilidad ambiental es un tema importante que no se debe dejar a un lado, ya que los seres vivos dependen del entorno natural (Hurtado, 2010) y es importante practicarla dentro de la minería artesanal, para mitigar y compensar dichos impactos al ambiente.

Se sabe que las producciones mineras son de gran relevancia a la modificación del estado natural del medio ambiental, es necesario buscar medidas que ayuden a disminuir los impactos que estas actividades industriales producen en todos los componentes ambientales y generan complejos procesos sobre el componente social del entorno, tales como el aire, agua, suelo, fauna y flora.

Esta investigación está enfocada a las actividades que se realizan en la minería artesanal de arcilla en San Juan, La Guajira. Se deben conocer cuáles son los efectos que se están causando en la zona en la que se explota este mineral, ya sea de una manera directa e indirecta, para así definir de qué manera se está aplicando la responsabilidad ambiental, es decir, cuáles son los comportamientos que se están adoptando en esta empresa para controlar los cambios que se generan en el medio y poder conservar los recursos naturales.

Materiales y métodos

El presente trabajo sobre la responsabilidad ambiental en la mina de arcilla Betel en San Juan del Cesar, La Guajira, es de tipo explicativo y descriptivo porque se basa en todos sus componentes principales, tratando

de acercarse al problema e intentando encontrar sus causas que pueden afectar el estado natural donde se lleva a cabo la actividad minera, por el uso irracional de los recursos (Salomón, 2008).

La investigación que se realizó fue de tipo descriptivo porque en esta etapa se analizan e interpretan los datos obtenidos que se someterán a un estudio en el que se mide y evalúan diversos aspectos legales y normativas vigentes de la minería legal y la problemática ambiental presentes en la zona de estudio; “se utilizó el tipo de investigación explicativa que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto” (Sampieri y Hernández, 2006) y a través del análisis y de estudiar las variables pertinentes se logró desarrollar el objetivo principal de esta investigación.

Esta investigación se clasifica como descriptiva, con diseño no experimental y de campo.

Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador; es por esto que también se le conoce como investigación *ex post facto* (hechos y variables que ya ocurrieron), al observar variables y

relaciones entre estas en su contexto. (Rojas, 2017)

El diseño de investigación de la responsabilidad ambiental en la mina de arcilla Betel en San Juan del Cesar, La Guajira, es de tipo no experimental, el cual se realiza sin manipular deliberadamente variables.

Es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o han sido inherentemente no manipulables. Se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables, sin intervención directa sobre la variación simultánea de las variables independientes y dependiente. (Kerlinger, 2002)

La muestra estará conformada por el dueño de la mina, empleados de la misma y personal que viven en áreas aledañas a la mina; con ello se pudo diagnosticar y analizar el nivel de cumplimiento de la responsabilidad ambiental de la empresa minera Betel en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira.

De acuerdo con el diseño y tipo de investigación, las técnicas a utilizar son la observación y la entrevista.

Fuentes primarias: “Es aquella que el investigador recoge directamente a través de un contacto inmediato con el objeto de análisis y que pueden aportar información importante a la investigación” (Gallardo y Garzón, 1999).

Fuentes Secundarias: “Es aquella que el investigador recoge a partir de investigaciones ya hechas por otros investigadores con propósitos diferentes” (Gallardo y Garzón, 1999). Se realizaron a través de consultas y guías en textos, artículos, libros, aportes de autores, páginas *web*, leyes, decretos, entre otras fuentes del tema.

