



INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍAS

Planificación ambiental como estrategia de sostenibilidad en una empresa minera de yeso

Environmental planning as a sustainability strategy in a gypsum mining company

Johana Marcela Arregocés Guerrero 

Universidad de La Guajira,
Colombia

Juan Antonio Blanco Moreno 

Universidad de La Guajira,
Colombia

Danny Daniel López Juvinao 

Universidad de La Guajira,
Colombia

OPEN  ACCESS

Recibido: 30/01/2024

Aceptado: 24/05/2024

Publicado: 07/06/2024

Correspondencia de
autores: dlopezj@uniguajira.edu.co



Copyright 2024
by Investigación
e Innovación en
Ingenierías

Resumen

Objetivo: Realizar un estudio sobre la planificación ambiental y su incidencia en la sostenibilidad en una empresa minera dedicada al procesamiento de yeso, en el departamento de La Guajira, Colombia. **Metodología o método:** Se utilizó un estudio de tipo descriptivo-explicativo, con características no experimental. Para la recolección de información se implementó una ruta de planificación estratégica centrada en tres fases (F1) identificación de problemas ambientales, (F2) Modelo de planificación ambiental (F3) seguimiento y control del modelo planteado. En cuanto, a la población está conformada por 1 gerente general y 14 trabajadores de oficios varios. Para brindar validez y confiabilidad al estudio se aplicó el criterio de juicio por expertos. **Resultados:** La implementación de las fases de planificación ambiental es una estrategia para disminuir las problemáticas ambientales derivadas de la actividad minera de yeso, lo que ayuda de cierta manera a impulsar el desarrollo sostenible del territorio guajiro en cuanto a actividades industriales. **Conclusiones:** Pese a que se siguen evidenciando afectaciones a los factores ambientales en las fases productivas de esta mina de yeso, la planificación simboliza la gestión más efectiva para asegurar el buen uso de los recursos naturales.

Palabras clave: Ambiental, desarrollo sostenible, minería, planificación, yeso.

Abstract

Objective: To conduct a study on environmental planning and its impact on sustainability in a mining company dedicated to gypsum processing in the department of La Guajira, Colombia. **Methodology or method:** A descriptive-explanatory study was used, with non-experimental characteristics. To collect information, a strategic planning route was implemented focused on three phases (F1) identification of environmental problems, (F2) Environmental planning model (F3) monitoring and control of the proposed model. As for the population, it is made up of 1 general manager and 14 workers in various trades. To provide validity and reliability to the study, expert judgment criteria was applied. **Results:** The implementation of the environmental planning phases is a strategy to reduce the environmental problems derived from gypsum mining activity, which helps in a certain way to promote the sustainable development of the Guajira territory in terms of industrial activities. **Conclusions:** Although environmental factors continue to be affected during the production phases of this gypsum mine, planning is the most effective way to ensure the proper use of natural resources.

Keywords: Environmental, sustainable development, mining, planning, gypsum.

Como citar (IEEE): J. Arregocés Guerrero, J. Blanco Moreno, D. López Juvinao, "Planificación ambiental como estrategia de sostenibilidad en una empresa minera de yeso" *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 12, no. 1, pp. 118–117, 2024, doi: <https://doi.org/10.17081/invinno.12.1.7130>

Introducción

En la actualidad existen problemáticas a nivel mundial enfocadas al cambio climático y equilibrio del ambiente; las cuales están relacionada con el hombre y su necesidad de subsistencia a lo largo de la historia. Expertos señalan que específicamente, desde el año 1750, el planeta está presentando un calentamiento global y aseguran que durante el presente siglo continuará en aumento a consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes de las diferentes actividades antropogénicas, en particular, las procedente de combustibles fósiles que nos permiten el aprovechamiento del petróleo, gas natural y carbón [1].

En este sentido, desde hace una década las autoridades gubernamentales a nivel mundial encendieron los focos de alarma, debido a las grandes afectaciones generadas en los ecosistemas, la degradación de áreas estratégicas protegidas, el aumento per-capital de la huella de carbono y el consumismo en masa, todo esto genera una mayor demanda de recursos naturales [2]. Los factores ambientales más afectados son la atmosfera, los océanos y el subsuelo; lo que influencia directamente a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos, ejemplo de esto son las olas de calor, el aumento de los niveles del mar, incendios forestales, terremotos, maremotos e incluso inundaciones como las presentadas en China, Grecia y América del Norte [3].

Por su parte, América latina es considerada una perla para las diferentes industrias esto se le atribuye por ser potencial en reserva de minerales como el carbón, piedras preciosas, la sal y algunos derivados de estos como es el caso del yeso este último con altas reservas de yacimientos en México [4]. Del mismo modo, este territorio posee problemáticas directamente relacionadas con el incremento en las disparidades de la riqueza al igual que el cambio climático y el apoderamiento de territorios para explotaciones mineras por parte de empresarios extranjeros, lo que desencadena situaciones negativas en el ámbito socioeconómico [5], dentro de los países latinoamericanos que centran su economía local en actividades mineras se encuentran Chile, Brasil, Venezuela, Perú y por su puesto Colombia.

A su vez, las empresas extractivas de la región de América Latina y el Caribe se han enfrentado a una cantidad significativa de críticas en los últimos años por los impactos sociales y ambientales de sus proyectos de minería industrial. En contexto espacial, las condiciones geológicas del territorio favorecieron la formación de una gran variedad de depósitos minerales con reservas significativas [6], lo cual, da lugar a que la explotación minera sea una constante en el abastecimiento de materias primas para el desarrollo de la infraestructura vial, de construcción y de la industria local. De ahí, la extracción a gran escala de minerales, como cobre, oro, carbón, níquel, que son comercializados en los mercados internacionales, generando inversión extranjera, regalías, impuestos y empleo, para dinamizar la economía de los países de la región [7] y minerales comercializados a nivel nacional como arcilla, yeso, materiales aluviales, sal, que permiten dinamizar la economía local.

Sin duda, la minería sigue categorizada como una de las actividades productivas con mayor remuneración económica la incidencia de esta en el crecimiento de un país parece ser imprescindible; tal es el caso de China quien en la actualidad es catalogado como el territorio con una de las tasas más altas en producción, procesamiento y consumo de recursos naturales [8]. Es así, como la alta demanda de minerales naturales sigue representando una amenaza para el equilibrio de ecosistemas, debido a esto, diferentes organizaciones ambientales internacionales como la ONU,

Greenpeace, TNC, entre otras, de gran importancia, hacen un llamado a la aplicación de medidas de manejo ambiental para lograr concebir la introducción y el buen uso de un concepto denominado desarrollo sostenible [9].

