

## Auditoría ambiental de una empresa minera que explota agregados pétreos

### Environmental audit of a mining company exploiting stone aggregates

Danny Daniel López Juvinao



Aylin Gissela Bermúdez Mejía



Yofre Emiro Mozo Cantillo



Universidad de La Guajira, Colombia

OPEN ACCESS

Recibido: 29/01/2021

Aceptado: 30/04/2021

Publicado: 25/06/2021

Correspondencia de autores:  
dlopezj@uniguajira.edu.co



Copyright 2020  
by Investigación e  
Innovación en Ingenierías

#### Resumen

**Objetivo:** Realizar una auditoría ambiental en empresa minera dedicada a la explotación de agregados pétreos en La Guajira, Colombia. **Metodología:** La investigación es de carácter descriptiva, de revisión documental y observación directa, con diseño de campo, no experimental y de corte transeccional correlacional-causal. Para recolectar la información, se aplicó una lista de chequeo y un cuestionario estructurado por 57 ítems, aplicando la validez y confiabilidad mediante el criterio de expertos. **Resultados:** Los principales hallazgos indican que el trabajo por la gestión ambiental de la empresa minera no es el adecuado respecto a las obligaciones ambientales que determina la normatividad ambiental, entre ellos se encuentran los problemas de degradación ambiental, deforestación y emisiones de material particulado. **Conclusiones:** Se requiere de una mejor organización ambiental y una aplicación rigurosa de medidas de manejo ambiental que mitiguen, compensen, prevengan o corrijan los efectos negativos, teniendo en cuenta que las aplicadas a término medio se fortalezcan y además se establezcan nuevas estrategias y medidas de manejo ambiental para cumplir con la normatividad ambiental vigente.

**Palabras clave:** Auditoría ambiental, medidas de manejo ambiental, normatividad ambiental, problemas ambientales.

#### Abstract

**Objective:** To conduct an environmental audit in mining company dedicated to the exploitation of stone aggregates in La Guajira, Colombia. **Methodology:** The research is descriptive, of documentary review and direct observation, with a field design, non-experimental and of a correlational-causal cross-sectional cut. To collect the information, a checklist and a 57-item structured questionnaire were applied, applying validity and reliability by means of expert criteria. **Results:** The main findings indicate that the work by the environmental management of the mining company is not adequate with respect to the environmental obligations determined by environmental regulations, among them are the problems of environmental degradation, deforestation, and emissions of particulate matter. **Conclusions:** A better environmental organization and a rigorous application of environmental management measures that mitigate, compensate, prevent, or correct the negative effects are required, considering that those applied in the medium term are strengthened and new strategies and environmental management measures are established to comply with current environmental regulations.

**Keywords:** Environmental audit, environmental management measures, environmental regulations, environmental problems.

## Introducción

Teniendo en cuenta los avances con respecto al aprovechamiento de los recursos naturales y a su vez los efectos negativos que estos han originado surgen las auditorías ambientales como una herramienta que contribuye a la inspección del cumplimiento de las normas que trabajan en defensa del medio ambiente. Por lo general es común ver que se aprovechan los recursos, pero no se establece un sistema de gestión ambiental en las empresas e industrias mineras dónde, si aplican medidas e implementan los procesos de auditoría ambiental es porque son países desarrollados, que tienen los medios económicos y el grado de concientización para aplicar un sistema de gestión ambiental eficaz [1].

El panorama global del medio ambiente, indica que los problemas ambientales generados en las empresas mineras surgen como consecuencias de los procesos de aprovechamiento y el uso irracional de los recursos naturales [2]. De este modo, un aspecto importante para reducir los impactos ambientales de las operaciones de minería y procesamiento de minerales es una auditoría ambiental, que es una parte esencial del ciclo “planificar-hacer-verificar-actuar” de un sistema de gestión ambiental para verificar el desempeño y cumplimiento de la normatividad ambiental, una de las normas de auditoría más comúnmente aceptadas es la ISO 19011, que incluye auditorías ambientales, así como el proceso sistemático y documentado mediante el cual se obtienen pruebas y se evalúan objetivamente las actividades de las empresas [3].