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación:

Encuesta

Una encuesta es un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa de la población o instituciones, con el fin de conocer estados de opinión o hechos específicos. La misma está dirigida a los empleados que

actualmente tiene la empresa minera Betel. (Sampieri y Hernández, 2006)

Observación directa

“Esta se da cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o el fenómeno que trata de investigar. La misma se utiliza en el desarrollo de la investigación para identificar y reconocer el objeto de estudio”. (Sampieri y Hernández, 2006)

Observación indirecta

Es la observación que se lleva a cabo a través de instrumentos o de ayudas que permitan un mejor enfoque ante la observación; es el caso de la utilización de libros o datos encontrados en investigaciones ya realizadas, cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno observando a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. (Sampieri y Hernández, 2006)

Para la recolección de la información mediante la encuesta se utiliza como instrumento el cuestionario; esta es una técnica que permite obtener información directa y confiable, siempre y cuando se haga

con procedimiento sistematizado controlado, para lo cual hoy están utilizándose medios audiovisuales bastante completos, especialmente en estudio de comportamiento de las personas en su sitio de trabajo. (Bernal, 2006)

Resultados

Problemas ambientales

Las actividades mineras generan alteraciones que afectan negativamente al equilibrio ambiental, ya sea en fuentes hídricas, geológicas, biológicas o atmosféricas que en ocasiones pueden ser prevenidas o irremediables.

En este aspecto se determinan acciones encaminadas a las medidas de manejo ambiental, llevando como línea base las directrices abordadas en el estudio realizado en la mina. Todo ello con el objetivo de garantizar un ambiente adecuado, limpio, restaurado y sostenible en el que se vea implementada una responsabilidad ambiental.

Pérdida de la cobertura vegetal

Al realizar los procesos de extracción minera se puede observar notoriamente la pérdida de la cobertura vegetal en un 70%, considerada esta la causa directa de la pérdida de biodiversidad, afectando

principalmente a las especies nativas como el trupillo, el algodón baboso, indio desnudo, dividivi, tuna y olivo. Los *hábitats* terrestres se están viendo afectados, dado que se realizan severos procesos de remoción de la vegetación, trayendo consigo la modificación de la morfología, condiciones de inestabilidad, la sedimentación de cauces por arrastre de materiales y escorrentía



Figura 1. Pérdida de la cobertura vegetal en la mina Betel

Fuente: elaboración propia.

Destrucción de hábitats

Las especies animales del sector como lo son el armadillo, el conejo, la iguana, la lagartija, el pájaro carpintero, el perico, entre otras, se ven sometidas a condiciones desfavorables debido a la implantación de hornos y a la realización de huecos en el suelo para la extracción del mineral, causando su desplazamiento a nuevos territorios y que en ocasiones no son los apropiados para desarrollarse

e incapaz de mantener las especies originarias del lugar entre otros aspectos la desaparición de organismos por la contaminación del aire, agua y suelo.



Figura 2. Destrucción de un hábitat nativo en la mina Betel

Fuente: elaboración propia.

Uso del suelo

Por la intervención de la actividad minera para extraer la arcilla, el cambio en el uso del suelo y el deterioro de este es evidente, por lo que es el más afectado por la exploración y remoción. Se observa claramente deforestación, compactación, erosión, pérdida de la fertilidad, modificación del relieve, impacto visual, variaciones en la textura de porosidad y permeabilidad, lo que permite concluir que estos son algunos de los impactos desfavorables establecidos por el estudio realizado.



Figura 3. Remoción de las capas del suelo para la extracción del mineral

Fuente: elaboración propia.

Transformación del paisaje

El retroceso de la línea de cobertura vegetal y la expansión de la cantera y ladrillera Betel permite identificar la destrucción del paisaje; notoriamente el verde de la vegetación ha sido reemplazado por un color amarillento de las arcillolitas y los socavones de la extracción y la acumulación de residuos sólidos alrededor del sitio, otorgándole una imagen diferente a la forma natural del sitio, esto se ve intensificado por la demanda de materiales de construcción. El desequilibrio ambiental es evidente, por lo que se ve impactado el recurso suelo, fauna, flora y recurso hídrico.



Figura 4. Transformación del paisaje de la mina Betel

Fuente: elaboración propia.

