

Impacto ambiental de la minería artesanal de caliza en el departamento de La Guajira, Colombia

Environmental impact of artisanal limestone mining in the department of La Guajira, Colombia

Michelle Cristine Velásquez Móvil¹, Yazmín Adriana Mendoza Páez² y Danny Daniel López Juvinao³

Fecha de Recepción: 18 de Abril de 2024

Fecha de Aceptación: 29 de agosto de 2024

Cómo citar: Velásquez Móvil M.C., Mendoza Páez Y.A., y López Juvinao D.D. (2024). Impacto ambiental de la minería artesanal de caliza en el departamento de La Guajira, Colombia. *Tecnura*, 28(81), 106-122. <https://doi.org/10.14483/22487638.22077>

Resumen

Contexto: el desarrollo de actividades productivas en torno a la roca caliza, en la mayoría de sus casos sin licencia ambiental, genera deterioro en los recursos naturales del departamento de La Guajira. Este tipo de acciones se vienen ejecutando desde hace más de tres décadas para el sustento económico de habitantes locales. El presente estudio evaluó los impactos ambientales generados por la minería artesanal de la roca caliza, específicamente en el área con alta presencia de este mineral: el municipio de Distracción.

Métodología: se implementa una matriz Leopold centrada en componentes escalares. Teniendo en cuenta la magnitud y el rango de importancia para determinar el nivel de impacto, se estudiaron 3 ASPI (factores bióticos, abióticos y antrópicos), su afectación por cada FARI y la incidencia en el territorio local.

Resultados: el análisis del impacto arrojó una magnitud escalar de -971 unidades de agregación, para un total de 56 impactos, de los cuales 8 son positivos, y 48, negativos, ubicados entre el rango 28 para categorización de impacto medio. Los factores con mayor amenaza en materia ambiental son el suelo y el aire. La actividad de aprovechamiento se desarrolla sin acciones de sostenibilidad.

Conclusiones: hay desarticulación de la minería de caliza e implementación de estrategias de manejo ambiental, las cuales agudizan la problemática ambiental territorial. Este tipo de estudios priorizan las necesidades ambientales de un departamento rico en recursos minero-industriales.

Palabras clave: caliza, impacto ambiental, matriz, nivel de impacto, rango de importancia.

¹Ingeniera ambiental, Universidad de La Guajira, Riohacha (Colombia)  Email: mcvelasquez@uniguajira.edu.co

²Ingeniera ambiental, Universidad de La Guajira, Riohacha (Colombia)  Email: yadrianamendoza@uniguajira.edu.co

³Ingeniero en minas. Doctor en Ciencias Gerenciales. Docente investigador, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación Ipaitug, Universidad de La Guajira, Riohacha (Colombia)  Email: dlopezj@uniguajira.edu.co

Abstract

Context: The development of productive activities around the limestone rock, in most cases without an environmental license, generates deterioration in the natural resources of the department of La Guajira. This type of action has been carried out for more than three decades for the economic support of the inhabitants. local. The present environmental study evaluated the impacts generated by artisanal mining of limestone rock, specifically in the area with a high presence of this mineral, which is the municipality of Distraction.

Methodology: A Leopold matrix centered on scalar components is implemented, mainly taking into account the magnitude and range of importance to determine the level of impact, 3 ASPI (biotic), (abiotic) and (anthropic) factors were studied, their impact on each FARI and the incidence in the local territory.

Results: The impact level obtained a scalar magnitude of -971 aggregation units, for a total of 56 impacts of which 8 are positive and 48 are negative; Located between range 28 for medium impact categorization, the factors with the greatest environmental threat are soil and air. The exploitation activity is carried out without the presence of sustainability actions.

Conclusions: There is a dismantling of limestone mining and the implementation of environmental management strategies. Which exacerbates the territorial environmental problem, the development of this type of studies is necessary because it prioritizes the environmental needs of a department rich in industrial mining type resources.

Keywords: Limestone, environmental impact, matrix, impact level, rank of importance.

Introducción

En la actualidad, la contaminación ambiental es una problemática mundial y es uno de los retos que enfrenta la humanidad; debido a esto, múltiples países han centrado sus esfuerzos en generar conciencia sobre la protección de los recursos naturales y su uso de manera sostenible ([Sánchez y Riosmena, 2021](#)). Del mismo modo, en la región latinoamericana existen problemas ambientales de gran magnitud relacionados con el crecimiento demográfico, la extensión de áreas destinadas para procesos minero-industriales y la desarticulación a la normativa ambiental; lo que interfiere en el cumplimiento de las metas de sostenibilidad y trae impactos perjudiciales en la salud humana y el medio biofísico ([Vives, 2022](#)).

