

CAPÍTULO 5

Análisis de los Impactos Socioambientales de la Extracción de Material de Arrastre y la Minería de Oro en la Cuenca Baja del Río Palo, Cauca (Colombia)

Analysis of the Socio-Environmental Impacts of the Extraction of Trawl Material and gold Mining in the Lower Basin of the Río Palo, Cauca (Colombia)

Einer Alfredo Villegas

Universidad Santiago de Cali. Colombia, Cali
© 0000-0001-6116-5245
✉ eineal@hotmail.com

Jonathan S. Pelegrin

Universidad Santiago de Cali. Colombia, Cali
© 0000-0001-5954-5476
✉ jonathan.pelegrin00@usc.edu.co

Resumen

En el departamento del Cauca, la extracción de minerales de los ríos es un medio de obtención de ingresos para un amplio sector de la comunidad. Por lo general, esta actividad se realiza de manera ilegal lo que se traduce en un sin número de problemas socioambientales en la región. El propósito de este artículo es desarrollar estrategias de mitigación y corrección de los impactos ambientales generados por la actividad extractiva en la zona Norte del departamento del Cauca. El trabajo se realizó mediante dos métodos de investigación; el

Cita este capítulo / Cite this chapter

Villegas, E. A. y Pelegrin Ramírez, J. (2025). Análisis de los Impactos Socioambientales de la Extracción de Material de Arrastre y la Minería de Oro en la Cuenca Baja del Río Palo, Cauca (Colombia). En: Pelegrin, J. S. y Quijano Pérez, S. A. (eds. científicos). Estudios transdisciplinarios del medio ambiente. (pp. 197-232). Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali. <https://doi.org/10.35985/9786287770782-5>

primero fue de tipo etnográfico y el segundo se basó en la recopilación de información primaria y secundaria mediante la aplicación de entrevistas a entidades tales como: la Gobernación, la Corporación Regional del Cauca (CRC), Alcaldías, Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATAS), Consejos Comunitarios, otras instituciones de la sociedad civil, empresas extractoras y trabajadores de la actividad minera. Entre los resultados más destacados se encuentran: 1). Los impactos ambientales que más se manifiestan en la zona de extracción son: la modificación del cauce (profundidad, pendiente, ancho), erosión de orillas y contaminación del agua; en algunas zonas se evidencia cambio en las condiciones físicas y químicas (aporte de sedimentos y turbidez). 2). Existencia de un número considerable de personas con necesidades de ingresos y escasez de fuentes de trabajo en la zona. 3). A la fecha, en gran parte del área de estudio, se presentan conflictos por utilización del suelo y la inoperancia del estado; lo que implica el agotamiento de recursos naturales, asimismo la pérdida de biodiversidad y destrucción de ecosistemas. Como resultado se identificó que los subcomponentes hidrológicos, flora y paisajístico fueron los de mayor afectación por el desarrollo de la extracción de material de arrastre y la minería de oro.

Palabras clave: forestal; impactos ambientales; impactos sociales; ilegalidad; material de arrastre; minería de oro.

Abstract

In the department of Cauca, the extraction of minerals from rivers is a means of obtaining income for a large sector of the community. In general, this activity is carried out illegally, which translates into a number of socio-environmental problems in the region. The purpose of this article is to develop mitigation and correction strategies for the environmental impacts generated by extractive activity in the northern zone of the department of Cauca. The work was carried out using two research methods; the first was ethnographic and the second was based on the collection of primary and secondary information through the

application of interviews to entities such as the Government, the Regional Corporation of Cauca (CRC), Mayors, Municipal Units of Agricultural Technical Assistance (UMATAS), Community Councils, other civil society institutions, extracting companies and mining activity workers. Among the most outstanding results are: 1). The environmental impacts that are most manifested in the extraction area are: modification of the channel (depth, slope, width), shore erosion and water contamination; in some areas there is evidence of a change in the physical and chemical conditions (sediment contribution and turbidity). 2). Existence of a considerable number of people with income needs and scarcity of sources of work in the area. 3). To date, in a large part of the study area, there are conflicts due to land use and the ineffectiveness of the state; which implies the depletion of natural resources, as well as the loss of biodiversity and destruction of ecosystems. As a result, it was identified that the hydrological, flora and landscape subcomponents were the most affected by the development of the extraction of drag material and gold mining.

Keywords: forestry; environmental impacts; social impacts; illegality; drag material; gold mining.

Introducción

La globalización ha traído consigo procesos enfocados a mejorar las condiciones de vida y para ello, la actividad de la construcción ha proyectado en gran medida el auge de la minería a cielo abierto en muchos ríos a nivel mundial y local (Luna, 2015). En Colombia, existen dos métodos principales para la extracción de oro; una es a través de la minería subterránea donde el mineral se limita a las vetas debajo de la superficie. La otra es la minería de placer, donde el oro se encuentra en depósitos aluviales (Bustamante et al., 2016). Ambos métodos generan un impacto negativo al medio ambiente y la salud humana porque utilizan una gran cantidad de mercurio (Hg) en sus procesos (Marrugo-Negrete et al., 2015). Dichas técnicas implican el uso de mercurio, el primero método de extracción también incluye el cianuro para la recuperación

del oro, y la maquinaria de procesamiento utiliza combustibles y lubricantes; todos los cuales pueden descargarse directamente a cuerpos de agua sin tratamiento (Spiegel y Veiga, 2010). Si bien hay muchos contaminantes del agua asociados con la minería informal, sedimentos suspendidos, materia orgánica, drenaje ácido, metales, grasas, aceites y combustibles (Navarro et. al, 2006). Una de las mayores preocupaciones en los últimos años es la contaminación por mercurio en el aire y las aguas (Veiga et al., 2014). Por otro lado, lo expuesto por Choubin et al. (2019) quien expresa que las acciones humanas como la deforestación, las alteraciones de la tierra, la ganadería extensiva, la minería, la actividad agrícola y la mala gestión de los ríos incrementan en gran medida la cantidad de sedimentos que producen los ríos debido a la erosión.

Los materiales extraídos de estas fuentes son usados por sus propiedades fisicomecánicas, los bajos costos en su extracción, transporte y relativo fácil acceso (Delgado, 2018). Considerando que este tipo de minería genera graves impactos en los sistemas fluviales debido al desbalance causado en el trasporte de sedimentos en el área de extracción; los mineros emplean diferentes métodos de extracción a lo largo de los canales de los ríos y sus llanuras aluviales (Kori y Mhatada, 2012).

Diversos estudios han abordado la contaminación y degradación ambiental debida a la explotación de materiales en las cuencas de los ríos (Escobar, 2017; Gavriletea, 2017; Martínez, 2017; Bárcena, 2018; Hinojosa et al., 2018; Parra, 2018; Cerón y Gutiérrez, 2019; García et al., 2020; Jiménez, 2020; Herrera, 2022). En Colombia la mayoría de las minas funcionan de manera ilegal, por ende, no se puede tener un control ambiental definido, siendo también una actividad industrial donde la explotación de los recursos aumenta supone un agotamiento cada vez mayor por efecto de la minería ilícita, la cual se desarrolla de manera informal, infringiendo toda norma de carácter laboral, social, tributario, técnico y ambiental. Uno de los ríos que mayor nivel de actividad minera a cielo abierto, es el Río Guatiquia, ubicado en el municipio de Villavicencio Meta, debido a su extensión y

características han favorecido el desarrollo de esta actividad, durante años han venido desarrollando acciones para mitigar el impacto que genera esta práctica en el contexto (Betancourt et al., 2019; Clavijo, 2022). En zona como el norte del Cauca, con la fuerte entrada de la minería mecanizada ilegal, la cotidianidad de las poblaciones se ha transformado sustancialmente, sin ninguna consideración ambiental, esta minería ilegal se impone por la fuerza y con la complicidad de las inoperancias del Estado a unas poblaciones locales que, en sus expresiones organizativas han desplegado una serie de luchas para expulsar esta minería de sus territorios tradicionales (Arias y Caicedo, 2017; Ojeda, 2017; Restrepo, 2017; Caro-Galvis, 2019; Montaña et al., 2022).

