

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA EXPLOTACIÓN MINERA EN LA ZONA DE PÁRAMOS EN COLOMBIA

Olga Lucía Núñez-Izquierdoⁱ
Gloria María Restrepo Francoⁱⁱ

Resumen

Colombia a nivel de América es uno de los países que posee una buena proporción de zonas de páramo y adjunto a ellas sectores ricos en minerales que son extraídos bajo minería formal e informal que impacta al medio ambiente y la socioeconomía. El presente informe es el resultado de una investigación que enfocó su objeto de estudio en analizar los efectos ambientales de la explotación minera en la zona de páramos en Colombia. El tipo de estudio fue exploratorio y analítico a partir de la revisión documental de producción científica desarrollada sobre la explotación de minería en las zonas de páramo. Se desarrolló en tres fases: documental, análisis situacional y proposición de alternativas. Se identificó que los riesgos existentes de las prácticas mineras amenazan los ecosistemas de los páramos en los componentes (i) abióticos conformados por el recurso hídrico, el clima y el suelo; (ii) biótico a través del paisaje, la fauna y flora y (iii) el componente socioeconómico en lo social, cultural y económico. Los servicios ecosistémicos están soportados en la capacidad de regulación hídrica, el hábitat, la información y el sustrato, siendo un conjunto de bienes y servicios que son afectados por la actividad humana. Finalmente, la alternativa sugerida se soporta en la caracterización de servicios ecosistémicos, capacitación a las comunidades que habitan las zonas paramunas para lograr la adherencia y comprensión de programas, planes y opciones, cuyo propósito es fundado en la oportunidad de empleo, rehabilitación, conservación y protección de los páramos colombianos bajo las leyes vigentes.

Palabras clave: minería, páramos, servicios ambientales, conservación.

Abstract

Colombia at the level of America is one of the countries that has a good proportion of paramo areas and attached to them sectors rich in minerals that are extracted under formal and informal mining that impacts the environment and socioeconomics. This report is the result of an investigation that focused its study object on analyzing the environmental effects of mining exploitation in the moorland area in Colombia. The type of study is exploratory and analytical based on the documentary review of scientific production developed on mining exploitation in moorland areas. It was developed in three phases: documentary, situational analysis and proposal of alternatives. It was concluded that the existing risks of mining practices threaten the ecosystems of the paramos in the (i) abiotic components made up of water resources, climate and soil; (ii) the biotic through the landscape, the fauna and flora and the (iii) socioeconomic

component in the social, cultural and economic. The ecosystem services supported in the capacity of water regulation, habitat, information and substrate, being a set of goods and services that are affected by human activity, finally the suggested alternative is supported in the characterization of ecosystem services, training communities that inhabit the paramo areas to achieve adherence and understanding of programs, plans and options, whose purpose is based on the opportunity for employment, rehabilitation, conservation and protection of the Colombian paramos under current laws.

Keywords: mining, moors, environmental services, conservation.

1. Introducción

La minería es una actividad económica que se ha venido desarrollando por más de un siglo en las zonas de páramo y a pesar de la múltiple legislación que existe en Colombia para la protección de estas zonas, por razones de los efectos que generan de índole ambiental y social, sigue siendo un problema. El área de páramo que posee el país es de “14.434 km² equivalente al 49% de las zonas en el mundo y el 1,3% de la extensión continental del país” (Castaño Uribe, 2002, p.7). Los páramos se localizan en las tres cordilleras (central, occidental y oriental) y en la Sierra Nevada de Santa Marta. El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt afirma que las zonas de páramo se dividen en cinco sectores de acuerdo con la cercanía a las tres cordilleras (oriental, central y occidental) y la semejanza en las características de relieve y vegetación (Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, 2008).

Con respecto a la legislación de protección de los páramos entre las más recientes se encuentra la ley 1450 de 2011 que unifica el ordenamiento del uso del suelo y establece que en los páramos no se realizarán actividades agrícolas, pecuarias, de explotación minera ni construcción de refinerías de hidrocarburos. También se encuentra la Ley 1753 de 2015 para la especial protección de los páramos y la Ley 1776 de 2016 enfocada al desarrollo rural, económico y social, conformando los ZIDRES (Zonas de Desarrollo Rural, Económico y Social) para la implementación de políticas educativas orientadas a la necesidad de proteger los ecosistemas (páramos y humedales). Finalmente, la Ley 1930 de 2018 en la cual se ratifica la delimitación de los páramos concedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Sin embargo, pese a la existencia de normas y legislación para impedir que se realicen actividades mineras en la zona de páramos la realidad es otra. El Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), reportó 364 títulos mineros en zonas de páramo para la extracción de carbón, oro y zinc permitidos a la entidad Anglogold (40% de los títulos), la empresa Eco Oro con 9 títulos del área (12 %) y Minas Paz del Río con 9 títulos del total de minería ubicada en páramos (9 %), sin tener en cuenta que en los años anteriores existieron 986 títulos mineros en 27 zonas de páramos permitidos sin criterios técnicos (Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, 2008).

En este sentido, el presente proyecto buscó analizar los efectos ambientales que se derivan de las prácticas de la explotación minera en Colombia, a partir de una investigación exploratoria y analítica que implicó una revisión documental con el fin de visualizar las problemáticas ambientales y experiencias exitosas que provean el planteamiento de alternativas para potenciar el desarrollo sostenible y del medio ambiente en pro de la coexistencia de un equilibrio entre el hombre y la naturaleza.

2. Materiales y Métodos

Esta investigación es de tipo exploratorio y analítico a partir de la revisión documental de la producción científica desarrollada sobre la explotación minera en las zonas de páramo, entre 2010 y 2021.

2.1. Identificación de los riesgos de la explotación minera en la zona de páramos a través de la revisión documental de los casos reportados

En esta fase se realizó la búsqueda en (i) base de datos latinoamericanas e iberoamericanas como: SciELO, Dialnet y Scopus, utilizando las ecuaciones presentadas en la Tabla 1 para la base de datos Scopus. Para las búsquedas en SciELO y Dialnet al no requerir ecuaciones, se utilizaron únicamente descriptores. Adicionalmente se realizó consulta en los (ii) repositorios de bibliotecas en Colombia para trabajos de grado y tesis. Igualmente se realizó búsqueda en (iii) documentos generados por la administración pública y por entidades privadas sobre las problemáticas asociadas a la explotación minera en la zona de páramos de Colombia.

Tabla 1. Descriptores usados en la búsqueda bibliográfica de Scopus

Descriptores	Ecuación - Scopus
Minería en ecosistema de montaña	(Mining AND mountain AND ecosystem AND zone) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2021 AND (AFFILCONTRY (colombia)) Interpretación: Minería en ecosistemas de montaña desde 2014 a 2021 en Colombia
Servicios ecosistémicos de montaña de Colombia	(Ecosystem AND services AND of AND montain) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2021 AND (AFFILCONTRY (colombia)) Interpretación: Servicios ecosistémicos de montaña desde 2014 a 2021 en Colombia
Páramos de Colombia	(Moors) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2021 AND (AFFILCONTRY (colombia)) Interpretación: páramos de colombia desde 2014 a 2021
Minería en los páramos de Colombia	(Mining AND in AND the AND moorlands) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2021 AND (AFFILCONTRY (colombia)) Interpretación: minería en paramos desde 2014 a 2021 en Colombia
Soluciones en minería de páramos en Colombia	(Mining AND solutions AND for AND moors) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2021 AND (AFFILCONTRY (colombia))

	Interpretación: soluciones en minería de paramos desde 2014 a 2021 en Colombia
--	--

Posteriormente se realizó clasificación de la información, análisis y sistematización empleando Excel, con el fin de organizar la información extraída de los documentos recopilados, a través de los siguientes criterios: tipo de documento, ubicación del estudio, autores, año de publicación, título, tipo de riesgos generados por la explotación minera.