Contaminación del aire

En la mina Betel la contaminación del aire se efectúa por la emisión de partículas como producto de la combustión de los hornos quemadores de ladrillos a base de leña que se encienden durante todo el día, alternándose los quemadores. La quema es realizada durante tres días y tres noches para lograr el producido final, ocasionando altas temperaturas y contaminación a la atmósfera. Las emisiones son el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el material particulado, todos ellos tóxicos para el aparato respiratorio. En la actualidad ha afectado directamente un área de cuatro hectáreas, encontrándose este lugar aledaño a muchas comunidades, presentando olores fuertes y sustancias volátiles que intervienen en los hogares e incomodan con el conocido humo.



Figura 5. Contaminación atmosférica emitida por los hornos artesanales en la mina Betel
Fuente: elaboración propia.

Manejo y usos de los cuerpos de agua

Se pudo apreciar que en los procesos de elaboración e hidratación de los minerales arcillosos empleados para los ladrillos la acumulación del agua se realiza por el abastecimiento cercano de una tubería a través de conductos hacia pequeñas piscinas improvisadas, lo cual genera impactos ambientales negativos como turbidez de estos cuerpos de agua y en ocasiones estos mismos son generadores de insectos portadores de enfermedades por los estancamiento que se pueden formar, así mismo, se notó que no hay un control en el consumo de este líquido. Es importante mencionar que se observa que la expansión de la ladrillera ha extendido su área de explotación, lo que conlleva a generar más intervención humana en este entorno, lo cual generara más consumo irracional de este recurso hídrico.



Figura 6. Contaminación y uso de los cuerpos de agua para los procesos mineros
Fuente: elaboración propia.

Normas ambientales

Para poder generar una adecuada responsabilidad ambiental se debe implementar toda la normativa colombiana que rige el país en cuanto a mitigar, corregir, prevenir y compensar los daños causados por la actividad minera y, por ende, tener un cuidado por el medio ambiente. En la empresa minera Betel no presentan ningún tipo de precaución hacia la contaminación del medio ambiente y repercuten en la salud de las comunidades aledañas y los trabajadores. La extracción de la materia prima es realizada de manera artesanal sin utilizar las medidas necesarias para disminuir riesgos laborales.

Informe preventivo

Uno de los problemas que se presentan en la empresa minera Betel es que no aplican dentro de sus actividades de extracción, explotación y comercialización las normas ambientales que rigen actualmente el país en la prevención de los impactos ambientales.

Los procesos de minería de manera no formal generan a gran escala desequilibrio en el medio natural, por lo que toda la parte interesada en la generación del producto desconoce cuáles son los da-

ños que están repercutiendo de manera directa e indirecta en la conservación del entorno por la falta de conocimientos en lo que respecta a la legislación y manuales preventivos.



Figura 7. Extracción del material arcilloso en la mina betel

Fuente: elaboración propia.

Análisis de riesgo

Los riesgos a los que se ven expuestos los empleados por las posibles amenazas y daños no deseados son muy probables por lo que no se cuenta con un análisis profundo de prevención en la seguridad ocupacional; no cuentan con ningún implemento de seguridad para poder realizar sus actividades y están expuestos a sufrir cualquier tipo de accidente laboral que puede causarles daño.

En la empresa minera Betel no existe ningún tipo de alternativas que permita minimizar los riesgos que se pueden presentar a la hora de realizar la minería

artesanal; las excavaciones y la quema de los ladrillos repercuten en un alto grado de accidentes, en tiempos de lluvia se han presentado derrumbes en los hornos y deslizamientos de tierras generando lesiones graves a los empleados.



Figura 8. Análisis de riesgo presentes en la mina Betel

Fuente: elaboración propia.

Daños al suelo

El suelo es el componente, dentro de los procesos mineros, más afectado: la explotación y extracción de los minerales que conforman la arcilla repercuten en el medio ambiente de manera drástica, las excavaciones que se realizan ocasionan daños como la fragmentación del suelo, la remoción de las capas del suelo ocasiona pérdida de nutrientes e infertilidad al suelo.