En el departamento de Cauca se utiliza la arena, grava y balastro como material en muchos proyectos como construcción de vías, puentes, edificios y viviendas. Las arcillas son aptas para la fabricación de ladrillos y tejas en los municipios de Puerto Tejada, Padilla, Corinto, Villa Rica, Santander de Quilichao y Cali. La obtención y venta de estos materiales de galpón y de arrastre, son de relativo fácil acceso, de bajos costos y son la fuente de sustento a un alto número de personas. Su demanda crece conforme a la expansión de las ciudades, lo que, debido a la explotación no adecuada, está conllevando a un aumento de la presión sobre el recurso y al progresivo impacto sobre el ecosistema acuático y terrestre (Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Caloto, 2020).

Según Blanco (2020) “la explotación de minerales trae como consecuencia efectos ambientales que en su mayoría son reversibles en el corto plazo, fundamentalmente con la deforestación, la destrucción del hábitat, modificación del ambiente y desplazamiento de especies animales”. Toda excavación o extracción, genera una interrupción de la continuidad del transporte de sedimentos del río, ante lo cual, se produce una respuesta del sistema fluvial hacia un nuevo estado de equilibrio que se manifiesta en el desencadenamiento de procesos erosivos aguas arriba y aguas abajo del sitio de extracción, produciendo los siguientes efectos: degradación generalizada del

cauce y cambios en su geomorfología, inestabilidad de orillas, descenso en el nivel freático, afectación de la flora y la fauna (Garzón, 2013; De María, 2021).

Según lo anterior, se resalta que las actividades mineras en los ríos no tienen ningún tipo de monitoreo, control y/o seguimiento por parte de las entidades gubernamentales, encargadas de la protección y cuidado de los recursos naturales. Tampoco disponen de una información consolidada sobre esta actividad, que ofrezca argumentos necesarios para minimizar esta problemática social y económica, afectando así diferentes sectores del departamento del Cauca. Por esta razón se hace necesario analizar los principales impactos socioambientales, asociados a la extracción de material de arrastre y la minería en la cuenca baja del río Palo, en los municipios de Caloto y Guachené.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó con un enfoque mixto, inicialmente se evaluaron e identificaron los impactos ambientales y sociales generados por la explotación de materiales de arrastre y minería de oro en los municipios de Caloto y Guachené mediante una revisión preliminar de información secundaria obtenida de documentos ubicados en bases de datos de instituciones gubernamentales tales como: Agencia Nacional Minera, Corporación Autónoma regional del Cauca (CRC), CORPOPALO, Gobernación, POT, Alcaldías, Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATAS), Consejos Comunitarios, otras instituciones de la sociedad civil y en páginas web oficiales. El grupo poblacional de investigación está conformada por 48.729 habitantes entre los municipios de Caloto y Guachene (DANE, 2022) para la toma de la muestra se utilizó un subgrupo poblacional de 9 personas conformado por funcionarios, líderes sociales, empresas y sociedad civil, de este modo se complementó la indagación con la implementación de una entrevista semiestructurada con preguntas orientadoras. De igual

manera, se realizaron 9 visitas durante un periodo de 4 meses estas consistieron en entablar un diálogo abierto, es preciso señalar que la implementación de la entrevista se realizó de manera categorizada y diseñada con el fin de obtener información de una manera más amplia sobre la extracción de material de arrastres y la minería de oro. Adicionalmente, se desarrolló un análisis descriptivo para cada una de las variables analizadas en el cuestionario utilizando el software Excel versión 2016.

Posteriormente, se implementaron dos matrices una de causa y efecto, y una matriz Vester, por la cual se identificaron las causas y consecuencias. Finalmente se realizó el análisis de la pérdida de cobertura vegetal, utilizando la plataforma de Google Earth Engine (GEE), para determinar la extensión y el cambio de cobertura, se procesaron los canales de las bandas de imágenes de satélite Landsat 7, para el procesamiento de los datos se utilizó la información raster, data versión 1.9 actualizada de pérdida bruta de cobertura forestal detectada desde el año 2001 y 2021.

Descripción de la Zona de Estudio

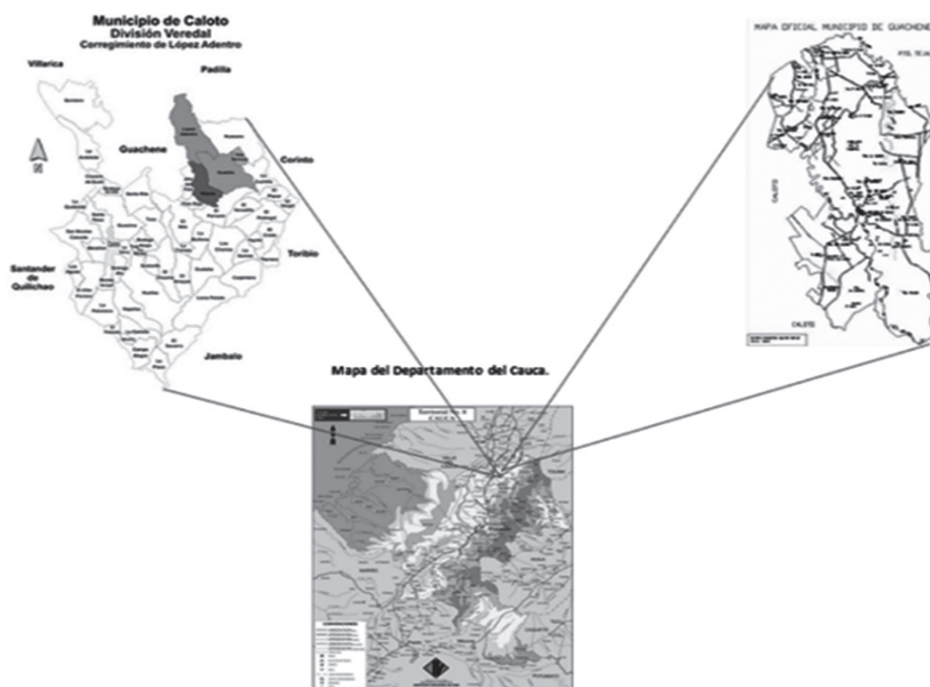
Localización

La cuenca del río Palo se encuentra en el departamento del Cauca, al Suroccidente de Colombia, en la región andina. Particularmente, en el llamado piedemonte de la zona montañosa de la cordillera Central, en los municipios de Caloto y Guachené (Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Guachené, 2012a; Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Caloto, 2020). La cuenca está limitada al Norte por la cuenca del río Desbaratado $3^{\circ}07'47''$; al Oeste con las cuencas de los ríos La Quebrada $76^{\circ}23'47''$. A esta gran cuenca pertenece el río La Paila, y juntos caen al río Cauca. La cuenca del río Palo es una de las más grandes de la zona norte del departamento del Cauca con un área de 1532 km^2 (153.200 ha) y un recorrido de 92 km, desde el páramo de Santo Domingo hasta su desembocadura en el río Cauca donde entrega más de $36 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua

(el 15,4 % del caudal del río Cauca en este tramo (Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Caloto, 2020 y Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Guachené, 2012b) (Figura 1).

Figura 1.

Ubicación Geográfica de los municipios de Caloto y Guachené.



Fuente: (Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Caloto, 2020 y Plan de Desarrollo Municipal, Alcaldía de Guachené, 2012c).

Contexto Geológico

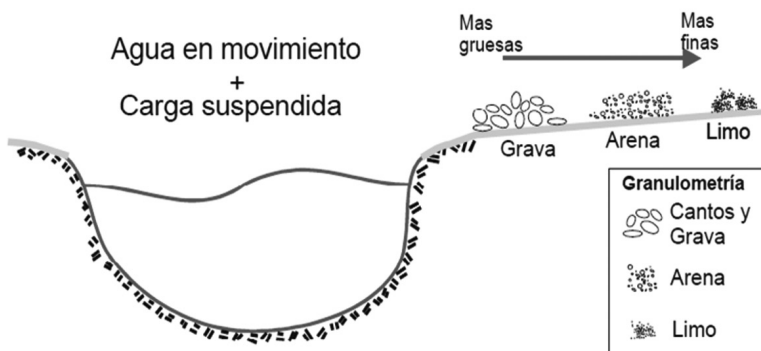
La subcuenca Hidrográfica del río Palo, presenta problemas de amortiguamiento en zonas de suelos inclinados realizando varias estaciones en su curso, perdiendo velocidad de la corriente y permitiendo que en tiempos de lluvia el material de arrastre sea depositado en diferentes sitios; al llegar a la vereda Santa Rita Caloto es una piedra de tamaño grueso, mientras que en el municipio

de Guachené es de tamaño mediano, finalmente en el municipio de Puerto Tejada la arena es de tamaño delgado, dando lugar a la ubicación de acuerdo con la fuerza con que baje el río (Corporación Regional del Cauca, 2003).