2.2. Descripción de los servicios ecosistémicos y de la vulneración del ecosistema en zonas de páramo con relación a la explotación minera en Colombia

Se realizó búsqueda siguiendo la misma metodología planteada en el ítem anterior, haciendo énfasis en la “descripción de los servicios ecosistémicos y la vulneración del ecosistema en la zona de páramo, relacionada con la explotación minera. Luego la información se clasificó, se analizó y sistematizó. En la matriz en Excel la información se organizó teniendo en cuenta los siguientes criterios: tipo de documento, autor, año, título, servicios ecosistémicos afectados por la minería en páramos.

2.3. Proposición de prácticas sostenibles para la explotación minera en zonas de páramo

Se propusieron acciones que eviten o mitiguen la pérdida de los recursos que ofrecen los ecosistemas de páramo, a partir de la información sobre el manejo ambiental sostenible que debe dársele al ecosistema de páramo y las condiciones para su explotación. Para lo cual se realizó la recopilación de antecedentes documentales de casos exitosos que se han reportado sobre manejo de sostenibilidad ambiental en el manejo de minería en la zona de páramos. Posteriormente, se clasificaron los casos que se han viabilizado en Colombia y se analizaron las prácticas recopiladas teniendo en cuenta cuáles podrían ser viables para implementar en Colombia y ser incluidas en la propuesta. Finalmente se realizó la elaboración de la propuesta mediante la formulación de acciones viables a corto, mediano y largo tiempo.

3. Resultados

3.1. Identificación de los riesgos de la explotación minera en la zona de páramos a través de la revisión documental de los casos reportados

Luego de la revisión realizada se sistematizó la información recopilada, en la cual se identificaron 26 documentos relacionados con la zona de páramos en Colombia, publicados entre 2011 y 2021 (Tabla 2).

Tabla 2. Riesgos de la explotación minera en zona de páramos de Colombia.

No.	Autores y año	Tipo documento	Casos/Minería	Título	Tipo de riesgos
1	Lotero Álvarez, (2021)	Artículo	Antioquia Amaga	Conflictos socioeconómicos y ambientales derivados de la distribución ecológica en la Cuenca Carbonífera de la Sinifaná en Colombia	Ambientales. Deterioro de la capa vegetal y la fauna. Impactos ecológicos en la sostenibilidad del ecosistema. Social. Migración de pobladores a labores mineras por la disminución de la agricultura.
2	Saavedra Peñuela y Durán Pico (2021)	Tesis	Complejos paramunos de Colombia	Efectos en la salud de los colombianos causados por la explotación minera generada en los páramos en Colombia	Impacto negativo severo en la salud a causa de explotación minera en el desarrollo de enfermedades respiratorias y actividades anexas genera conflictos sociales y ambientales.
3	Vargas-Chaves, Gómez-Rey, & Rodríguez, (2020)	Artículo	Páramos de Colombia	El desarrollo sostenible como política en Colombia: un análisis desde la protección de los páramos	Riesgo ambiental: contaminación de suelo, acuífera y aire Riesgo social: empleabilidad, laboral. Riesgo económico: deterioro de labores agrícolas.
4	Buitrago Betancourt, (2020)	Artículo	Páramo El Rabanal de Samacá Boyacá	Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá	Riesgos en salud por la contaminación del aire. Delimitación de páramos insuficiente para cierre de minas en límite con el páramo. Impactos negativos fisio-bióticos en la dinámica del ecosistema.
5	Álvaro Pardo, (2020)	Artículo	Páramo Santurbán	Impactos del proyecto Minesa en el páramo Santurbán	Dimensión biótica, abiótica y socioeconomía con 39 riesgos negativos e irreversibles. Presencia de ácidos sulfúrico y óxido de uranio, elementos tóxicos como cobre, plomo, arsénico, mercurio, selenio y Molibdeno
6	Acevedo Tarazona y Correa Lugos, (2019)	Artículo	Minería en Páramo de Santurbán	Pensar el cambio socioambiental: un acercamiento a las acciones colectivas por	Riesgos ambientales acuíferos. Contaminación hídrica. Aumento del cambio climático Riesgos sociales. Desempleo,

				el páramo de Santurbán (Santander, Colombia).	pobreza, Riesgos económicos. Minería ilegal
7	Garavito González, Gómez Zarate y Palacio Tamayo, (2018)	Articulo	Páramo de Chingaza y Sumapaz-Cruz Verde	Gobernanza territorial en los páramos Chingaza y Sumapaz-Cruz Verde. Una comparación de sus principales actores y problemáticas	Riesgos sociales. Ausencia de actores sector productivo. Riesgos causados por la Minería, ganadería y agricultura.
8	Castillo Herrera, (2018)	Tesis	Páramo Santurbán	Efectos Ambientales de la Explotación Minera en los Páramos de Colombia 2000-2017 Estudio de caso: Páramo Santurbán	Contaminación hídrica por arsénico, afectando la salud de las personas. Deterioro del ecosistema, flora y fauna. Riesgo del aumento del cambio climático.
9	Mahecha Laiton, Púa Olivo, y Ortiz Ruíz, (2018)	Tesis	Páramo de Santurbán en los municipios de Vetas y California.	Minería, medio ambiente y desarrollo. Efectos socio ambientales de la delimitación del Páramo de Santurbán en los municipios de Vetas y California, durante el periodo de 2006-2016	Riesgos ambientales a causa de minería artesanal e informal basada en la fuga de químicos que afecta el recurso hídrico y a su paso la vegetación y la disminución de la fauna. Riesgos sociales: trabajo infantil, disminución de cultivos, inexistencia de alternativas viables.
10	Romero López, (2017)	Tesis	Páramos de Colombia	Revisión de la afectación de la actividad minera en ecosistemas de páramo a nivel ecológico	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas por utilización mercurio y cianuro, generación de riesgos por avenidas torrenciales con elementos contaminantes, contaminación atmosférica, pérdida de biodiversidad endémica, destrucción del paisaje.
11	Amaya Franco y Duran Caro, (2017)	Tesis	Minería carbón Pisba (jurisdicción de Tasco-Boyacá)	Análisis del conflicto minero-ambiental en el páramo de Pisba (en jurisdicción de Tasco- Boyacá) desde la perspectiva de las comunidades locales.	Contaminación hídrica Contaminación aire Contaminación del suelo
12	Cely-Andrade, García-Ubaque y	Articulo	Minas: Pisba, Tota-Bijagual-Mamapacha,	Calidad de vida relacionada con la salud en la población minera de Boyacá	Salud: Dieta inadecuada, consumo de alcohol. Traumatismos, lesiones oculares, enfermedades

	Manrique-Abril, (2017)		Iguaque-Merchán, Guantiva-La Rusia y la Sierra Nevada del Cocuy.		respiratorias y alteraciones del sistema osteomuscular. Laborales: Alto riesgo ocupacional, población vulnerable, mal remunerada, sin protección laboral. Bajo nivel educativo, trabajo infantil y ambiente inapropiado.
13	Novoa Usaquén, (2017)	Tesis	Páramos de Colombia	Análisis de la degradación de los páramos debido a las actividades productivas en este ecosistema	Riesgos por actividad minera. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas por químicos para la extracción de oro, mercurio y cianuro. Contaminación atmosférica impacto en el cambio climático, fauna y flora.
14	Moreno, E. (2017)	Tesis	Tuta (Boyacá)	Evaluación económica de los impactos ambientales generados en el proyecto de explotación de carbón mineral en la vereda Agua Blanca del municipio de Tuta, departamento de Boyacá	Impactos ambientales generados por la minería de carbón mineral
15	Acevedo, Gamboa, Martínez, & Sánchez, (2016)	Artículo	Páramo de Sumapaz y Chingaza	Acciones sociales que perjudican la conservación de los páramos de Sumapaz y Chingaza	Riesgos sociales basados en la deforestación, la caza indiscriminada de especies, la agricultura, la quema de la vegetación, la contaminación de fuentes hídricas, aire por la minería
16	Acosta Bueno, D. M. (2016)	Tesis	Samacá, Boyacá.	Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del municipio de Samacá (Boyacá), según reportes ASIS 2005-2011	Afectación ambiental por minería a cielo abierto y minería de subterránea de materiales de construcción, oro, plata, cobre, esmeraldas y carbón.
17	Pérez, & Betancur, (2016)	Artículo	Colombia	Impactos ocasionados por el desarrollo de la actividad minera al entorno natural y	Afectaciones socioambientales por extracción minera.