En este sentido, cabe resaltar que existen diversas problemáticas a causa de la explotación de agregados pétreos en todas las regiones de Colombia y afecta a casi todas las redes fluviales del país; la extracción de piedra, arena, arcilla y otros elementos del cauce de los ríos ha generado alteraciones significativas en el cauce de los mismos, la muerte de peces, la desaparición de especies y alto índice de riesgo por inundaciones y avalanchas [4, 5, 6]. De igual forma, [5] manifiesta que dentro de los impactos ambientales causados por la explotación y extracción de materiales de arrastre y la construcción de vías de acceso, repercuten sobre la flora reduciendo el número de especies boscosas, además de los altos niveles de migración de fauna a causa de la alteración del equilibrio ecosistémico y el hábitat natural.

Por su parte, La Guajira presenta un bajo índice del cumplimiento para la preservación del medio ambiente, a pesar de ser una de las regiones más rica en minerales como el carbón, el yeso, la arcilla, la caliza, la sal, el mármol, la barita, entre otros., las empresas dedicadas a la extracción de estos minerales, no cuenta con una debida gestión ambiental [7, 8, 9]. Tal es el caso de la minería que explota agregados pétreos en esta región, la cual realiza actividades mineras con procesos y etapas que generan impactos al medio ambiente, donde inicialmente efectúa una intervención del área denotando principalmente la remoción de la capa vegetal del terreno y se retiran las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, el proceso de explotación se da mediante voladura que permite la segunda etapa, la extracción a través de equipos de maquinaria pesada que llevan el material a la planta de trituración fija, donde se clasifica según el diámetro para su trituración posterior a esto el amontonamiento cargue y transporte; debido a esto se presenta la generación de diversos impactos ambientales negativos [8, 9, 10].

En consecuencia, el presente estudio pretende efectuar una auditoría ambiental en una empresa minera dedicada a la explotación de agregados pétreos en la Guajira, Colombia, con el fin de identificar los aspectos que no se están teniendo en cuenta las problemáticas ambientales, las medidas de manejo que se aplican, el grado de cumplimiento normativo y las estrategias ambientales que poseen o pueden ser reforzadas, para el mejoramiento de su gestión y por último, proponer nuevas estrategias que permitan optimizar la preservación del medio ambiente.

Sobre la base de las ideas expuestas, en el ámbito teórico, esta investigación es importante porque se postula como una respuesta a los diversos daños que a diario se generan en la zona de explotación de agregados pétreos, mostrando en primera instancia la relevancia de la aplicación de diversas estrategias, desde los aportes de un instrumento de evaluación e inspección como lo son las auditorías ambientales.

En la parte práctica, esta investigación es substancial porque busca hacer uso de las buenas prácticas ambientales, ya que a través de estas las empresas mineras dedicadas a la explotación de agregados pétreos, evitarían problemas con las autoridades ambientales, lo que les permitiría mejorar su imagen y atraer inversionistas y por consiguiente se daría a conocer a nivel nacional e internacional al sector minero que explota agregados pétreos en La Guajira, Colombia.

Metodológicamente, esta investigación es importante porque logra trascender en el cuidado del medio ambiente a través de la aplicación de instrumentos de evaluación ambiental ampliamente rigurosos como la auditoría ambiental en los que se pueden obtener excelentes resultados, como lo es el cumplimiento de la normativa ambiental, evitando sanciones o acciones que obliguen a prescindir de la realización de este tipo de actividades mineras.

## Metodología

La investigación es de tipo correlacional y carácter descriptivo, con diseño de campo, no experimental y de corte transeccional correlacional-causal [11, 12], cuyas fuentes provienen de revisión documental y observación directa [13]. En el presente estudio no se trabajó con muestras, sino con la población total, cuya población fue de carácter finita correspondiente a una empresa minera dedicada a la explotación de agregados pétreos en La Guajira, Colombia [8, 9, 10]. La técnica de recolección utilizada en esta investigación fue una lista de chequeo basada en un ciclo iterativo con un diseño de investigación cualitativo [14, 15, 16] y un cuestionario [11, 12] con un modelo de pregunta y respuesta abierta, que permitieron la búsqueda de información.