En la Figura 2 se representa el modelo de corriente fluvial de los ríos, también la forma como están ubicados los materiales pétreos de acuerdo con el peso y tamaño; dicho mecanismo tiene 3 momentos los cuales se mencionan a continuación: la erosión, corriente y la sedimentación de materiales. Puesto que la corriente transporta el material erosionado río abajo, acompañado de la energía y de los sedimentos arrastrados al cauce, los materiales de mayor tamaño como: la grava y la arena son demasiado pesados para ser arrastrados por la corriente y quedan en el fondo del cauce. Los materiales más pesados solo pueden ser arrastrados en temporadas de lluvias, lo contrario del material limo que por su poca densidad es arrastrado río abajo. Cuando la velocidad de la erosión disminuye, el río ya no posee capacidad para seguir arrastrando su carga, es allí cuando comienza la deposición de los materiales producidos por varias causas: alteración del cauce; el ensanchamiento o por el brusco desnivel de la vertiente (Farrás, 2005).

Figura 2.

Mecanismo de la sedimentación textual longitudinal en una corriente fluvial.

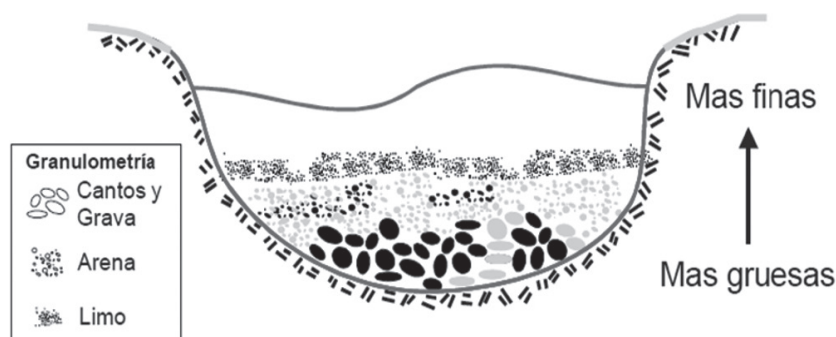


Fuente: Modificado de Farrás, 2005

En la Figura 3 se representa el comportamiento de deposición por el gradiente textural vertical de los ríos, este mecanismo representa la posición en forma vertical de los materiales de arrastre en los ríos de acuerdo con su volumen y masa, determinado por el proceso de separación donde se precipitan las partículas más gruesas y después las partículas más finas, en la medida que ocurran cambios en la velocidad de la corriente podrá generar la precipitación de los materiales y posteriormente la erosión.

Figura 3.

Mecanismo de la deposición por el gradiente textural vertical.

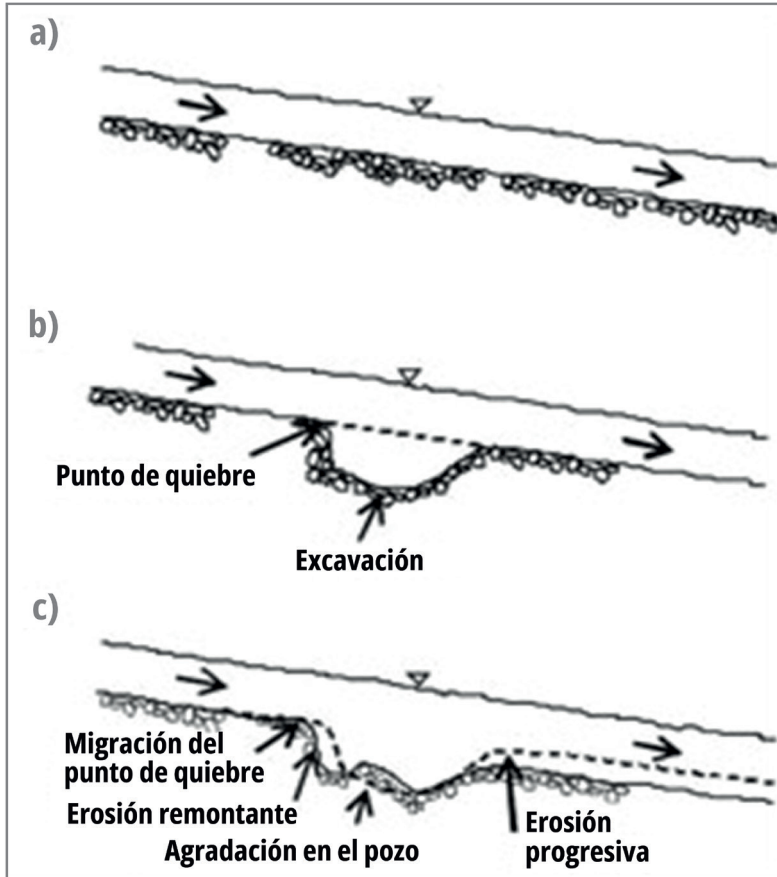


Fuente: Modificado de Farrás, 2005

En la Figura 4 se presenta el fenómeno de erosión remontante y progresiva por extracción de material de arrastre, donde: a) Estado inicial del río, en el cual se tiene un determinado trasporte o carga de sedimentos; b) La excavación originada por la extracción genera un punto de quiebre aguas arriba y actúa simultáneamente como trampa de sedimentos interrumpiendo su continuidad; aguas abajo de la capacidad de trasporte de la corriente pero se reduce el material disponible para ser transportado; c) El punto de quiebre se desplaza aguas arriba causando erosión remontante; aguas abajo se produce una erosión progresiva por efecto del agua sin sedimentos.

Figura 4.

Fenómeno de erosión remontante y progresiva por extracción de material de arrastre en ríos.



Fuente: Kondolf, 2002

Resultados y Discusión

Los problemas generados por la extracción de materiales de construcción son muy diferentes a los problemas generados por la minería de oro, en esta última se utilizan gran cantidad de elementos químicos y compuestos altamente tóxicos (Giarracca y Teubal, 2010).

Si bien la minería de materiales de construcción no requiere de etapas altamente contaminantes si requiere de otro tipo de procesos altamente impactantes, los cuales generan serios problemas hacia el medio ambiente. A continuación, se realiza la caracterización de los principales problemas socioambientales generados por la extracción de materiales de construcción y la minería de oro.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la entrevista con respecto al presupuesto, licencia ambiental y desarrollo al sector por la extracción de material de arrastres y minería de oro. Asimismo, se muestra la identificación de los impactos sociales derivados de la extracción de material de arrastre y la minería de oro en la cuenca baja del río Palo.

Tabla 1.

Impactos sociales derivados de la extracción de material de arrastre y la minería de oro en la cuenca baja del río Palo.

	SI	NO	NO SABE
¿Cuenta con presupuesto para atender las problemáticas sobre la extracción de material de arrastre y minería en la cuenca del río Palo?	75%	25%	
¿Cuenta con licencia minera en los municipios de caloto y Guachené?	33,3%	22,2%	44,4%
¿Considera que la minería ha traído desarrollo al sector?	22,2%	77,8%	

Los resultados indican que 75% de las entidades, no cuenta con presupuesto para atender los impactos generados por la extracción de material de arrastres y minería de oro. Sin embargo, existe un 25%, de entidades con presupuesto para atender la actividad de la minería. El 44,4% de los entrevistados dice no tener conocimiento sobre este requisito para la actividad de extracción de material de arrastre y minería, el 33,3% expresa que sí posee licencia ambiental para la extracción, y un 22,2% manifiesta no tener licencia ambiental. Los resultados indican que el 77,8% de los encuestados expresan que la minería no ha traído desarrollo al sector, mientras que el 22,2% piensa que la actividad minera trae beneficios directos sobre el crecimiento

económico de las comunidades. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de la entrevista en cuanto a los problemas que afectan a las comunidades por la extracción de material de arrastres y minería de oro.