En cuanto a Colombia, la minería ha crecido de una manera considerable, tanto así que las exportaciones de materiales mineros representan el 25 % de las totales en el país ([Agencia Nacional de Minería \[ANM\], 2021](#)); dentro de la gama de minerales más representativos se encuentran los materiales para la construcción, el carbón, los minerales preciosos y, no menos importante, la roca caliza. Sin embargo, el panorama del sector abarca aspectos negativos, debido a la expansión de la minería ilegal, lo cual ocasiona transformación del paisaje, cambio de uso de suelos, desequilibrios en ecosistemas e impactos ambientales negativos. En este sentido, se denomina *impacto ambiental* a las modificaciones ocasionadas a los ecosistemas por proyectos, obras e, incluso, actividades de índole antropogénico, las cuales generan consecuencias que pueden variar desde positivo hasta irreversibles, dependiendo la magnitud y su incidencia en

el medio donde se ocasionen ([Atiwesh et al., 2021](#)).

Particularmente, las condiciones del territorio colombiano brindan la posibilidad de gozar de variabilidad fisiográfica; respecto a la caliza, su presencia resalta en la región Caribe y la cordillera Oriental. Se estima que el país cuenta con una producción de 15 millones de toneladas (Mton) anuales, y el mercado es liderado por organizaciones dedicadas a la comercialización de cemento y sus derivados ([ANM, 2015](#)).

Por su parte, la unión de la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá hacen de La Guajira un departamento con yacimientos petrogenéticos de caliza influenciados por la litología y la mineralización ([Manco et al., 2019](#)). Según [Peralta et al. \(2022\)](#), en los municipios de Albania y Distracción existen afloraciones de calizas de buena calidad, intercaladas con sales aprovechadas en canteras con baja tecnificación, y destinadas a actividades de construcción y ornamentación.

Ahora, la susceptibilidad ambiental de las áreas destinadas para aprovechamiento de la caliza es notoria ([Hernández et al., 2014](#)), debido a que en las fases de producción se generan impactos significativos principalmente sobre los factores suelos y aire, lo que desglosa una problemática ([Franco, 2006](#)). Pese a que la explotación de la roca caliza se ha desarrollado hace más de 30 años dentro del territorio, existe un bajo índice de estudios relacionados con los impactos ambientales de esta actividad; no obstante, en torno a esta mineral existe un escenario promisorio y representativo, por encima de la media nacional. Lo más llamativo es que la presencia de esta roca sedimentaria está relacionada con formaciones de reservorios petroleros debido a su gran contenido de fósiles ([Pietro y Espinosa, 2011](#)).

En este sentido, los estudios de impacto ambiental se consideran una herramienta que brinda la posibilidad de estudiar alternativas e influir positivamente en el entorno; esto lo sustentan autores como [Méndez et al. \(2021\)](#); [Rabaia et al. \(2021\)](#) y [Habert et al. \(2020\)](#), quienes coinciden en que se pueden aprovechar los recursos naturales de manera equilibrada.

Por tanto, en este estudio se tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales bióticos, abióticos y antrópicos, generados por el aprovechamiento de la roca caliza por medio de una matriz Leopold, la cual es aplicada en las empresas Cohornical y CalDistra, y en el área de Los Hornitos, ubicadas en el municipio de Distracción, La Guajira (Colombia) (figura 1), debido a que en esa zona existe la mayor influencia de yacimientos. [López Juvinao \(2010\)](#) estima que existen más de 3000 hectáreas donde este mineral se hace visible y llega a conformar una estructura gigante geológica a lo largo del cerro San Luis.

Fuentes teóricas

Servicios ambientales

Son todos aquellos beneficios que aportan los ecosistemas a los seres humanos para realizarse en todas sus facetas, y pueden ser recibidos en forma de bienes, servicios o valores. La preservación de los servicios ecosistémicos es una prioridad de la que depende la vida humana ([Organización de las Naciones Unidas \[ONU\], citada por Repsol, 2023](#)).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ([citada por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2021](#)), los servicios ecosistémicos o ambientales son aquellos que la naturaleza o los procesos ecológicos proveen a los seres vivos y al planeta. Por tanto, son el motor del medioambiente. Son esenciales para la vida, por lo que la tierra, el agua, el aire, el clima y los recursos genéticos se deben utilizar de forma responsable para las presentes y futuras generaciones.

Impacto ambiental

Las definiciones de impacto ambiental coinciden en la relación existente entre los efectos de una actividad humana sobre el medioambiente que supone una ruptura con el equilibrio ambiental; el MinAmbiente define impacto cualquier alteración en el medioambiente biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o de beneficio, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad ([Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MinAmbiente\], 2021a](#)).

Agotamientos de recursos

Es el efecto que surge del uso desmedido de los recursos no renovables; se debe a que estos se recuperan a una velocidad menor a la que son explotados, por lo que llegará un momento en el que estos se agoten por completo. En consecuencia, los ecosistemas son fragmentados y desestabilizados; las especies vegetales y animales corren riesgos de extinción, contaminación en ecosistemas terrestres y acuáticos, agotamiento de los recursos insustituibles y el impacto en el sistema capitalista y social ([Ropero Portillo, 2021](#)).

El agotamiento de los recursos naturales representa una de las mayores crisis ambientales. La sobreexplotación de recursos como el agua, los bosques, los minerales y combustibles fósiles está llevando a una degradación acelerada de los ecosistemas y a un desequilibrio en los ciclos naturales, afectando el medioambiente ([Mendoza *et al.*, 2024](#)).

Buenas prácticas ambientales

Son acciones que logran ejecutar cambios importantes en cuanto a análisis ambientales y reducción de aquellos impactos que pueden ser perjudiciales, a través de una serie de medidas simples pero útiles que pueden adoptar con facilidad, ya sea en los espacios laborales, y que establecen cambios en los procesos y las actividades diarias, con lo cual se logra incrementar el compromiso y los resultados de mejora en el ambiente ([Centeno et al., 2021](#)):

son un conjunto de medidas que se deben aplicar en las actividades cotidianas con el propósito de eliminar o reducir los impactos negativos derivados de nuestras actividades. Se caracterizan por ser de fácil aplicación, de bajo costo y porque los resultados se obtienen en corto plazo. ([MinAmbiente, 2021b](#))

Metodología

El tipo de estudio es no experimental, debido a que existe el análisis de la variable *impacto ambiental* sin manipulación de esta ([Blundell y Costa, 2000](#)) después de un análisis y observación detallado en campo; enriquecida con datos de documentos académicos y técnicos que brindan base de conocimiento al tema propuesto. Posteriormente, se implementa la matriz Leopold como herramienta clave de evaluación de impacto bajo los sistemas bióticos, abióticos y antrópicos ([Chunga y Chunga, 2022](#)).

Características ambientales y áreas productivas seleccionadas

El corregimiento Los Hornitos, del municipio de Distracción, se encuentra a 193 m s. n. m. en las laderas del cerro San Luis, en el departamento de La Guajira (Colombia). Presenta una humedad relativa promedio anual de 72 %, con temperatura promedio de 28 °C con épocas templadas (junio y julio) y calurosas durante todo el año, precipitación media anual de 704,5 mm ([Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[Ideam\], 2024](#)).

En el sector del cerro San Luis se desarrollan actividades de extracción de material para construcción; esto se realiza en el arroyo El Chorro, donde también confluye el arroyo de San Luis; ambos ocupan entre 1000 y 2500 hectáreas ([Escuela Superior de Administración Pública \[ESAP\], 2017](#)). En la actualidad están siendo afectados por la deforestación y la adaptación para aprovechamiento antropogénico.

En cuanto a biodiversidad e importancia ambiental, el municipio de Distracción es una zona con más de 12 subcuenca, y es una franja rural con áreas estratégicas que cuentan con un valor hidrológico alto y áreas con alto potencial de atracción turística. Además, este municipio

forma parte de la Sierra Nevada de Santa Marta con una extensión de 8220 hectáreas ([Alcaldía Municipal de Distracción, 2012](#)). El valor estratégico del cerro San Luis radica en que está ubicado a 4,2 km de la Sierra Nevada de Santa Marta, con picos en forma de cono truncado, delimitado por lomas al oeste y cerros al noreste, como es el caso del Toco. Las particularidades de esta zona y la incidencia de los cauces hídricos ayudan a la formación de rocas sedimentarias, aunque los yacimientos de roca caliza se asocian a unidades cretácicas de la cuenca del río Ranchería ([López Juvinao, 2016](#)). Así, en el área de estudio confluyen especies típicas de estos ecosistemas en mención, las cuales son susceptibles al impacto generado por el sistema productivo de la roca caliza.



Figura 1. Localización del área de estudio

Matriz Leopold

Criterios y atributos para valoración de impactos

Para la evaluación ambiental, se tuvieron en cuenta las actividades laborales que se desarrollan como fases productivas de manera cíclica. En este sentido, se relacionaron los diversos factores ambientales y se estructuraron mediante el método cualitativo de la matriz Leopold, puesto que esta permite determinar impactos significativos y su valor de importancia en el medio ([Leopold et al., 1971](#)).

La incidencia de este tipo de matriz en las actividades de explotación minera está relacionada con estrategias de mejora en torno a los impactos categorizados como negativos. La información contemplada en la matriz Leopold fue estructurada con base en los criterios de evaluación que se detallan a continuación.

Magnitud

Este atributo sirve para calificar la intensidad del cambio sufrido en el factor ambiental específico analizado, debido a cualquier actividad de carácter minero-industrial. En este caso se aplican los criterios propuestos por [Alex Enseña \(2021\)](#), donde se relacionan directamente la intensidad de la alteración de los factores con las fases productivas calificadas cualitativamente como “bajas”, y planteadas de manera escalar (tabla 1).

Tabla 1. Criterio escalar de magnitud

Magnitud			
Intensidad	Alteración	Calificación (-)	Calificación (+)
Baja	Baja	-1	1
Baja	Media	-2	2
Baja	Alta	-3	3
Media	Baja	-4	4
Media	Media	-5	5
Media	Alta	-6	6
Alta	Baja	-7	7
Alta	Media	-8	8
Alta	Alta	-9	9
Muy alta	Alta	-10	10

Nota: elaborada a partir de [Alex Enseña \(2021\)](#).

Rango de importancia

La importancia de este atributo escalado reside en que cuenta con un marco de referencia para lograr una medición acertada; con su implementación se logran priorizar los resultados de impactos, su persistencia y extensión en el medio. Para este estudio se optó por los rangos de importancia planteados por [Viloria et al. \(2018\)](#), quienes asocian la valoración de impactos al área de influencia.

Según [Leopold et al. \(1971\)](#), la significancia ambiental que alcanza la matriz está ligada a la severidad de los impactos generados y a la medida gradual de estos; es decir, cuanto más afectado se vea un componente o factor, mayor será la incidencia y, por consiguiente, mayor será la problemática ambiental.

Tabla 2. Rango de importancia

Importancia		
Persistencia	Extensión	Calificación (+)
Fugaz	Puntual	1
Temporal	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Fugaz	Parcial	4
Temporal	Parcial	5
Permanente	Parcial	6
Fugaz	Extrema	7
Temporal	Extrema	8
Permanente	Extrema	9
Permanente	Total	10

Nota: elaborada a partir de [Viloria et al. \(2018\)](#).

Por otra parte, la magnitud e importancia se encuentran dentro de la matriz, cada celda (producto de la intersección de filas y columnas) se divide en diagonal, haciendo constar en la parte superior la magnitud del impacto (M) y en la parte inferior la persistencia o extensión de incidencia del impacto, como se muestra en la figura 2.

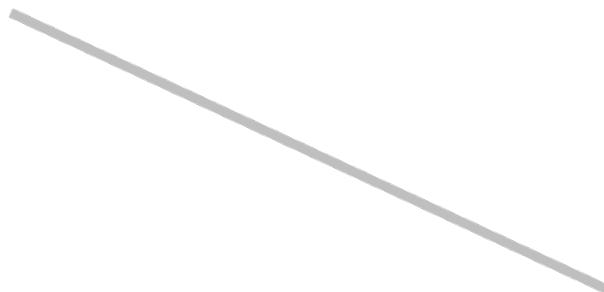


Figura 2. Celdas de magnitud e impacto para la matriz de Leopold

Nota: tomada de [Leopold et al. \(1971\)](#).

Nivel de impacto

Según esta magnitud, un impacto ambiental se define como cualquier tipo de alteración en el entorno. Aunque comúnmente se asocia con efectos adversos, también pueden existir impactos positivos, ya sea de manera total o parcial. En la mayoría de los casos, los impactos son de

origen antrópico, derivados de proyectos o actividades humanas, y rara vez son causados por fenómenos naturales. Por tanto, el nivel de impacto se evalúa de manera escalar, incorporando actividades y atributos específicos ([Arthuz y Pérez, 2019](#)).

Tabla 3. Escala para determinar el nivel de impacto ambiental adaptada a matriz Leopold

Escala de impactos	
Impacto bajo	<20
Impacto medio	21-45
Impacto alto	46-70
Impacto crítico	>71

Así mismo, los impactos son categorizados y evaluados según las modificaciones generadas al medio. Para este estudio se aplicó la evaluación de nivel de impacto según lo propuesto por ([Dellavedova, 2011](#)), quien utiliza los siguientes criterios:

- *Impacto bajo*: se tienen en cuenta todas aquellas modificaciones que resultan ser de afectación mínima en un factor ambiental específico del ecosistema.
- *Impacto medio*: entran en esta categoría las modificaciones consideradas medias en algunos factores ambientales.
- *Impacto alto*: para entrar en esta categoría deben existir múltiples alteraciones en los factores ambientales con algunos deterioros específicos.
- *Impacto crítico*: se considera la categoría más peligrosa, pues en esta se generan alteraciones severas e incluso de tipo irreversibles en el ambiente; se ocasiona destrucción total del factor ambiental.

Vale la pena resaltar que, para determinar el valor total del impacto de una actividad específica, en este caso la minería de caliza, se logra promediando el número de impactos tanto positivos como negativos y, posteriormente, se hace una división que incluye el número de ejes principales definidos para la matriz; aquí sería el eje principal positivo y el eje principal negativo, es decir 2. Entonces, la ecuación se establece de la siguiente manera ([García *et al.*, 2018](#)):

$$\text{Valor de escala de impactos} = \frac{\text{número de impactos positivos} + \text{número de impactos negativos}}{2}$$

Finalmente, con la aplicación de un método sencillo usado por [Lago Pérez \(1997\)](#), el cual tiene en cuenta los valores que se encuentran en las casillas de comprobación que son parte de la matriz, estos se calculan a través de las sumatorias de los impactos determinados en las casillas de agregación de impactos tanto en la fila como en la columna, y si sus valores coinciden, se puede definir que la evaluación fue realizada de forma correcta.

Resultados

En este aparato se presentan los resultados del estudio realizado, a través de revisiones bibliográficas, visitas de campos y aplicación de una matriz como herramienta central. Se representan los impactos ambientales actuales resultados de una actividad evolutiva y constante en Distracción, La Guajira. Estudios como el de [López Juvinao \(2010\)](#) coinciden en que el aprovechamiento de la caliza se da de manera artesanal, pero a una escala significativa debido a que se procesan hasta 45 toneladas diarias de caliza destinadas a producción de materiales de construcción y sus derivados.

En la actualidad, el territorio colombiano presenta un debate en la aplicación de los términos *desarrollo sustentable* o *desarrollo sostenible*; por tanto, es indispensable identificar los impactos ambientales de la caliza como una perspectiva que ayude a solucionar problemas ecológicos de la región. Según [Cajamarca et al. \(2024\)](#) la perdurabilidad de los recursos a lo largo del tiempo es lo que hace a una actividad minera sustentable; pese a la variabilidad y presencia de más de 3057 hectáreas de caliza, no existe una producción asociada a la sostenibilidad. [Salomón y Graham \(2003\)](#) consideran que la minería de caliza debe estar siempre en constante estudio, debido a que con esto se lograr aportar al conocimiento de un elemento tan usado como la roca caliza. Por tanto, se formuló una matriz bajo los criterios de autores como Luna ([mencionado en Alex Enseña, 2021](#)); [Viloria et al. \(2018\)](#); [Dellavedova \(2011\)](#), y [Leopold et al. \(1971\)](#), la cual se detalla en la Figura 3 (Matriz).

Se identificaron cuatro actuaciones susceptibles de producir impacto (ASPI). [Cotes et al. \(2018\)](#) aplicaron este término para hacer referencia a las operaciones o procedimientos productivos que de manera progresiva tienden a producir cambios en el medio. Entre los identificados están extracción, trituración, calcinación e hidratación, los cuales concuerdan con esta investigación y se evidencia que suelen ser comunes en la extracción de minerales como yeso y arcilla, y también se asocian a la minería de caliza. Por otra parte, existen tres factores ambientales receptores de impactos (FARI), que fueron los sistemas abiótico, biótico y antrópico ([Al-Nasrawi et al., 2020](#)) (tabla 4).

Tabla 4. Categorización del impacto

Número	Impactos totales	46	Escala de impactos	
	Impacto positivo	8	Impacto bajo	<20
	Impacto negativo	48	Impacto medio	21-45
Promedio	Impacto	28	Impacto alto	46-70
21-45		Impacto crítico		>71

Factores Ambientales			Actividades					Positivas	Negativas	Agregación de impacto	
			Extracción	Trituración	Calcinación	Hidratación					
Indicadores Abióticos	Agua	Cambios de uso	-2 2	-1 1	-2 2	-10 9		0	4	-99	
		Calidad del agua superficial	-8 2	-1 4		-8 3		0	3	-44	
	Suelo	Calidad del suelo	-10 10	-2 1	-5 4	-2 2		0	4	-126	
		Degradoación de capa orgánica	-9 8		-4 3	-3 3		0	3	-93	
		Vertederos de residuos peligrosos	-10 6	-3 2	-6 6	-4 3		0	4	-114	
	Atmósfera	Propiedades edáficas	-8 5		-3 2	-3 1		0	3	-49	
		Calidad del aire	-7 3	-5 3	-9 8	-1 1		0	4	-109	
		Ruido	-4 1	-4 2				0	2	-12	
		Temperatura		-2 5	-8 5			0	2	-40	
Indicadores Bióticos	Flora	Vegetación natural	-7 6	-2 4	-8 6	-3 2		0	4	-104	
		Deforestación	-9 5		-9 7			0	2	-108	
	Fauna	Habitats			-6 6	-3 4		0	2	-48	
		Auyentamiento	-3 2	-2 1	-6 4			0	3	-32	
Factores antrópicos	Humano	Salud	-7 6	-2 1	-8 7	-1 1		0	4	-101	
		Empleo	8 4	8 4	6 2	5 2		4	0	86	
	Socio-ambiental	Paisaje natural y armonía visual	-8 6	-1 2	-6 4	-2 1		0	4	-76	
		Desarrollo local	7 6	5 4	4 3	8 3		4	0	98	
		AFFECTACIONES POSITIVAS	2	2	2	2	COMPROBACIÓN				
			AFFECTACIONES NEGATIVAS	13	11	13	11				
			AGREGACIÓN DEL IMPACTO	-426	2	-417	-130				
										-971	
										-971	

Figura 3. Matriz de impacto ambientales bajo el método Leopold

Como resultado, se determinó que las actividades de aprovechamiento minero generan un impacto ambiental de -971 unidades de agregación, lo que supone un rango de afectación considerable para el entorno. El nivel de impacto evaluado según la escala está en el rango de 21-45, lo cual lo califica como impacto medio, teniendo 8 impactos positivos y 48 negativos, según lo expuesto por [García et al. \(2018\)](#), para un total de 56 impactos.

En cuanto a la afectación por ASPI, la extracción es una de las fases que ocasiona mayores afectaciones, con un total de -426 unidades de agregación. [Cotes et al. \(2018\)](#) también concuerdan en que el factor suelo es receptor de impactos severos, con cambios de propiedades edáficas, degradación de capa orgánica y, además, es fuente receptora de residuos sólidos. Por

otra parte, -417 es el valor obtenido para la calcinación, cifra considerable debido a que los hornos artesanales tienen una capacidad de 4 toneladas; cada uno de ellos es alimentado por 4 burros de leñas obtenidas de la misma área de aprovechamiento.

Se pudo observar que existe deforestación debido a que no existe un área destinada a la siembra de árboles leñosos para dicha actividad ([Pardo y Salazar, 2013](#)). Las temperaturas alcanzadas en la calcinación están alrededor de 800 °C, cuando la roca caliza pierde dióxido de carbono y produce óxido de calcio; además, se registran altas emisiones de dióxido de carbono y contaminantes atmosféricos.

Entre los impactos positivos se encuentra la generación de empleo, lo que se considera positivo con un promedio aritmético de 86, ya que esta actividad es una fuente de alta importancia económica para los pobladores quienes son la mano de obra ([López Juvinao, 2021](#)). Los resultados muestran 98 unidades agregación para el desarrollo regional, vistas desde un factor económico; sin embargo, es evidente la necesidad de implementar acciones ambientales que articulen la actividad a fases sostenibles, ya que se utiliza material rudimentario y no se contemplan medidas de manejo ([Soto Cabrera *et al.*, 2020](#)).

Por su parte, el proceso de hidratación obtuvo -130 unidades. El agua utilizada para esta actividad es comprada en carro tanques, y se requiere un total de 120 galones para cada unidad productiva con frecuencia de dos días. Las aguas residuales de esta actividad no son tratadas lo que es una problemática ya que las escorrentías llegan a fuentes hídricas cercanas alterando sus características físicas ([Cotes *et al.*, 2018](#)), a esto se le suma los aportes de sedimentación generados por escombros y materiales considerados estériles, al igual que en el estudio de [Mendoza *et al.* \(2021\)](#).

Del mismo modo, la trituración, pese a ser la fase con menos puntuación –con un total de 2 agregaciones–, también afecta al medio, debido a que para este se utiliza una tolva de molino primario que genera vibraciones y ruido ambiental, lo cual influye en la armonía de manera temporal en el área, ocasiona aglutinamiento de fauna y reverberación en la flora. El hollín resultante de esta actividad puede alojarse con facilidad en el sistema respiratorio y causar afecciones en la salud humana ([Ramírez Ruiz *et al.*, 2021](#)).

Sin embargo, existe algo más llamativo: la desarticulación ambiental a las normativas pertinentes. Pese a que actualmente las minas operan como proyecto social, la Corporación Autónoma Regional ha impuesto medidas preventivas de suspensión de actividades e investigación administrativa sancionatoria ambiental y otras disposiciones. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible sostiene que todo aquel proyecto para su formalización minera debe

adelantar trámites de elaboración del estudio de impacto ambiental temporal anualmente. Hoy, las empresas dedicadas a esta actividad adelantan estudios de impacto ambiental, para poder conseguir la licencia ambiental ([MinAmbiente, 2021a](#)).

Conclusiones

Los resultados revelaron que existe poca articulación de las fases productivas con acciones de sostenibilidad. Pese a que esta actividad económica se lleva a cabo desde hace más de trescientos años con alta incidencia económica, en el área se sigue desarrollando bajo aprendizajes culturales, razón por la cual es pertinente la implementación de estrategias de manejo ambiental.

Además, en esta industria del departamento guajiro se ejecutan diversas actividades que desarrollan la gestión humana, desde las cuales se implementan criterios que propenden a la protección sistema natural. Por ello, para el trabajo de extracción de caliza se utilizan alternativas conjuntas como maquinaria pesada y manual, que se alternan para garantizar un trabajo más rápido, debido a la carencia de sistemas tecnificados y el uso de modelos convencionales; muestra esto es la falta de avances en materia de tecnificación.

También, los esfuerzos deben centrarse en minimizar los impactos para el factor suelo y aire, ya que son los mayormente afectados. Este proceso deberá efectuarse de la mano de las entidades ambientales, ya que facilitaría la puesta en marcha. No obstante, se pueden identificar acciones de bajo presupuesto en materia de gestión, como es el caso de la reforestación con plantas autóctonas, para así cimentar la cultura ambiental dentro de las organizaciones. Desarrollar este tipo de estudios ayuda a identificar las necesidades territoriales en torno a las actividades de significancia en un departamento con tantas riquezas ecosistémicas como el de La Guajira.

Financiamiento

El presente estudio fue financiado y avalado por la Universidad de La Guajira, sede Riohacha.

Referencias

Agencia Nacional de Minería (ANM). (2015). *Bitácora de la infraestructura caliza*. <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/calizas.pdf>

Agencia Nacional de Minería (ANM). (2021). *Colombia tiene un potencial de exportación ilimitado hacia los mercados internacionales*. <https://www.anm.gov.co/colombia-tiene-un-potencial-de-exportacion-ilimitado-hacia-los-mercados-internacionales>

Alcaldía Municipal de Distracción. (2012). *Plan municipal para la gestión del riesgo de desastres*. http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28337/PMGRD-DistraccionGuajira_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alex Enseña. (4 de marzo de 2021). *Matriz de Leopold* [Archivo de video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=4SbW6G9XjhM&t=14s&ab_channel=AlexEnse%C3%B1a

Al-Nasrawi, F. A., Kareem, S. L., y Saleh, L. A. (2020). Using the Leopold matrix procedure to assess the environmental impact of pollution from drinking water projects in Karbala city, Iraq. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1), 012078.

Arthuz-López, L., y Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador Técnico*, 83(2), 209-219. <https://doi.org/10.23850/22565035.1638>

Atiwesh, G., Mikhael, A., Parrish, C., Banoub, J., y Le, T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: a review. *Helijon*, 7(9), e07918. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2021.e07918>

Blundell, R., y Costa Dias, M. (2000). Evaluation methods for non-experimental data. *Fiscal Studies*, 21(4), 427-468. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.2000.tb00031.x>

Cajamarca, E., Alvarado, G., y Vázquez, J. (2024). La asociatividad en el reciclaje como estrategia de desarrollo sostenible. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, (15), 149-172. <https://doi.org/10.32719/25506641.2024.15.7>

Centeno Guerrón. M. L, y Ramírez Ortiz, C. M. (2021). *Educación ambiental e implementación de buenas prácticas ambientales y de consumo sostenible en la universidad Israel* [Tesis de pregrado]. Repositorio Digital Universidad Tecnológica de Israel. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2779>

Chunga Quispe, A. K., y Chunga Quispe, J. J. (2022). *Revisión sistemática de estudios de evaluación del impacto ambiental que utilizan la matriz Leopoldo y Conesa como herramientas* [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22380>

Cotes, D., Correa, H., Ricardo, J., Soto, E., y Torres, D. (2018). Plan de manejo ambiental de la mina Hornical en el municipio de Distracción, La Guajira. *Revista Agunkuyâa*, 8(1), 60-73. <https://doi.org/10.33132/27114260.1230>

Dellavedova, M. (2011). *Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de la Plata. <https://www.lwestudioambiental.com.ar/wp-content/uploads/2018/08/Ficha-17-GUIA-METODOLOGICA-PARA-LA-ELABORACION-DE-UNA-EIA.pdf>

Escuela Superior de Administración Pública (ESAP). (2017). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/20.500.14471/22011>

Franco, G. (2006). Gestión de recursos minerales: valoración económica de los depósitos de calizas de Colombia. *Gestión y Ambiente*, 9(2), 91-101. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/52074>

García, M., Velásquez, S., Chiw, V., y Landeros, B. (2018). Elaboración de una matriz de impacto ambiental en la Fundidora Especializada del Nazas S.A. de C.V. *Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada*, 6(n.º esp. 12), 218-222.

Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., y Scrivener, K. L. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), 559-573. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>

Hernández-Jatib, N., Ulloa-Carcasés, M., Almaguer-Carmenate, Y., y Ferrer, Y. R. (2014). Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción La Inagua, Guantánamo, Cuba. *Luna Azul*, (38), 146-158.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2024). *Informe técnico diario*. Boletín 18. <https://acortar.link/hF2Ecy>

Lago Pérez, L. (1997). *Metodología general para la evaluación de impacto ambiental de proyectos*. Empresa de ingeniería y proyectos del níquel. Cuba, 30-50. <http://www.monografias.com/trabajos14/elimpacto-ambiental/elimpacto-ambiental.shtml#glo>

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B., y Balsley, J. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Circular 645. US Department of the Interior.

López Juvinao, D. (2016). *Mucho más que carbón. El escenario minero de La Guajira*. (1.ª ed.). Grupo de Investigación contacto con la comunidad. <https://es.slideshare.net/elturcolopez/libro-sobre-mineria-en-la-guajira>

López Juvinao, D. D. (2010). *Mucho más que carbón. El escenario minero de La Guajira*. 1st ed. Riohacha, La Guajira, Colombia.

López Mamani, E. G. (2021). *Impacto ambiental por la matriz Leopold y la matriz Conesa en la cantera Querulpa para un plan de contingencia, Arequipa 2021* [Tesis de pregrado]. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71807>

Manco Jaraba, D. C., Ariño Díaz, K. R., y Rojas Martínez, E. E. (2019). Prospección y caracterización del yacimiento de cobre, en la vereda Los Cueros, Villanueva, departamento de La Guajira-Colombia. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 27(2), 288-294. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200288>

Méndez Cadena, M. E., Fasinetto Bárcena, G., Ocampo Fletes, I., y López Sánchez, H. (2021). Saberes y acciones de jóvenes del medio rural frente a problemas ambientales. *Tecnura*, 25(68), 125-139. <https://doi.org/10.14483/22487638.15775>

Mendoza Zapata, L. A., Pacheco Bustos, C. A., y Certain Abraham, W. D. (2021). Evaluación de impactos ambientales asociados a la eventual recuperación ambiental de canteras con residuos inertes de construcción y demolición en Barranquilla y su área metropolitana. *Ingeniería y Desarrollo*, 39(2), 275-295. <https://doi.org/10.14482/inde.39.2.628>

Mendoza, J., Buitrago, D., Navas, W., y Suriaga, M. (15 de diciembre de 2024). El agotamiento de los recursos naturales y su efecto en el medio ambiente. *MQ-
RInvestigar: Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 8(4), 1611-1626. <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/1874#:~:text=Resumen,la%20vida%20en%20nuestro%20planeta>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2021a). *Listado de impactos ambientales específicos, 2021*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04>Listado-de-Impactos-Ambientales-Especificos-2021-V4.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (21 de junio de 2021b). *Guía de buenas prácticas ambientales*. https://sigestion.minambiente.gov.co/files/mod_documentos/documentos/G-E-SIG-04/versiones/Guia%20de%20buenas%20practicas%20ambientales.pdf

Pardo Celis, K., y Salazar Martínez, E. M. (2013). *Minería, medio ambiente y paisaje cultural cafetero en el municipio de Quinchía, Risaralda: un reto hacia la sustentabilidad* [Tesis de pregrado]. Universidad Tecnológica de Pereira.

Peralta, L. C. L., Jaraba, D. C. M., Bolaño, F. E. C., Martínez, E. E. R., y Suárez, J. A. M. (2022). Análisis geoquímico de las calizas de la Cantera Centro Minero Cohornical, municipio de Distracción-La Guajira (Colombia): aporte en la determinación de su uso como material industrial. *Prospectiva*, 20(1). <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/2716/2489>

Pietro Rincón, G., y Espinosa González, Á. (eds.). (2011). *Manual de geoquímica. Muestreo de ultrabaja densidad y de baja, media y alta densidad*. Servicio Geológico Colombiano. <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/78/74/560>

Ropero Portillo, S. (24 de mayo de 2021). Agotamiento de los recursos naturales: causas y consecuencias. *EcologíaVerde*. <https://www.ecologiaverde.com/agotamiento-de-los-recursos-naturales-causas-y-consecuencias-3396.html>

Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaïd, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., y Olabi, A. G. (2021). Environmental impacts of solar energy systems: a review. *Science of The Total Environment*, 754, 141989.

Ramírez Ruiz, J., Reyes Velasco, L., Sánchez Cruz, G., Castillo Real, L. M., y Bernardino-Hernández, H. U. (2020). La elaboración de tostadas por mujeres de la costa de Oaxaca: el sustento económico que pone en riesgo su salud. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(56). <https://dx.doi.org/10.24836/es.v30i56.974>

Repsol. (19 de septiembre de 2023). *El regalo de la naturaleza*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/servicios-ecosistemicos/index.cshtml>

Salomón, L. A. A., y Graham, L. E. (2003). Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. *Ingeniería*, 7(1), 27-36. www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770103

Sánchez, M. y Riosmena, F. (2021). Cambio climático global, ecología política y migración. *Revista de Estudios Sociales*, (76), 2-6. <https://doi.org/10.7440/res76.2021.01>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. (11 de marzo de 2021). *Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida*. <https://goo.su/Kv5k6>

Soto Cabrera, A. I., Panimboza Ojeda, A. P., Ilibay Granda, C. G., Valverde Lara, C. R., y Diéguete Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de Faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Prospectiva*, 18(1), 60-68. <https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2101>

Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., y Awad, G. (2018). Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121-156. <https://doi.org/10.18359/rcin.2941>

Vives, A. (2022). *Social and environmental responsibility in small and medium enterprises in Latin America*. Inter-American Development Bank.