Ahora bien, es importante destacar que el desarrollo sostenible no se refiere a un estado inmutable de la naturaleza y de los recursos naturales, pero sí incorpora una perspectiva de largo plazo en el manejo de los mismos, por lo que ya no se apunta a una «explotación» de los factores ambientales sino a un manejo razonable de éstos [10]; de esa forma cuando se hace énfasis en la aplicación de procesos de planificación ambiental alrededor de las etapas productivas, se logra una estrategia para poder consolidar un equilibrio entre producción y medio ambiente, con la finalidad de asegurar una durabilidad de estos para el goce de las generaciones futuras.

Debido a que, el desarrollo sostenible está directamente relacionado con el buen uso de los recursos naturales, es necesario mencionar una nueva herramienta que se consolida bajo un conjunto de acciones, planes y programas cuyo objetivo es lograr principios de conservación la cual lleva por nombre planificación ambiental; este concepto es tan amplio en la actualidad que llega a comprender diferentes factores como lo es el urbano, regional, normativo, ambiental, económico y social [11]. En este sentido, la planificación ambiental requiere la implementación e integración de entidades competentes departamentales y nacionales, en Colombia este tipo de procesos va de la mano del plan de gobierno y se centran bajo los tres principios de sostenibilidad [12].

Respecto a la minería en Colombia, se debe mencionar que es una de las actividades de aprovechamiento que mayores impactos negativos genera a los factores ambientales, dado que produce una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que son emitidos a los entornos naturales, por medio de depósitos, partículas sedimentadas o traídas por las aguas lluvias, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera, o por la infiltración de productos de lixiviación (aguas provenientes de minas a cielo abierto, escombreras) [13, 14] sustenta que una de las situaciones más evidentes es la transformación del paisaje debido a que se necesita destinar espacios amplios para el acoplamiento de equipo y desarrollo de las etapas de producción, lo que trae cambios en la fisiografía del suelo y contaminación visual; si no se lleva a cabo bajo procesos de planificación ambiental.

Conforme a lo anterior, [15] la minería ilegal genera grandes espacios de conflictividad y alcanza niveles mayores en países como el de Colombia donde en el año 2023 se explotaron 41,081 hectáreas en áreas con prohibición total. El modelo extractivista se ha instaurado como una de las principales actividades económicas, sin embargo, las tecnologías, los procesos ambientales, la pobre regulación, el escaso control de las problemáticas ambientales, la falta de presencia del estado y la protección de intereses particulares producidas por estas actividades extractivas, han puesto en evidencia complejos conflictos de carácter socio ambiental que repercuten profundamente en las dinámicas poblacionales y que comienzan a ser motivo de preocupación debido a los efectos que se entrevén en las condiciones de vida, salud y el tejido social propio de las poblaciones aledañas a las zonas de explotación de minerales [16].

Es así, [17] como se hace necesario abordar la planificación ambiental para el desarrollo de estrategias, el objetivo principal de esta variable es integrar la planeación de los sectores productivos con la problemática ambiental derivada de cada actividad específica. [18] resalta que la puesta en

marcha de los planes estratégicos ambientales derivados de los procesos de planificación son claves dentro de las actividades mineras, esto se logra mediante la implementación de un plan de manejo ambiental que contiene acciones de prevención, mitigación, control, restauración y en casos puntuales compensación, sujetos a los instrumentos de planeación territorial y el monitoreo constante de las corporaciones autónomas regionales.

En los distintos departamentos del Colombia existen entes encargados de la ejecución de políticas, control territorial que cuentan con autonomía de tipo administrativo, llamadas Corporaciones Autónomas Regionales, que son el ente máximo en cada territorio entorno a los aspectos ambientales. Las actividades mineras por lo general deben contar con una serie de requisitos mínimos como permiso de aprovechamiento forestales, concesión de uso (agua, suelo, forestales), licencia ambiental cuando el proyecto, obra u actividad pueda generar impactos mayores al medio, para la aplicación de este conjunto de acciones se aplica planificación ambiental [19].

Dada esta situación, la Región Caribe Colombiana ha crecido en cuanto a sostenibilidad ambiental de manera gradual, debido al fortalecimiento de procesos estratégicos que buscan establecer rutas para consolidar acciones amigables con el ambiente proponiendo el buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales en los departamentos del Cesar, Magdalena y La Guajira. [20]. A su vez, la planificación ambiental se basa en fases las cuales son diagnóstico, formulación de alternativas amigables, ejecución o puesta en marcha y procesos de seguimiento y control, este paso a paso puede impactar significativamente de manera jerarquizada y es una estrategia del Ministerio de Ambiente para proponer lineamientos de explotación en actividades mineras [21].

En este contexto, La Guajira es un departamento rico en recursos naturales, incluso el Servicio Geológico Colombiano definió dentro de este territorio dos áreas estratégicas mineras con alto potencial de aprovechamiento de materiales para construcción, yeso, barita entre otros minerales. Su posición geográfica la hace privilegiada, sin embargo, sigue siendo una zona con bajo desarrollo y altos niveles de pobreza. Se determina que el departamento es potencia minero-energética, esta es una de las razones por las cuales el principal problema ambiental está enfocado a la mala planificación y uso de los factores ambientales, lo que tiene como consecuencia directa la sobreexplotación de fuentes naturales [22].

El desarrollo de estudios de desarrollo sostenible en el departamento de La Guajira genera aportes significativos de manera socio ambiental, debido a las problemáticas presentes entorno al manejo de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales y aprovechamiento de recursos, incluso el plan de desarrollo nacional (PND), resalta que La Guajira tiene un reto específico el cual consiste en promover una producción sostenible sólida que genere impactos en los sectores productivos, con esta propuesta el gobierno nacional busca determinar estrategias de planificación ambiental en la minería artesanal y a gran escala, el alcance de este tipo de iniciativas buscar impactar en comunidades indígenas que habitan en territorio guajiro y que tienen como sustento diario la explotación de recursos naturales fortaleciendo los procesos de educación ambiental y por ende conservación de factores ambientales [23].