Tabla 2.
Impactos sociales que afectan a las comunidades por la extracción de material de arrastres y minería de oro.

¿Cuáles son los problemas que más afectan a las comunidades?	
Desempleo	44,4%
Corrupción	22,2%
Minería ilegal	22,2%
Falta de voluntad Política	11,1%

El 44,4% de los entrevistados manifiestan que los problemas que más afectan a las comunidades, es el desempleo, seguido de la corrupción y la minería ilegal las cuales arrojaron un 22,2%, y la voluntad política fue la respuesta que arrojó el menor porcentaje con un 11,1%.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de la entrevista respecto al tipo de transporte del material de arrastres. El 55,6% de las personas encuestadas expresa que el material de arrastre es transportado a través de volquetas, carretillas un 33,3% y otros medios un 11,1%.

Tabla 3.
Impactos sociales derivados del transporte del material de arrastres.

Tipo de transporte del material de arrastre	
Volquetas	55,6%
Carretillas	33,3%
Otros	11,1%

Considerando que, por ser una zona de conflicto donde existe una lucha por el territorio, no fue posible profundizar en la recolección de información limitando el análisis y los resultados, teniendo en cuenta lo anterior a continuación se presenta el análisis. De acuerdo, a los resultados obtenidos de las entrevistas con respecto a los impactos sociales se puede afirmar que uno de los problemas, que más aquejan a estas comunidades es el desempleo; teniendo en cuenta que el empleo es la base fundamental, para el desarrollo de la economía y el camino hacia una sociedad más equitativa. Por otro lado, un factor no menos importante es el de la corrupción que es un flagelo que impide el progreso de las comunidades, y agudiza las problemáticas sociales. Igualmente, el incremento de la minería mecanizada ilegal viene generando transformaciones del tejido social, el abandono de actividades socioeconómicas tradicionales.

Finalmente, cabe resaltar la poca voluntad política por parte de los municipios al asumir sus responsabilidades en el cumplimiento del cuidado y protección de los recursos naturales de la región (véase Tablas 1, 2 y 3). Estos resultados, son consistentes con los señalado por diversos autores donde también existe una gran inconformidad y total resistencia a la entrada de la minería mecanizada ilegal en territorios afros e indígenas (Saade, 2013; Bastidas-Orrego et al. 2018; Orellana et al. 2019). De igual manera coincide con lo planteado por Montes (2018) quien considera que la “corrupción de algunos funcionarios públicos en las autoridades ambientales perjudica el desarrollo en materia ambiental en el territorio, gracias a actividades como la venta de permisos y negociación de las licencias ambientales.

Del mismo modo con lo expuesto por Hinestroza et al. (2016), quien expresa que la protección de los recursos naturales es obligación de las entidades gubernamentales, pero también de la sociedad civil, para evitar alteraciones en los ecosistemas. Finalmente, los resultados de este estudio coinciden con lo planteado por Fuentes et al. (2021), quien considera que los beneficios de la actividad minera no han sido significativos para incidir en los indicadores sociales que representan el desarrollo y pobreza.

Evaluación los Impactos Ambientales Derivados de la Explotación de Materiales de Arrastre y Minería de Oro en la Cuenca Baja del Río Palo

partir de visitas realizadas al área de estudio lo que permitió señalar y agrupar grandes acciones de la extracción de material de arrastres y la minería de oro, que afectan de manera similar el entorno y seleccionar los indicadores del impacto. Por ejemplo, la utilización de retroexcavadoras en explotación interfiere directamente en el ecosistema acuático y la flora y fauna asociada. La inadecuada extracción modifica el cauce del río, como la pendiente y el ancho. Así mismo se interrumpe el transporte de sedimentos en el río.

Impactos Ambientales Derivados de la Explotación de Materiales de Arrastre en la Cuenca Baja del Río

A continuación, se presenta el registro fotográfico de los principales problemas e impactos ambientales derivados de la explotación de materiales de arrastre en la cuenca baja del río Palo (Figura 5).

Figura 5.

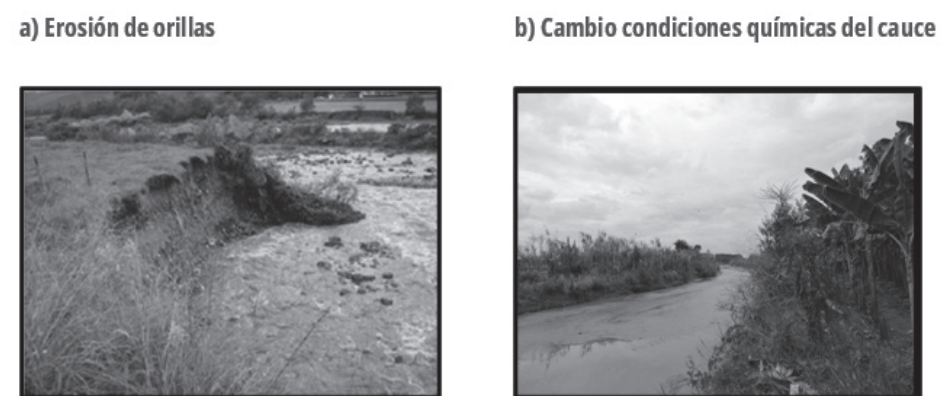
Impactos ambientales maquinaria pesada por la extracción de material de arrastre en la cuenca del río Palo.

a) Erosión de orillas



b) Cambio condiciones químicas del cauce





En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de los impactos ambientales maquinaria pesada por la extracción de material de arrastres.

Tabla 4.
 Matriz de identificación de Impactos ambientales maquinaria pesada por la extracción de material de arrastre en la cuenca baja del río Palo.

Factor Ambiental		Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Causa y Efectos		Extracción de Material	Cargue de Material	Transporte de Material		
Medio	Componente	Impactos Generados					Total Impactos	
Abiótico Agua	Suelo	Erosión de Orillas	X	X	X	6	3	29%
	Alteración de suelos aprovechables	X	X			3		
	Incremento de la turbidez y sedimentos suspendidos	X	X	X	5	3		24%
	Profundización y desviación del cauce	X	X			2		

Factor Ambiental		Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Causa y Efectos		Extracción de Material	Cargue de Material	Transporte de Material		
Biótico	Flora	Pérdida de Bosques		X			1	
		X		X	X		7	
	Destrucción de hábitats ripario y acuáticos							33%
	Daño de cobertura vegetal	X		X	X		3	
	Fauna						3	
	Desplazamiento de especies animales	X		X	X	3	3	14%
							21	100%

De acuerdo, con los resultados obtenidos en la matriz de identificación de impactos ambientales (Tabla 4), se destacaron los impactos más significativos en los componentes bióticos y abióticos de la siguiente manera: el componente flora fue el más afectado con un 33%, seguida por el componente suelo con un 29%, para el componente agua se obtuvo un 24%, finalmente, el componente menos afectado fue la fauna con un 14%.

El desarrollo de las actividades de extracción de materiales de arrastre en la cuenca baja del río Palo, los cuales se utilizan para la ejecución de muchos proyectos de construcción, vienen desencadenando un aumento en la presión sobre este recurso natural, sumado a ello la interrupción de maquinaria pesada sobre ecosistemas acuáticos y terrestres.

Estos impactos se pueden evidenciar en la Figura 5. el desencadenamiento de procesos erosivos cuando hay inestabilidad del río, además de esto, también ha sido evidente los cambios de

las condiciones químicas, el ensanchamiento del cauce, incidiendo directamente en la destrucción del paisaje. Esta situación que es recurrente y sin intervención de fondo es similar a la reportada por (Betancourt y Solaque, 2018; Jiménez, 2020) en los municipios de Villavicencio (Meta) y San Carlos (Córdoba) en Colombia. Estos estudios también reportan grandes problemas asociados a los componentes Bióticos, Abióticos y Sociales por la extracción de materiales de arrastre.