				situación actual de Colombia	
18	Piedrahita Arcila y Peña Padiernia, (2016)	Artículo	Páramos Sonsón en territorios de Antioquia y Caldas	Disputas y conflictos en torno a la delimitación de los complejos de páramos en Colombia. El caso del complejo de páramos Sonsón de los departamentos de Antioquia y Caldas.	Riesgos ambientales debido a la delimitación de zonas protegidas para la minería formal/ilegal. Riesgo social. Desplazamiento forzado por el conflicto armado.
19	Agudelo, C., Quiroz, L., García, J., Robledo, R. y García, C. (2016)	Artículo	Páramos de Boyacá	Evaluación de condiciones ambientales: aire, agua y suelos en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia	Presencia de varios contaminantes por encima de los valores aceptables en zonas de minería
20	Guerrero, M. y Pineda, V., (2016)	Artículo	Municipio de Tausa, Páramo Guargua y Laguna La Verde, Cundinamarca	Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgatá Bajo (Tausa)	Riesgo de contaminación físicoquímica del suelo con impactos toxicológicos para las personas, la fauna y la flora
21	Callejas Rodríguez, (2015)	Tesis	Caso páramo Santurbán	Manejo Ambiental Sostenible para el Ecosistema de Páramo: Caso Páramo de Santurbán	Prácticas sostenibles de agricultura, minería y ganadería para el manejo del páramo.
22	Garavito Rincón, (2015)	Artículo	Páramo de Merchán-Saboya, páramo de Chontales Paipa, Boyacá,	Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo	Actividades agrícolas y mineras basadas en prácticas no sostenibles. Riesgo de contaminación del recurso hídrico y alteración a la dinámica del ecosistema.
23	Osorio, A. Y. (2015)	Tesis	Páramo de Pisba, Boyacá	Explotación minera en el páramo de Pisba. Boyacá.	Efectos negativos en los páramos por su fragilidad, bajas tasas de recuperación y el impacto sobre la red hídrica con alteración y destrucción de la dinámica hidrológica a escala local y de la región, secamiento de humedales, remoción de acuíferos, alteración en la dinámica de escorrentía, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por metales pesados e

					impactos sobre el suelo y su capacidad de almacenamiento
24	Amaya y Amaya, (2014)	Tesis	Páramo El Palacio, Nariño.	Análisis de los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en el páramo Palacio	Alteración de la dinámica ecológica natural del páramo por remoción de cobertura vegetal, alteración de caudales y cursos de agua, degradación del suelo y erosión, cambio y reducción de la distribución de la diversidad de flora y fauna y modificaciones en los ciclos biogeoquímicos por remoción de grandes cantidades del suelo y subsuelo para extraer el mineral.
25	Noreña, (2013)	Tesis	Caso: Norcasia, Caldas.	Plan de restauración y mitigación de impactos ambientales en la explotación legal de oro de aluvión en el Municipio de Norcasia (Caldas)	Afectación del paisaje. Contaminación de fuentes hídricas. Contaminación del subsuelo. Afectación ambiental por químicos para explotación de minería de oro.
26	Güiza Suárez, (2011)	Artículo	Casos: Complejos de Rabanal, Pisba, Almorzadero y Santurbán.	Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia	Contaminación, degradación, deterioro o daño ambiental. El uso de químicos para explotaciones auríferas

Los riesgos identificados están relacionados con factores bióticos, abióticos y socioeconómicos y representan un desafío ante el aumento exponencial de conflictos en la delimitación de páramos, la debilidad en los trámites de licencias ambientales y adjunto de minería, la migración de labores agrícolas hacia la minería, la fragilidad de los ecosistemas presentes en las altas montañas, entre otros (Tabla 3).

Tabla 3. Riesgos asociados a la minería en la zona de páramos, en Colombia.

Factores implicado	Elemento	Riesgos potenciales percibidos
	Recurso hídrico	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación fisicoquímica del agua por presencia de metales tóxicos. • Riesgo de lluvias acidas

Abiótico		<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en la regulación del agua para surtir a ríos, quebradas y lagunas • Detrimiento y desaparición de acuíferos
	Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencia a la disminución de precipitaciones. • Exposición al cambio climático • Mayor exposición del ecosistema a la radiación solar • Elevación de la temperatura ambiental • Disminución en la humedad atmosférica
	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la erosión • Desestabilización del suelo • Contaminación del suelo por agentes químicos utilizados en la explotación minera • Contaminación del suelo por inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos • Desertización • Compactación de suelos • Pérdida de micro y meso fauna del suelo • Alteración de la biota fungi del suelo • Pérdida y desestabilización de micro y macronutrientes del suelo
	Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del aire por las emisiones constantes de gases y material particulado y gases por las minas y transformación de sus productos. • Calentamiento atmosférico • Alteración de condiciones meso y microclimáticas • Contaminación sonora
Biótico	Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación abrupta del paisaje de los páramos por tala de árboles, quemas e intervención de la montaña por las minas y la inadecuada disposición de sus residuos • Contaminación visual • Cambios en la percepción sensorial del paisaje
	Fauna y flora	<ul style="list-style-type: none"> • Caza indiscriminada de especies de fauna silvestre • Migración de la fauna silvestre de las zonas de minería • Aumento en la vulnerabilidad de especies de fauna y flora silvestres nativas, por destrucción de su hábitat y disminución de sus poblaciones, lo que conlleva a empeorar sus categorías actuales del estado de conservación a categorías de amenaza de la UICN • Disminución de la capa vegetal que alberga especies propias de los páramos que sostienen y regulan el ecosistema • Desestabilización de las cadenas tróficas y redes energéticas • Cambio de cobertura vegetal nativa por vegetación exótica
Socioeconómico	Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de enfermedades con repercusiones a corto y largo plazo en las comunidades próximas a las minas en zona de páramos y en la población que trabaja dentro de las minas por contaminación de suelo, agua y aire con agentes tóxicos producto de la minería • Riesgo de muerte al interior de las minas por inhalación de gases tóxicos y/o derrumbes
	Economía	<ul style="list-style-type: none"> • Migración de la fuerza de trabajo de la agricultura hacia la minería

		<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del trabajo infantil • Cambio en el modo de consumo y comercio de bienes y servicios • Pérdidas en actividades agropecuarias por disminución de la productividad del suelo • Pérdida de bienes y servicios ambientales
	Cultura	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado manejo de prácticas sostenibles • Inadecuada implementación de los planes de manejo ambiental por deficiencia de capacitación • Conflictos por delimitación de zonas de protección específica en los páramos • Cambio de la cultura agrícola campesina a la cultura del extractivismo • Fraccionamiento de familias por migración de mano de obra a las zonas de minería • Aumento de población exógena y residente con conductas de consumo de sustancias psicoactivas y prostitución, en áreas de tradición campesina

3.2. Servicios ecosistémicos y la vulneración del ecosistema en zonas de páramo con relación a la explotación minera en Colombia

La investigación de diferentes fuentes documentales permitió identificar los estudios que se han divulgado en bases de datos digitales en la comunidad científica, con respecto a los servicios ecosistémicos de los páramos y la vulneración de estos, relacionada con la minería en Colombia. Algunos de ellos se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 4. Estudios sobre los Servicios ecosistémicos de páramos de Colombia.