Actualmente, la disponibilidad del yeso en el mercado colombiano es representativa, debido a que hay reservas de yeso natural en el país, se estima que las regiones donde hay mayor presencia de este mineral es en La Guajira, Ibagué y Villa De Leiva, además, esta materia prima es resultante secundario de algunas actividades industriales como la combustión de boro y titanio, [24] para poder desarrollar la explotación conforme a la ley es necesario permiso de concesiones o minas

de propiedad particular. Los medios naturales ideales para que se forme el yeso son en ambientes sedimentarios con precipitación de aguas netamente salinas y cloruros que proceden de ambiente marinos someros la variabilidad del yeso lo posiciona como un material ideal para actividades de construcción su durabilidad, fácil aplicación y ornamentación, lo lleva a ocupar el puesto 499 más exportado en Colombia [25].

De manera puntual, La Guajira posee tres minas dedicadas a la explotación y extracción de yeso, ubicadas en los municipios de Manaure y Uribia empresas donde la explotación del mineral es de manera artesanal con la implementación de herramientas rudimentarias como lo es el pico, la pala, cernidores, azadones y carretillas; es importante resaltar que estas actividades generan diversos impactos ambientales negativos lo que requiere de herramientas como la planificación ambiental para apoyar la calidad ambiental de estas empresas e impulsar el desarrollo sostenible dentro del territorio [26].

De cierta manera, los modelos de aprovechamiento del yeso en el departamento de La Guajira generan consigo degradación de algunos factores ambientales, siendo la transformación del paisaje una de las evidentes a simple vista, además de degradación física, química y biológica del suelo. De acuerdo con [27] los depósitos de yeso producen hundimiento y deslizamiento del suelo, generando pérdida de las propiedades edáficas y fisiográficas. En la producción no tecnificada el yeso queda expuesto al medio exterior sin ningún tipo de cubrimiento siendo este un mineral muy reactivo con facilidad de disolución al contacto con la lluvia contribuye a procesos erosivos.

Del mismo modo, durante el lavado del yeso se generan aguas residuales las cuales si no son tratadas de manera adecuada afectan las condiciones del medio natural, la incidencia de este mineral en la salud humana, incluso el yeso limpio y procesado puede generar irritaciones en la vista, tos y alteraciones respiratorias al simple contacto, la piel es uno de los órganos más sensibles a este mineral por esto es necesario portar con elementos de protección personal, debido a que las consecuencias a largo plazo están asociadas a cáncer de piel, fatiga constante y en algunos casos la muerte debido a la cantidad de toxinas provenientes de este mineral [28].

Por tanto, es importante resaltar que la planificación ambiental es una estrategia para poder lograr el desarrollo sostenible para actividades mineras, dado a que este tipo de acciones van de la mano de las políticas públicas ambientales y simboliza la posibilidad de impactar positivamente, por ende, el estudio de este tema es de gran importancia para potencializar e impulsar a fases productivas más limpias descentralizadas de la minería tradicional, haciendo ahínco en el dominio del conocimiento y como un aporte a la literatura local ya que existen pocas investigaciones sobre el tema en el territorio [29], no obstante, se deben centrar los esfuerzos en seguir fortaleciendo la conciencia ambiental en todos los ámbitos para poder aportar a la problemática del cambio climático a corto, mediano y largo plazo, desde la academia se busca aportar a la agenda mundial de objetivos de desarrollo sostenible proponiendo acciones específicas de sustentabilidad y brindando algunas recomendaciones de mejora a empresas dedicadas a la explotación de yeso; es importante involucrarse en estas acciones porque cuenta con una amplia gama de rutas estratégicas y no limita a las organizaciones productivas a criterios puntuales [30].

Finalmente, se debe resaltar que las exigencias implícitas por parte de una producción más limpia van de la mano de pequeñas acciones y procesos que conllevan tiempo en donde es indispensable que las organizaciones estén preparadas para gestionar sus recursos financieros de manera adecuada; de tal forma, que se tomen decisiones financieras acordes con las metas planteadas por las organizaciones en este caso desde el ámbito minero. Como una de las acciones que facilita la aplicación de la planificación ambiental esta la ejecución de una serie de actividades que deben ser cumplidas progresivamente para ser llamativos en el mercado y mantener la competitividad por medio de un valor agregado que es la sostenibilidad [31].

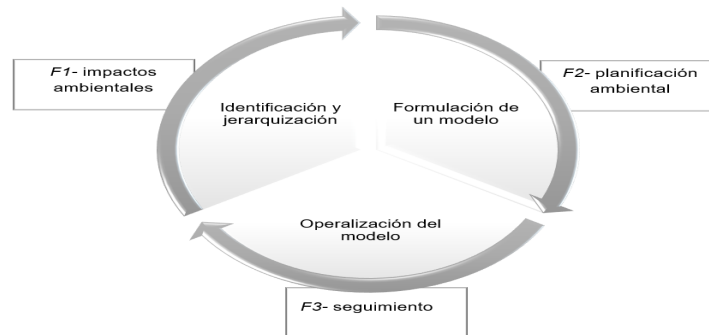
Metodología

La investigación está enmarcada al ámbito minero específicamente a la explotación de yeso y su producción destinada para al sector de construcción y ornamentación; en el municipio de Uribe perteneciente al departamento de La Guajira se presentan las condiciones óptimas para la formación de estratos o capas de yeso y se extrae directamente de la naturaleza en cantera [32]. En cuanto al enfoque metodológico del estudio es descriptivo, que consiste en estudiar de forma objetiva hechos específicos entorno a una variable en este caso la planificación ambiental, además, se explica la relación entre causas y consecuencias de efectos ambientales y procesos productivos.

El diseño de la investigación es no experimental [33] ideal para estudiar procesos tal como se dan dentro de su ambiente natural, es decir, no se construyen ni se manipulan variables o situaciones, por el contrario, se analizan las ya existentes. Realizar investigaciones con este tipo de metodología es beneficioso desde el marco teórico debido a que, es un tema poco común dentro del territorio lo que ayuda a fortalecer la literatura de la variable planificación ambiental y fomenta la investigación local desde el enfoque de sostenibilidad.

Para el desarrollo de la investigación se formularon tres fases claves bajo el modelo de la planificación estratégica, cabe resaltar, que este tipo de modelo no elimina los riesgos si no que los identifica y propone acciones de mejora para cumplir con el objetivo planteado [34]. En este sentido, las fases se relacionan a continuación: (F1) identificación y jerarquización de problemáticas ambientales entorno a la producción de yeso; (F2) formulación estratégica de un modelo de planificación ambiental direccionado al desarrollo sostenible; (F3) Operalización de seguimiento al modelo planteado.

Figura 1. Esquema de diseño del estudio bajo el modelo planificación estratégica



Fuente: Elaboración propia

A su vez, se seleccionó la población de interés lo cual fue de gran importancia para la recolección de información, en este sentido, dicha muestra está compuesta por 16 trabajadores de la empresa minera ubicada en el territorio guajiro. Los estamentos están divididos para operar bajo una categoría laboral, partiendo de un gerente general encargado de regulación, manejo de actividades y un ingeniero de producción desde el área administrativa, el resto de los trabajadores se encargan de actividades varias según lo requieran las fases productivas.

En cuanto, a la recolección de información se utilizaron fuentes primarias representadas en observación rigurosa y detallada en campo, las cuales fueron claves para la identificación de aspectos ambientales, también se desarrollaron entrevistas directas a los trabajadores de la empresa para asegurar la veracidad de la información. De manera complementaria se emplearon fuentes secundarias; con la finalidad de ampliar el tema en relación a la planificación ambiental, la información documentada de estudios principalmente basada en análisis de fuentes bibliográficas de interés, libros, revistas y artículos científicos.

En este sentido, dándole continuidad al diseño de la investigación para la identificación y jerarquización de impactos ambientales (F1), se utilizó una lista de chequeo de manera cualitativa enfocada en los factores ambientales y las fases de producción del yeso, es un método para evaluar impactos desde la gestión ambiental recomendado por organismos internacionales con gran incidencia en la fase preliminar de una investigación brindando una prefactibilidad y la posibilidad de cubrir las áreas de impactos [35]; una de sus principales características es la versatilidad lo que hace que sea beneficiosa para establecer criterios de evaluación complementada de una revisión compleja y exhaustiva preferiblemente en campo.

Del mismo modo, para la formulación estratégica de un modelo de planificación ambiental (F2) se establece una valoración de impacto ambiental de cada una de las acciones direccionadas al buen manejo de los recursos naturales de manera planificada de la mano de estrategias ambientales pertinentes. Para lo cual, se determinan las acciones a implementar para cada factor ambiental evaluado en la (F1); con la finalidad de determinar la incidencia de estas propuestas en el incremento del desarrollo sostenible; se emplea el matriz de valoración de acciones en la cual se agregan valores cualitativos dependiendo de la acción que se vaya a realizar por cada efecto [37] utilizando un rango de colores (ver tabla 2).

Tabla 1. Modelo de ficha de acciones estrategias por factor

| Ficha 1_ Acción estratégica | |
|------------------------------------|--|
| Factor | |
| Acciones planificadas | |
| | |
| | |
| Descripción de acción estratégica | |
| Valoración de acciones | |
| Objetivo | |

| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano | Recurso físico |
|-------------|-----------------------|-------------|----------------|----------------|
| | | | | |
| | | | | |

Fuente: adaptado de [37].

Tabla 2. Muestra de Matriz de valoración de acciones.

| Valoración | Acción | Color |
|------------|--------------------|-------|
| A: Alto | Compensa | |
| M: Medio | Corrige o controla | |
| B: Bajo | Previene o mitiga | |

Fuente: adaptado de [36].

Se debe tener en cuenta que la planificación estratégica brinda la posibilidad de combinar matrices y acciones determinantes, no obstante, tiene un grado de exigencia en cuanto la forma de aplicación y vela por el cumplimiento de estas acciones por medio de monitoreo, plan de seguimiento e incluso controles, por tanto, para este estudio se tiene en cuenta la fase de operalización de seguimiento al modelo planteado (F3), en este específicamente la organización minera que lo implemente tiene la posibilidad de escoger las frecuencias de seguimiento, sin embargo, en Colombia las corporaciones autónomas regionales realizan visitas de seguimientos a los planes trimestralmente con la finalidad de impulsar con el cumplimiento de las medidas propuestas dentro de los programas establecidos.

En este sentido, (F3) se plantearon unos indicadores de seguimiento proyectadas semestralmente con la finalidad de promover el adecuado control y cumplir con las metas o propuestas de mejoras establecidas por la Corporación Autónoma Regional (CAR) en caso de que esta lo exija más que una acción de cumplimiento, realizar el seguimiento del modelo de planificación planteado brinda la posibilidad de mostrar los avances, resultados e inconvenientes que se presenten durante la aplicación de las medidas correctivas a corto, mediano y largo plazo; impulsando al buen uso de los recursos naturales y dando un valor a la organización por medio del direccionamiento al desarrollo sostenible.

Para sintetizar la metodología, se brindó confiabilidad al estudio por medio de una revisión de juicio de experto en la cual se incluyeron a 5 profesionales en las áreas de planificación estratégica, minería y ámbito ambiental, cabe resaltar que los formatos planteados fueron diseñados detalladamente, validados y autorizados por estos expertos. [38] afirma que la evaluación por juicio de expertos en tema de sostenibilidad es un método confiable debido a que no se cimienta bajo acciones empíricas, si no bajo un conjunto de conocimientos técnicos.