De acuerdo con la lista de chequeo, esta estuvo compuesta por los factores ambientales receptores de impactos y sus afectaciones, causadas por la explotación de agregados pétreos. Cabe resaltar que no se utilizó procedimientos estadísticos formales, en su lugar se definió el cumplimiento o no de la normativa ambiental colombiana. Esta información se utilizó para desarrollar una primera versión de la lista de chequeo. Luego, esta se validó y adaptó de acuerdo con los hallazgos de las entrevistas, con investigadores con la experiencia en el tema, así como con los hallazgos de la literatura adicional. Por su parte, el cuestionario se estructuró por 57 ítems, conformados por tres (3) preguntas abiertas para evaluar las variables propuestas para llevar a cabo la investigación: problemáticas ambientales, medidas de manejo ambiental, normatividad y estrategias ambientales aplicadas a una mina dedicada a la explotación de agregados pétreos.

En cuanto, a la Validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados para la investigación evaluaron la pertinencia en relación con su alcance, contenido, efectividad, coherencia, redacción, entre otros y se validó por medio del criterio de consulta técnica a expertos en las áreas de metodología de la investigación, en ciencias ambientales y minería en La Guajira y la confiabilidad no fue medida, por cuanto este estudio está sujeto a criterios propios como investigadores tanto en la observación en campo como para la selección de material documental.

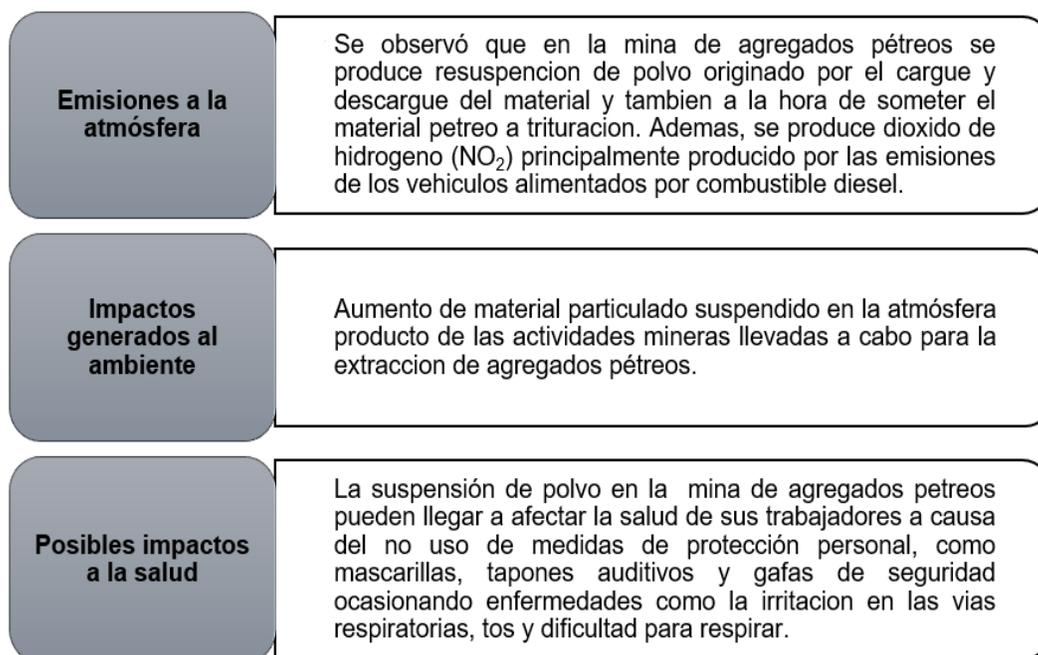
## Resultados y discusión

### Problemáticas ambientales

Las problemáticas ambientales surgen a raíz del grado de destrucción ambiental y de los recursos naturales, las actividades relacionadas con la minería contaminan los ecosistemas acuáticos y los suelos, modifican el paisaje, provocan hundimientos y cambios en la vegetación y sus consecuencias trascienden en la pérdida o degradación del suelo, la contaminación de las aguas superficiales, contaminación del aire por material particulado y/o gases de efecto invernadero, la pérdida de tierras productivas, pérdida de la diversidad biológica, perturbación del paisaje y por consiguiente impactos a la salud humana [17, 18]. En el caso de la mina objeto de estudio dedicada a la explotación de agregados pétreos en La Guajira, se encontró que existen problemáticas ambientales en cuanto a la degradación del suelo, contaminación atmosférica, ruido ambiental, migraciones de fauna endémica y pérdida de biodiversidad.

En la mina se encontró que dentro de sus procesos de explotación implementan voladuras, la cual se implementa por medio de explosivos que al ser efectivos en el suelo cambia totalmente la dinámica natural del mismo, generando como consecuencia la poca diversidad paisajística y faunística generando un cambio en su estructura y naturalidad, a esto se le suman los vehículos de carga pesada utilizados para la extracción del material aluvial, lo que genera compactación y por consiguiente la pérdida de porosidad y permeabilidad del suelo. También, se encontraron diversas problemáticas en cuanto al factor ambiental aire a causa de la explotación de agregados pétreos en La Guajira, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Emisiones generadas a la atmósfera y los diversos impactos en una mina dedicada a la explotación de agregados pétreos.



Fuente: Elaboración propia

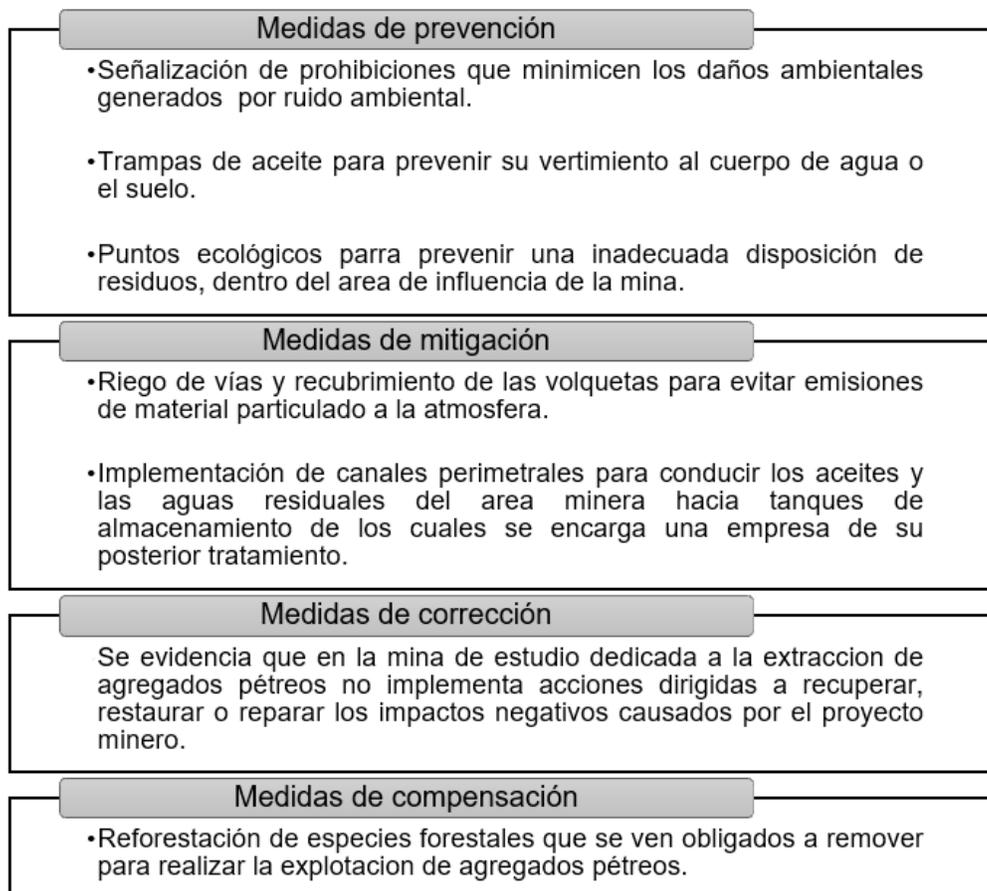
Así mismo, las operaciones en la mina de agregados pétreos emiten ruidos ambientales significativos a causa de la maquinaria utilizada, para el caso de la mina estudiada se cuenta con 3 retroexcavadoras 2 trituradoras y 27 volquetas de carga que trabajan durante 12 h, emitiendo un rango de niveles de ruido

de 70-80 Db, 65-75 Db y 55-65 Db, respectivamente, por ello se considera la maquinaria como la fuente principales de generación de ruido ambiental a causa del movimiento de los vehículos y el uso de sus bocinas. Por otro lado, se detectó que la migración de la fauna endémica se atribuye a las horas de ruido ambiental producido por la maquinaria al hacer el descapote y extracción de agregados pétreos, así mismo, se le atribuye esta pérdida de especies a las voladuras que por ser esta una minería a cielo abierto, son utilizadas para remover la cobertura vegetal de la mina y aunque estas no se utilizan diariamente, al momento de realizarse aportan significativamente al cambio paisajístico y la pérdida de la fauna y flora. También, se encontró que existen diversas causas responsables de la pérdida de biodiversidad, una de estas es la pérdida de los hábitats de las diversas especies debido a la deforestación y creación de tajos para extraer todo el material pétreo, esto ha generado efectos negativos a la biodiversidad de la zona, a causa de la transformación de las áreas naturales que ha provocado la fragmentación de los hábitats, es decir, que estos se dividan teniendo efectos negativos como puede ser el efecto de borde. Dicho fenómeno, se da en las áreas donde dos hábitats naturales diferentes o dos comunidades estructuralmente diferentes lindantes entran en contacto [19].

### ***Medidas de manejo ambiental***

Los gobiernos, las empresas y las ONG adoptan cada vez más medidas de gestión ambiental para tratar de asegurar que quien sea responsable del daño ambiental asuma el costo de la reparación para reducir los impactos negativos, ocasionados al componente social y ambiental [20]. Por ello, es importante que la empresa minera que explota agregados pétreos en La Guajira incluya dentro de sus procesos los costos para remediar los impactos ocasionados por sus actividades. La normativa ambiental colombiana define que el alcance del sector minero debe tener un énfasis en los impactos y las medidas de manejo ambiental, donde estas deben estar dirigidas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos o efectos negativos generados, con el fin de obtener el licenciamiento ambiental, que condiciona a la implementación de estas medidas para proteger la salud humana y el medio ambiente [21]. Por lo anterior, se hace necesario que la mina de agregados pétreos identifique los efectos ambientales que pueden generar sus actividades e incluir planes efectivos de seguimiento y monitoreo durante la etapa de minería y plan de abandono en la etapa de post-minería para la obtención de la licencia ambiental y un título minero. En base a lo anterior y teniendo en cuenta los problemas ambientales en la mina que explota agregados pétreos en La Guajira, en la figura 2 se muestran las medidas que se implementan para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ocasionados por sus actividades mineras.

Figura 2. Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos ambientales no deseados en una empresa minera dedicada a la explotación de agregados pétreos en La Guajira.



Fuente: Elaboración propia

### **Normatividad ambiental**

Todos los recursos minerales en Colombia pertenecen legalmente al estado y son administrados por el Ministerio de Minas y Energía (MME) y supervisada por la Agencia Nacional de Minería (ANM), que otorga concesiones en un solo contrato de 30 años que cubre exploración, construcción de minas y explotación minera y este contrato puede ser renovable por 30 años más; para ello, se requiere una evaluación de impacto ambiental para la obtención de una licencia ambiental [22]. Se entiende la licencia ambiental como un instrumento de política que sirve para integrar la protección ambiental en el proceso de desarrollo, contribuyendo así a lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección y preservación del medio ambiente [23]. Esta obtención de licencias ambientales para el sector minero en Colombia es preocupante, por su parte el MME y la ANM de Colombia tienen el reto de enfrentar el problema de la formalización de aproximadamente 300.000 mineros artesanales, dedicados a la extracción de oro, diamantes, esmeraldas, carbón, minerales de construcción, etc. Sin embargo, en la actualidad, solo han alcanzado alrededor del 7% de formalización del total de unidades mineras registradas en el país [24].

La mina estudiada dedicada a la explotación de agregados pétreos en La Guajira, cuenta con las exigencias contempladas en el decreto 2041 del 2014 (por el cual se reglamenta lo referente a licencias ambientales), mediante resolución de licencia ambiental expedida por la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira, por sus siglas en español); con la obligación de implementar un plan de manejo ambiental que mitigue, compense, prevenga, corrija o rehabilite, además de diversos planes que disminuyan los daños ocasionados por las actividades desarrolladas en la misma, cabe resaltar que la empresa cumple medianamente con estas exigencias. Como resultado de las observaciones en campo mediante una lista de chequeo, se encontró que la mina de agregados pétreos estudiada cuenta con algunas autorizaciones, otorgadas mediante resolución por Corpoguajira. En la tabla 1 se evidencia las autorizaciones ambientales establecidas por Corpoguajira y el cumplimiento o no en la mina que explota agregados pétreos en La Guajira.

**Tabla 1. Autorizaciones ambientales de una empresa minera que explota agregados pétreos en La Guajira**

Factor	Licencia, permiso o concesión	Cumple		¿Qué le falta?
		Si	No	
Aire	Permiso de emisiones atmosférica	x		Establecer mayor control en el riego de vías para que se cumpla.
Flora	Permiso de aprovechamiento forestal.		x	Reforestación de especies endémicas o en veda. Realizar el debido aprovechamiento de las especies vegetales taladas para la conformación de microhábitat.
Prospección y Exploración	Título minero	x		
	Licencia ambiental	x		Ejercer mayor vigilancia, control y cumplimiento del plan de manejo ambiental.
Agua	Concesión de aguas superficiales	x		
	Aguas residuales.	No requieren permiso de vertimiento debido a que las aguas residuales no contienen altas cargas contaminantes, además presentan un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para disminuir la carga contaminante denominado trampas de grasas y le entregan estas aguas a una empresa para su posterior tratamiento.		

Fuente: Elaboración Propia

### **Estrategias ambientales**

Las estrategias ambientales son un conjunto integrado y coordinado de compromisos y acciones diseñadas para explotar las competencias básicas y obtener que una empresa logre competitividad en el mercado [25] y responda a las preocupaciones ambientales para la toma de acciones [26]. Por su parte [27], indican que las estrategias para reducir los impactos mineros desde una perspectiva hidrológica, muestra que la forestación y la restauración de ríos conducen a una fuerte reducción del rendimiento de sedimentos

y del agua, para el caso de la mina objeto de estudio, dedicada a la explotación de agregados pétreos, se evidencio que implementan estrategias ambientales como la siembra parcial de árboles en zonas deforestadas y un sistemas de riego de vías para disminuir las emisiones de material particulado. Sin embargo, durante a auditoría ambiental se encontraron algunos hallazgos importantes (ver tabla 2) que se deben tener en cuenta para incluir nuevas estrategias ambientales dentro de sus procesos mineros.

**Tabla 2. Hallazgos ambientales en una empresa minera que explota agregados pétreos en La Guajira**

Condición	Criterio	Causa	Efecto
No fue suministrada al equipo auditor las pruebas que evidencien los registros de las medidas de seguimiento ambiental	Emplear el seguimiento ambiental a todos sus impactos y sus medidas correctoras, como lo indica el sistema de control de emisiones el decreto 2254 de 2017 y el decreto ley 2811 de 1974.	La empresa no pasee un plan se seguimiento ambiental para las medidas de manejo ambientales establecidas para los impactos ambientales negativos.	La empresa no puede realizar las respectivas medidas de manejo ambiental por falta de programa de seguimiento ambiental incurriendo en el desacato del decreto 2254 de 2017.
En las visitas de campo a la empresa minera se evidencio que los trabajadores no cuentan con la implementación de elementos auditivos contra el ruido ambiental	Implementar los elementos de protección auditiva de los trabajadores para protegerlos contra el ruido ambiental como lo indica el decreto 2254 de 2017 y el decreto-ley 2811 de 1974.	La empresa no posee elementos de protección auditiva para sus trabajadores debido a que no posee un medidor de decibeles durante sus operaciones.	La empresa no puede realizar los respectivos controles de ruido ambiental en sus trabajadores incurriendo en el desacato al decreto 2254 de 2017.
En la visita a la empresa minera el equipo auditor no evidencio la creación del muro verde alrededor de la plata de trituración	Implementar la construcción del muro verde alrededor de la planta de trituración como lo indica el decreto 2254 de 2017.	La empresa no posee un muro verde que evite la propagación del material particulado.	La empresa no realiza esta medida de mitigación incurriendo en el desacato del decreto 2254 de 2017.

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

La aplicación de auditorías ambientales en la empresa minera que explota agregados pétreos en La Guajira evidencio diversas problemáticas ambientales que se generan en la etapa de exploración, explotación, cargue y descargue de material pétreo, dentro de las cuales se identificó: la pérdida de biodiversidad, la migración de fauna endémica, emisiones a la atmósfera, ruido ambiental. Dentro de las cuales se evidenció que la empresa realiza aplicación de medidas de manejo ambiental para el caso de ruido ambiental y emisiones atmosféricas, aunque no muy eficientemente, lo que permite concluir que las problemáticas ambientales no sean tratadas con el mismo nivel de importancia, lo que es preocupante porque todas las problemáticas mencionadas tienen su grado de afectación por pequeño que sea.

Así mismo, se encontró que las medidas de manejo ambiental que requiere la empresa minera que explota agregados pétreos, están orientadas a corregir y compensar los impactos no deseados al suelo, a la flora y

la fauna, así como ayudar al mejoramiento de la gestión ambiental, mediante la elaboración y aplicación de planes de monitoreo y seguimiento ambiental a las actividades minera para garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales colombianas aplicadas al sector minero.

Finalmente, se concluye que dicha empresa presenta problemáticas ambientales muy marcadas, las cuales en sus documentos legales se tienen en cuenta, pero la realidad es otra, ya que no se aplican las debidas medidas de manejo ambiental y eso conlleva al incumplimiento de la normatividad. Por lo tanto, se proponen recomendaciones encaminadas al mejoramiento ambiental de la empresa.

## Referencias bibliográficas

1. P. Castka, C. Searcy, and J. Mohr, "Technology-enhanced auditing: Improving veracity and timeliness in social and environmental audits of supply chains," *J. Clean. Prod.*, vol. 258, no. April 2013, p. 120773, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120773>.
2. S. H. Farjana, N. Huda, M. A. Parvez Mahmud, and R. Saidur, "A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment," *J. Clean. Prod.*, vol. 231, pp. 1200–1217, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.264>.
3. R. K. Jain, Z. "Cindy" Cui, J. K. Domen, R. K. Jain, Z. "Cindy" Cui, and J. K. Domen, "Environmental Auditing. Environmental Impact of Mining and Mineral Processing," in *Management, Monitoring, and Auditing Strategies*, 2016, pp. 201–227.
4. J. A. Jiménez-Arrieta, "Diagnóstico Socio-Ambiental de la explotación de material de arrastre en el municipio de San Carlos - Córdoba, Colombia.," Universidad De Córdoba, 2019.
5. J. A. Martínez-Ortiz, "Análisis de los Impactos Ambientales Generados por la Extracción de Material de Arrastre en Cuerpos de Agua – Caso de Estudio: Río Purnio.," Universidad Católica de Manizales, 2017.
6. R. Pineda-Murillo, "La cuestión territorial, la planificación y las políticas públicas en el análisis de la vulnerabilidad y la resiliencia socio-ambiental. El caso de la extracción de ma," Universidad de Buenos Aires, Argentina., 2018.
7. D. López-Juvinao, L. Torres-Ustate, and F. Moya-Camacho, "Tecnologías, procesos y problemática ambiental en la Minería de arcilla," *Investig. e Innovación en Ing.*, vol. 8, no. 2, pp. 20–43, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3857>.
8. K. Polo Bornachera, D. D. López Juvinao, and A. Henríquez Jaramillo, "Transferencia tecnológica para la producción limpia en la minería de materiales aluviales en La Guajira, Colombia," *Investig. e Innovación en Ing.*, vol. 8, no. 1, pp. 6–20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3535>.
9. Y. E. Sánchez-Londoño and D. D. López-Juvinao, "Tecnologías limpias para la mejora de la gestión ambiental de la minería de sal en La Guajira, Colombia," *Prospectiva*, vol. 18, no. 2, pp. 1–15, 2020. DOI: <http://doi.org/10.15665/rp.v18i2.2374>.
10. D. D. López-Juvinao, *Mucho más que carbón, el escenario minero de La Guajira*, 1st ed. Riohacha, La Guajira, Colombia., 2010.
11. R. Hernández, C. Fernández, and M. del P. Baptista, *Metodología de la investigación*, 6th ed. Mexico, 2014.
12. R. Hernández Sampieri and C. P. Mendoza Torres, *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, 2018th ed. Mexico, 2018.

13. F. G. Arias, *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*, 6th ed. Caracas - República Bolivariana de Venezuela, 2012.
14. J. Arboleda, *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia, 2008.
15. J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3rd ed. Londres / Nueva Delhi: SAGE Publications Ltd., 2003.
16. J. S. Molléri, K. Petersen, and E. Mendes, "An empirically evaluated checklist for surveys in software engineering," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 119, pp. 1–21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106240>.
17. G. Ofosu, A. Dittmann, D. Sarpong, and D. Botchie, "Socio-economic and environmental implications of Artisanal and Small-scale Mining (ASM) on agriculture and livelihoods," *Environ. Sci. Policy*, vol. 106, no. February, pp. 210–220. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.005>.
18. C. Candeias, P. Ávila, P. Coelho, and J. P. Teixeira, *Mining activities: Health impacts*, 2nd ed. Elsevier Inc., 2019.
19. N. Henao, A. M. Torres, J. C. Tafur, and L. Guevara, "¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical?," *Biota Colomb.*, vol. 19, no. 1, pp. 3–20, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21068/c2018.v19n01a01>.
20. C. J. Barrow, *Environment and Development*, Second Edi., vol. 7. Elsevier, 2015.
21. A. Gómez Rey, C. A. Rincón, and G. A. Rodríguez, "Los regímenes de transición del licenciamiento ambiental en Colombia vistos desde la actividad minera," *Prolegómenos*, vol. 19, no. 38, pp. 161–181, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/prole.1976> Forma.
22. E. A. Holley, N. M. Smith, J. A. Delgado Jimenez, I. C. Cabezas, and O. J. Restrepo-Baena, "Socio-technical context of the interactions between large-scale and small-scale mining in Marmato, Colombia," *Resour. Policy*, vol. 67, no. April, p. 101696, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101696>.
23. A. Vargas, J. P. Sarmiento Erazo, and D. Diaz, "Has Cost Benefit Analysis Improved Decisions in Colombia? Evidence from the Environmental Licensing Process," *Ecol. Econ.*, vol. 178, no. October 2019, p. 106807, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106807>.
24. M. M. Veiga and B. G. Marshall, "The Colombian artisanal mining sector: Formalization is a heavy burden," *Extr. Ind. Soc.*, vol. 6, no. 1, pp. 223–228, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.001>.
25. E. Ruokonen and A. Temmes, "The approaches of strategic environmental management used by mining companies in Finland," *J. Clean. Prod.*, vol. 210, pp. 466–476, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.273>.
26. T. K. Betts, F. Wiengarten, and S. K. Tadisina, "Exploring the impact of stakeholder pressure on environmental management strategies at the plant level: What does industry have to do with it?," *J. Clean. Prod.*, vol. 92, pp. 282–294, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.002>.
27. T. Pacetti, M. Lompi, C. Petri, and E. Caporali, "Mining activity impacts on soil erodibility and reservoirs silting: Evaluation of mining decommissioning strategies," *J. Hydrol.*, vol. 589, no. March, p. 125107, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125107>.