Tipo/fuente	Autor/año	Título	Servicios ecosistémicos en páramos/minería
Tesis	Galindo Limas y Báez Ardila, (2019)	Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos que Provee el Parque Nacional Natural Chingaza en la Cuenca del Río Negro (Fómeque-Cundinamarca)	Servicio social: empleo Hídricos, el 60% de la población se surte del agua del páramo. Información. Servicios por turismo.
Tesis	Betancourt Ovalle, (2019)	Valoración e identificación de servicios ecosistémicos culturales en páramo ubicado en zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Colombia	Servicios ecosistémicos culturales. Rol espiritual. Valor sociocultural. Disfrute del paisaje. Conocimientos en etnozoología y etnobotánica. Actividades recreativas. Educación ambiental
Tesis	Pérez Rincón, Rojas Padilla, Vaquero, Peña Varón y Carvajal, (2018)	Incidencias de las actividades productivas en el flujo de servicios ecosistémicos híbridos ofrecidos por los páramos colombianos: caso Puracé.	Instrumento para analizar las relaciones sociedad-naturaleza, para la gestión de la biodiversidad y los ecosistemas, para la formulación de políticas

			y la conservación o el uso de la naturaleza.
Artículo	Flórez Yepes, (2015)	Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector El Ocho y Páramo de Letras Manizales Colombia	Análisis de los servicios ecosistémicos y las variables socioambientales con influencia en el comportamiento sistémico de los humedales altoandinos. Afectaciones al ecosistema por aplicación de agroquímicos en zonas de recarga y quemadas
Artículo	Cifuentes Guerrero, Contreras, Fernández Almanza, Medina Rodríguez, Ubaque Mozo, (2017)	Análisis del capital natural del Páramo de Chontales (Sotaquirá) a partir de los Servicios Ecosistémicos y Servicios Ambientales: Una aproximación a la planificación ambiental del territorio	Diferenciación entre Servicios Ecosistémicos (SE) y los Servicios Ambientales (SA), los primeros son funciones biológicas, físicas y químicas de los ecosistemas que sostienen la vida y el bienestar del ser humano; los segundos son bienes o servicios ecosistémicos que pasan por procesos de capital humano para su generación y disponibilidad para el ser humano
Artículo	Cárdenas, M. & Tobón, C. (2017)	Recuperación del funcionamiento hidrológico de ecosistemas de páramo en Colombia	Los páramos, con un grado bajo de disturbio, presentan un alto rendimiento y buena regulación hídrica; igual que los páramos intervenidos, recuperan el estado natural de las propiedades del suelo y, consecuentemente, su funcionamiento hidrológico, aún en pocas décadas.
Documento científico	Rojas, Ruiz Herrera, Montero Torres, Vergel Sánchez, Ortiz Criollo, Rodríguez Prada, Barrera Velazco, Sánchez Reyes, Hernández, Rivera García, Quintero Rondón, (2017)	Caracterización socioeconómica y cultural del complejo de páramos Guantiva-La Rusia en jurisdicción de Corpoboyacá y cas con énfasis en caracterización de actores, análisis de redes y de servicios ecosistémicos	SE de abastecimiento: provisión de agua, alimento – agricultura y ganadería, pesca, plantas para combustible y energía, y recursos medicinales. De regulación: hídrica, purificación del aire y del agua, prevención de erosión, fertilidad del suelo, hábitat de especies. Culturales: identidad, sitio de paseo familiar, beneficios turísticos, actividades educativas y científicas
Artículo	Alvarez Salas, Gómez Aguirre y Cano López, (2016)	Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino–Urrao, departamento de Antioquia, Colombia	Servicios ecosistémicos críticos vulnerados que representa una amenaza para ecosistemas de alta montaña: Agua, explotación

			maderera y minería como servicios críticos frecuentemente relacionados con la existencia de conflictos entre actores, sobre la gestión, explotación, control y propiedad de los recursos naturales.
Libro	Rincón Ruíz, Echeverry Duque, Piñeros Quiceno, Tapia Caicedo, David Drews, Arias Arévalo, Zuluaga Guerra, (2014)	Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos	Valor de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos desde diferentes perspectivas como fuente esencial del bienestar humano y base en la toma de decisiones, con respecto de la gestión del territorio.
Artículo	García, (2013)	Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán	Provisión y regulación hídrica de las poblaciones y ciudades cercanas, provee otros bienes y servicios ambientales como recreación, captura de carbono, biodiversidad, entre otros
Tesis	Laverde Martínez, (2008)	Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C.	Bienes y servicios producidos por la agricultura y ganadería. La minería como fuente de empleo. Provisión de alimentos y agua.
Artículo	Garzón, H., & Torres,, F. (2018)	Servicios ecosistémicos culturales del páramo Chingaza, una alternativa para el turismo sostenible	Producción y regulación acuífera Goce público y turismo sostenible Reservorios estratégicos de cultura y naturaleza

Los bienes y servicios directamente asociados con el páramo (Resolución 1170 de 2016), son los recursos hidrológicos originados por la capacidad de regulación hídrica que alimentan a sectores como la agricultura, hidro energético, servicios ambientales y el turismo.

Se identifica en los estudios consultados que el principal servicio ecosistémico de los páramos es la capacidad para regular el ciclo hidrológico para surtir de agua a diferentes afluentes usados también para generar agua para el consumo humano. Por otra parte, el hábitat es considerado como el refugio de la fauna que cumple una función en la dinámica del ecosistema, la flora como el conjunto de las especies nativas que proporcionan a la capa vegetal de soporte del suelo; adicionalmente, se considera el abastecimiento de bienes y servicios provenientes del sustrato del páramo, que surten de materia prima para diversas actividades

humanas y finalmente, así mismo la información que ofrece el ecosistema para fines científicos y el disfrute de su paisaje para el ecoturismo. Se describe a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Servicios ecosistémicos generales de los páramos, en Colombia.

Función	Bienes y servicios producidos
Regulación	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de la calidad del aire • Mantenimiento de la calidad del agua • Mitigación del cambio climático • Regulación de almacenamiento de acuíferos • Regulación hídrica • Regulación del clima • Nutrición del suelo • Captura de carbono • Prevención de la erosión • Polinización • Dispersión de semillas
Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento de agua para el consumo humano • Agua para labores agrícolas y pecuarias • Agua para uso en hidroeléctricas • Abastecimiento de agua para la industria • Abastecimiento de provisiones alimenticias • Suelo para pastoreo • Suelo para cultivos • Pesca • Plantas para leña y madera • Carbón vegetal • Materias primas para diversos productos como medicina, obras artesanales, entre otras.
Soporte	<ul style="list-style-type: none"> • Hábitat de fauna silvestre para la dinámica del ecosistema • Diversidad de plantas que son parte de la capa vegetal que sostiene el ecosistema vivo. • Recursos genéticos • Producción y banco de semillas • Biodiversidad • Corredores biológicos
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> • Goce espiritual • Disfrute del paisaje • Activación del ecoturismo por la atracción del paisaje • Investigación y educación

3.3. Proposición de prácticas sostenibles para la explotación minera en zonas de páramo

De acuerdo con lo analizado en los diversos estudios expuestos a nivel documental sobre prácticas sostenibles para la explotación minera en zonas de páramos se encontraron experiencias de casos que se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Alternativas sostenibles para los páramos que tienen presencia de minería.

Caso	Autores/año	Título	Estrategia	Resultados
Páramo Santurbán	Castellanos (2020)	Alternativas para las comunas del páramo Santurbán	Potenciación de negocios agroecológicos	Las herramientas de reconversión productiva existen y pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades, solo falta voluntad del gobierno.
Páramos de Colombia en zonas protegidas	Vergara-Buitrago, P. A. (2020)	Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos	Revisión en torno a los complejos de páramos de Colombia, a partir de datos geográficos disponible en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas y en el Sistema de Información Ambiental para Colombia	Plantear iniciativas de ordenamiento, en conjunto con la comunidad. Implementar estrategias de conservación para casi la mitad de los complejos de páramos del país y asegurar la continuidad de sus procesos ecológicos, así como el flujo de servicios ecosistémicos para las comunidades que les habitan.
Páramo de Rabanal, Boyacá	Vergara Buitrago, Morales Puentes, Useqche de Vega, y Gil Legizamon, (2018)	Encuentros de reconocimiento y aprendizaje ambiental con la comunidad campesina del páramo de Rabanal, Boyacá, Colombia	Encuentros de sensibilización y capacitación con campesinos de la zona de páramo de Rabanal, Boyacá	Sensibilización y capacitación en elaboración de abonos orgánicos para recuperar la capa vegetal, minimizando las problemáticas ambientales del páramo y restaurar la ecología para desarrollo rural sostenible del territorio.
Páramo de Cruz Verde Sumapaz	Ariza Ortiz, (2018)	Restauración ecológica como estrategia para sustitución y reconversión productiva en la delimitación del páramo Cruz Verde Sumapaz	Plan de manejo en restauración y reconversión ecológica	Insuficiente sensibilización y proyectos viables para hacer realidad los planes de manejo en los páramos, se requiere voluntad política y la integración de todos los actores implicados en las zonas paramunas.
Páramo de Belmira Páramo de Chingaza	Cárdenas, y Tobón, (2017)	Recuperación del funcionamiento hidrológico del ecosistema	Programa de protección específica enfocada en restauración de las propiedades hidro-físicas del suelo.	Desarrollo de vegetación que contribuye a mejorar las condiciones biofísicas de los suelos.