Resultados

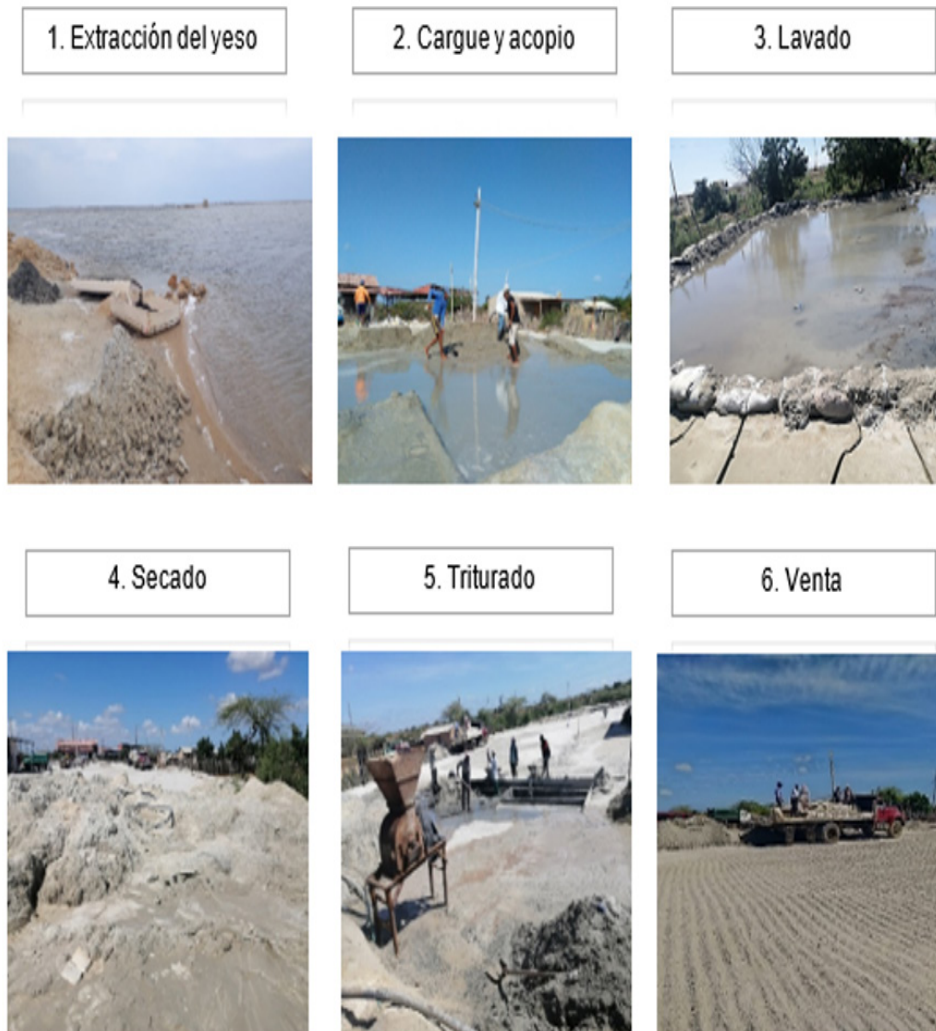
En el norte de Colombia departamento de La Guajira existe la explotación de yeso específicamente en los municipios de Uribia y Manaure, se debe mencionar que la ubicación geográfica y las características climáticas xerofíticas brindan las condiciones ideales para que se formen yacimientos de este mineral, el área de la mina en estudio presenta suelos secos con poca capacidad de humedad relacionada con la casi nula presencia anual de precipitaciones; esta actividad generalmente es llevada a cabo por indígenas de la región de manera informal con herramientas rudimentarias, entorno a la actividad informal existe la subsistencia económica de varias familias en el territorio.

Por otra parte, de manera paralela también existen organizaciones mineras entorno a la producción más detallada del yeso brindándole valor agregado por medio de una línea de producción estructurada. Primeramente, se reconocieron e identificaron las fases productivas desarrollada por esta organización minera la cual tiene como fase inicial la extracción del yeso con la implementación de herramientas convencionales como es el caso del pico y la pala, para poder extraer la materia prima optan por realizar descapote del suelo por medio de surcos delimitados con anterioridad, una vez ya extraída esta capa es apartado el volumen del material a utilizar, él es cargado en camiones (carga manual).

Se debe resaltar, que existen 6 áreas entorno al proceso productivo, una de ellas es la de almacenamiento donde es depositado el material que transportan en camiones con la finalidad de acopiarlo en pilas de 4-7 metros de altura aproximadamente, las pilas tienen una distancia entre ellas para que no existan mezclas de volúmenes. En este sentido, cuando existe un volumen de gran magnitud se realiza el lavado del material, el cual tiene por objetivo dar un valor agregado por medio de la eliminación de impurezas y grandes grumos que dificultan el proceso, la fase del lavado se lleva a cabo en 3 piscinas de agua realizadas de manera artesanal en el suelo delimitadas por pequeños surcos de contención para mantener el flujo de agua, sin embargo, debido a las temperaturas del territorio deben ser alimentadas periódicamente por influencia de la evaporación.

Para complementar, se realiza el proceso de secado para el cual se esparce el material sobre áreas destinadas lo ideal es que se realice en horas de la media mañana donde hay una alta incidencia de los rayos solares, cabe resaltar que las temperaturas de estos territorios pueden llegar incluso a 36° con una humedad de 41% [39], lo que es una ventaja para este proceso ya que facilita la eliminación de líquidos presentes en el yeso sin ningún tipo de maquinaria. Finalmente, el material es triturado por medio de una trituración mecánica o molino, luego de esto es recogido, apilado y envasado en pacas para ser comercializado.

Figura 2. Esquema de fases productivas de la minería de yeso



Fuente: Elaboración propia

Las acciones ejecutadas para el aprovechamiento del yeso llegan a generar impactos negativos que repercuten en el medio ambiente de manera directa a corto, mediano e incluso largo plazo [40]; dentro de ellos se encuentra la alteración al paisaje que a simple vista se identifica por el acoplamiento del área destinada a la producción, además, no existe el uso de herramientas amigables con los factores ambientales lo que agudiza las problemáticas existentes; la identificación de la situación ambiental se desarrolló por medio de la aplicación de una lista de chequeo (revisión detallada en campo y observación) la cual está articulada principalmente por factores evaluados, los cuales serán abordados desde la variable impacto ambiental delimitando cada una de sus consecuencias en el medio físico, el estudio de estos impactos es lo que permitió obtener una jerarquización acorde a la realidad entorno al proceso minero representada; lo anteriormente descrito se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3. (F1) Identificación y jerarquización de problemáticas ambientales entorno a la producción de yeso

| Lista de chequeo (F1) | | | | | | |
|-----------------------|---|-------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| Factor | Impacto generado | Fases productivas | | | | |
| | | Extracción | Cargue y venta | Lavado | Secado | Triturado |
| Aire | - Contaminación - Emisiones fuentes fijas y móviles - Ruido ambiental | | | | | |
| Suelo | - Degradación - Física - Química - Biológica | | | | | |
| Paisaje | - Alteraciones edáficas - Modificaciones de uso | | | | | |
| Fauna y flora | - Deforestación - Pérdida de hábitats - Ausentamiento | | | | | |
| Hombre | - Salud - Afectación en el área de influencia | | | | | |
| Agua | - Cambio de uso - Uso irracional | | | | | |


Fuente: Elaboración propia

En este sentido, con esta información se validó que la empresa minera de yeso tiene conocimiento sobre acciones determinantes para el buen uso de los recursos naturales, sin embargo, la situación ambiental no está en buen estado ya que no cuenta con los permisos necesarios para el desarrollo actividades y carece de un plan estratégico interno. Si bien es cierto, los impactos que se ocasionan en la explotación del yeso son considerables debido a las afectaciones a los factores mencionados en la tabla 4, teniendo poca planificación ambiental.