El proceso de extracción de la arcilla para el procesamiento de los bloques causa un grave daño al medio natural, el recurso suelo afecta directamente

el ecosistema, ocasionando severos procesos de remoción de la vegetación trayendo la sedimentación de cauces por arrastre de materiales y escorrentía.



Figura 9. Daños al suelo

Fuente: elaboración propia.

Manejo de residuos

La generación de residuos es uno de los mayores problemas de contaminación en el mundo, el consumismo, el mal manejo de los mismos y la acumulación están causando que el planeta acumule grandes cantidades de desechos que tardan miles de años en degradarse.

Existen diferentes tipos de manejo de los residuos, los cuales están implementados en el decreto 2981 de 2013 dentro de la normativa colombiana para la recolección, transporte y disposición final de los residuos. Dentro de los procesos de la minería de arcilla en la empresa Betel no cuentan con un plan integral de recolección de residuos sólidos ni un plan de disposición final

adecuado, utilizan la quema y el proceso de enterrar los desechos.



Figura 10. Mal manejo de residuos sólidos en la empresa minera

Fuente: elaboración propia.

Análisis de la encuesta

La encuesta está relacionada con las actividades de extracción de la mina y a los conocimientos del empleado sobre los impactos generados durante el proceso extractivo.

Se realizó un muestreo a diez trabajadores de la mina de arcilla Betel. A pesar de ser una cantidad baja de encuestados, la información que se obtuvo aporta una idea general de la percepción acerca de la responsabilidad ambiental de los empleados de esta.

Tabla 1.

| Ítems | Alternativa de respuesta | |
|---|--------------------------|------|
| | Sí | No |
| Realizan almacenamiento de agua para el proceso de elaboración del producto arcilloso | 100% | 0% |
| Llevar los empleados del lugar registro de consumo del agua que utilizan para producir los ladrillos | 20% | 80% |
| Disponen de un área para la disposición de los residuos sólidos | 10% | 90% |
| Cuentan con un plan para reducir la acumulación de residuos sólidos ocasionados por la actividad | 0% | 100% |
| Manejan un control del material particulado emitido al aire | 0% | 100% |
| Tienen los empleados conocimiento de las sustancias y gases que se dispersan al aire por la quema del producto en la mina | 0% | 100% |
| Es consciente usted que la actividad minera afecta a la productividad del suelo | 70% | 30% |
| Reconoce usted que la extracción de la arcilla influye en el crecimiento de la vegetación nativa de la zona a la mina | 80% | 20% |

| | | |
|--|-------|-------|
| Cree usted que la fragmentación en el suelo ocasionado por la minería es causante de la pérdida de <i>hábitats</i> | 60 % | 40 % |
| Conocen estrategias ecológicas para la conservación de la biodiversidad | 0 % | 100 % |
| La entidad ambiental competente realiza visitas a la mina | 10 % | 90 % |
| Ha recibido alguna capacitación o asesoría sobre temas relacionados a la conservación y mejoramiento del ambiente | 0 % | 100 % |
| Manejan medidas de seguridad para prevenir riesgos operacionales (manejo de los hornos) | 0 % | 100 % |
| Considera que es necesario implementar un sistema de gestión o plan de manejo ambiental en la mina para regular el equilibrio ambiental | 100 % | 0 % |
| Existen en su empresa guías que garanticen la protección a los operarios | 0 % | 100 % |
| Tiene conocimiento sobre la normativa ambiental y los requisitos legales que afectan a su empresa | 0 % | 100 % |
| Es partidario de implementar la responsabilidad ambiental | 70 % | 30 % |
| Se llevan a cabo periódicamente actividades de revisión de la situación medioambiental de la empresa | 20 % | 80 % |
| Clasifican los residuos generados por su actividad minera | 0 % | 100 % |
| Dispone de un seguro que cubra los posibles daños ambientales derivados de su actividad | 0 % | 100 % |
| Existe en su empresa algún plan de formación/ información interna/externa sobre protección del medio ambiente | 0 % | 100 % |
| Cree necesario realizar programas de colaboración con gobiernos locales y regionales para asesorías que ayuden al mejoramiento ambiental | 100 % | 0 % |
| Reconoce la importancia de sensibilizar a la comunidad cercana a la mina sobre la extracción del mineral arcilloso y la alteración al medio ambiente | 40 % | 60 % |
| Realizan algún tipo de campañas informativas a la sociedad sobre el proceso de manipulación de arcilla que causan daños a la salud | 10 % | 90 % |
| Promedio | 36 % | 64 % |