Páramo de Romerales		de páramo en Colombia		Restauración de las funciones hidrológicas, bajo esquemas de restauración pasiva.
Páramo Laguna Verde (Cundinamarca) y La Cortadera (Boyacá)	Verano Jiménez y Villamizar González, (2017)	Lineamientos agroecológicos para el desarrollo del agro-ecoturismo en páramos.	Minimizar químicos en la agricultura y generar actividades agroturísticas	El impacto de la minería en la regulación del recurso hídrico se puede minimizar con huertas sustentables a través de buenas prácticas agrícolas y proyectar actividades agro-ecoturísticas para sostenimiento de la población.
Paramo Chontales (Sotaquirá, Boyacá)	Cifuentes, Contreras, Fernández, Medina y Ubaque, (2017)	Análisis del capital natural del Páramo de Chontales (Sotaquirá) a partir de los Servicios Ecosistémicos y Servicios Ambientales: Una aproximación a la planificación ambiental del territorio	Programas: Educación ambiental, producción limpia y funcionalidad de los sistemas productivos.	Se requiere un mayor liderazgo para los programas y adaptación de estrategias propias para las comunidades implicadas a nivel local y regional.
Páramos de Colombia	Freile Rodríguez, (2017)	Estrategias de conservación en los páramos con participación comunitaria	Áreas protegidas del páramo. Pago por servicios ambientales (PSA) como estrategia de conservación. Programa socio bosque y páramo, caso Ecuador. Fondos de agua.	Existen estrategias que han sido positivas en la conservación de los páramos y para cuidarlos de la minería y sus impactos. No obstante, para que realmente una estrategia sea relevante es importante que se investigue cada área debido a que todas tienen diferentes características.
Páramo de Rabanal	IAvH, C. A. R., & Corpoboyacá, dc.publisher: Fundación para el Medio Ambiente y el Desarrollo Humano Sostenible y el Trópico -	Plan de manejo ambiental del macizo del Páramo de Rabanal Componente Programático	Implementación de herramientas de manejo del paisaje (HMP). Conversión de usos agropecuarios y de plantaciones con especies exóticas por coberturas nativas. Protección de humedales, nacimientos, cauces de ríos, quebradas y recarga de acuíferos. Diseño de HMP mitigar o	Recuperación de las coberturas de vegetación nativa, la vitalidad de los procesos ecológicos y la conectividad entre áreas que sirven para la reproducción de especies de flora y fauna y la provisión de bienes y servicios ambientales. Mitigación o compensación de los impactos ambientales generados por las actividades

	FUNDETROP ICO (2008)		<p>compensar los impactos ambientales de actividades mineras (extracción, transformación, acopio y transporte).</p> <p>Atender contaminación atmosférica por material particulado de hornos de coquización; uso de agua no concesionada para apagado de hornos; contaminación de aguas de escorrentía, subterráneas y cuerpos hídricos; desestabilización y deterioro de suelos por acopio de carbón y coque, inadecuada disposición de estériles y residuos industriales; afectación en flora, fauna y paisajes.</p>	<p>mineras (extracción, transformación, acopio y transporte).</p> <p>Sustracción de un área núcleo del páramo de dichas actividades y control y/o mitigación de procesos de contaminación y deterioro de los ecosistemas del área, los recursos hídricos superficiales y subterráneos, el suelo y el aire.</p>
--	-------------------------	--	---	--

Los estudios consultados revelan que las estrategias provenientes fundamentalmente del gobierno a través de la restauración ecológica y reconversión no han surtido efectos positivos que sean percibidos por las comunidades, debido a que no atienden las problemáticas económicas y sociales de las personas que habitan los páramos. Consideran que la participación de los actores es esencial pues permite que se lleguen a consensos importantes en la delimitación de las zonas y a partir de ello lograr proyectos orientados hacia iniciativas que no vulneren el derecho al trabajo, así como también puedan fortalecer las condiciones de vida, puesto que estas zonas en las que habitan carecen de infraestructura, vías de acceso, acueducto, entre otras.

Por otra parte, también se requiere una sensibilización hacia la adaptabilidad de los cambios que las comunidades afrontan ante la nueva legislación teniendo en cuenta que se necesita capacitación en nuevas prácticas que les permita garantizar el sustento familiar. Se resalta la estrategia sobre los bancos de hábitat expuesta bajo la Resolución 1051 del 2017 que posibilita compensaciones ambientales para aquellas comunidades que cumplan los requerimientos necesarios y lograr materializar los procesos de restauración de ecosistemas, conservación y protección, de esta manera, se podrán mantener los servicios ecosistémicos que proporcionan sostenibilidad.

Las experiencias de otros países como Ecuador y Perú a través de los fondos, programas asociados a los bosques y pago por servicios ambientales, han ratificado que se pueden implementar en los páramos de Colombia por su similitud de sus características.

Teniendo en cuenta lo anterior, las alternativas que se sugieren para lograr materializar proyectos y planes de mejoramiento orientados a la rehabilitación, restauración y conservación de los páramos colombianos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Prácticas sostenibles para la explotación minera en zonas de páramo.

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de los servicios ecosistémicos para cada uno de los páramos, debido a sus diversas características geográficas, geomorfológicas, geológicas, hídricas, biológicas, climáticas y socioculturales, esta información posibilita direccionar planes específicos de manejo para que las comunidades se adhieran y sea posible materializar las estrategias.
<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación a las comunidades presentes en los páramos para que se logre la comprensión de la importancia de la delimitación de las zonas paramunas, para que de esta manera ejercerán un mayor liderazgo que permita que los diferentes actores implicados en la explotación de minas puedan ser controlados con mayor rigurosidad.
<ul style="list-style-type: none"> • Difusión de los planes, programas y estrategias que el gobierno ha suscitado para los páramos, teniendo en cuenta que existen experiencias positivas como los bancos de hábitat en el Meta y Antioquia y la normativa de la inversión forzosa de no menos del 1% como medida de compensación ambiental, que además de potencializar las acciones para la protección de los páramos también representa una oportunidad con efectos sociales y ambientales propicios para el progreso de las comunidades.
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor exigencia y control por parte de las autoridades ambientales en el cumplimiento de requisitos técnicos y la normativa ambiental para el otorgamiento de concesiones de agua, licencias ambientales y vertimientos de aguas para proyectos de minería en zonas de páramo, así como en el seguimiento y evaluación de estos.
<ul style="list-style-type: none"> • Re-adecuamiento de suelos de minería mediante procesos de reforestación con especies vegetales nativas adecuadas para activar y acelerar el proceso sucesional y de restauración del ecosistema acorde a estudios técnicos del plan de manejo ambiental.
<ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de taludes mediante la realización de drenes, sub-drenes y terraceo acordes al plan de manejo ambiental.
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de sistema de tratamiento de aguas residuales que evite el vertimiento de aguas contaminadas a las fuentes hídricas.
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una disposición adecuada de residuos sólidos y peligrosos producto de la actividad minera.
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de herramientas de manejo del paisaje (cercas vivas, barreras cortavientos, árboles dispersos en zonas de pastoreo y/o cultivo, rondas hídricas, etc.) como estrategia para la recuperación de cobertura vegetal nativa y la construcción de conexiones biológicas en ecosistemas disturbados, a la vez que se recuperan bienes y servicios ambientales para la comunidad y se elevan los niveles de productividad agropecuaria.
<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de planes de ordenamiento territorial participativos, en los que se tengan en cuenta las prioridades ambientales, las necesidades de la comunidad y se les involucre en la proposición de soluciones ambientales sostenibles para generar apropiación de estas en el territorio.
<ul style="list-style-type: none"> • Políticas que incentiven en las comunidades el desarrollo de actividades productivas sustentables alternas a la minería, que incluyan capacitación, financiación, acompañamiento y seguimiento de las iniciativas personales, familiares o comunitarias.
<ul style="list-style-type: none"> • Buscar la transición de la producción de energía a partir de combustibles fósiles a la generación de formas de energía sustentable y renovable, mediante la implementación de políticas públicas incluyentes y participativas.

4. Discusión

La identificación de los riesgos causados por la explotación minera en la zona de páramos en Colombia se precisa en Riesgos en factores abiótico – bióticos y socioeconómicos en los que se implican lo social, cultural, económico y ambiental.

Riesgos en factores abióticos

Hídrico. Con relación al recurso hídrico los estudios por Pardo, (2020), Cely-Andrade, García-Ubaque y Manrique, (2017), Güiza Suárez, (2011) y Castillo Herrera, (2018) en el caso del páramo Santurbán y complejo paramuno de Pisba, Rabanal y Almorzadero unos de los más relevantes por la actividad minera a pequeña y grande escala denuncian la existencia de ácido sulfúrico y óxido de uranio (aguas ácidas) y de elementos tóxicos como cromo, cobre, plomo, arsénico, mercurio, selenio y molibdeno, productos de estudios por cuenta de diversas instituciones como Corpoboyacá, el Instituto Humboldt, entre otros; muestran que las consecuencias a corto y largo plazo pueden ser irreversibles con respecto al daño en la salud de las personas y el deterioro del ciclo de vida de las especies acuíferas que son parte del ecosistema (Nordstrom, Blowes y Ptacek, 2015).

Así mismo en todas las investigaciones el recurso hídrico está presente por ser uno de los factores abióticos más afectados de manera directa por la minería de carbón, oro y la transformación de estos por parte de entidades extranjeras y locales, por la perturbación severa de la calidad del agua a causa de los procesos bioquímicos que al ser filtrados en la superficie y en lo subterráneo contaminan los cauces e interrumpen las cadenas tróficas (Johnson y Hallberg, 2005).

Con respecto a la capacidad de la regulación del agua, especial función de los páramos, se considera que esta dinámica está en riesgo por la disminución de retención por periodos largos y liberados lenta y constantemente para surtir a la vegetación y los cauces de ríos, lagunas y quebradas que por lo general se alimentan de las zonas paramunas (Garavito Rincón, 2015).

Clima. De acuerdo con lo analizado los contaminantes por parte del material particulado y emisión de gases a causa de la minería, la tendencia de disminución de precipitación de lluvias en los páramos que no solo afecta a la vegetación y fauna, sino que genera el aumento de la temperatura aunado al cambio climático a nivel global, repercute en la desaparición de zonas paramunas (Acevedo, Gamboa, Martínez, y Sánchez-Herrera 2016).

Suelo. En este componente, todos los estudios hacen referencia al detrimento del suelo a nivel de estructura, función y composición por la actividad minera artesanal y formal por las empresas carboníferas presentes en el área y expresan que han causado grandes transformaciones en los espacios geográficos alterando no solo la regulación hídrica eje fundamental para la vida del páramo, sino también la salud humana de comunidades asentadas en las áreas de influencia y afectaciones a las funciones de todo el ecosistema que incluso impacta negativamente los beneficios ecosistémicos que surte de bienes y servicios a las

comunidades. Así lo afirman los estudios de Guerrero, et.al., 2016; Agudelo, et.al., 2016; Acosta, 2016; Moreno, 2017, entre otros.

Riesgos en factores bióticos

Paisaje. Las investigaciones analizadas registran que el paisaje de los páramos es afectado y sofocado por la minería y las prácticas de tala de árboles, quemas indiscriminadas y mal manejo de la conservación de las plantas nativas. Garavito Rincón, 2015 afirma la destrucción del paisaje, daños sobre la cobertura vegetal por la remoción de grandes porciones de zonas verdes para la excavación y transporte de los materiales minados y según estudios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, fomentando así la erosión y disminuyendo la capacidad del páramo como regulador hídrico. Estudios del Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt (2008), IAvH, C. A. R., & Corpoboyacá (2008) y Noreña (2013) respaldan la afectación al paisaje a causa de la actividad minera.

Fauna y flora. La biodiversidad silvestre de especies vegetales y animales es considerada muy importante. Estudios como Lotero Álvarez (2021), Acevedo, et.al. (2016), Novoa Usaquén, (2017), Romero López, 2017 y Defensoría del Pueblo, 2010, dan cuenta que la reducción de poblaciones y migración de la fauna silvestre por sus hábitats disturbados ha tenido repercusiones en la alteración de la dinámica del ecosistema paramuno, afectando la sostenibilidad natural. La capa vegetal en detrimento por erosión y disminución de la capacidad reguladora del agua es preocupante, así lo constatan los estudios analizados (Garavito Rincón, 2015).

Riesgos socioeconómicos

Salud. Los estudios de Saavedra Peñuela y Durán Pico (2021), Buitrago Betancourt, (2020), Castillo Herrera, (2018), Cely-Andrade, García-Ubaque y Manrique-Abril, (2017), Acosta Bueno, D. M. (2016), Nordstrom, Blowes y Ptacek, 2015, reportan el aumento de enfermedades respiratorias debido a la emisión de gases y partículas de material proveniente de la minería que afecta no solo la calidad del aire, sino que es potencialmente considerado como factor que aumenta el cambio climático. Así mismo la población más vulnerable está en la tercera edad en el aumento del detrimento de la salud.

Economía. Se considera que es un componente importante pues se visualizó en los estudios de Mahecha Laiton, Púa Olivo, y Ortiz Ruíz (2018), Cely-Andrade, García-Ubaque y Manrique-Abril (2017), Acevedo Tarazona y Correa Lugos (2019), Galindo Limas y Báez Ardila (2019), Laverde Martínez (2008), Defensoría del Pueblo (2010), Lotero Álvarez, (2021), que la migración del trabajo agrícola y ganadero se desplazó hacia la fuerza laboral de la minería por representar una fuente de empleo para la subsistencia familiar, de igual forma se aumentó el

trabajo infantil alejando a los infantes de la educación, prefieren ganar dinero y no formarse. Las actividades cambiaron, se alejaron de las granjas y huertas.

Cultura. Los pobladores de las zonas paramunas tienen sus propias creencias y tradiciones, no obstante, existe una insuficiente información sobre cómo proteger y conservar adecuadamente el páramo. Se considera que en los conflictos por la delimitación de las zonas de páramo la comunidad participa de manera esencial y el desconocimiento de elementos importantes de las leyes ha afectado el progreso para hacer realidad los planes de manejo ambiental que vienen dentro de la Legislación vigente. Estas dificultades se evidencian en los estudios de Polo-Ortiz (2019), Buitrago Betancourt (2020), Mahecha Laiton, et.al. (2018), Piedrahita Arcila y Peña Padiernia (2016), Ariza Ortiz (2018).

Con respecto a los servicios ecosistémicos, los estudios reflejan una misma línea con la clasificación que expone De Groot y Boumas, (2002) fundada en la regulación hídrica debido a su función en la capacidad de surtir de agua a los cauces de los ríos, lagunas, quebradas, así mismo el almacenamiento de los suelos en los acuíferos. No obstante los estudios revelan que se han disminuido los servicios ecosistémicos más relevantes y esto amenaza el balance hidrológico que es esencial en el abastecimiento de agua, así mismo la exposición del páramo al cambio climático es un riesgo muy alto para los páramos, debido a que ellos también influyen en la mitigación de este fenómeno que afecta a toda la biosfera (Farley, 2017).

5. Conclusiones

Los efectos ambientales de la explotación minera en la zona de páramos en Colombia, se ven reflejados en los sistemas biótico (fauna, flora, microorganismos, paisaje), abiótico (hídrico, clima, suelo) y socioeconómico (salud, economía, cultura), observándose en su mayoría impactos de tipo negativo que cambian la dinámica de las redes biológicas de los ecosistemas, las propiedades de los elementos de sustento y regulación del planeta (agua, suelo, clima), el uso de los suelos, las actividades económicas y culturales de las regiones generando un desarrollo insostenible que conlleva a agotar los activos ambientales de los ecosistemas de Colombia.

El páramo ofrece importantes servicios ecosistémicos fundamentales para el mantenimiento de la vida, los cuales deben ser protegidos y defendidos de toda perturbación que atente contra la estabilidad de su funcionamiento; este ecosistema se hace vulnerable frente a la actividad minera, que impacta profundamente su estructura alterando las bases de su funcionamiento y agotando su capacidad principal como productor y regulador de agua y con ella, otras como, ser hábitat de biodiversidad, almacenar y capturar CO₂ atmosférico, formación de suelos y la regulación de la temperatura ambiental regional.

Los estudios existentes sobre los efectos ambientales de la explotación minera en la zona de páramos en Colombia proporcionan información relevante, que puede ser usada como línea base, para generar propuestas de sostenibilidad con el medio ambiente que tiendan a mitigar y

corregir los impactos negativos ambientales que genera la actividad minera en las zonas de páramo. Es necesario, alimentar con nuevos y constantes estudios, el conocimiento sobre impactos de la minería en los páramos y sobre el funcionamiento del ecosistema en sí, para así generar políticas, programas, proyectos y tomar decisiones adecuadas para la recuperación y conservación de este tipo de ecosistema netamente estratégico y fundamental para la regulación de todos los procesos que proporcionan el equilibrio de la vida.

Los estudios revelan que las comunidades humanas también hacen parte del ecosistema por ello se debe reconocer, como una alternativa de sostenibilidad, su función en la conservación y protección de los páramos, puesto que los servicios ambientales han transitado a la economía y por ello se deben fortalecer las acciones hacia el manejo de tierras que se relacionan con los servicios ecosistémicos, de ello depende que se logre conservar la biodiversidad, el agua y de esta manera asegurar que el sustento de las comunidades no sea una amenaza para la conservación.

Las alternativas sostenibles para revertir los efectos de la explotación minera en la zona de páramos sugeridas a través de la caracterización de servicios ecosistémicos, capacitación a las comunidades paramunas y adherencia a las iniciativas del gobierno mediante los programas, planes y opciones que tienen como iniciativas, posibilitan materializar una articulación de los diferentes actores implicados en la explotación de minas, esto es esencial pues se requiere liderazgo y ampliar el constructo mental para planificar, organizar y controlar los efectos negativos que amenazan a los páramos colombianos. Es preciso también, tener en cuenta las experiencias de otros países y las propias, de este modo, asegurar la coherencia para conservar, proteger y mantener los páramos como elementos vivos que permiten la vida en el planeta.

Potencial conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Fuentes de financiación

Recursos propios.

Referencias

- Acevedo Tarazona, A., & Correa Lugos, A. (Revista Colombiana de Sociología, 42(1)). 2019. *Pensar el cambio socioambiental un acercamiento a las acciones colectivas por el páramo de Santurbán (Santander, Colombia)*, 157-175. doi: 10.15446/rcs.v42n1.73070.
- Acevedo, V., Gamboa, C., & Martínez Herrera, P. (2016). Acciones sociales que perjudican la conservación de los páramos de Sumapaz y Chingaza. *Memorias de Primer encuentro ambiental universidad, ambiente y sustentabilidad: experiencias prácticas*, 293-301.

- Acosta Bueno, D. M. (2016). Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del municipio de Samacá (Boyacá), según reportes ASIS 2005-2011.
- Agudelo, C., Quiroz, L., García, J., Robledo, R. y García, C. (2016). Evaluación de condiciones ambientales: aire, agua y suelos en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia”, *Revista de Salud Pública*, vol 18, pp. 50-60, DOI: 10.15446/rsap.v18n1.55384
- Álvarez Salas, L., Gómez Aguirre, A., & Cano López, W. (2016). Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino–Urrao, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 134-147.
- Álvaro Pardo, L. (2020). *Impactos del proyecto Minesa en el páramo Santurbán. Encuentros*, 1(1), 1-20.
- Amaya Franco, S., & Durán Caro, J. (2017). *Análisis del conflicto minero-ambiental en el páramo de Pisba (jurisdicción Tasco-Boyacá) desde las perspectivas de las comunidades locales*. Bogotá: Universidad Libre de Colombia.
- Ariza Ortiz, C. (2018). *Restauración ecológica como estrategia para sustitución y reconversión producida en la delimitación del páramos Cruz Verde Sumapaz*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Betancourt Ovalle, M. (2019). Valoración e identificación de servicios ecosistémicos culturales en páramo ubicado en zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Colombia. Universidad de los Andes.
- Buitrago Betancourt, J. (2020). Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el páramo El Rabanal de Samacá Boyacá. *Intropica*, 15(1), 42-54. <https://doi.org/10.21676/23897864.3426>.
- Caicedo, E., (2021). (12 de noviembre de 2021). Áreas protegidas, así funcionan en Colombia estos ecosistemas estratégicos. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/areas-protegidas-en-colombia-que-son-como-funcionan-donde-estan-y-mas-631503>
- Callejas, R. (2015). *Manejo Ambiental Sostenible para el ecosistema de Páramo: caso Páramo de Santurbán*. Bogotá: Universidad Libre de Colombia.
- Cárdenas María, F., & Tobón Conrado. (2017). Recuperación del funcionamiento hidrológico de ecosistemas de páramo en Colombia. *Actualidad y Divulgación Científica*, 20(2), 403-412. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000200018&lng=en&tlng=es.

- Carmona, A., & Poveda, G. (2014). Detection of long-term trends in monthly hydro-climatic series of Colombia through Empirical Mode Decomposition. *Climatic Change*, 123(2), 301-313.
- Castaño Uribe, R. (2002). *Páramos y ecosistemas altos andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, IDEAN, PNUND.
- Castellanos, P. (2020). Alternativas para las comunas del páramo Santurbán. *Encuentros*, 1(1), 13-20.
- Castillo Herrera, L. (2018). *Efectos Ambientales de la Explotación Minera en los Páramos de Colombia 2000-2017 Estudio de caso: Páramo Santurbán (Tesis)*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cely Andrade, J., Garcia Ubaque, J., & Manrique Abril, F. (2017). Calidad de vida relacionada con la salud en población minera de Boyacá. *Revista de Salud pública*, 19(3), 362-367. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.56163>.
- Cifuentes, G., Contreras, G., Fernández, A., Medina, R., & Ubaque, M. (2017). Análisis del capital natural del Páramo de Chontales (Sotaquirá) a partir de los Servicios Ecosistémicos y Servicios Ambientales: Una aproximación a la planificación ambiental del territorio. *Journal of Technology*, 16(2), 27-68.
- Cleef, A. (2013). *Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de alta montaña colombiana*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambí, L., De Bièvre, B. y Posner, J. (2014). *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*. Lima, Perú: CONDESAN.
- Defensoría del Pueblo de Colombia. (2010). Minería de Hecho en Colombia.
- De Groot, R., & Boumas, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(1), 393-408.
- Farley, K. (2017). Water Is Life”: Local Perceptions of Páramo Grasslands and Land Management Strategies Associated with Payment for Ecosystem Services. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(2), 371-381.
- Fierro, J. (2012). *Políticas mineras en Colombia. Comité Catholique contre la faim et pour le développement-CCFD Terre Solidaire/Instituto Latinoamericano para una sociedad y Derecho Alternativo- ILSA*. Bogotá: Digiprint Editores E.U.
- Flórez Yepes, GY, (2015). Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y páramo de

letras Manizales Colombia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1 (),173-179.[fecha de Consulta 27 de Octubre de 2022]. ISSN: 2007-0934. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243024>

- Fraile Rodríguez, G. (2017). *Estrategias de conservación en los páramos con participación comunitaria (Tesis)*. Tunja: Universidad Abierta y a Distancia UNAD.
- Galindo Limas, L., & Báez Ardila, L. (2019). *Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos que provee el Parque Nacional Natural Chingaza*. Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Garavito González, L., Gómez Zarate, P., & Palacio Tamayo, D. (2018). Gobernanza territorial en los páramos Chinzaga y Sumapaz-Cruz Verde. Una comparación de sus principales actores y problemáticas. *Perspectiva Geográfica*, 23(1), 11-30. <https://doi.org/10.19053/01233769.6703>.
- Garavito Rincón, L. (2015). Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. *INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla*, 19(1), 127-136. ISSN: 1909-2458.
- García, H. (2013). Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán.
- Garzón, H., & Torres, F. (2018). Servicios ecosistémicos culturales del páramo Chingaza, una alternativa para el turismo sostenible. En A. M. Ocampo & R. Rivera (Coord.) Responsabilidad social, sustentabilidad y medio ambiente (pp. 208 – 223). Servicios Académicos Intercontinentales para eumed.net. Universidad de Málaga, Málaga, España.
- Guerrero, M. y Pineda, V., (2016). Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgatá Bajo (Tausa). Modelo conceptual, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol 26, n. ° 1, pp. 57-74, 2016, DOI: 0.18359/rcin.1664
- Güiza Suárez, L. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión Jurídica*, 10(1), 123-140. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-25302011000300008&lng=en&tlng=es.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, I. (2018). *Informe ecosistemas: Cambio Climático*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. (2008). *Atlas de Páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- IAvH, C. A. R., & Corpoboyacá, C. (2008). Plan de manejo ambiental del macizo del páramo de Rabanal.

- Johnson, D., & Hallberg, K. (2005). Acid mine drainage remediation options. *Science of the Total Environment*, 338(2), 3-14. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969704006199>.
- Laverde Martínez, C. (2008). *Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la Vereda Verion Alto, Bogotá D.C.* Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Lotero Álvarez, L. (2021). Conflictos socioeconómicos y ambientales derivados de la distribución ecológica en la Cuenca Carbonífera de la Sinifaná en Colombia. *Revista Latinoamericana de Economía*, 50(198), <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.6585>.
- Mahecha Laiton, Y., Púa Olivo, A., & Ortiz Ruíz, F. (2018). *Minería, medio ambiente y desarrollo. Efectos socio ambientales de la delimitación del Páramo de Santurbán en los municipio de Vetas y California, durante el periodo 2006-2016.* Bogotá: Universidad La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/negocios_relaciones/85.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022). (26 de julio de 2022). ¡Histórico! Colombia declara como área protegida el 34% de su territorio <https://www.minambiente.gov.co/comunicado-de-prensa/historico-colombia-declara-como-area-protegida-el-34-de-su-territorio/>
- Ministerio de Minas y Energía, M. (2014). *Política nacional para la formalización de la minería en Colombia.* Bogotá: MinMinas.
- Ministerio de Minas y Energía. (2016). *Decreto 1666 de 2016, adición Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.* Bogotá: MINMINAS.
- Ministerio de Minas y Energía y Ministerio del Medio Ambiente. (s.f.). *Guía Minero Ambiental 1 Exploración. 2 Explotación.* Bogotá.
- Moreno, E. (2017). Evaluación económica de los impactos ambientales generados en el proyecto de explotación de carbón mineral en la vereda agua blanca del municipio de Tuta, departamento de Boyacá, tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales.
- Muradian, R., Corbeta, E., Pascual, U., Kosoy, N., & May, P. (2010). Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework, for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics*. 2(1), 1202-1208.
- Nieto, M. J., Alejandra, A., Paula Ungar, P., & Mendoza, J. (2016). *El cuidado de los páramos.* En: Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds).

Biodiversidad 2015. Estado y Tendencias de la. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Nordstrom, D., Blowes, D., & Ptacek, C. (2015). *Hydrogeochemistry and microbiology of mine drainage: . An update.* Applied Geochemistry. doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.02.008.
- Novoa Usaquén, J. (2017). *Análisis de la degradación de los páramos debido a las actividades productivas en este ecosistema.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Osorio, A. Y. (2015). Explotación minera en el páramo de Pisba-Boyacá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/7798>.
- Pardo, L. Á. (2020). Extractivismo se reacomoda al siglo XXI, pero su esencia es la misma. Encuentros: ciudad, medio ambiente y territorio. Disponible en https://issuu.com/movcivicoconcienciaciudadana/docs/revista_encuentros_n_mero_05_agosto_2020
- Pérez Rincón, M, Rojas Padilla, J, Vaquero, O, Peña Varón, M y Carvajal, Y. (2018). Incidencias de las actividades productivas en el flujo de servicios ecosistémicos híbridos ofrecidos por los páramos colombianos: caso Puracé.
- Piedrahita Arcila, I., & Peña Padiernia, C. (2016). Disputas y conflictos en torno a la delimitación de los complejos de páramos en Colombia. El caso del complejo de páramos Sonsón de los departamentos de Antioquia y Caldas. . *El Ágora U.S.B.*, 16(1), 257-275. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-80312016000100013&lng=en&tlng=es.
- Polo, O. (2019). Los intereses emergentes sobre la alta montaña y la vida campesina: tensiones y contradicciones de la delimitación de páramos en Colombia. *Cuadernos de Geografía*, 34(2), 322-339.
- Quijas, S., Schmid, P., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basica an Applied Ecology*, 11(8), 582-593.
- Rincón Ruíz, A., Echeverry Duque, M. A., Piñeros Quiceno, A. M., Tapia Caicedo, C., David Drews, A., Arias Arévalo, P., & Zuluaga Guerra, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rivera, D. y Rodríguez, C. (2011). Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. 2011. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 68 págs.

- Roa, T., Urrea, D., (2011). Agua o Minería, un debate nacional. CENSAT Agua Viva, Bogotá. Disponible en www.censat.org.
- Rojas, B., Mauricio, H., Ruiz Herrera, F. J., Montero Torres, L., Vergel Sánchez, J., Ortiz Criollo, A. L., ... & Quintero Rondón, A. P. (2017). Caracterización socioeconómica y cultural del Complejo de Páramos Guantiva-La Rusia en jurisdicción de Corpoboyacá y CAS con énfasis en caracterización de actores, análisis de redes y de servicios ecosistémicos.
- Romero, A. M. (2017). Revisión de la afectación de la actividad minera en ecosistemas de páramo a nivel ecológico. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/17000>.
- RUNAP. (2018). Total de hectáreas en áreas protegidas en Colombia. Runap en cifras. Recuperado de <http://runap.parquesnacionales.gov.co/cifras>
- Saavedra Peñuela, B., & Duran Pico, I. (2021). *Efectos en la salud de los colombianos causados por la exploración minera generada en los páramos en Colombia*. Bogotá: Unidad Tecnológica de Santander.
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P. y Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, 2(1), 122-145. Recuperado de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/480>
- Van der Hammen, T., Pérez Preciado, A., Pinto, P., 2008. Studies on tropical Andean ecosystems. Vol. 7. Editor J. Cramer, 972 pp.
- Vargas Chávez, I., Gómez Rey, A., & Rodríguez, G. (2020). El desarrollo sostenible como política en Colombia: un análisis desde la protección de los páramos. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 20(38), 41-52. <https://doi.org/10.22518/jour.cesh/2020.1a02>.
- Verano Jiménez, A., & Villamizar González, A. (2017). Lineamientos agroecológicos para el desarrollo del agroturismo en páramos. *Turismo y Sociedad*, 21(1), 253-273. DOI: <https://doi.org/10.18601/01207555.n21.12>.
- Vergara-Buitrago, P. A. (2020). Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 167-176.
- Vergara Buitrago, P., Morales Puentes, M., Useche de Vega, D., & Gil Legizamón, P. (2018). Encuentros para el reconocimiento y aprendizaje ambiental con la comunidad campesina del Páramo de Rabanal, Boyacá, Colombia. *Saber. ula. Ve*, 59(2), 398-410.

ⁱ Bióloga Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudiante Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Universidad de Manizales. Instructora Área Ambiental SENA. E-mail: olgaluchita@gmail.com. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5644-3244>. Enlace Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=es&user=6R-LoOkAAAAJ

ii Doctora en Ciencias Agrarias. Profesora asociada Universidad de Manizales. E-mail: grestrepo@umanizales.edu.co. Código ORCID: orcid.org/0000-0003-0443-0369. Enlace Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=amGmisQAAAAJ&hl=es>