En el contexto internacional, el estudio realizado por Kori y Mhatada (2012), en la provincia de Limpopo, Sudáfrica, donde se identificaron una serie de aspectos ambientales, estos incluyen el colapso de las orillas de los ríos, la destrucción del hábitat y los cambios en el uso de la tierra. En la identificación de impactos ambientales, causas y efectos como consecuencias de la explotación de los recursos naturales de una manera indiscriminada, ocasionan alteraciones y consecuentes impactos sobre los recursos naturales como se puede observar en la Tabla 4, donde se evidencia que los componentes más afectados por efecto de la maquinaria pesada fue el componente biótico, lo que comprende: pérdida de bosque, destrucción de hábitats ripario y acuáticos y daño de cobertura vegetal.

Estos registros van acordes con lo reportado por Sánchez y Martínez (2020), quienes consideran que “una de las mayores afectaciones en los componentes suelo, paisaje y agua, son producidos por el transporte y la maquinaria pesada en los diferentes procesos de la extracción de materiales de arrastre”. En esta investigación para el componente fauna, se hizo necesario tomar como referencia lo expuesto por Martínez (2017), quien expresa que la extracción de materiales pétreos y otros elementos del cauce de los ríos, ha generado alteraciones significativas en el cauce de los mismos, la muerte de peces y la desaparición de especies.

Impactos Ambientales Derivados de la Extracción de la Minería de Oro Ilegal en la Cuenca Baja del Río Palo

A continuación, se presenta el registro fotográfico de los principales problemas e impactos ambientales derivados de la explotación de la minería de oro, en la cuenca baja del río Palo (Figura 6).

Figura 6.

Impactos ambientales maquinaria pesada y métodos artesanales de la actividad minera de oro ilegal en la cuenca baja del río palo.

a) Remoción de cobertura vegetal



b) Alteración del paisaje



c) Daños en áreas aluviales



d) Generación de empleo



Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales Generados por la Minería de Oro

En la aplicación de la matriz, se priorizaron los problemas identificados en un análisis previo, basándose en los siguientes

criterios de calificación: 0 = no causa, 1= causa indirectamente, 2 = causa moderada, 3= causa directamente.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de los problemas ambientales maquinaria pesada por la explotación minera en la cuenca baja del río palo.

Tabla 5.

Matriz de Vester, impactos ambientales explotación minera cuenca baja del río palo.

Plantilla Matriz de Vester										
Situación Problemática										
Cód.	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Influencia
P1	Alteración de la dinámica del cauce	0	3	3	3	0	3	3	3	18
P2	Remoción de la cobertura vegetal del suelo	3	0	3	3	1	1	3	3	17
P3	Alteración de suelo aprovechables	3	3	0	3	3	3	3	3	21
P4	Inducción a procesos erosivos	3	3	3	0	0	3	3	3	18
P5	Contaminación del Suelo	2	2	3	0	0	3	3	3	16
P6	Cambio en condiciones físicas del cauce (aporte de sedimentos y turbidez)	3	0	0	0	2	0	3	3	11
P7	Alteración del paisaje	0	0	0	0	0	0	0	3	3
P8	Desplazamiento temporal o permanente de aves, reptiles y mamíferos	0	0	0	0	0	0	3	0	3
DEPENDENCIA		14	11	12	9	6	13	18	21	83

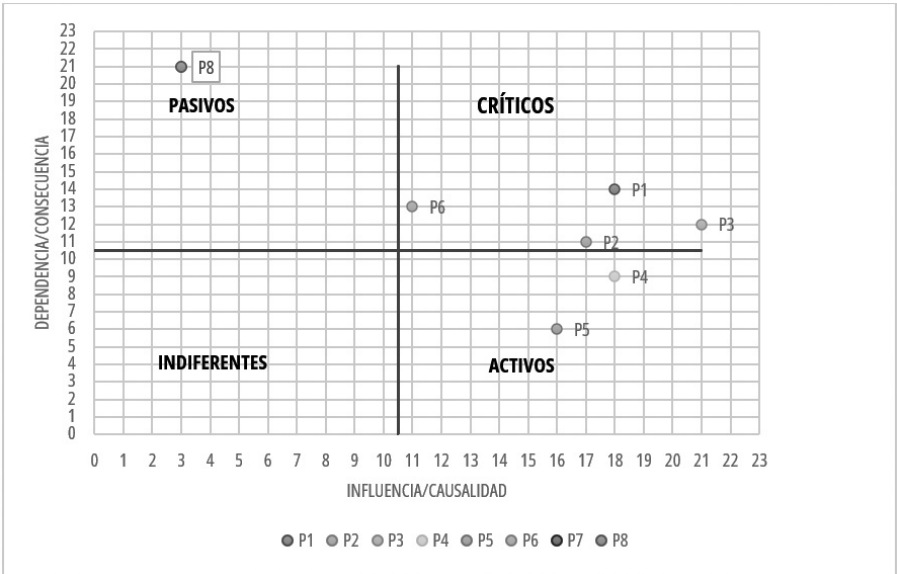
Los resultados en la Tabla 5 muestran que la mayor influencia de impacto es P3, alteración de suelos aprovechable con un valor de 21 puntos, mientras que para la dependencia los mayores impactos se obtuvieron en P7 desplazamiento temporal o permanente de aves, reptiles y mamíferos, al igual que P8 alteración del paisaje con un valor de 21 puntos. Por otro lado, a través de esta tabla se determinaron los cálculos de las líneas que cruzan los cuadrantes

Críticos, Activos, Pasivos, e Indiferentes, permitiendo identificar el nivel de los impactos, se determinan tomando la dependencia y la influencia de mayor valor dividida en 2.

Tabla 6.
Parámetros nivel de impactos.

	X	Y
Línea horizontal	0	10,5
	21	10,5
Línea vertical	10,5	0
	10,5	21

Figura 7.
Problemáticas ambientales y análisis de incidencia.



En la Figura 7 se pueden observar las problemáticas y el nivel de sus impactos, los cuales arrojaron los siguientes comportamientos:

Problemas Críticos

P1. Alteración de la dinámica del cauce.

P6. Cambio en condiciones físicas del cauce (aporte de sedimentos y turbidez).

P3. Alteración de suelo aprovechables.

P2. Remoción de la cobertura vegetal del suelo.

Este tipo de problemas generan los impactos de mayor afectación, incluso originan otras problemáticas.

Problemas Pasivos

P8. Desplazamiento temporal o permanente de aves, reptiles y mamíferos.

P7. Alteración del paisaje.

Este tipo de problemas, no ocasionan riesgos potenciales graves para el ecosistema circundantes, ni complejos para su recuperación, los elevados costos, son causados por otros.

Problemas Activos

P4. Inducción a procesos erosivos.

P5. Contaminación del Suelo.

Estos tipos de problemas, afectan de manera directa a los problemas críticos.

Problemas Indiferentes

Este tipo de problemas presentan un bajo total de activos y pasivos, ni causan otros y ni son causados, se considera de baja prioridad dentro del sistema analizado, teniendo en cuenta que la actividad minera implica grandes consecuencias ambientales.

Conforme a los resultados obtenidos por la actividad de la minería de oro ilegal en la cuenca baja del río Palo, considerando que es

el sustento económico para un gran número de personas de estas comunidades, esta actividad ha venido siendo mecanizada durante los últimos años de tal manera, que el ecosistema asociado se ha visto directamente afectado, como se puede observar en la Figura 6.

Las operaciones mineras informales el uso de diversos productos y la operación de maquinaria pesada son la causa de la remoción de la cobertura vegetal, al igual que daño en las áreas aluviales, la pérdida del paisaje, todo esto asociado a la generación de empleo de un gran número de personas. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Casas (2015), los cambios ambientales son causados por la extracción minera y radica en 3 componentes: la minería ilegal, la ineficiencia de entidades gubernamentales del estado y la falta de compromiso de las empresas frente al cuidado hacia el medio ambiente. Pero también lo planteado por Leguizamo y Ruiz (2019), quienes afirman que “en la actualidad la minería ilegal es la responsable de la mayor parte de afectaciones sobre los ecosistemas, pero el principal recurso afectado el recurso hídrico”. Sin embargo, los resultados difieren de este estudio teniendo en cuenta que al realizar la valoración de los impactos, haciendo uso de la matriz de Vester, el principal recurso afectado fue la alteración de suelos aprovechables como se observa en la Tabla 5, finalmente, concuerda con lo argumentado por Bernal-Guzmán (2018), quien explica que la “ausencia de políticas ambientales es otro de los muchos problemas ya que la minería no tiene adecuado control para prevenir el daño ambiental; si no que al faltar estas políticas han traído consecuencias negativas”.