Información general. Los diez encuestados son empleados frecuentes de la mina y se encuentran en un rango de edad entre los 25 y 60 años. Al indagar la responsabilidad ambiental de la mina, se logró identificar, según los datos recolectados, que durante el proceso de explotación de arcilla no se tiene ningún tipo de cuidado con el ambiente, de acuerdo con la cantidad de respuestas es negativa y que los empleados manifiestan no aplicar métodos que disminuyan los impactos que puedan generarse. Por otra parte, se observó que los empleados desconocen la cantidad de agua que se utiliza para la producción de ladrillos, pero todos conocen que el almacenamiento de agua se realiza normalmente en albercas que ellos mismos construyen. Además, en cuanto al manejo y disposición de residuos sólidos, el 90% de los encuestados dispone los residuos en cualquier lugar, mientras que el 10% es consciente y dispone sus residuos o los entierra.

Las respuestas relacionadas con el material particulado y otras sustancias que se descargan a la atmósfera por la quema de leña en los hornos de secado de ladrillos son generalizadas, los encuestados saben que no cuentan con un manejo y control de material particulado, además no conocen qué tipo de sustancias

se emiten a la atmósfera. Cabe recalcar que tienen en cuenta la dirección del viento para evitar que el humo llegue directamente a la comunidad.

En cuanto a la afectación del suelo, la mayor parte de encuestados reconoce el impacto generado por la explotación de arcilla, a su vez, la opinión sobre la vegetación y *hábitats* es generalizada, la opinión mayoritaria expresa que la zona explotada ha intervenido la cobertura vegetal y las especies animales, aportando a la disminución de especies herbáceas y de la fauna y flora nativa.

Las autoridades ambientales no tienen presencia en la zona, pues solo recibieron una visita que buscaba el cierre de la mina, el desconocimiento de la normativa ambiental es evidente, pues las capacitaciones o asesorías han estado ausentes. Al ser una empresa minera no formalizada tampoco hay normas de seguridad y salud en el trabajo.

Finalmente, la responsabilidad ambiental no está aplicada en acciones que lleven al mejoramiento o recuperación del ambiente, pero al realizar esta encuesta se puede rescatar el interés de dueños y trabajadores de implementar en compañía del gobierno local la formalización de esta actividad para cumplir con los programas y

manejos ambientales que deben llevarse a cabo de acuerdo con la normativa que el país exige para la explotación de recursos; de esta forma, se obtiene un equilibrio entre la economía y la protección del medio ambiente.

Conclusiones

Para identificar los problemas ambientales generados por la actividad minera artesanal en la empresa Betel en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira, cabe mencionar que la minería no ha medido el deterioro ambiental y su repercusión en el entorno por ir en busca del desarrollo, logrando generar impactos ambientales desfavorables que están afectando las condiciones naturales del ambiente y la salud humana. Posterior a la realización de los análisis en las funciones que se realizan en la mina de arcilla betel en el municipio de San Juan del Cesar se pudieron describir cuáles son los factores que están alterando a mayor rango el medio ambiente y a la zona intervenida. Por otro lado, se puede inferir que el crecimiento de la población ha elevado el consumo de la producción, provocando graves consecuencias como lo es la contaminación, por ende, es necesario la protección del medio ambiente al

aplicar normas, implementar medidas, sanciones, objetivos y estrategias a fin de regular las acciones negativas producidas por la actividad humana, teniendo en cuenta una responsabilidad ambiental sostenible.

