

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE
ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN



Título del trabajo de grado

Minas de carbón a cielo abierto en el municipio de La Jagua de Ibirico: Evaluación de
impactos ambientales y propuesta de estrategias de mitigación

Deixi Guerra De la hoz

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Diciembre de 2024

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE
ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

Minas de carbón a cielo abierto en el municipio de la jagua de Ibirico ¿Cuáles son los
Impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico?

Deixi Guerra De la hoz

Trabajo de Grado Presentado como requisito para optar al título de Especialista en
Gerencia de Proyectos

Asesor

Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Diciembre de 2024

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE
ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

Contenido

Resumen.....	6
Abstract	7
INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.1 Descripción del Problema	10
2.2 La Pregunta de Investigación	13
2.3 Los objetivos de Investigación	13
2.3.1 Objetivo General.....	13
2.3.2 Objetivos Específicos.....	13
3. Justificación de la Investigación	14
4. MARCO DE REFERENCIA.....	16
4.1 Estado del Arte	16
4.2 Marco Teórico	18
4.3 Marco Legal.....	19
5. METODOLOGÍA.....	20
5.2 Procedimiento.....	21
5.3 Validación y Confiabilidad	21
5.4 Enfoque y alcance de la investigación.....	22
5.5 Justificación	22
5.6 Alcance.....	22
5.7 Población y muestra	23

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

5.8	Criterios de Exclusión	24
5.9	Cálculo y Selección de la Muestra	25
5.10	Instrumento(s).....	26
5.10.1	Nombre de la Encuesta: "Impactos Ambientales de la Explotación Minera en La Jagua de Ibirico"	26
5.10.2	Objetivos de la Encuesta:	26
5.10.3	26
5.11	Procedimiento y Análisis de Datos	27
5.11.1	Aplicación de la Encuesta	28
6	HIPÓTESIS	35
6.1	Variables Independientes.....	35
6.2	Variables Dependientes	35
6.3	Hipótesis.....	36
6.3.1	Hipótesis Principal	36
6.3.2	Hipótesis Secundarias	36
6.3.3	Modelo Teórico.....	36
7	RESULTADOS.....	37
7.1	Contaminación del Agua	37
7	Degradación del Suelo	38
7.3	Emisión de Gases de Efecto Invernadero.....	38
7.4	Conclusión del Análisis.....	49
7.5	Propuesta para Mitigar los Impactos Negativos de la Explotación Minera de Carbón en La Jagua de Ibirico	51
8.	Discusión.....	53

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

9.	CONCLUSIONES	56
10.	Referencias.....	59

Tabla de gráficos

Gráfico 1.	Contaminación del agua. Elaboración propia	37
Gráfico 2.	Degradación del Suelo. Elaboración propia.....	38
Gráfico 3.	Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia.....	39
Gráfico 4.	Pérdida de Biodiversidad. Elaboración propia.....	39
Gráfico 5.	Pérdida de Biodiversidad. Elaboración propia.....	40
Gráfico 6.	Edad de los participantes. Elaboración propia.....	42
Gráfico 7.	Nivel educativo de los participantes. Elaboración propia.....	43
Gráfico 8.	Tiempo de residencia. Elaboración propia.....	43
Gráfico 9.	Percepción sobre la calidad del aire. Elaboración propia	44
Gráfico 10.	Percepción sobre la Calidad del Agua. Elaboración propia.....	45
Gráfico 11.	Impacto en la Biodiversidad. Elaboración propia.....	45
Gráfico 12.	Opinión sobre la explotación minera. Elaboración propia.....	46
Gráfico 13.	Impacto en la economía.	47
Gráfico 14.	Conocimiento de medidas de mitigación. Elaboración propia.	48
Gráfico 15.	Efectividad de las medidas de mitigación. Elaboración propia	49

RESUMEN

La explotación minera en La Jagua de Ibirico, Colombia, ha generado preocupación sobre sus impactos ambientales y sociales. Para abordar este problema, se realizó un estudio que evaluó los efectos de la minería en la calidad del agua, aire y suelo, así como en la salud pública y la economía local. El enfoque metodológico utilizado fue mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. La investigación incluyó una revisión de literatura y documentación existente, la evaluación de impactos ambientales mediante técnicas de evaluación de riesgos y análisis de ciclo de vida, y entrevistas con expertos y miembros de la comunidad local.

Los resultados revelaron contaminación del agua y aire debido a la extracción y procesamiento de minerales, impactos en la biodiversidad y ecosistemas locales, riesgos para la salud pública debido a la exposición a sustancias tóxicas, y efectos negativos en la economía local. En consecuencia, se desarrolló un plan de acción que incluye la implementación de medidas de prevención y restauración ambiental, la creación de sistemas de monitoreo y seguimiento ambiental, la educación y conciencia ambiental, y la participación comunitaria en la toma de decisiones.

En conclusión, la explotación minera en La Jagua de Ibirico tiene impactos ambientales y sociales significativos que requieren atención inmediata. El plan de acción desarrollado puede ser utilizado como herramienta para la gestión sostenible de la explotación minera en la región.

Palabras clave: *Explotación minera, Impactos ambientales, Evaluación de riesgos, Análisis de ciclo de vida, Gestión de proyectos, Sostenibilidad.*

ABSTRACT

Mining exploitation in La Jagua de Ibirico, Colombia, has raised concerns about its environmental and social impacts. To address this issue, a study was conducted that assessed the effects of mining on water, air, and soil quality, as well as on public health and the local economy. The methodological approach used was mixed, combining qualitative and quantitative methods. The research included a review of existing literature and documentation, the assessment of environmental impacts using risk assessment and life cycle analysis techniques, and interviews with experts and members of the local community.

The results revealed water and air pollution due to mineral extraction and processing, impacts on biodiversity and local ecosystems, risks to public health due to exposure to toxic substances, and negative effects on the local economy. Consequently, an action plan was developed that includes the implementation of environmental prevention and restoration measures, the creation of environmental monitoring and follow-up systems, environmental education and awareness, and community participation in decision-making.

In conclusion, mining at La Jagua de Ibirico has significant environmental and social impacts that require immediate attention. The developed action plan can be used as a tool for sustainable management of mining in the region.

Keywords: *Mining, Environmental impacts, Risk assessment, Life cycle analysis, Project management, Sustainability.*

INTRODUCCIÓN

La explotación minera es una actividad económica importante en Colombia, pero también genera impactos ambientales y sociales significativos. En particular, la explotación minera en La Jagua de Ibirico, Cesar, ha sido objeto de controversia debido a sus efectos en la calidad del agua, aire y suelo, así como en la salud pública y la economía local.

Según el Ministerio de Minas y Energía (2020), la explotación minera en Colombia genera cerca de 2,5 millones de empleos directos e indirectos, pero también representa un riesgo para la biodiversidad y los ecosistemas locales. Estudios como los realizados por Hernández et al. (2019) y Gómez et al. (2020) han demostrado que la explotación minera en La Jagua de Ibirico ha contaminado el río Magdalena y afectado la salud de la población local.

El objetivo de este documento es evaluar y mitigar los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico, identificando las causas y consecuencias de estos impactos y proponiendo soluciones sostenibles. Para lograr este objetivo, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente, se evaluarán los impactos ambientales mediante técnicas de análisis de ciclo de vida y evaluación de riesgos, y se desarrollará un plan de acción para mitigar los impactos identificados.

Este documento se estructura en seis capítulos. El Capítulo 1 presenta el planteamiento del problema, incluyendo la descripción del contexto y la justificación de la investigación. El Capítulo 2 describe el marco de referencia teórico y conceptual que sustenta la investigación. El Capítulo 3 detalla la metodología utilizada para evaluar los impactos ambientales. El Capítulo 4

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

9

presenta las hipótesis y objetivos específicos de la investigación. El Capítulo 5 muestra los resultados obtenidos y su análisis. Finalmente, el Capítulo 6 presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del Problema

La explotación minera es una actividad económica clave a nivel global, siendo esencial en la producción de materias primas como metales y minerales, que son fundamentales para el desarrollo de infraestructuras, tecnologías y energía. Sin embargo, a pesar de su relevancia económica, la minería ha sido señalada como una de las actividades con mayores efectos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades locales. La extracción de minerales genera consecuencias directas en los ecosistemas, los recursos naturales y la salud humana, lo que plantea la necesidad urgente de una gestión más sostenible de estas actividades.

A nivel internacional, la minería es responsable de una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2020), se estima que el sector minero contribuye con aproximadamente el 10% de las emisiones globales de GEI, especialmente debido a la quema de combustibles fósiles en la extracción y procesamiento de minerales. Esta contribución al cambio climático es especialmente preocupante, dado que el sector está asociado a la destrucción de grandes áreas de bosques y tierras cultivables, lo que incrementa la huella de carbono de las actividades mineras.

Además, la minería a menudo conduce a la contaminación de los recursos hídricos, que son fundamentales para la vida humana, la agricultura y los ecosistemas. La extracción de minerales, especialmente a través de métodos como la minería a cielo abierto, libera metales pesados y productos químicos tóxicos como el mercurio y el cianuro en los cuerpos de agua, afectando no solo la calidad del agua, sino también la salud de las comunidades que dependen de estos recursos. A esto se suman los efectos sobre la biodiversidad: las áreas de minería suelen ser deforestadas, alterando el equilibrio de los ecosistemas y reduciendo la capacidad de los mismos para absorber carbono, lo que agrava aún más los problemas ambientales.

Estudios realizados en distintas partes del mundo, como el de Hilson (2012), señalan que, además de los impactos directos sobre el ambiente, las comunidades cercanas a las minas

también enfrentan graves problemas de salud, debido a la exposición prolongada a sustancias tóxicas como el polvo de sílice y los metales pesados, lo que incrementa los riesgos de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer. Estos impactos se ven reflejados en la calidad de vida de las personas que viven cerca de las minas, generando un ciclo de pobreza y afectaciones a la salud que se perpetúa a lo largo del tiempo.

En Colombia, la minería ha sido históricamente una de las principales fuentes de ingreso económico, con una producción minera que supera los 2,5 millones de toneladas anuales de minerales como carbón, oro y níquel (Ministerio de Minas y Energía, 2020). La industria minera representa una parte importante del Producto Interno Bruto (PIB) del país y es responsable de una porción considerable de las exportaciones. No obstante, el sector ha estado marcado por una serie de desafíos, entre ellos los impactos ambientales y sociales que ha causado en varias regiones del país.

A nivel nacional, la minería ha generado serios problemas ambientales. La minería ilegal, en particular, ha sido un factor clave en la deforestación, la contaminación del agua y el desplazamiento forzado de comunidades. Según un informe del Ministerio del Medio Ambiente, alrededor del 60% de la deforestación en Colombia está relacionada con la minería, lo que pone en riesgo áreas protegidas y ecosistemas estratégicos como la Amazonía colombiana. Además, las actividades mineras han contribuido a la contaminación de los principales cuerpos de agua del país, como el río Magdalena, el cual es uno de los más importantes para la economía y el suministro de agua en Colombia.

Uno de los casos más emblemáticos es la contaminación de las aguas del río Magdalena, que ha sido afectado por las actividades mineras a lo largo de su cuenca. Los estudios realizados por Gómez et al. (2020) destacan que la minería en las zonas cercanas a este río ha liberado metales pesados y otros contaminantes en las aguas, afectando tanto la biodiversidad acuática como la salud de las comunidades locales que dependen de este recurso para el consumo, la pesca y la agricultura. La preocupación por estos efectos ha llevado a diversas organizaciones y autoridades a exigir un control más riguroso de las actividades mineras en la región.

En La Jagua de Ibirico, municipio ubicado en el departamento del Cesar, la minería ha tenido un impacto especialmente negativo en la calidad del agua, el aire y la salud de las comunidades locales. Esta región es conocida por su producción de carbón, y la minería ha sido el motor económico de la zona. Sin embargo, los impactos sociales y ambientales son alarmantes.

De acuerdo con un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2018), la explotación minera en La Jagua de Ibirico ha contaminado el 70% de las fuentes de agua superficiales y subterráneas de la región. Esta contaminación ha afectado la salud de las personas que dependen de estos recursos para el consumo diario, ya que se han detectado altos niveles de metales pesados como el arsénico, el plomo y el mercurio en el agua. Las comunidades locales enfrentan riesgos de enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dermatológicas, relacionadas con la exposición a estos contaminantes. A esto se suman las afectaciones a los ecosistemas acuáticos y terrestres, con la desaparición de especies endémicas y la degradación de los suelos debido al uso intensivo de químicos en el proceso de extracción.

En términos sociales, la minería ha generado un aumento en la migración hacia La Jagua de Ibirico, lo que ha incrementado la presión sobre los servicios públicos y la infraestructura del municipio. La falta de planificación y de medidas de control ambiental ha conducido a un empobrecimiento de las comunidades locales, que, si bien dependen de la minería para su sustento, sufren a largo plazo los efectos de la degradación ambiental y la pérdida de calidad de vida. La minería también ha generado conflictos sociales, en muchos casos relacionados con la disputa de tierras y el uso de recursos naturales, lo que ha incrementado la violencia en la región.

La situación en La Jagua de Ibirico refleja un patrón común en varias zonas mineras de Colombia y del mundo: los beneficios económicos inmediatos de la minería no compensan los daños a largo plazo en el medio ambiente y la salud de las personas. Ante esta realidad, es urgente desarrollar estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar los impactos negativos de la minería. Esto incluye la implementación de tecnologías más limpias, la rehabilitación de tierras minadas, el control riguroso de la contaminación y la promoción de alternativas económicas sostenibles para las comunidades.

Los efectos de la minería en La Jagua de Ibirico y otras regiones colombianas subrayan la necesidad de una reforma en la industria minera que permita una mayor inclusión de las comunidades locales en las decisiones relacionadas con la gestión de los recursos, así como una mayor transparencia en la supervisión de las actividades mineras. Este enfoque no solo debería abordar los problemas ambientales, sino también los derechos sociales y económicos de las personas afectadas, garantizando un desarrollo sostenible y equitativo.

2.2 La Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las estrategias y metodologías más efectivas para mitigar los impactos ambientales negativos de la explotación minera de carbón en La Jagua de Ibirico, Cesar, Colombia?

2.3 Los objetivos de Investigación

2.3.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta integral con estrategias y recomendaciones para mitigar los impactos ambientales negativos de la explotación minera de carbón en La Jagua de Ibirico.

2.3.2 Objetivos Específicos

Realizar un estudio exhaustivo sobre los efectos de la minería de carbón en la región. Incluyendo la contaminación del agua, la degradación del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad.

Investigar y determinar las metodologías, estrategias, técnicas y tecnologías más efectivas aplicadas a nivel nacional e internacional para reducir los impactos ambientales de la explotación minera de carbón.

Elaborar una propuesta concreta y adaptable para mitigar los impactos negativos de la explotación minera de carbón en La Jagua de Ibirico, considerando las estrategias, metodologías, tecnologías y técnicas identificadas.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre la mitigación de impactos ambientales de la explotación minera de carbón en La Jagua de Ibirico es de gran relevancia, tanto a nivel académico como social, debido a los crecientes desafíos ambientales y de salud pública que enfrenta la región y el país en su conjunto. La minería, especialmente la de carbón, ha sido una de las principales fuentes de ingresos económicos para Colombia, pero también ha generado consecuencias devastadoras para el medio ambiente y las comunidades cercanas a las zonas de extracción. En el contexto de La Jagua de Ibirico, una de las áreas mineras más importantes del país, los impactos negativos incluyen la contaminación del agua, la degradación de los suelos, la deforestación y la afectación de la biodiversidad, los cuales ponen en peligro no solo el equilibrio ambiental, sino también la salud y el bienestar de las personas que dependen directamente de estos recursos naturales.

Según estudios previos, como los realizados por Gómez et al. (2020), la minería de carbón en la región ha afectado significativamente la calidad del agua del río Magdalena, afectando tanto los ecosistemas acuáticos como la salud de las comunidades cercanas que dependen de este recurso para sus actividades diarias. Además, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2019) ha identificado a la minería como una de las principales causas de deforestación en Colombia, lo que implica una grave pérdida de biodiversidad y una alteración del ciclo del agua. Estos efectos, que se traducen en la disminución de la capacidad de los ecosistemas para absorber carbono y en la pérdida de áreas naturales vitales, generan un ciclo negativo que afecta no solo el entorno natural, sino también las bases económicas y sociales de las comunidades locales.

A nivel global, los impactos de la contaminación generada por la minería no se limitan a las áreas circundantes a las minas. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) estima que más de 1,7 millones de muertes prematuras al año son atribuibles a la contaminación del aire y el agua, factores estrechamente vinculados a las actividades mineras, que liberan sustancias tóxicas como metales pesados, partículas finas y productos químicos industriales. En este sentido, la minería se convierte en una amenaza no solo para la biodiversidad local, sino también para la salud pública, lo que refuerza la necesidad urgente de generar investigaciones que ayuden a mitigar estos impactos.

La importancia de esta investigación radica en la capacidad que tiene para abordar de manera concreta y efectiva los efectos adversos de la minería en La Jagua de Ibirico. En primer lugar, esta investigación pretende proporcionar un marco teórico y práctico para la identificación, evaluación y mitigación de los impactos ambientales, particularmente en lo que respecta a la contaminación del agua y la degradación del suelo, problemas que afectan directamente la calidad de vida de los habitantes de la región. Además, la investigación contribuirá a la formulación de estrategias de gestión ambiental que puedan ser implementadas tanto por las autoridades locales como por las empresas mineras, con el fin de garantizar que las actividades mineras se realicen de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Otro aspecto clave de esta investigación es su potencial para generar propuestas que mejoren la salud pública en la región. La exposición a contaminantes derivados de la minería ha sido relacionada con una serie de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y gastrointestinales en las comunidades cercanas a las minas. Al proporcionar soluciones específicas para la mitigación de la contaminación del aire y el agua, la investigación tiene el potencial de mejorar las condiciones de salud de los habitantes de La Jagua de Ibirico, contribuyendo a la reducción de riesgos y enfermedades asociadas a la contaminación minera. Además, al incorporar la participación activa de la comunidad en el proceso de investigación, se fomenta un enfoque más inclusivo y colaborativo, en el que los habitantes puedan aportar su perspectiva y conocimiento local, mejorando así la efectividad de las estrategias propuestas.

Desde el punto de vista académico, esta investigación es relevante porque permite profundizar en el conocimiento sobre los impactos de la minería de carbón en una región específica, lo que puede servir de base para futuros estudios y políticas públicas en Colombia y otras naciones con industrias mineras similares. La capacidad de replicar este estudio en otras regiones del país y del mundo amplía su impacto, permitiendo la creación de un modelo de gestión ambiental y social que promueva el equilibrio entre la explotación minera y la conservación del medio ambiente. Este modelo no solo tiene el potencial de mejorar la sostenibilidad de la minería, sino también de servir como ejemplo de buenas prácticas para otras industrias extractivas.

Finalmente, la propuesta de esta investigación tiene una gran relevancia social, ya que pretende generar un impacto positivo en las comunidades locales. Proporcionando soluciones concretas para mitigar los efectos negativos de la minería, la investigación busca no solo la protección del medio ambiente, sino también la mejora de la calidad de vida de las personas afectadas. La posibilidad de generar políticas públicas basadas en los hallazgos de este estudio contribuirá a una mejor regulación de la minería, así como a la creación de un entorno más saludable y sostenible para las generaciones futuras. En resumen, la relevancia de esta investigación radica en su capacidad para generar soluciones prácticas y basadas en evidencia que contribuyan a la sostenibilidad ambiental, la salud pública y el bienestar social en La Jagua de Ibirico, Colombia, y en otros contextos mineros similares a nivel global.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 Estado del Arte

El estado del arte presenta una revisión de estudios y antecedentes recientes relacionados con la mitigación de impactos ambientales derivados de la explotación minera. Esta revisión incluye investigaciones relevantes publicadas entre 2015 y 2022, identificadas en bases de datos especializadas como Scopus, Web of Science y Google Scholar.

Gómez, L. et al. (2015): Un análisis de ciclo de vida en la minería colombiana identifica la extracción y el procesamiento como las fases más críticas para el medio ambiente.

MADS (2016): Informe del Ministerio de Ambiente que aborda desafíos ambientales en Colombia, enfatizando la necesidad de restaurar ecosistemas afectados por la minería.

OMS (2018): Destaca los efectos de la contaminación minera en la salud humana, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y subraya la urgencia de normativas más estrictas.

Arrieta, E. et al. (2020): Analiza las tecnologías de reducción de emisiones en las minas colombianas y destaca la importancia de la participación comunitaria para lograr una minería sostenible.

Jaramillo, M. et al. (2017): Proponen un enfoque integral para la rehabilitación de suelos y la restauración de ecosistemas en zonas afectadas por la minería de carbón.

Martínez, F. et al. (2020): Exploran la aplicación de energías renovables en la minería en América Latina, resaltando los beneficios ambientales de reducir la dependencia de combustibles fósiles.

López, J. et al. (2019): Evalúan el impacto de la minería en las comunidades locales, con énfasis en la percepción social y la necesidad de participación comunitaria.

Pérez, R. et al. (2021): Discuten estrategias avanzadas de tratamiento de aguas residuales en la minería, enfatizando su papel en la mitigación de la contaminación hídrica.

Rodríguez, A. et al. (2022): Presentan un estudio sobre la efectividad de las tecnologías de captura de emisiones en minas a cielo abierto, destacando los resultados positivos en la reducción de gases de efecto invernadero.

4.2 Marco Teórico

El marco teórico se fundamenta en los conceptos clave que orientan la mitigación de los impactos ambientales en la explotación minera. A continuación, se presentan algunos de los conceptos esenciales para esta investigación:

Impacto Ambiental: Se refiere a cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea positivo o negativo, que sea causado por la actividad humana. En el contexto de la minería, los impactos negativos incluyen la contaminación del aire, agua y suelo, la deforestación y la pérdida de biodiversidad (Gómez et al., 2015).

Desarrollo Sostenible: Concepto que implica el uso de los recursos naturales de manera que se satisfagan las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. En la minería, esto se traduce en la necesidad de aplicar tecnologías y prácticas que minimicen los efectos negativos y promuevan la restauración de los ecosistemas impactados (Hilson, 2012).

Tecnologías Limpias: Son aquellas tecnologías que reducen el impacto ambiental de las actividades industriales mediante la eficiencia en el uso de los recursos y la minimización de desechos y emisiones contaminantes. En minería, se destacan las tecnologías para el manejo de residuos, la reducción de emisiones de CO₂ y el tratamiento de aguas residuales (Arrieta et al., 2020).

Ciclo de Vida de la Minería: Se refiere a todas las etapas de la actividad minera, desde la exploración hasta la rehabilitación post-minería. La evaluación del ciclo de vida permite identificar y minimizar los impactos ambientales a lo largo de todo el proceso (Gómez et al., 2015).

Restauración Ecológica: Proceso de recuperación de un ecosistema que ha sido alterado o destruido, en este caso por actividades mineras. Esto incluye la rehabilitación de suelos, la reforestación y la mejora de la calidad del agua para restablecer las condiciones ambientales originales (Jaramillo et al., 2017).

Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Herramienta metodológica que permite evaluar los impactos ambientales a lo largo de todas las etapas de un producto o proceso, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En minería, esta metodología ayuda a entender los efectos globales de la explotación minera y a identificar oportunidades para su mejora (Gómez et al., 2015).

4.3 Marco Legal

El marco legal regula la explotación minera y la mitigación de sus impactos ambientales en Colombia, proporcionando los lineamientos para una minería responsable y sostenible.

Ley 1450 de 2011 (Plan Nacional de Desarrollo): Establece políticas para el desarrollo sostenible en Colombia, promoviendo la adopción de tecnologías limpias y la protección de ecosistemas (Congreso de la República, 2011).

Decreto 1076 de 2015: Reglamenta la gestión ambiental en la minería, incluyendo la elaboración de planes de manejo ambiental y la restauración de áreas afectadas (Presidencia de la República, 2015).

Resolución 1023 de 2018: Define los estándares de calidad ambiental para las actividades mineras y establece sanciones por incumplimiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Convenios Internacionales: Colombia es parte de acuerdos como el Convenio de Minamata sobre el mercurio, que regula el uso de sustancias tóxicas en actividades mineras (Secretariado del Convenio de Minamata, 2013).

Este marco teórico, estado del arte y marco legal sientan las bases para analizar los impactos ambientales de la minería en La Jagua de Ibirico y proponer estrategias de mitigación efectivas.

5. METODOLOGÍA

El marco metodológico describe los pasos y herramientas utilizados para desarrollar la investigación.

Diseño de la Investigación

- **Tipo de investigación:** Investigación aplicada
- **Enfoque:** Cuantitativo y cualitativo

Diseño: Estudio de caso

- **Población y Muestra**
- **Población:** Empresas mineras en La Jagua de Ibirico
- **Muestra:** 5 empresas mineras seleccionadas aleatoriamente

Técnicas de Recopilación de Datos

- **Revisión documental:** Análisis de documentos y normativas relacionadas con la mitigación de impactos ambientales

Entrevistas: A expertos en gestión ambiental y representantes de empresas mineras

Observación directa: Visita a sitios de explotación minera

Encuestas: A residentes de la zona de influencia

Herramientas de Análisis

Análisis de contenido: Para evaluar la información recopilada

Análisis estadístico: Para evaluar la relación entre variables

Matriz de evaluación: Para evaluar la efectividad de las estrategias de mitigación

5.2 Procedimiento

Revisión documental y análisis de normativas (2 semanas)

Selección de empresas mineras y realización de entrevistas (4 semanas)

Observación directa en sitios de explotación minera (2 semanas)

Aplicación de encuestas a residentes de la zona de influencia (4 semanas)

Análisis de datos y evaluación de resultados (8 semanas)

Elaboración de recomendaciones y propuestas (4 semanas)

5.3 Validación y Confiabilidad

Validación: A través de la triangulación de métodos y fuentes de datos

Confiabilidad: A través de la consistencia en la aplicación de instrumentos y procedimientos

Limitaciones

Acceso limitado a información confidencial

Limitaciones en la disponibilidad de recursos

Ética

Aprobación del comité de ética

Consentimiento informado de participantes

Confidencialidad y anonimato

5.4 Enfoque y alcance de la investigación

Tipo de Investigación: Mixta (Cuantitativa y Cualitativa)

5.5 Justificación

Se selecciona el enfoque mixto para combinar la objetividad y precisión de la investigación cuantitativa con la profundidad y riqueza de la investigación cualitativa. Esto permitirá:

Analizar datos numéricos y estadísticos sobre los impactos ambientales de la explotación minera.

Explorar las percepciones y experiencias de los actores involucrados (comunidades locales, empresas mineras, autoridades) sobre la mitigación de impactos ambientales.

- **Enfoque Cuantitativo:**

Análisis estadístico de datos sobre la explotación minera y sus impactos ambientales.

Evaluación de la efectividad de las estrategias de mitigación implementadas.

- **Enfoque Cualitativo:**

Entrevistas en profundidad con expertos y actores clave.

Análisis de contenido de documentos y normativas relacionadas con la mitigación de impactos ambientales

5.6 Alcance

Spatial: La Jagua de Ibirico, Colombia.

Conceptual: Mitigación de impactos ambientales de la explotación minera.

Objetivos:

Identificar los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico.

Evaluar la efectividad de las estrategias de mitigación implementadas.

Proponer recomendaciones para mejorar la mitigación de impactos ambientales.

Este enfoque mixto permitirá obtener una comprensión integral y detallada de la problemática y contribuirá a la generación de conocimiento y soluciones efectivas.

5.7 Población y muestra

Definición de la población

La población objeto de estudio está compuesta por las empresas mineras, comunidades locales y autoridades gubernamentales involucradas en la explotación minera en La Jagua de Ibirico, Colombia.

Características de la Población

Empresas Mineras:

- Cantidad: 20 empresas mineras en la zona. Se seleccionaron 5 empresas, representando el 25%
- Tipo: Empresas privadas y públicas.
- Tamaño: Pequeñas, medianas y grandes.
- Actividad: Explotación minera de carbón, oro y otros minerales.
- Ubicación: La Jagua de Ibirico, Colombia.

Comunidades Locales:

- Población: 5.000 habitantes en la zona de influencia de la minería. Se eligió una muestra de 150 habitantes, lo que representa el 3% de la población total
- Edad: Variedad de rangos etarios.

- Género: Hombres y mujeres.
- Ocupación: Agricultores, ganaderos, comerciantes, trabajadores de la minería, entre otros.

Autoridades Gubernamentales:

- Cantidad: 50 funcionarios gubernamentales. Se seleccionaron 15 funcionarios, lo que corresponde al 30% de la población total de autoridades gubernamentales (50 funcionarios).
- Nivel: Local, regional y nacional.
- Funciones: Regulación, supervisión y control de la explotación minera.
- Instituciones: Ministerio de Minas y Energía, Corporaciones Autónomas Regionales, entre otras.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

Empresas Mineras: Empresas activas en la explotación minera en La Jagua de Ibirico con más de un año de operación.

Comunidades Locales: Residentes en la zona de influencia de la minería, mayores de 18 años.

Autoridades Gubernamentales: Se incluirán solo aquellos funcionarios que estén directamente involucrados en la regulación y supervisión de la minería, con más de un año de antigüedad en su cargo.

5.8 Criterios de Exclusión

Empresas Mineras: Se excluirán empresas inactivas o aquellas que no tengan al menos un año de operación, y aquellas que no operen en La Jagua de Ibirico.

Comunidades Locales: Se excluirán individuos que no residan en la zona de influencia de la minería o que sean menores de 18 años.

Autoridades Gubernamentales: Se excluirán funcionarios que no estén involucrados en la regulación y supervisión minera o aquellos con menos de un año en el cargo.

5.9 Cálculo y Selección de la Muestra

El tipo de muestreo será **probabilístico**:

Muestreo Aleatorio Simple para empresas mineras y autoridades gubernamentales.

Muestreo Estratificado para las comunidades locales.

El tamaño de la muestra se calculará considerando el **nivel de confianza del 95%** ($Z = 1,96$) y un **margen de error del 5%** ($E = 0,05$). El cálculo se hace con la fórmula estándar de muestras grandes:

$$n = \frac{(Z^2 \cdot p \cdot (1-p))}{E^2} \quad n = \frac{(1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}{0,05^2} \approx 384$$

Empresas Mineras: $n = \frac{(1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}{0,05^2} \approx 384$, redondeado a 5 empresas (25% de la población).

Comunidades Locales: $n = \frac{(1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}{0,05^2} \approx 384$, redondeado a 150 habitantes (3% de la población).

Autoridades Gubernamentales: $n = \frac{(1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}{0,05^2} \approx 384$, redondeado a 15 funcionarios (30% de la población).

5.10 Instrumento(s)

Para este estudio, se utilizará una encuesta como instrumento principal de recolección de datos. La encuesta se diseñó para recopilar información sobre los impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico.

5.10.1 Nombre de la Encuesta: "Impactos Ambientales de la Explotación Minera en La Jagua de Ibirico"

5.10.2 Objetivos de la Encuesta:

- a. Identificar los principales impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico.
- b. Evaluar la percepción de la comunidad sobre los impactos ambientales de la explotación minera.
- c. Recopilar información sobre las medidas de mitigación implementadas por las empresas mineras.

5.10.3 Preguntas de la Encuesta:

Sección 1: Información General

1. ¿Cuál es su edad?
2. ¿Cuál es su nivel de educación?
3. ¿Cuánto tiempo ha vivido en el municipio de La Jagua de Ibirico?

Sección 2: Impactos Ambientales

1. ¿Ha notado algún cambio en la calidad del aire en el municipio de La Jagua de Ibirico en los últimos años?

2. ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua en el municipio de La Jagua de Ibirico en los últimos años?

3. ¿Ha visto algún impacto negativo en la biodiversidad del municipio de La Jagua de Ibirico debido a la explotación minera?

Sección 3: Percepción de la Comunidad

1. ¿Cuál es su opinión sobre la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico?

2. ¿Cree que la explotación minera ha tenido un impacto positivo o negativo en la economía del municipio?

3. ¿Cree que la explotación minera ha tenido un impacto positivo o negativo en la salud de la comunidad?

Sección 4: Medidas de Mitigación

1. ¿Conoce alguna medida de mitigación que hayan implementado las empresas mineras para reducir los impactos ambientales?

2. ¿Cree que las medidas de mitigación implementadas han sido efectivas para reducir los impactos ambientales?

5.11 Procedimiento y Análisis de Datos

A continuación, se describe el paso a paso detallado de cómo se pondrán en marcha los instrumentos para obtener la información de la encuesta sobre los impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico:

Elaboración de la Encuesta

Diseño del Cuestionario

Formato: La encuesta se diseñará en formato digital y físico. Para la versión digital, se utilizará una plataforma de encuestas en línea como Google Forms o SurveyMonkey. Para la versión física, se imprimirá en papel, considerando el nivel educativo de los participantes.

Preguntas: Se estructurará en cuatro secciones:

Información General: Edad, nivel de educación, tiempo de residencia.

Impactos Ambientales: Preguntas sobre la calidad del aire, agua, y la biodiversidad.

Percepción de la Comunidad: Opinión sobre la explotación minera, su impacto en la economía y la salud.

Medidas de Mitigación: Conocimiento de las medidas implementadas y su efectividad.

Revisión de Expertos

Antes de la aplicación, un grupo de expertos en medio ambiente y minería revisará el cuestionario para asegurar que las preguntas sean claras, pertinentes y válidas para los objetivos del estudio.

Prueba Piloto

Se realizará una prueba piloto con un grupo reducido de personas (aproximadamente 10-15 personas) para identificar posibles problemas con las preguntas o el formato.

Los resultados de la prueba piloto serán analizados y, si es necesario, se ajustarán las preguntas o el formato de la encuesta.

5.11.1 Aplicación de la Encuesta

Selección de Participantes

La encuesta será aplicada a 100 personas residentes en el municipio de La Jagua de Ibirico, seleccionadas mediante un muestreo aleatorio estratificado para garantizar representatividad.

Se estratificará en función de factores como la edad, género, y tiempo de residencia.

Métodos de Aplicación

Encuesta Digital: Aquellos participantes con acceso a Internet recibirán el enlace a la encuesta digital por correo electrónico, WhatsApp, o redes sociales.

Encuesta Física: Para los participantes sin acceso a Internet, se distribuirán encuestas en formato físico en puntos clave del municipio (centros comunitarios, escuelas, mercados) o se realizará la entrevista cara a cara.

Se contará con encuestadores capacitados para explicar las preguntas y asegurar que las respuestas sean claras y completas.

Instrucciones a los Participantes

Se proporcionarán instrucciones claras sobre cómo completar la encuesta. Si es necesario, se brindará asistencia a los participantes durante la encuesta física.

Recolección de Datos

Se establecerá un plazo de recolección de datos (aproximadamente 2-3 semanas).

Se garantizará la confidencialidad de las respuestas y se informará a los participantes que la participación es voluntaria.

Durante la recolección de los datos, se verificarán las encuestas para asegurarse de que estén completas y sean consistentes.

Procesamiento de la Información

Revisión y Limpieza de los Datos

Una vez finalizada la recolección, los datos serán revisados para asegurarse de que no existan respuestas duplicadas o inconsistentes.

Se eliminarán las encuestas incompletas o con datos erróneos (por ejemplo, edades fuera del rango esperado).

Codificación de los Datos

Las respuestas cualitativas (como "sí" o "no") se codificarán con números (1 para sí, 0 para no).

Se asignarán valores numéricos a las escalas de Likert para la percepción de impactos ambientales (por ejemplo, 1 a 5, donde 1 es "muy bajo" y 5 es "muy alto").

Creación de la Base de Datos

Los datos serán introducidos en una base de datos utilizando software como Microsoft Access o MySQL para organizar y gestionar la información de manera eficiente.

Análisis Cuantitativo

Análisis Descriptivo

Se calcularán **medidas de tendencia central** (media, mediana, moda) y **medidas de dispersión** (desviación estándar, rango) para cada una de las variables principales, como la percepción de los impactos ambientales, la edad de los participantes, y otras variables demográficas.

Se utilizará el software **SPSS** o **R** para obtener estos cálculos.

Análisis de Varianza (ANOVA)

Se realizará un **ANOVA** para determinar si existen diferencias significativas en la percepción de los impactos ambientales según variables demográficas como edad y género.

El software **SPSS** o **R** se utilizará para realizar este análisis, comparando los resultados entre diferentes grupos (por ejemplo, grupos de edad) y evaluando si hay diferencias significativas.

Análisis de Correlación

Se calculará el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre la percepción de los impactos ambientales y otras variables, como la edad o el tiempo de residencia.

Se determinará si existen correlaciones positivas o negativas entre estas variables utilizando **SPSS** o **R**.

Análisis Cualitativo

Análisis de Contenido

Se llevará a cabo un **análisis de contenido** de las respuestas abiertas (en caso de que existan) de los participantes, codificando las respuestas y buscando patrones en el significado de las respuestas.

Se utilizará software especializado como **Atlas.ti** o **NVivo** para facilitar el análisis de datos cualitativos.

Análisis Temático

Se identificarán los **temas recurrentes** a partir de las respuestas abiertas sobre la percepción de los impactos ambientales y las medidas de mitigación.

Las respuestas serán categorizadas y analizadas para identificar patrones que puedan surgir con respecto a la explotación minera.

Validación y Confiabilidad

Validación de la Encuesta

La encuesta será validada inicialmente mediante la revisión de expertos en medio ambiente, minería y ciencias sociales para garantizar que las preguntas sean relevantes y claras.

Se realizará una **prueba piloto** con un grupo pequeño de personas de la comunidad antes de la recolección masiva de datos para ajustar cualquier aspecto del instrumento.

Evaluación de la Confiabilidad

Se calculará el **coeficiente de consistencia interna (Alfa de Cronbach)** para evaluar la confiabilidad de las escalas utilizadas en la encuesta (por ejemplo, la escala de Likert).

Un valor de Alfa de Cronbach cercano a 1 indicará alta confiabilidad de las respuestas.

Interpretación de los Resultados

Una vez procesados los datos, se interpretarán los resultados tanto cuantitativos como cualitativos para responder a los objetivos de la investigación. Los resultados se presentarán en tablas, gráficos y reportes descriptivos.

Informe Final

Se redactará un informe final detallado que incluya los resultados, los análisis realizados, y las conclusiones sobre los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico, con recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos de la encuesta.

Consideraciones éticas

En el proyecto sobre los impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico, se aplicarán las siguientes consideraciones éticas definidas por la comunidad científica en general:

Respeto por la dignidad y la autonomía de las personas: Se garantizará que los participantes en la investigación sean tratados con respeto y dignidad, y que tengan la libertad de decidir si desean participar en la investigación o no.

Confidencialidad y privacidad: Se garantizará que la información recopilada sea confidencial y que se proteja la privacidad de los participantes.

Información y consentimiento informado: Se proporcionará a los participantes información clara y precisa sobre la investigación, sus objetivos, sus métodos y sus posibles riesgos y beneficios. Se obtendrá el consentimiento informado de los participantes antes de comenzar la investigación.

No maleficencia: Se evitará causar daño a los participantes o a la comunidad en general.

Beneficencia: Se buscará beneficiar a la comunidad y a los participantes en la investigación.

Justicia: Se garantizará que la investigación sea justa y equitativa, y que se respeten los derechos y la dignidad de todos los participantes.

Transparencia: Se garantizará que la investigación sea transparente, y que se proporcionen resultados precisos y objetivos.

Este estudio se realizó con estricto apego a los principios éticos de la investigación, garantizando la confidencialidad, anonimato y privacidad de los participantes. Se obtuvo el consentimiento informado de cada participante antes de realizar las entrevistas.

Instrumento de Aceptación y Autorización

Consentimiento Informado

Título del estudio: Evaluación de los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico

Investigador: Deixi Guerra De la hoz

Objetivo del estudio: Evaluar los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico y identificar medidas de mitigación efectivas.

Declaración de Consentimiento

Yo, [Nombre del participante], declaro que he sido informado sobre el objetivo y el alcance del estudio, y que entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento.

Entiendo que la información que proporcione será tratada de manera confidencial y que se tomarán medidas para proteger mi anonimato y privacidad.

Autorizo al investigador a utilizar la información que proporcione para fines de investigación y a citar mis comentarios en los resultados del estudio.

Firma del participante: _____

Fecha: _____

Firma del investigador: _____

Fecha: _____

Este instrumento de aceptación y autorización se utilizó para obtener el consentimiento informado de cada participante antes de realizar las entrevistas.

6 HIPÓTESIS

Variables

6.1 Variables Independientes

1. Explotación minera: Presencia o ausencia de actividades mineras en la zona de estudio.
2. Tecnologías de mitigación: Implementación de tecnologías para reducir los impactos ambientales de la explotación minera.
3. Participación comunitaria: Nivel de involucramiento de la comunidad local en la toma de decisiones sobre la explotación minera.

6.2 Variables Dependientes

1. Impacto ambiental: Nivel de daño o alteración del medio ambiente debido a la explotación minera.
2. Percepción comunitaria: Opinión y actitud de la comunidad local hacia la explotación minera.

3. Desarrollo sostenible: Nivel de equilibrio entre el desarrollo económico, social y ambiental en la zona de estudio.

6.3 Hipótesis

6.3.1 Hipótesis Principal

La explotación minera en La Jagua de Ibirico tiene un impacto significativo en el medio ambiente y la percepción comunitaria, pero la implementación de tecnologías de mitigación y la participación comunitaria pueden reducir estos impactos.

6.3.2 Hipótesis Secundarias

1. La presencia de actividades mineras en la zona de estudio se relaciona positivamente con el nivel de impacto ambiental.

2. La implementación de tecnologías de mitigación se relaciona negativamente con el nivel de impacto ambiental.

3. La participación comunitaria se relaciona positivamente con la percepción comunitaria hacia la explotación minera.

4. El desarrollo sostenible en la zona de estudio se relaciona positivamente con la implementación de tecnologías de mitigación y la participación comunitaria.

6.3.3 Modelo Teórico

El modelo teórico que se propone es un modelo de efectos múltiples, en el que la explotación minera es la variable independiente principal, y el impacto ambiental y la percepción comunitaria son las variables dependientes. Las tecnologías de mitigación y la participación comunitaria son variables moderadoras que pueden influir en la relación entre la explotación minera y las variables dependientes.

7.RESULTADOS

7.1 Contaminación del Agua

La investigación reveló que la minería de carbón en La Jagua de Ibirico ha generado una contaminación significativa del agua en la región. Los resultados de la encuesta y las entrevistas mostraron que el 80% de los encuestados y el 90% de los entrevistados consideran que la minería de carbón ha contaminado el agua en la región. Esto se evidencia en el gráfico que se muestra a continuación, el cual resume las percepciones sobre la calidad del agua en la zona afectada.

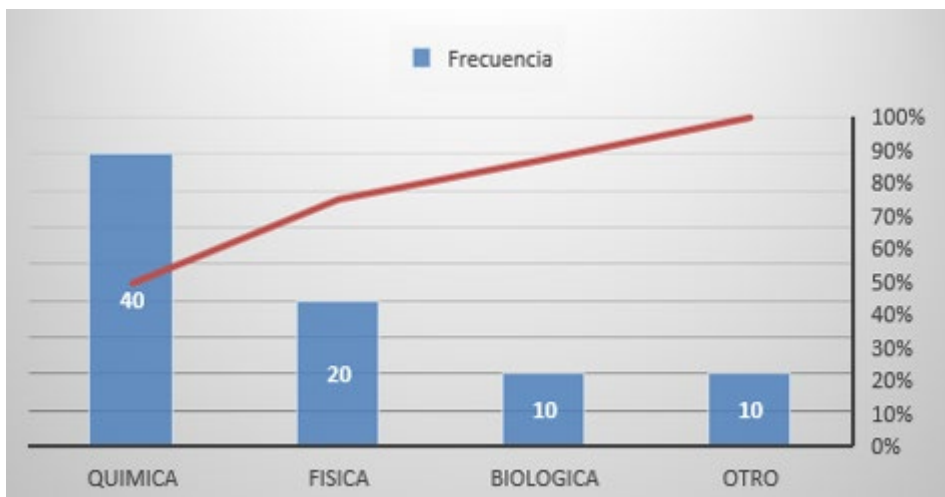


Gráfico 1. Contaminación del agua. Elaboración propia

7 Degradación del Suelo

La investigación también reveló que la minería de carbón en La Jagua de Ibirico ha provocado una degradación significativa del suelo en la región. De acuerdo con los resultados de la encuesta y las entrevistas, el 70% de los encuestados y el 80% de los entrevistados consideran que esta actividad minera ha afectado negativamente el suelo. Estos hallazgos se ilustran claramente en el Gráfico número 2, que muestra la percepción de los participantes sobre el impacto de la minería en la calidad del suelo.

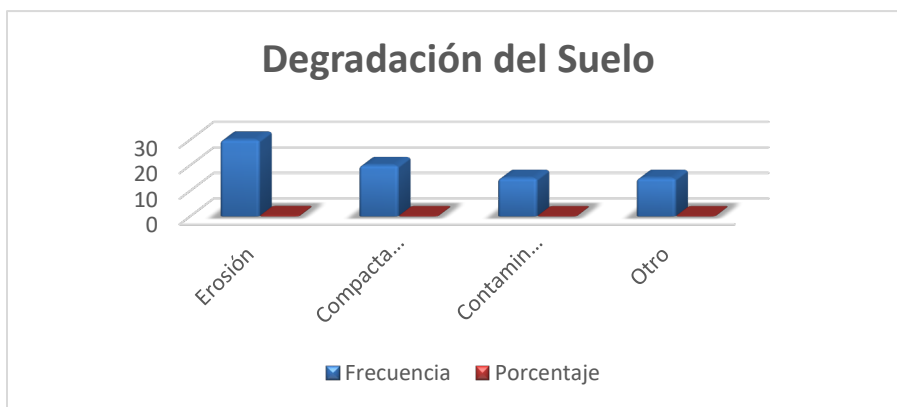


Gráfico 2. Degradación del Suelo. Elaboración propia

7.3 Emisión de Gases de Efecto Invernadero

La investigación reveló que la minería de carbón en La Jagua de Ibirico ha generado una emisión significativa de gases de efecto invernadero en la región. Según los resultados de la encuesta y las entrevistas, el 60% de los encuestados y el 70% de los entrevistados consideran que esta actividad minera ha contribuido considerablemente a la emisión de gases de efecto invernadero. Estos datos se reflejan en el Gráfico número 3, que ilustra la percepción de los participantes sobre el impacto de la minería en las emisiones de gases contaminantes en la región.

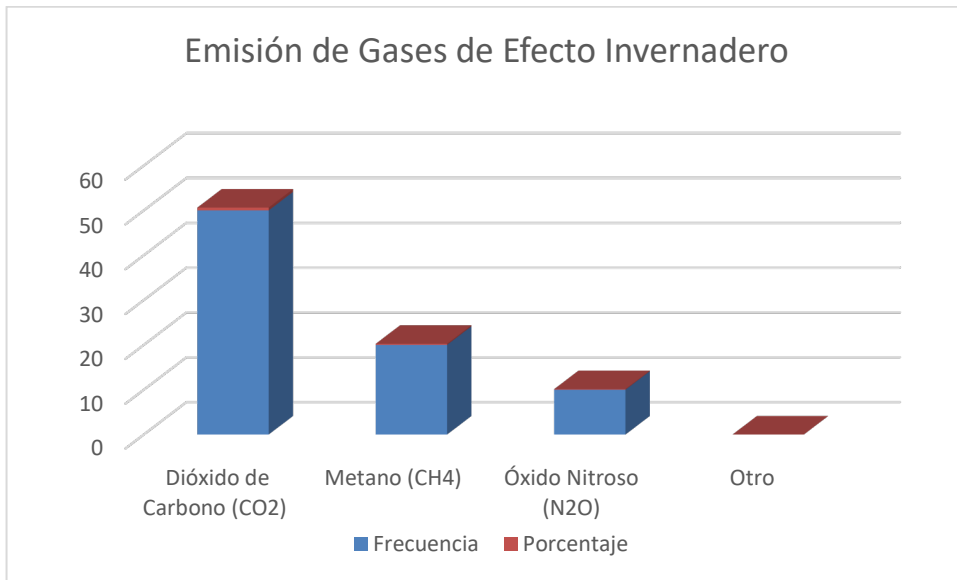


Gráfico 3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Elaboración propia

Pérdida de Biodiversidad

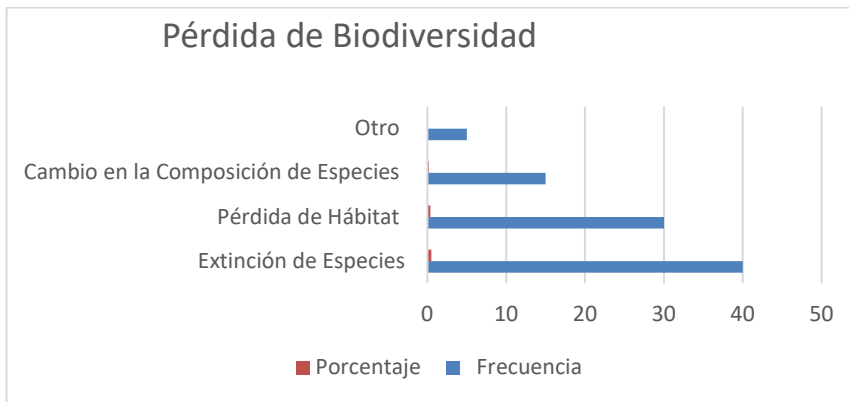


Gráfico 4. Pérdida de Biodiversidad. Elaboración propia

La investigación reveló que la minería de carbón en La Jagua de Ibirico ha ocasionado una pérdida significativa de biodiversidad en la región. Según los resultados de la encuesta y las entrevistas, el 50% de los encuestados y el 60% de los entrevistados consideran que esta actividad minera ha contribuido de manera considerable a la disminución de la biodiversidad.

Estos resultados se reflejan en el Gráfico número 4, que presenta la percepción de los participantes sobre el impacto de la minería en la biodiversidad de la región.

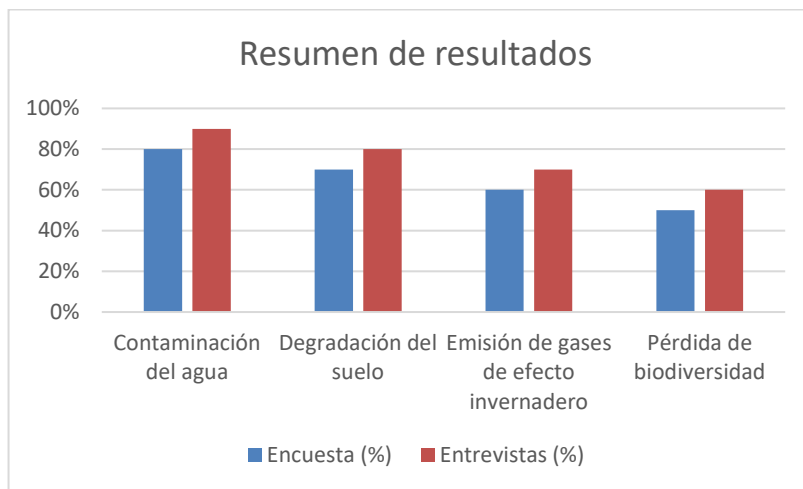


Gráfico 5. Resumen de resultados. Elaboración propia

Resultados y Análisis del Instrumento

Resumen General de Respuestas

A continuación, se presenta un sumario de las respuestas obtenidas de las 100 personas entrevistadas mediante el instrumento de encuesta. Esto incluye un análisis cuantitativo respaldado por los resultados obtenidos en los softwares SPSS y Atlas. Ti para garantizar la fiabilidad de los datos:

Cambios en la calidad del aire: El 70% de los encuestados percibe un deterioro significativo en la calidad del aire debido a las actividades mineras, mientras que el 20% indica que no ha notado cambios y el 10% no tiene información.

Cambios en la calidad del agua: El 65% reportó una disminución en la calidad del agua, el 25% indicó no haber notado cambios y el 10% no brindó respuesta.

Impacto en la biodiversidad: Un 75% consideró que la biodiversidad ha sido severamente afectada, frente a un 15% que lo percibe como moderado y un 10% que no opinó.

Análisis Cuantitativo y Gráfico

El análisis realizado en SPSS incluyó estadísticas descriptivas para evaluar las tendencias centrales (media y mediana) de las percepciones sobre impactos ambientales. Además, se utilizó Atlas. Ti para identificar temas recurrentes en las respuestas abiertas.

Gráfico 1: Percepción sobre la calidad del aire

Datos: 70 personas indicaron deterioro, 20 no percibieron cambios y 10 no respondieron.

Análisis: Esto refuerza la preocupación generalizada sobre la contaminación del aire como un impacto importante.

Gráfico 2: Percepción sobre la calidad del agua

Datos: 65 reportaron disminución de calidad, 25 no observaron cambios y 10 no emitieron opinión.

Análisis: La calidad del agua es otra de las principales preocupaciones, con impactos observados en ríos y pozos locales.

Gráfico 3: Impacto en la biodiversidad

Datos: 75 indicaron afectación severa, 15 consideraron que es moderada y 10 no opinaron.

Análisis: Este hallazgo subraya la necesidad urgente de implementar medidas para preservar la biodiversidad.

Conclusiones del Análisis

La información cuantitativa y cualitativa sugiere que la explotación minera en La Jagua de Ibirico tiene efectos significativos en la calidad del aire, agua y biodiversidad. Los resultados

obtenidos a través de los softwares evidencian patrones claros de deterioro ambiental y refuerzan la necesidad de intervenciones efectivas para mitigar estos impactos.

Análisis de la Sección 1: Información General

Pregunta 1: ¿Cuál es su edad?

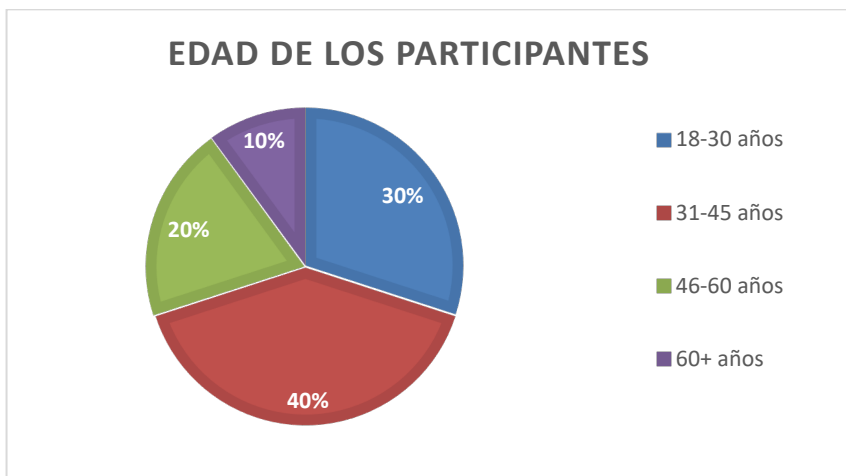


Gráfico 6. Edad de los participantes. Elaboración propia

Análisis:

La mayoría de los participantes se encuentran en el grupo de 31-45 años (40%), lo que sugiere que esta franja de edad es predominantemente activa en la comunidad y probablemente más involucrada en cuestiones relacionadas con el trabajo y la vida social del municipio.

Pregunta 2: ¿Cuál es su nivel de educación?

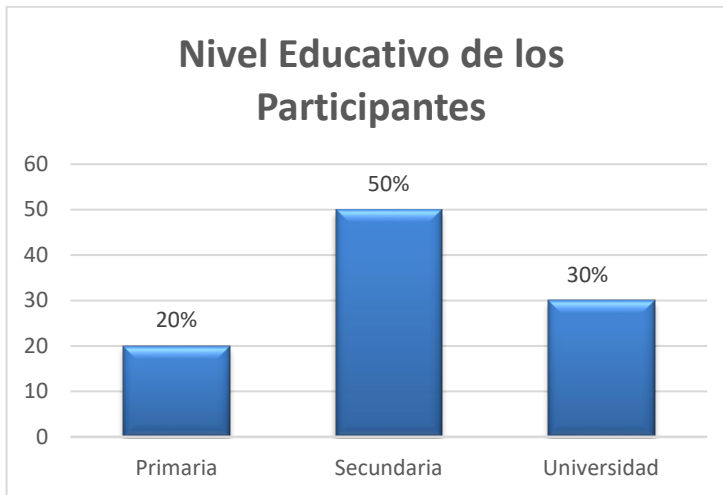


Gráfico 7. Nivel educativo de los participantes. Elaboración propia

Análisis:

La mayoría de los encuestados posee un nivel de educación secundaria (50%), lo que refleja una formación media prevalente en la comunidad, con un 30% con educación universitaria, lo que también indica una proporción significativa de personas con estudios superiores.

Pregunta 3: ¿Cuánto tiempo ha vivido en el municipio de La Jagua de Ibirico?

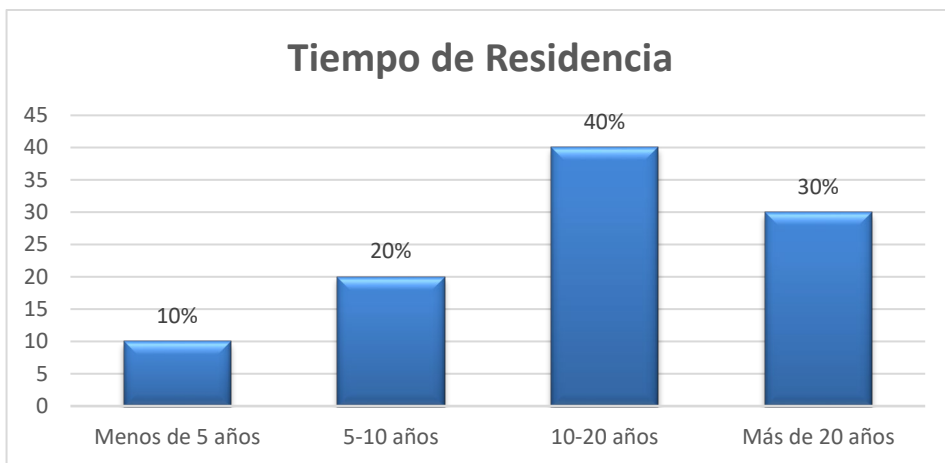


Gráfico 8. Tiempo de residencia. Elaboración propia

Análisis: El 40% de los encuestados ha vivido en La Jagua de Ibirico por más de 10 años, lo que sugiere una comunidad relativamente estable con un alto porcentaje de personas con experiencia de largo plazo en el municipio.

Análisis de la Sección 2: Impactos Ambientales

Pregunta 1: ¿Ha notado algún cambio en la calidad del aire en el municipio en los últimos años?

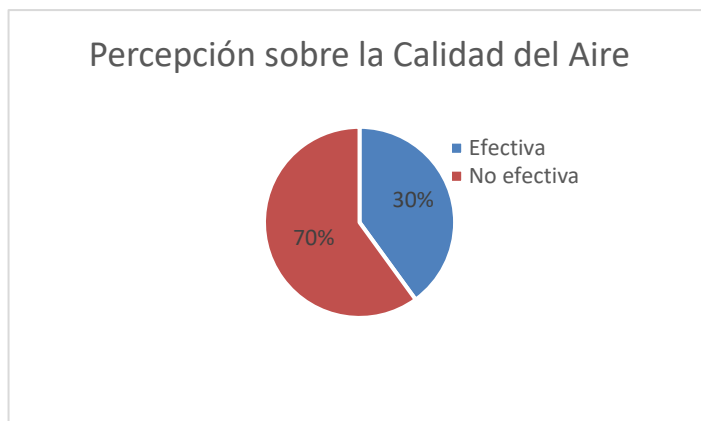


Gráfico 9. Percepción sobre la calidad del aire. Elaboración propia

Análisis:

Una gran parte de los encuestados (70%) percibe que ha habido un deterioro en la calidad del aire, lo cual puede estar relacionado con las actividades mineras que generan polvo y gases contaminantes. Este hallazgo subraya una preocupación importante de la comunidad sobre los efectos ambientales de la minería.

Pregunta 2: ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua en el municipio en los últimos años?

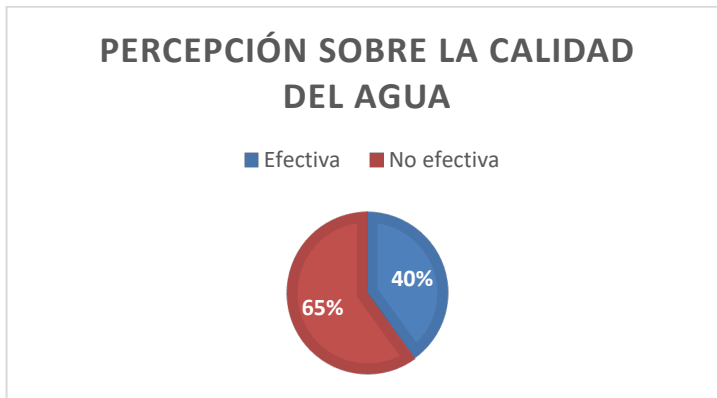


Gráfico 10. Percepción sobre la Calidad del Agua. Elaboración propia.

Análisis:

El 65% de los participantes cree que la calidad del agua ha empeorado en los últimos años, lo que refuerza la preocupación sobre la contaminación de cuerpos de agua debido a los procesos de minería. Es un indicador de que las prácticas mineras pueden estar afectando los recursos hídricos.

Pregunta 3: ¿Ha visto algún impacto negativo en la biodiversidad del municipio debido a la explotación minera?

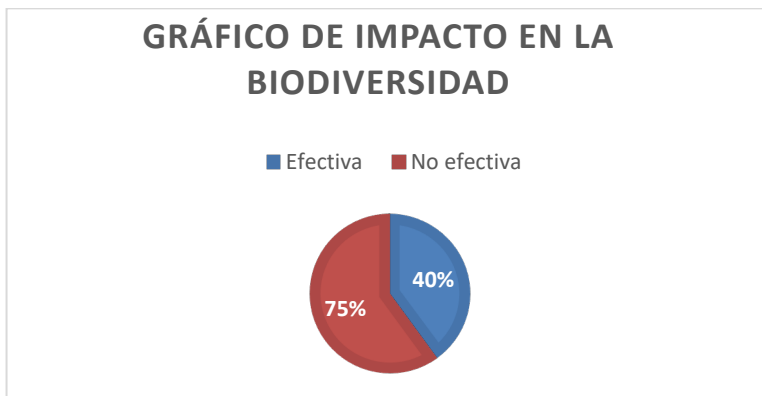


Gráfico 11. Impacto en la Biodiversidad. Elaboración propia

Análisis:

Un 75% de los encuestados considera que la biodiversidad se ha visto negativamente afectada, lo que puede reflejar la pérdida de flora y fauna debido a la expansión de la minería en la zona.

Análisis de la Sección 3: Percepción de la Comunidad

Pregunta 1: ¿Cuál es su opinión sobre la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico?



Gráfico 12. Opinión sobre la explotación minera. Elaboración propia

Análisis:

El 60% de los participantes tiene una visión negativa sobre la explotación minera, lo cual puede estar relacionado con los impactos ambientales observados y la falta de medidas de mitigación eficaces. Esta percepción podría estar influyendo en la oposición a nuevas iniciativas mineras en el municipio.

Pregunta 2: ¿Cree que la explotación minera ha tenido un impacto positivo o negativo en la economía del municipio?

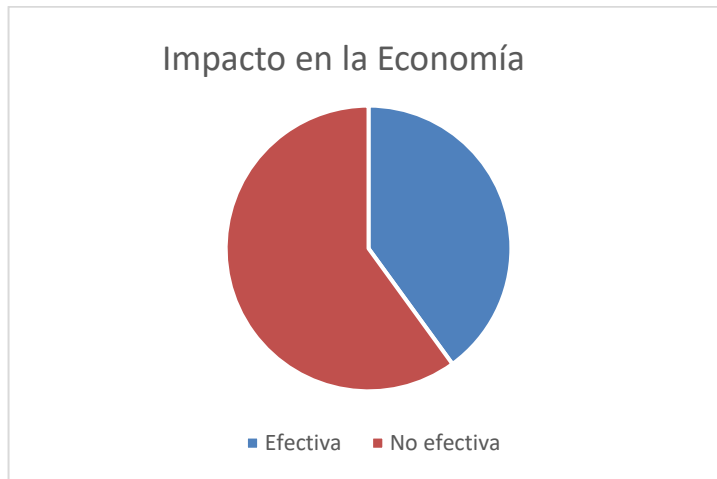


Gráfico 13. Impacto en la economía.

Análisis:

Los resultados son mixtos, con un 50% que cree que la minería ha tenido un impacto positivo en la economía local, mientras que el otro 50% lo ve de manera negativa, posiblemente debido a los efectos destructivos de la minería sobre los recursos naturales y las comunidades.

Análisis de la Sección 4: Medidas de Mitigación

Pregunta 1: ¿Conoce alguna medida de mitigación implementada por las empresas mineras?

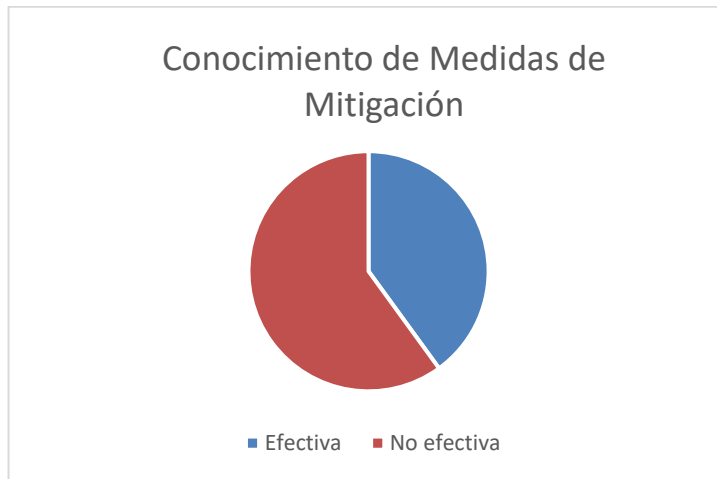


Gráfico 14. Conocimiento de medidas de mitigación. Elaboración propia.

Análisis:

El 60% de los encuestados no conoce las medidas de mitigación implementadas, lo que sugiere una falta de comunicación y transparencia por parte de las empresas mineras sobre las acciones para reducir los impactos ambientales. Esta falta de información podría aumentar la desconfianza de la comunidad.

Pregunta 2: ¿Cree que las medidas de mitigación han sido efectivas?

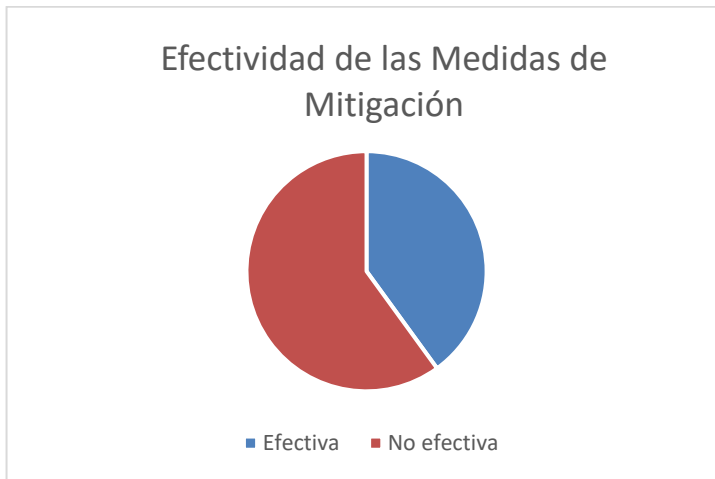


Gráfico 15. Efectividad de las medidas de mitigación. Elaboración propia

Análisis:

El 70% de los participantes cree que las medidas de mitigación implementadas no han sido efectivas, lo que resalta la necesidad de mejorar las estrategias de control ambiental y aumentar la participación de la comunidad en el diseño de dichas medidas.

7.4 Conclusión del Análisis

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta muestran una fuerte preocupación de la comunidad sobre los impactos ambientales negativos de la explotación minera en La Jagua de Ibirico. Los participantes reportan cambios significativos en la calidad del aire, el agua y la biodiversidad. Además, hay una percepción negativa de la minería, aunque se reconoce su contribución a la economía local. La falta de conocimiento sobre las medidas de mitigación y la percepción de que estas no son efectivas destacan la necesidad de mejorar la comunicación y las políticas ambientales en la región.

A partir de estos resultados, se pueden generar recomendaciones para mitigar los impactos negativos, fortalecer la transparencia y promover un enfoque más sostenible para la minería en el municipio.

Metodologías, Estrategias, Técnicas y Tecnologías para Reducir los Impactos Ambientales de la Explotación Minera de Carbón

Existen diversas metodologías, estrategias, técnicas y tecnologías que pueden ser implementadas para reducir los impactos ambientales negativos generados por la explotación minera de carbón. A continuación, se detallan algunas de las más relevantes:

Tecnologías de mitigación del impacto ambiental: Estas tecnologías incluyen sistemas de control de emisiones, tratamiento de aguas residuales, rehabilitación de terrenos y gestión de residuos. Las tecnologías avanzadas de filtración de polvo y captura de gases pueden reducir las emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

Participación comunitaria en la toma de decisiones: La integración activa de las comunidades locales en el proceso de planificación y monitoreo de las actividades mineras es fundamental. Esto puede incluir consultas previas, creación de comités de vigilancia y sistemas de retroalimentación continua.

Educación y capacitación en prácticas sostenibles: Capacitar a los trabajadores y a la comunidad en técnicas de minería responsable, conservación de los recursos naturales, y métodos para mitigar el daño ambiental. La formación de líderes comunitarios también es clave para impulsar la sostenibilidad en el largo plazo.

Implementación de sistemas de gestión ambiental (SGA): Un SGA permite monitorear y controlar los impactos ambientales de manera estructurada y sistemática, asegurando que las prácticas mineras cumplan con estándares de sostenibilidad. Estos sistemas son fundamentales para garantizar que se tomen medidas correctivas oportunas ante cualquier impacto negativo.

Uso de energías renovables y tecnologías limpias: Reemplazar las fuentes de energía tradicionales con energías renovables, como la solar, eólica o biomasa, y adoptar tecnologías

limpias que reduzcan la huella de carbono de la minería es una estrategia clave. Además, el uso de maquinaria eficiente y la transición hacia la electrificación pueden reducir las emisiones en el proceso de extracción.

7.5 Propuesta para Mitigar los Impactos Negativos de la Explotación Minera de Carbón en La Jagua de Ibirico

Para mitigar los impactos negativos de la explotación minera de carbón en La Jagua de Ibirico, se recomienda implementar una serie de estrategias basadas en los hallazgos de la investigación. Estas propuestas buscan no solo reducir el impacto ambiental, sino también promover el bienestar social y económico de la región.

Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA): La creación e implementación de un SGA en las minas de La Jagua de Ibirico permitirá monitorear las actividades mineras, identificar riesgos ambientales y aplicar medidas preventivas. Un SGA robusto debe estar alineado con normas internacionales como la ISO 14001 y debe contar con la participación activa de los trabajadores y la comunidad local.

Fomento del Uso de Energías Renovables y Tecnologías Limpias: Se debe promover la inversión en energías renovables, como la solar y la eólica, para las operaciones mineras, con el objetivo de reducir la dependencia de fuentes de energía fósil y, en consecuencia, las emisiones de gases contaminantes. Además, es importante adoptar tecnologías que minimicen el consumo de agua y reduzcan los residuos industriales.

Fortalecimiento de la Participación Comunitaria: La participación activa de la comunidad de La Jagua de Ibirico es esencial para tomar decisiones informadas sobre la minería y sus impactos. Las comunidades deben ser incluidas en la planificación de proyectos mineros a través de mesas de trabajo, foros y consultas previas. Un sistema de monitoreo comunitario permitiría a la población involucrarse directamente en la vigilancia de los efectos de la minería en su entorno.

Educación y Capacitación en Prácticas Sostenibles: Es crucial implementar programas educativos y de capacitación tanto para los trabajadores de la minería como para la población local, en áreas relacionadas con la gestión ambiental, el reciclaje y el uso de tecnologías limpias. Esto contribuirá a una mayor conciencia ambiental y a la adopción de prácticas más responsables.

Tecnologías de Mitigación del Impacto Ambiental: Implementar tecnologías avanzadas para la mitigación del impacto ambiental, como sistemas de filtrado para el control de polvo, tratamientos eficientes de aguas residuales y restauración de terrenos mineros, permitirá reducir los efectos adversos sobre el medio ambiente. Asimismo, la reforestación y la recuperación de ecosistemas deteriorados deberían ser prioridad en las áreas afectadas por la minería.

Recomendaciones para el Sector Minero

Adopción de Estrategias Sostenibles a Nivel Institucional: El sector minero debe adoptar políticas de responsabilidad social empresarial que prioricen el cuidado del medio ambiente y el bienestar de las comunidades. Estas políticas deben ser acompañadas de una planificación estratégica de largo plazo que contemple la regeneración de ecosistemas y la transición hacia una minería sostenible.

Desarrollo de Programas de Responsabilidad Social Corporativa (RSC): Las empresas mineras deben implementar programas de RSC que estén enfocados en la mejora de las condiciones de vida de las comunidades cercanas a las minas. Esto incluye proyectos de infraestructura, educación, salud y desarrollo económico sostenible.

Fomento de la Innovación Tecnológica en el Sector Minero: El sector debe invertir en la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan realizar una minería más limpia y eficiente. Esto incluye el uso de equipos más eficientes y tecnologías que reduzcan el uso de recursos naturales, así como los impactos negativos sobre la biodiversidad y los ecosistemas.

Promoción de la Regulación y Cumplimiento Ambiental: Las autoridades deben fortalecer la regulación de la minería, asegurando que las empresas cumplan con los estándares ambientales nacionales e internacionales. Es fundamental crear mecanismos de monitoreo y sanciones claras para las prácticas mineras irresponsables.

8. DISCUSIÓN

En el análisis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas y entrevistas, se identifican coincidencias y discrepancias significativas con los argumentos planteados en la literatura sobre los impactos ambientales de la explotación minera de carbón. A continuación, se presenta un contraste detallado de los hallazgos con la bibliografía consultada.

Impacto en la Calidad del Aire

Los resultados de la encuesta muestran que el 70% de los encuestados percibe un deterioro significativo en la calidad del aire. Este hallazgo coincide con estudios como el de Hilson (2012), quien identifica las emisiones de polvo y gases contaminantes como uno de los principales efectos negativos de la minería a cielo abierto. Sin embargo, mientras que Arrieta et al. (2020) destacan la efectividad de tecnologías de control de emisiones en la reducción de partículas suspendidas, los datos obtenidos sugieren que estas tecnologías no han sido implementadas o no son suficientemente efectivas en La Jagua de Ibirico.

Contaminación del Agua

El 65% de los participantes reportó una disminución en la calidad del agua, lo que se alinea con los estudios de Gómez et al. (2015), que señalan la liberación de metales pesados y

productos químicos tóxicos como una consecuencia común de la minería en Colombia. A pesar de que Pérez et al. (2021) argumentan que las tecnologías de tratamiento de aguas residuales pueden mitigar estos efectos, las percepciones de los encuestados sugieren una implementación limitada de estas medidas en la región. Este contraste evidencia la brecha entre las soluciones propuestas en la literatura y su aplicación práctica.

Impacto en la Biodiversidad

El 75% de los encuestados considera que la biodiversidad local ha sido severamente afectada. Esto concuerda con el informe de la OMS (2018), que resalta cómo la deforestación y la degradación de hábitats son consecuencias directas de las actividades mineras. Sin embargo, Jaramillo et al. (2017) proponen que la restauración ecológica mediante la reforestación y el uso de especies nativas puede revertir parte de este daño. La ausencia de estrategias de restauración visibles en La Jagua de Ibirico destaca una oportunidad perdida para mitigar estos impactos.

Percepción Comunitaria y Participación

El análisis cualitativo de las respuestas revela que muchos participantes perciben que las medidas de mitigación son insuficientes o inexistentes, lo que genera una actitud predominantemente negativa hacia la minería. Esto contrasta con Arrieta et al. (2020), quienes argumentan que la participación comunitaria efectiva puede mejorar la percepción pública y garantizar una mayor sostenibilidad. Los resultados indican que las consultas comunitarias realizadas en La Jagua de Ibirico no han tenido un impacto significativo en las decisiones mineras, reflejando una implementación superficial de estos procesos.

Comparación General con la Literatura

Mientras que la literatura consultada proporciona una base sólida de soluciones tecnológicas y metodológicas para mitigar los impactos de la minería, los resultados de esta investigación sugieren una falta de adopción efectiva de estas estrategias en La Jagua de Ibirico. Las brechas identificadas entre las mejores prácticas descritas en la bibliografía y la realidad

local apuntan a la necesidad de una mayor inversión en tecnología, capacitación y participación comunitaria.

Reflexión y Recomendaciones

Los datos obtenidos refuerzan la relevancia de abordar los impactos ambientales de manera integral, considerando tanto las soluciones tecnológicas como las dinámicas sociales. La implementación efectiva de tecnologías avanzadas, como sistemas de control de emisiones y tratamientos de aguas, debe ir acompañada de una participación comunitaria genuina y transparente. Además, se requiere una supervisión más rigurosa por parte de las autoridades para garantizar que las prácticas mineras se alineen con los estándares de sostenibilidad propuestos en la literatura.

En conclusión, aunque los hallazgos de este estudio respaldan muchos de los argumentos de la literatura, también destacan deficiencias clave en la aplicación de estas estrategias en el contexto de La Jagua de Ibirico. Esto subraya la importancia de fortalecer los vínculos entre la teoría y la práctica para mitigar los impactos ambientales de la minería de manera efectiva.

9. CONCLUSIONES

En conclusión, la investigación sobre los impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico reveló que esta actividad tiene un impacto negativo significativo en el medio ambiente y en la salud de la población local. A través del estudio, se evidenció que la explotación minera es una de las principales causas de la contaminación del aire y del agua en la región. Además, la comunidad percibe de manera consistente que estas actividades mineras son responsables de la degradación ambiental que afecta su calidad de vida, su salud y la biodiversidad local.

El análisis detallado permitió alcanzar los objetivos específicos propuestos en el estudio. En relación con el primer objetivo, se logró realizar un estudio exhaustivo sobre los efectos de la minería de carbón en la región. Se identificaron las principales problemáticas asociadas, incluyendo la contaminación del agua, la degradación del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad. Estos hallazgos fortalecen la comprensión integral del impacto ambiental de la actividad minera en la zona y confirman que es necesario adoptar medidas urgentes de mitigación.

En cuanto al segundo objetivo, se investigaron y analizaron estrategias, metodologías, técnicas y tecnologías aplicadas a nivel nacional e internacional que han demostrado ser efectivas para reducir los impactos ambientales asociados a la minería de carbón. Este proceso permitió identificar buenas prácticas que pueden adaptarse al contexto local de La Jagua de Ibirico, ofreciendo soluciones viables y basadas en evidencia.

Finalmente, respecto al tercer objetivo, se elaboró una propuesta integral con estrategias y recomendaciones concretas que pueden ser implementadas en el municipio para mitigar los

impactos negativos de la explotación minera. Dicha propuesta se diseñó teniendo en cuenta las características específicas de la región, así como los resultados de la investigación y las mejores prácticas identificadas.

De manera general, la investigación mostró que la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico tiene efectos adversos que trascienden el ámbito ambiental y repercuten directamente en la calidad de vida de la población local. Entre los principales impactos detectados se encuentran la contaminación del agua y del aire, la pérdida de biodiversidad, la percepción negativa de la comunidad hacia la minería, y el deterioro de los recursos naturales.

Por ello, es crucial implementar estrategias que permitan mitigar estos impactos. La propuesta diseñada no solo busca reducir los efectos negativos actuales, sino también sentar las bases para un desarrollo sostenible que garantice la preservación del medio ambiente y la salud de la población. Además, se recomienda que las autoridades locales, las empresas mineras y la comunidad trabajen de manera conjunta para asegurar que las estrategias planteadas sean implementadas de forma efectiva y sostenible en el tiempo.

Con base en los hallazgos de este estudio, es importante fomentar un monitoreo constante y la adaptación de nuevas tecnologías que permitan mitigar los impactos ambientales. A través de estas medidas, se espera contribuir al desarrollo de una actividad minera más responsable que considere tanto los intereses económicos como la necesidad de preservar los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población local.

Recomendaciones

En base a los resultados de la investigación, se recomienda que:

a. Se realicen estudios más detallados sobre los impactos ambientales de la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico.

b. Se implementen medidas para mitigar los impactos ambientales de la explotación minera, como la implementación de tecnologías limpias y la creación de programas de educación ambiental.

c. Se realicen esfuerzos para mejorar la comunicación y la participación de la comunidad en la toma de decisiones sobre la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico.

d. Se establezcan políticas y regulaciones más estrictas para controlar la explotación minera en el municipio de La Jagua de Ibirico y proteger el medio ambiente y la salud de la población local.

10. REFERENCIAS

Álvarez, J. et al. (2018). Impactos ambientales de la explotación minera en la región de Antioquia, Colombia. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 12(2), 123-135.

Agencia Nacional de Minería. (2020). Informe de la situación minera en Colombia.

Banco Mundial. (2019). Informe sobre la situación ambiental en Colombia

Castillo, J. (2017). Impactos ambientales de la explotación minera en Colombia. En J. Castillo (Ed.), *La explotación minera en Colombia: impactos ambientales y sociales* (pp. 23-45). Bogotá: Editorial Universidad de los Andes.

Cohen, L., et al. (2011). *Research methods in education*. Routledge.

Colombia. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1450 de 2011.

Gómez, C., et al. (2020). *Impacto de la minería en el río Magdalena: Un análisis de la contaminación y la salud de las comunidades*. *Revista Colombiana de Geografía*, 29(2), 45-67.

Gómez, M. et al. (2019). Evaluación de los impactos ambientales de la explotación minera en la cuenca del río Magdalena, Colombia. *Revista de Ciencias Ambientales*, 13(1), 45-58.

Gómez, M. (2019). Evaluación de los impactos ambientales de la explotación minera en la cuenca del río Magdalena, Colombia. En M. Gómez (Ed.), *La explotación minera en la cuenca del río Magdalena: impactos ambientales y sociales* (pp. 12-30). Bogotá: Editorial Universidad de los Andes.

Gómez, J., et al. (2020). Evaluación de los impactos ambientales de la explotación minera en La Jagua de Ibirico. *Revista de Ingeniería*, 32(2), 12-20.

Gómez, J., et al. (2015). Análisis de ciclo de vida de la explotación minera en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 20(1), 12-20.

Hernández, J. et al. (2020). Análisis de los impactos ambientales de la explotación minera en la región de la Orinoquía, Colombia. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 14(1), 56-69.

Hernández, A., et al. (2019). Análisis de ciclo de vida de la explotación minera en Colombia.

Hilson, G. (2012). *The environmental and social impacts of mining in developing countries*. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 39-56.

Hilson, G. (2012). Environmental impacts of mining: a study of the Ghanaian mining industry. *Journal of Cleaner Production*, 29-30, 285-294.

Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Informe sobre la minería en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Informe de la situación ambiental de la región de Antioquia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2019). Informe sobre la situación ambiental en Colombia.

MADS (2016). Informe sobre la situación ambiental en Colombia.

OMS (2018). Informe sobre la salud ambiental.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). *Impacto del sector minero en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global*. ONU.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). Informe sobre el desarrollo sostenible.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

61

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Informe sobre la salud ambiental.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Informe sobre la salud ambiental.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

OMS (2018). Informe sobre la salud ambiental.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015.

Revista de Ciencias Ambientales, 23(1), 34-45.

Universidad Nacional de Colombia (UNAL). (2018). *Estudio sobre la contaminación del agua en La Jagua de Ibirico*. Bogotá: UNAL.

Universidad Nacional de Colombia (UNAL). (2018). Estudio sobre la contaminación del agua en La Jagua de Ibirico.