Por tanto, con el objetivo de lograr un impulso al desarrollo sostenible se crea un modelo de planificación ambiental estratégica para proponer acciones de mejora entorno a las problemáticas ambientales identificadas en (F1), teniendo en cuenta aspectos de cada una de las fases productivas

e involucrando una matriz de valoración para cada una de estas acciones propuestas [41] en un estudio demuestra que los planes formulados de acuerdo a las necesidades de la actividad minera brinda la posibilidad de crear una organización más limpia y llamativa para aliados estratégicos y suelen ser más visibles al mercado. Por tanto, se establece la siguiente (F2) Formulación estratégica de un modelo de planificación ambiental direccionado al desarrollo sostenible.

Tabla 4. Ficha para acción estratégica del factor aire

| Ficha 1_ Acción estratégica | | | | |
|---|---|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| Factor | Aire | | | |
| Acciones planificadas | | | | |
| 1.1 Muestreo periódico de calidad de aire | | | | |
| 1.2 Disminución de velocidad en fuentes móviles | | | | |
| 1.3 Recubrimiento de material en área de acopio | | | | |
| 1.4 Riego de vías | | | | |
| Descripción de acción estratégica | | | | |
| Valoración de acciones (M) |  | | | |
| Objetivo | Establecer alternativas que permitan corregir y controlar el nivel de las emisiones atmosféricas contaminantes con la finalidad de evitar contaminación y afectaciones en la salud humana | | | |
| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano/ sugerencias | Recurso físico |
| 1.1 | Trimestral | CAR | Personal de acompañamiento | Formato de visitas |
| 1.2 | Todos los días | Supervisor de operaciones | Monitoreos periódicos | Puntos de monitoreos |
| 1.3 | Frecuencia | Encargado de área de acopio | Simulacros de recubrimiento adecuado | Material para recubrir: polisombras o plástico |
| 1.4 | Frecuencia | Ingeniero ambiental | Capacitación del personal | Agua usada eficientemente y sistema de riego |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Ficha para acción estratégica del factor suelo

| Ficha 2_ Acción estratégica | |
|--|-------|
| Factor | Suelo |
| Acciones planificadas | |
| 2.1 Estabilización y cubrimiento en zona de extracción | |

| | | | | |
|---------------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------------|--|
| 2.2 Disminución de pilas de acopio | | | | |
| 2.3 Estudios de propiedades del suelo | | | | |
| 2.4 Plan de recuperación de suelo | | | | |
| Descripción de acción estratégica | | | | |
| Valoración de acciones (B) | | | | |
| Objetivo | Prevenir o mitigar impactos ambientales en el suelo por medio de acciones de prevención de degradación física, química y biológica | | | |
| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano/ sugerencias | Recurso físico |
| 2.1 | Frecuencia | Encargado área de extracción | Capacitación en cuidado de suelo | Materiales como el pico y pala |
| 2.2 | Según frecuencia de acopio | Supervisor de operaciones | Direccionamiento en medida de pilas | Cinta métrica |
| 2.3 | Frecuencia | Área administrativa | Recolección muestreo de suelo | Laboratorio en estudio de suelo |
| 2.4 | Frecuencia | Ingeniero ambiental | Formulación de plan de recuperación | Formato de formulación aprobado por la CAR |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Ficha para acción estratégica de los factores paisaje, fauna y flora

| | | | | |
|--|--|-------------|-----------------------------|----------------|
| Ficha 3_ Acción estratégica | | | | |
| Factor | Paisaje, fauna y flora | | | |
| Acciones planificadas | | | | |
| 3.1 Planes de reforestación | | | | |
| 3.2 Recuperación de áreas estratégicas | | | | |
| 3.3 Señalización y buen uso de áreas | | | | |
| Descripción de acción estratégica | | | | |
| Valoración de acciones (A) | | | | |
| Objetivo | Recuperar áreas estratégicas por medio de procesos de reforestación y brindar a las comunidades aledañas plantas autóctonas como medida compensatoria en articulación a instrumentos de planeación | | | |
| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano/ sugerencias | Recurso físico |

| | | | | |
|-----|------------|---------------------------|---|---|
| 3.1 | Frecuencia | CAR e ingeniero ambiental | Socialización del plan en la organización | Espacio físico para socialización, acompañamiento de CAR |
| 3.2 | Frecuencia | Población laboral | Capacitación en procesos de reforestación | Plantas para reforestar, cinta, pico. Regadera, pala y abono orgánico |
| 3.3 | Frecuencia | Área administrativa | Selección de puntos estratégicos | Material de señalización categorizado por áreas |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Ficha para acción estratégica de los factores paisaje, fauna y flora

| Ficha 4_ Acción estratégica | | | | |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| Factor | Hombre | | | |
| Acciones planificadas | | | | |
| 4.1 Capacitación y dotación en EPP | | | | |
| 4.2 Ofertas laborales en la zona | | | | |
| Descripción de acción estratégica | | | | |
| Valoración de acciones (A-B) | | | | |
| Objetivo | Adecuar las áreas de trabajo en prevención del riesgo de laboral y disminuir afectaciones a la salud por medio el uso adecuado de elementos de protección personal | | | |
| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano/ sugerencias | Recurso físico |
| 4.1 | Frecuencia | Profesional en Seguridad y salud en el trabajo | Socialización de riesgo laborales | Elementos de protección personal |
| 4.2 | Según lo requiera la organización | Recursos humanos | Socialización de vacantes | Ninguno |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Ficha para acción estratégica de los factores paisaje, fauna y flora

| Ficha 5_ Acción estratégica | | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------------|---|--|
| Factor | Agua | | | |
| Acciones planificadas | | | | |
| 5.1 Uso eficiente del agua | | | | |
| Descripción de acción estratégica | | | | |
| Valoración de acciones (B) | | | | |
| Objetivo | Disminuir las cantidades de agua utilizado en el lavado del yeso, para promover el uso eficiente de este líquido vital | | | |
| Actividades | Delimitación temporal | Responsable | Recurso humano/ sugerencias | Recurso físico |
| 3.1 | Cada 2 o 3 meses | Población laboral en general | Socialización de la política sobre el uso eficiente y ahorro del agua | Espacio físico y solicitud de acompañamiento de la CAR |

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la fase (F3), que consiste en la Operalización y seguimiento del modelo anteriormente planteado se debe resaltar que se realizará semestralmente con la finalidad de velar por el cumplimiento oportuno, será esto lo que indicará avances, resultados y aspectos a mejorar, para ello se plantea la siguiente matriz:

Tabla 9. (F3) Ficha de seguimiento del modelo planteado

| Ficha de seguimiento | |
|----------------------|---|
| Nivel De Importancia | |
| Impacto | Compensa, corrige, controla, previene, mitiga |
| Responsable | Ingeniero ambiental, CAR, Jefe de producción, Recursos humano |
| Tiempo | Frecuencia |

| | |
|-----------|---|
| Indicador | <p>Aire: Material particulado Maquinaria y fuentes fijas y móviles.</p> <p>Suelo: Estructura, color, textura.</p> <p>Paisaje, fauna y flora: número de área en reforestada, numero de capacitaciones.</p> <p>Hombre: % de uso de EPP</p> <p>Agua: medición en y adaptación de política pública.</p> |
| Objetivo | Según lo planteado en la ficha de manejo de 1-5 |

Fuente: Elaboración propia

De manera general, en la minería de yeso hay afectaciones graves al ambiente, las estrategias ambientales propuestas dentro del marco de la planificación estratégica buscan velar por el buen manejo de los recursos naturales dentro de las organizaciones mineras [42]. En este sentido, se representan en dos acciones de alto valor (compensan), una acción de valor medio (corrige o controla) y tres de bajo valor (previene o mitiga), con la implementación de estos programas se cumplen retos ambientales, lo que lleva a obtener como resultado que la integración de la planificación ambiental es un acto viable cuando se desea apuntar al desarrollo sostenible en los territorios guajiros.

Conclusiones

De los resultados obtenidos en la investigación se consideran las siguientes conclusiones: 1) la explotación de yeso genera impactos negativos en los factores ambientales siendo el aire y el suelo los dos componentes más afectados [43]; 2) la empresa minera no se encontraba realizando planificación ambiental, se hace necesario integrar acciones nacionales con la finalidad de mejorar su visión al desarrollo sostenible. 3) para que el modelo de planificación se pueda ejecutar y perdurar a largo plazo [44] es necesario que la organización realice un esfuerzo económico de baja inversión; 4) dentro del ámbito laboral existe desinformación acerca de los procesos ambientales en las áreas productivas, por tanto, la implementación de capacitaciones son una herramienta viable para fomentar la cultura ambiental [45]; 5) la ruta de planificación estratégica fue muy eficaz y se acopla a cada una de las necesidades de las fases productivas, además, la lista de chequeo fue veraz dando a conocer la situación ambiental real de la organización.

Por último, se le hace un llamado a la empresa minera en centrar sus esfuerzos en avanzar en la integración de las políticas públicas ambientales, ya que esto le permite trabajar de la mano con planes y programas de la línea ambiental planteadas por organismo nacionales, la articulación de estas medidas los lleva a cumplir con las exigencias de la Corporación Autónoma Regional evitando posibles sanciones ambientales [46, 47]. Del mismo modo, la planificación como herramienta simboliza la posibilidad de trabajar de una manera más ordenada lo que ayuda a impulsar una producción sostenible económicamente y más limpia desde el ámbito ambiental.

Referencias bibliográficas

1. J. Díaz, M. Arana, J. Torres & S. Patrucco, Historia ambiental del Perú Siglos XVIII y XIX, 2016. <https://n9.cl/yijoa>
2. J. Berenguer & J. A. Corraliza, Preocupación ambiental y comportamientos ecológicos. *Picotea*, 12(Número 3), 325–329, 2000. <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/7599>
3. BBC News Mundo, “Las consecuencias del cambio climático son irreversibles», alerta la ONU en el informe más completo hasta la fecha”, 2021.
4. G. Alarcón & C. García, Concentración de la riqueza en América Latina en el siglo XXI. *Prob. Des vol.51 no.203 Ciudad de México oct./dic. 2020 Epub 11-Ene-2021*. <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2020.203.69534>
5. S. Smart. The political economy of Latin American conflicts over mining extractivism. (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.02.004>
6. K. Mccann, (ed.), *Handbook of Latin American Studies*, Vol. 76: Humanities. University of Texas Press, 2023. <https://doi.org/10.7560/322796>
7. H. Altomonte, J. Acquatella, A. Arroyo, A. Jouravlev, J. Lardé & R. Salgado, Recursos naturales en UNASUR: situación y tendencias para una agenda de desarrollo regional. CEPAL, Santiago 110, 2013.
8. J. Gao, L. Yuanlong W.LiXiang, Revision and validation of the Connor-Davidson Resilience Scale of coal miners in China. 2021. Volume 85, September 2021, 103191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103191>
9. X. Mahamadsaidovich, International Organizations Aimed At Environmental Conservation. *The American Journal of Applied Sciences*, 2021, 3(02), 105–110. <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue02-12>
10. V. Medina, C. González, L. Peñaloza, A. Ramos, & K. Vilorio, Capítulo VII contabilidad verde y desarrollo sostenible: tendencias y perspectivas. *TENDENCIAS*, 107, 2019. <https://n9.cl/0dllv>
11. J. Alves, D. Da Silva, M. Castro & F. Martins, Environmental fragility and land use capacity as instruments of environmental planning, Caratinga River basin, Brazil. (2021), Volume 80, article number 264, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-021-09553-2>
12. J.D. Rivas Casarrubia, Indicadores de vulnerabilidad social como herramienta de planificación y gestión de riesgos ambientales en Colombia. In *Vestigium Ire*, 14(1), 41-55. (2020), DOI: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/2024>
13. C. Sánchez, J. Gutiérrez & N. Gutiérrez, Diagnóstico de los impactos ambientales antropogénicos presentes en un Departamento de Colombia. *Revista Investigación e Innovación en Ingenierías*, Vol. 10 Núm. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.10.1.5690>
14. L. Yan-xia, Y. Lei, C.Ya-jun, S. Saud, L. Jing-jing, Y. Hui, & Z. Li-yuan, Landscape Transformation in Mining Wastelands. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2016. 23(1), 83-88. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(16\)30036-8](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(16)30036-8)
15. D. Tarazona, Minería ilegal aumentó un 8 % durante el año 2022 en Colombia | INFORME. (nov-2023), Mongabay, periodismo ambiental en Latinoamérica.
16. C. López Jiménez, N. Velásquez Bonilla, J. Mejía Restrepo & C. Mesa Giraldo, Impacto medioambiental y socioeconómico en la salud generado por la minería artesanal del oro en Colombia. *Revista Salud Uninorte*, 38(2), 608-627, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14482/sun.38.2.331.76>
17. L. Salvioli, V. Guerrero & M. Cipponeri, Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina. *rev. udcaactual.divulg.cient.* http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262022000300005&lng=en. Epub June 01, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.nsupl.1.2022.2134>.
18. C. Ramos Díaz, D. Alba-González, P. Canalejas Pérez, J. López Muñoz, J. Paniagua Caparros & M. Ramos González, La gestión ambiental del Instituto de Salud Carlos III: Evaluación del plan 2017-2020 y planificación ambiental del periodo 2021-2024, 2021.
19. C. Salamanca, Sustentabilidad y corporaciones autónomas regionales ambientales en Boyacá – Colombia, 2016. *Apuntes del CENES ISSN 0120-3053 Volumen 35, N° 61*. <http://www.scielo.org.co/pdf/cenes/v35n61/v35n61a04.pdf>
20. Agencia Nacional de Minería, La minería sostenible en el Caribe avanza y ofrece oportunidades de desarrollo para el país, 2024.

21. J. Jerez & M. Mora, Planificación De Un Sistema De Gestión Ambiental Bajo La NTC ISO 14001:2004 en la organización grupo empresarial 7 marketing S.A.S. (2015), Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Tecnología En Saneamiento Ambiental Bogotá.
22. Unidad de Planeación Minera Energética (UPME), informe departamental de La Guajira. 2019. https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Informe_Minero_UPME_2017.pdf
23. Consejo Nacional de Planeación, Concepto sobre las bases del plan nacional de desarrollo 2022-2026: Colombia potencia mundial de la vida. 2022. https://www.cnp.gov.co/Documents/Concepto%20CNP%20BASES%20PND%202022%202026_compressed.pdf
24. C. Trejos & J. Quevedo, Evaluación del desempeño financiero de las empresas del sector fabricación de cemento, cal y yeso (C2394) en Colombia durante el periodo 2014-2019. 2021, DOI: I: <https://doi.org/10.15332/25005278.6687>
25. J. Fernández & M. Herrero, «1. El yeso en la naturaleza. Formación y distribución espaciotemporal.» El yeso en la Arquitectura histórica, 2022.
26. K. Salcedo, M. Tapia & D. López, Gestión ambiental de una empresa minera de yeso en Manaure, Colombia. Información tecnológica, 32(5), 129-136, 2021, <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000500129>
27. R. Sandoval, «Influencia de la contaminación del aire por material particulado de las fábricas de yeso en la salud de los pobladores del distrito de, Mórrope», 2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76637>
28. D. Casanova & S. Loredó, Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional OHSAS 18001 para minimizar pérdidas humanas, materiales y económicas en cantera Cal y Yeso Simbal S. A. C. 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/28945>
29. C. Ruggerio, "Sustainability and sustainable development: a review of principles and definitions." Total, Environmental Science 786, 2021, 147481.
30. A. Guette, A. Sánchez, D. Llanos, El rol de la academia en el cumplimiento de la agenda 2030. Ediciones Universidad Simón Bolívar Facultad De Ingenierías, 2020) DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12442/6980>
31. B. Soergel, E. Kriegler, I. Weindl, S. Rauner, A. Dirnaichner, C. Ruhe, & A. Popp, A, "A sustainable development pathway for climate action within the UN 2030 Agenda." Nature Climate Change 11.8 (2021): 656-664.
32. E. De la Cruz & J. Ruiz, La mecanización de la explotación del yeso como propuesta para aumentar la producción en la cantera del distrito de Mórrope. Chiclayo [156]. 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77195>
33. C. Ramos. Diseños de investigación experimental. Revista Dialnet [En línea]. ISSN-e 1390-9592, Vol. 10, Nº. 1, 2021
34. S. Gutiérrez, et al. "Planificación estratégica situacional: Un proceso metódico-práctico." Revista Venezolana de Gerencia: RVG 26.94 (2021): 762-783.
35. Martínez Peña, Ángela Patricia. "Evaluación de los impactos ambientales derivados de la práctica industrial del proceso Rendering en Colombia mediante la metodología de lista de chequeo." 2022. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/10435>
36. D. Cotes, L. Alvarado, E. Hoyos, M. Molina & D. Mosquera, "Impactos ambientales generados por la mina de arcilla Wajira S.A.S., en Manaure- La Guajira". Revista Agunkuyãa, 7(2), 41-58. <https://doi.org/10.33132/27114260.1220>
37. D. López, L. Alvarado & D. Oñate, "Planificación y política ambiental en la minería artesanal: el caso de la mina de arcilla Wajira SAS en La Guajira Colombiana". 2022. ingenierías USBmed 13(2):25-34 DOI: 10.21500/20275846.4605
38. M. Rodríguez, E. Poblano, L. Alvarado, A. González & M. Rodríguez, "Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo" 11(22), e080. Epub 20 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>
39. J. Bravo, "Tropical del desierto: Desierto de La Guajira, municipio de Uribia." (trabajo de grado) Facultad de arquitectura y diseño, Pereira, Colombia, 2021.
40. K. Salcedo, M. Tapia & D. López, "Gestión ambiental de una empresa minera de yeso en Manaure, Colombia". Información tecnológica, 2021. 32(5), 129-136. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000500129>

41. J. Ruiz, C. Solís & N. López, La incidencia de la Planificación estratégica en el desempeño del Marketing: Una revisión crítica. *Revista científica anfibios*, 2021. 4(2), 36-44.
42. J. Romero & S. Garduño, “Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate.” *Tecnura* 24.64 (2020): 117-133.
43. A. Ponce Ruiz, “Proyecto de ampliación de una cantera de yeso y su correspondiente estudio de impacto ambiental.” Universidad Politécnica de Cartagena, 2016. <http://hdl.handle.net/10317/5659>
44. O. Alarcón & H. González, “El desarrollo económico local y las teorías de localización. Revisión teórica”. *Revista espacios*, 39 (51), 2018. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n51/18395104.html>
45. L. Uriana, V. Zabaleta Tovar & D. Tovar, “Estrategias de reducción ante el Impacto Ambiental ocasionado por los Desechos Sólidos en la Institución Etnoeducativa Camino Verde de Uribia–Guajira.” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7.2, 2023, 5369-5381.
46. A. Maluf Blanco y E. S. Michelena Fernández, “Estudio de factores que afectan la integración de los sistemas de gestión en el Centro Nacional de Biopreparados, Cuba”, *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 8, n.º 1, pp. 37–53, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3592>
47. W. Valderrama, “Políticas públicas para la sostenibilidad ambiental en Colombia” Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2021. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54345>