Perdida de Cobertura Vegetal

En cuanto a los resultados del análisis espacial con el código de Google Earth Engine (Figura 9) con relación a la pérdida de cobertura vegetal anual, se puede observar que durante el año 2014 se presentó mayor deforestación con un valor de 111.575 m², seguido del año 2001 con 73.723 m², mientras que para los años 2020 y 2021 se registró la menor pérdida de cobertura con 2.678 m² y 3.570 m² respectivamente. La deforestación total en el periodo analizado entre el 2001 y 2021 contabiliza 614.586 m².

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos de la pérdida de cobertura vegetal en la cuenca baja del río palo en los periodos (2000-2021).

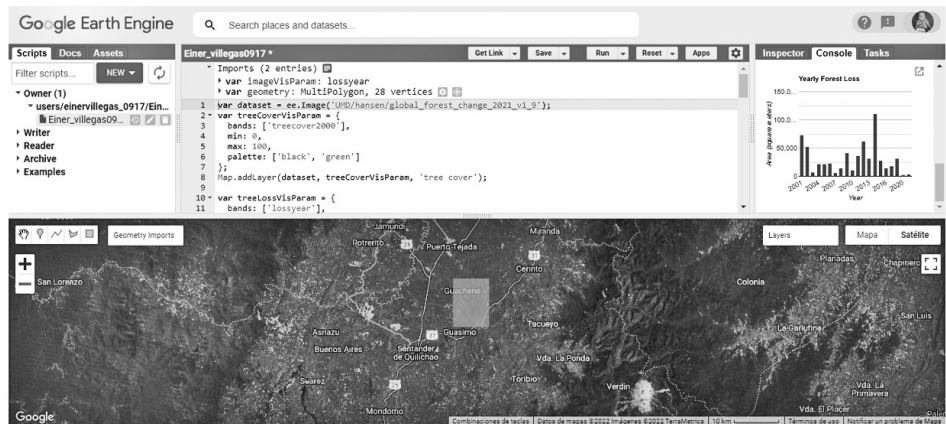
Tabla 7.

Pérdida de cobertura vegetal en el periodo (2000-2021).

Año	Pérdidas de cobertura vegetal en (m2)	Pérdidas de cobertura vegetal en (ha)
2001	73723.06264504825	7,4
2002	52668.01971435547	5,3
2003	7141.6922607421875	0,7
2004	21424.671875	2,1
2005	22307.321337172565	2,2
2006	22838.741781077668	2,3
2007	6248.7886962890625	0,6
2008	15175.841918945312	1,5
2009	41064.35803222656	4,1
2010	10712.124389648438	1,0
2011	36600.379455566406	3,7
2012	62139.03507774204	6,2
2013	32137.46173095703	3,2
2014	111575.41887637868	11,2
2015	28307.48779512293	2,8
2016	14283.182067871094	1,4
2018	18746.373413085938	1,9
2019	31243.942504882812	3,1
2020	2678.078125	0,3
2021	3570.8287353515625	0,4

Figura 8.

Pérdida de cobertura Vegetal 2000-2021.

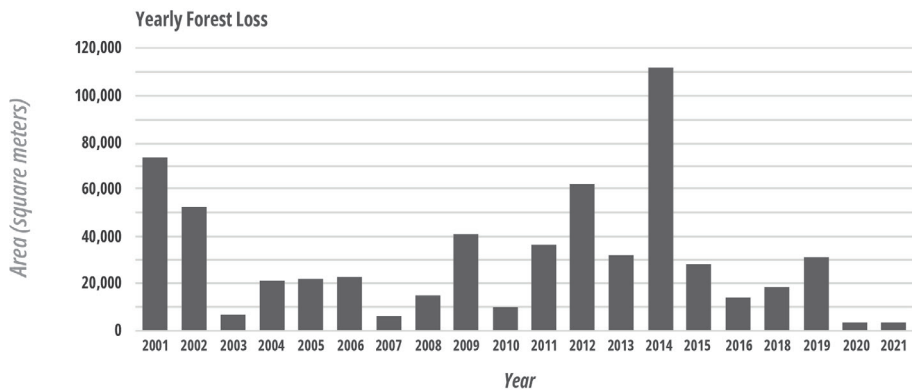


Fuente: Google Earth Engine

Para determinar la perdida de cobertura vegetal (2000-2021), en los municipios de Caloto y Guachené, se puede visualizar los resultados del procesamiento en la plataforma de GEE (Figura 8), en los datos de la imagen obtenida a través de Global Forest Change 2000-2021, donde se observa la perdida de vegetación a lo largo del río Palo.

Figura 9.

Pérdida de cobertura vegetal en los municipios de Caloto y Guachené correspondiente a los años (2000-2021).



Fuente: Google Earth Engine

El incremento de la actividad minera en los últimos años en la cuenca baja del río Palo ha acarreado problemas ambientales entre ellos la pérdida de cobertura vegetal Fig .9, teniendo en cuenta la falta de presencia estatal sumado a ello, el asentamiento de comunidades ribereñas, además en la zona se presentan conflictos por grupos al margen de la ley por utilización del suelo.

Estas circunstancias han derivado fuerte impactos sobre la cobertura vegetal (Tabla 7). En cuanto a los resultados con el código de Google Earth Engine, se puede afirmar que en el año 2014 fue el año con mayor deforestación con un valor de 111.575 m², seguido del año 2001 con 73.723 m². Esta investigación tiene gran similitud a lo realizado por Paradelo (2013), la cual manifiesta que “la extracción de minerales puede generar fuertes impactos sobre la superficie del suelo y cambios significativos en el paisaje, la alteración de características productivas del terreno y producción de efectos negativos hacia el medio ambiente”.

De acuerdo al análisis de los resultados de esta investigación, esta situación es similar a la reportada por Saavedra (2021), quien también expresa que una de las principales causas de la pérdida de cobertura vegetal, es debido a la extracción ilícita de minerales en continuo crecimiento de forma alarmante en esta región, influenciado por la inoperancia del estado, la presencia de grupos al margen de la ley y el asentamiento de comunidades ribereñas ilegales. Mientras en Perú, lo planteado por Huacani et al. (2022) quienes consideran que la causa principal de la pérdida de cobertura vegetal es a causa de la extracción ilícita de minerales.

Conclusiones

Mediante la investigación realizada en la cuenca baja del río palo, en los municipios de Caloto y Guachené, se debe ejercer mayor control y vigilancia por parte de los entes gubernamentales encargados en proteger la cuenca del río Palo, tanto para usuarios con títulos mineros

como para extractores ilegales de material de arrastre y la minería de oro. Por ende, se hace necesario la realización de trabajos y proyectos de educación ambiental, como una forma de involucrar y sensibilizar a la comunidad y así se garantice la recuperación, conservación y apropiación del territorio. Por otro lado, es importante la claridad de las funciones y competencia por parte de algunos funcionarios de las entidades gubernamentales, encargadas del cuidado y protección del medio ambiente en la región. Finalmente, en la actualidad en gran parte del área de estudio también se presentan zonas de conflicto por utilización del suelo.

Los principales subcomponentes impactados por el desarrollo de la extracción de material de arrastre son el subcomponente hidrológico, el subcomponente flora y el subcomponente paisajístico. Además, desde el punto de vista ambiental el incremento de la actividad minera mecanizada e ilegal en los últimos años, lo que se traduce en un aumento significativo de los impactos negativos sobre los ecosistemas de la región.

Referencias

- Arévalo Monroy, D. S. (2018). *Valoración Económica de las Afectaciones Producto de los Impactos Ambientales Generados por la Extracción de Material de Arrastre en la Inspección de Cambao, Jurisdicción del Municipio de San Juan de Rioseco, Departamento de Cundinamarca*, [Tesis de especialización, Universidad de libre]. Repositorio Unilibre. Colombia, Bogota D.C.
- Arias Vanegas, J. y Caicedo Fernández, A. (2017). Etnografías e historias de despojo: una introducción. *Revista Colombiana de Antropología*, 53(1), 7-22.
- Bárcena, A. (2018). Estado de situación de la minería en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades para un desarrollo más sostenible. *Evaluación del sector minero en América Latina y el Caribe*. ECLAC. <https://www.cepal.org/sites/default/files/>

presentation/files/181116_extendidafinalconferencia_a_los_ministros_mineria_lima.pdf

- Bastidas-Orrego, L. M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., Juárez-Sánchez, J. P., Martínez-Carrera, D., y Vaquera-Huerta, H. (2018). Conflictos socioambientales y minería a cielo abierto en la Sierra Norte de Puebla, México. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*. 1(72), 35-65.
- Bernal-Guzmán, L.-J. (2018). Minería de oro en el Nordeste antioqueño: una disputa territorial por el desarrollo. *Gestión y Ambiente*, 21(2), 74-85. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.77865>
- Betancourt, J. E., y Solaque, Y. E. (2019). *Análisis del impacto ambiental generado por la explotación de material de arrastre en el río Guatiquia en el municipio de Villavicencio-Meta: caso Mina Guatiquia Centro SAS*. SAS Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Blanco Benavente, E. E., y Paricahua Sinca, H. F. (2020). *Identificación y valoración de impactos ambientales generados por las actividades de la minería informal, en el Cerro Luicho del Distrito de Colta, Provincia de Paucar del Sara Sara, Ayacucho* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional de la UTP, Perú, Arequipa. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3017>
- Brousett-Minaya, M. A., Rondan-Sanabria, G. G., Chirinos-Marroquín, M., y Biamont-Rojas, I. (2021). Impact of mining on surface waters of the region puno-Perú. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 21(21), 187-208.
- Bustamante, N., Danoucaras, N., McIntyre, N., Díaz-Martínez, J. C., y Restrepo-Baena, O. J. (2016). Review of improving the water management for the informal gold mining in Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 1(79), 163-172.
- Cárdenas, D. K. (2017). *Identificación de los impactos socio-ambientales de la mina el gran provenir localizada en el municipio del Líbano Tolima*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada].

- Repositorio unimilitar, Colombia, Bogotá D.C. <http://hdl.handle.net/10654/16385>
- Caro-Galvis, C. (2021). “La piquiña de la Minería” Territorial practices and socio-spatial transformations in the Nasa indigenous territories of Cerro Munchique Santander de Quilichao, Colombia. 2009-2019 (Doctora dissertation, Universidad Nacional de Colombia). [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Unal, Colombia, Bogota D.C. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82163?show=full>
- Carrillo, J. D. (2019). Investigación de los impactos ambientales generados por la minería ilegal, a través de una metodología de marco ordenador común. [Trabajo de grado Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Udistrital, Colombia, Bogotá D.C.
- Carvajal Silva, D. F., Cucunubá Moreno, P. A., Moreno Mayorga, N. L., Ramírez Piñeros, J. D., y Sastoque Martínez, L. A. (2018). Evaluación de impacto ambiental para el área de explotación minera bloque JG7-16511 para material de arrastre - Boyacá. [Trabajo de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Exeditio Repositorio. Colombia, Bogotá D.C.
- Clavijo, D. M., Moya, P. A., y Aya, A. K. (2022). Análisis del impacto ambiental generado por la explotación de agregados pétreos en el afluyente caño camelias en el municipio de guamal, vereda humadea – departamentodelmeta. [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC, Colombia., Villavicencia. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/45237>
- Cerón Cerón, A. y Gutiérrez Arango, C. (2019). Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Usta, Colombia, Villavicencio.
- Colombia. Alcaldía Municipal de Caloto (2020). Plan de Desarrollo Municipal, <https://www.caloto-cauca.gov.co/Paginas/default.aspx>

- Colombia. Alcaldía Municipal de Guachené (2012). Plan Básico de Ordenamiento Territorial, <https://www.guachene-cauca.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Cotera Paucar, J. A. (2012). Cambio de método de explotación minera de superficial a subterránea, para mejorar la recuperación de mineral en T17 Open Pit Of Kamoto Copper Company SARL–Congo, África. [Tesis de grado]. Universidad nacional del centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Cuesta Hinestroza, L., Nupan Mosquera, M. I., Ramírez Moreno, S., y Palacios Lozano, L. G. (2016). El derecho a la participación en el trámite de licencias ambientales: ¿Una garantía para la protección del medio ambiente? *Revista Academia y Derecho*. 7(12), 53-86.
- DANE. (2015). Informe de Coyuntura Económica Regional ICER. Popayán Colombia.
- DANE. (2022). Censo nacional de población y vivienda - Colombia. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- De La Mata Castañeda, M. (2017). El proceso de Formalización Minera y su relación con el Desarrollo Sostenible de la Región Madre de Dios, durante el año 2016. [Tesis de doctorado, Instituto Científico Tecnológico del Ejército]. Concytec, Perú, Lima.
- Delgado Prado, K. D. (2018). Plan estratégico de la carrera de Minas, extensión Morona Santiago, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, período 2018-2022 [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Biblioteca epoch, Ecuador, Riobamba.
- Delgado Salazar, K. E., y Ramos Arciniega, Y. P. (2017). Evaluación del impacto socioambiental causado por la actividad minera en las comunas de Angostura y Playa de Oro, cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas [Trabajo de grado], Universidad técnica del norte, Ibarra, Ecuador.

- Escobar Sánchez, A. A. (2016). *Análisis de las afectaciones ecológicas y sociales que causa la explotación de material de arrastre en el río Nima a su paso por los corregimientos de Amaime, Boyacá y La Pampa, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca*. [Tesis de Maestría.] Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.
- Farrás, L. E. P. (2005). *Teoría de la sedimentación. Area de hidráulica, Cátedra de Hidráulica Aplicada a la Ingeniería Sanitaria*.
- Fuentes López, H. J., Ferrucho Parra, C. C., y Martínez González, W. A. (2021). *La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia*. *Apuntes del CENES*, 40 (71), 189-216.
- García Ordiales, E., Roqueñí Gutiérrez, M. N., Cienfuegos Suárez, P., Covelli, S., y Sanz Prada, L. (2020). *Análisis de la presencia de mercurio en diferentes compartimentos ambientales del estuario del río Nalón como consecuencia de la minería*. Editorial Universidad de Oviedo.
- Gavriletea, M. D. (2017). *Environmental impacts of sand exploitation. Analysis of sand market*. *Sustainability*. 9 (7), 1118.
- Garzón Tovar, L. N. (2013). *Análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas a cielo abierto en la vereda El Mochuelo Bajo, Ciudad Bolívar, Bogotá D.C., estudio de caso*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Javeriana, Colombia, Bogota D.C.
- Giarracca, N., y Teubal, M. (2010). *Disputas por los territorios y recursos naturales: el modelo extractivo*. *Revista alasru*, 5(249), 113-133.
- Gómez, A. M. (2020). *Análisis de los proyectos extractivos mineros de material de construcción en la configuración territorial del municipio de Firavitoba (2009-2019)*. [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Javeriana]. Repositorio Javeriano, Colombia, Bogotá D.C. <http://hdl.handle.net/10554/50782>.
- González, S. E. (2022). *Impacto ambiental de la explotación minera a cielo abierto en Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio unimilitar, Colombia, Bogota D.C. <http://hdl.handle.net/10654/41483>

- Gonzalias, G. D. (2020). Metodología del control ambiental en los procesos de Minería, en el Departamento del Valle del Cauca [Trabajo de grado, Universidad de Caldas]. Repositorio ucaldas, Colombia, Manizales.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., y Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*. 202(1), 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, y J. R. G. Townshend. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342(6160), 850-53. DOI: 10.1126/science.1244693.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20BaptistaMetodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial McGraw-hill.
- Herrera Pérez, I. P. (2022). Evaluación de los pasivos ambientales generados por explotación de material de arrastre en el municipio de Morroa departamento de Sucre. [Tesis de grado, Universidad de Manizales.] Repositorio Institucional Universidad de Manizales, Colombia, Manizales.
- Hinojosa Millán, C., Pinilla Ticora, Y. D., Sánchez Echeverri, S., Urrea Hernández, S., Ramírez Herrera, V., y Caro Jiménez, J. K. (2018). Caracterización físico-mecánica de los agregados pétreos (materiales de arrastre y canteras) del municipio de Dosquebradas. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Pereira]. Repositorio unilibre. Colombia, Pereira. <https://hdl.handle.net/10901/17042>

- Houbin, B., Rahmati, O., Tahmasebipour, N., Feizizadeh, B., y Pourghasemi, H. R. (2019). Application of fuzzy analytical network process model for analyzing the gully erosion susceptibility. *Advances in Natural and Technological Hazards Research* 1(1), 105–125.
- Huacani, W., Meza Peña, N. P., Escobedo Silva, F., Vilca Mansilla, E., Calizaya Llatasi, E. E., Calizaya Llatasi, F. G. y Huanca Checca, F. (2022). Degradación Forestal por la Minería, Mediante Google Earth Engine Periodo 2000-2020 – Caso Manu, Madre de Dios. En N. Callaos, J. Horne, E. F. Ruiz-Ledesma, B. Sánchez, A. Tremante (Eds.), *Memorias de la Décima Segunda Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2022*. International Institute of Informatics and Cybernetics. <https://doi.org/10.54808/CICIC2022.01.175>
- Insuasty Rodríguez, A., Grisales, D. y Gutiérrez León, E. M. (2013). Conflictos asociados a la gran minería en Antioquia. *El Agora USB*, 13(2), 371-397.
- Jiménez Arrieta, J. A. (2020). *Diagnóstico socio-ambiental de la explotación de material de arrastre en el municipio de san carlos-córdoba, Colombia*. [Tesis de grado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Unicordoa, Colombia, Monteria.
- Kondolf, G. M. (2002). *Freshwater gravel mining and dredging issues: white paper*. Editorial Washington Department of Fish and Wildlife.
- Kori, E. y Mathada, H. (2012). An assessment of environmental impacts of sand and gravel mining in Nzhelele Valley, Limpopo Province, South Africa. In *3rd International Conference on Biology, Environment and Chemistry*. IACSIT Press, Singapore 46 (29), 137-141.
- Lopera, J. F. (2016). *afectaciones socioambientales por la extracción de material de arrastre en el rio coello tramo gualanday “k 0.0”-chicoral “k 10.9”* [Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio U Cundinamarca, Colombia, Girardot. <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/>

- Luna, J. A. (2015). El impacto ambiental por la actividad de explotación de canteras en la localidad de Usme y sus principales medidas de manejo. [Trabajo especialización, Universidad Militar de Nueva Granda] Repositorio Unimilitar, Colombia, Bogotá D.C. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6331/Art%C3%ADculo%20EL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20POR%20LA%20ACTIVIDAD%20DE%20EXPLORACI%C3%93N%20DE%20CANTERAS%20EN%20LA%20LOCALIDAD%20DE%20USME%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20MEDIDAS%20DE%20MANEJO.pdf;sequence=1>
- Malagón, L. K. (2020). Evaluación de impacto ambiental y actualización del plan de manejo ambiental para la explotación y beneficio de caliza a cielo abierto del contrato de concesión 0908-15 mina el pajal en la vereda la carrera del municipio de Tibasosa – Boyacá. [Trabajo de grado, Universidad Nacioana Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38759>.
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J. y Díez, S. (2015). Geochemistry of mercury in tropical swamps impacted by gold mining. *Chemosphere*, 134(1), 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.012>
- Martínez Ortiz, J. A. (2017). Revisión bibliográfica para el análisis de los impactos ambientales generados por la extracción de material de arrastre en cuerpos de agua-caso de estudio. [Tesis de grado, Universidad Catolica de Manizales]. Repositorio UCM, Colombia, Manizales.
- Montaño, C, D, Rivera Tello, L y Quejada Mena, Y. (2020). Justicia propia ancestral: formas de resolución de tensiones en el Consejo Comunitario Zanjón de Garrapatero, Santander de Quilichao (2003-2020). Editorial Universidad del Valle.
- Montes Cortés, C. (2018). La corrupción en el sector ambiental: un detrimento contra el patrimonio natural. Editorial Universidad Externado de Colombia.
- Navarro, A., Biester, H., Mendoza, J. L. y Cardellach, E. (2006). Mercury speciation and mobilization in contaminated soils

- of the Valle del Azogue Hg mine (SE, Spain). *Environmental Geology*, 49, 1089-1101.
- Ojeda, D. (2017). Los paisajes del despojo: propuesta para un análisis desde las reconfiguraciones socioespaciales. *Revista Colombiana de Antropología*, 52(2): 19-44.
- Olortegui, Y. L. (2020). *Actividad minera en las concesiones Caracolito I-2005 y Caracolito II-2006 y su influencia en los impactos ambientales-Ambar/Supe-2018*, 16–100. [Tesis de maestría, Universidad Nacional]. Repositorio unjfs, Perú, Huacho.
- Orellana, L., Méndez, P. y Mishquero, D. (2019). Conflictos e impactos generados por minería: Una amenaza al territorio de la comunidad indígena Cofán de Sinangoe, Sucumbíos–Ecuador. *Green World J.* 3(3), 1-11.
- Paradelo, R. (2013). Utilización de materiales compostados en la rehabilitación potencial de espacios afectados por residuos mineros y suelos de mina. *Boletín Geológico y Minero*, 124 (3): 405- 419.
- Parra, P. A. (2018). *diagnóstico de la minería tradicional de material de arrastre en el municipio de Maicao, la guajira, en el marco del programa de formalización minera nacional*. [Trabajo de grado]. Fundación Universitaria del área Andiana . Valledupar, Colombia. Vh<https://digitk.areandina.edu.co/>
- Pérez Porto, J., Gardey, A. (29 de enero de 2019). Definición de minería - Qué es, Significado y Concepto. <https://definicion.de/mineria/>
- Ramírez Rojas, M. I. (2008). *Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2591>
- Robledo, F. A. (2018). *Departamento del Quindío. Participación ciudadana, consulta popular y ejercicio de derechos, frente a la actividad minera en el territorio: desafíos, obstáculos y estrategias de intervención Colombia 1998-2018*. [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Javeriana,]. Repositorio Javeriana, Colombia, Bogota. <http://hdl.handle.net/10554/37891>.

- Restrepo, E. (2017). Afrodescendientes y minería: tradiciones, conflictos y luchas en el norte del Cauca, Colombia. *Vibrant: Virtual Brazilian Anthropology*, 14(2), 2-25. <https://doi.org/10.1590/1809-43412017v14n2p225>
- Restrepo, V. J. R. (2020). ¿Cómo gerenciar un proyecto a través de la matriz Vester en planificación estratégica? Caso: explotación minera en Timbiquí (Cauca). *Punto de vista*, 11(17), 63-84.
- Saade Hazin, M. (2013). Desarrollo minero y conflictos socioambientales: los casos de Colombia, México y el Perú. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5369-desarrollo-minero-conflictos-socioambientales-casos-colombia-mexico-peru>
- Saavedra, Y. (2021). Determinación de área perdida de bosque en Colombia mediante el empleo de Google Earth Engine. [Archivo de video], Yuotube. <https://www.youtube.com/watch?v=Pib1pDiLdTg>
- Sánchez Osorio, A. M. y Martínez Jiménez, C. (2020). Evaluación ambiental del proceso de explotación de material de arrastre en el tramo san miguel del rio algodonal. [Tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. Repositorio Usta, Colombia, Ocaña.
- Spiegel, S. J. y Veiga, M. M. (2010). International guidelines on mercury management in small- scale gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 18(4), 375-385.
- Svampa, M. y Antonelli, M. A. (2021). Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales. Editorial Biblos.
- Vega Hurtado, L., Valencia Robledo, J. M. y García Arias, J. E. (2018). Efectos ambientales y sociales generados por la actividad minera en la cuenca media del Rio Quito, Choco. [Tesis de maestria, Universidad de Manizales]. Repositorio RIDUM, Quibdó, Colombia.
- Veiga, M. M., Angeloci-Santos, G. y Meech, J. A. (2014). Review of barriers to reduce mercury use in artisanal gold mining. *The Extractive Industries and Society*, 1(2), 351-361.