Se obtuvo que los impactos en los medios biótico, abiótico, social y cultural se pudieron calificar con incidencias que fueron de naturaleza negativa, alterando los componentes suelo, aire, fauna y flora, los cuales pueden ser remediados si se aplican las estrategias ambientales para minimizar los perjuicios ambientales causados por la actividad minera.

Se hizo necesario realizar un estudio sobre responsabilidad para caracterizar el cumplimiento de las normas ambientales vigentes en la mina artesanal de arcilla Betel en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira, y se pudo deducir que no se está aplicando una responsabilidad ambiental, ya que se están presentando muchos cambios negativos, dado que no se manejan las precauciones y medidas que se establecen en las normas, estatutos y políticas ambientales vigentes, lo cual es necesario para no afectar de manera significativa los recursos naturales. Así mismo, es evidente que las autoridades competentes del departamento, como lo es Corpoguajira, no han tomado las

acciones pertinentes para la intervención de la explotación del material arcilloso.

En relación con lo anteriormente expuesto y las graves consecuencias que trae para el medio ambiente la intervención humana y el uso irracional de los recursos naturales, se hace pertinente establecer los compromisos ambientales obligatorios en la mina artesanal de arcilla Betel en el municipio San Juan del Cesar, La Guajira, por parte del personal de trabajo, haciendo fundamental el cumplimiento de las normas ambientales para regular y controlar la contaminación, cosa que ha sido irrelevante en la mina puesto que desconocen el manejo adecuado de los residuos sólidos establecido en el decreto 2981 del 2013. Así mismo, no aplican el Decreto único reglamentario 1073 de 2015 de minas y energías, que tiene como objetivo formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del sector minero.

Referencias

- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, D. C.: Pearson.
- Brundtland, G. (1987). Libro nuestro futuro común. Informe Brundtland, desarrollo sostenible.
- Cervantes, H. (30 de mayo de 2017). Minería responsable.
- Drexhage, J. y Murphy, D. (2012). *Desarrollo sostenible de Brundtland*. Nueva York, Naciones Unidas: Fedesarrollo.
- Gallardo, Y. y Garzón, A. (1999). *Aprender a investigar*. Bogotá, D.C.: Afro Editores Ltda.
- Hurtado, J. (2010). *Petrografía y análisis facial de las caicareas aflorantes de la sección Tunja- villa de Leyva*. Boyacá, Colombia:
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento, métodos de investigación en ciencias sociales*. Nueva York: Mc Graw Hill.
- La Villa (2018). Esto es lo que usted desconoce del POMCA del río Suárez y debe saber. Recuperado de <https://lavilla.com.co/portal/2018/04/27/esto-es-lo-que-usted-desconoce-del-pomca-del-rio-suarez-y-debe-saber/>
- López, D. D. (2012). *Mucho más que carbón. En mucho más que carbón, el escenario minero de La Guajira*. Riohacha: Gente Nueva.
- Martínez, E. (2007). Diagnóstico ambiental. Obtenido de http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsgdocSaludPublica/diagnostico_ambiental.pdf
- Rojas, F. (2017). *Diseño de una red Lan para los laboratorios de la institución educativa Hilario Carrasco Vinces, Corrales, Tumbe*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de sistemas. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. Perú.

Salomón, D. (2008). *Introducción a la metodología de la investigación*. Medellín: Shalom.

Sampieri, y Hernández, (2006). *Metodología de la investigación*. México:



REVISTA
AGUNKUYÂA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

AREANDINA

Fundación Universitaria del Área Andina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas