

AÑO 31 NO. 114, 2026
ABRIL-JUNIO



AÑO 31 NO. 114, 2026

ABRIL-JUNIO

Revista Venezolana de Gerencia



UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ)
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Centro de Estudios de la Empresa

ISSN 1315-9984

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_ES



Gestión sostenible de la pequeña minería en Colombia Bioeconomía en el páramo de Ocetá

Santa Botero, Sergio De Jesús*
Bermúdez Ocampo, Laura Mariana**
Lara González, Luis Ángel***
Figueroa Alarcón, Blanca Mireya****

Resumen

En Colombia, los páramos constituyen ecosistemas estratégicos debido a su papel esencial en la captación, almacenamiento y regulación de recursos hídricos. No obstante, actividades productivas como la agricultura, la ganadería y, especialmente, la minería, han comprometido gravemente la sostenibilidad de estos ecosistemas. Este artículo propone como objetivo diseñar un plan estratégico de gestión sostenible fundamentado en el enfoque de la bioeconomía para organizaciones de pequeña minería situadas en el área de influencia del páramo de Ocetá, en el departamento de Boyacá. A partir de un análisis situacional integral, se diseñan estrategias orientadas a la reconversión productiva, la conservación ambiental y el desarrollo socioeconómico del territorio. La metodología incluye herramientas de caracterización empresarial, identificación de líneas de acción bioeconómicas y la formulación de un modelo de gestión integral. Se presenta un estudio de caso de la mina La Esperanza, para la cual se plantearon las estrategias propuestas, para evaluar posteriormente los efectos sobre la comunidad local y el ecosistema. Los resultados evidencian el potencial de la bioeconomía como eje articulador entre productividad, gestión y sostenibilidad. Se concluye que el plan de gestión y desarrollo basado en bioeconomía propuesto integra las dimensiones

Recibido: 23.06.25

Aceptado: 24.09.25

* Ingeniero de Minas y Metalurgia, Universidad Nacional de Colombia; Profesional Servicio Nacional de aprendizaje SENA Email: ssantab@sena.edu.co; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5091-9635>.

** Magister en Administración, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Colombia; Administradora de empresas y contador público; Docente escuela de administración de empresas; Email: laura.bermudez@uptc.edu.co; ORCID <https://orcid.org/0009-0007-9372-9069>.

*** Ph.D. Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Colombia; ingeniero industrial; Vicerrector administrativo y financiero Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Email: luisangel.lara@uptc.edu.co; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2849-0174>.

**** Magister Ingeniería Ambiental Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Colombia; Espe. Ingeniería ambiental; Seguridad y salud en el trabajo; Biología, Email: blanca.figueroa@uptc.edu.co; ORCID <https://orcid.org/0009-0007-9372-9069>.

tecnológica, organizacional, institucional y territorial; sin embargo, su implementación dependerá de tres condiciones fundamentales: 1) voluntad política clara, 2) condiciones para desarrollar programas continuos de capacitación y reconversión laboral y 3) mecanismos de financiamiento innovadores que incentiven y le apuesten a las actividades sostenibles.

Palabras clave: bioeconomía; ecosistemas estratégicos; gestión ambiental; gestión empresarial sostenible; minería.

Sustainable management of small-scale mining in Colombia Bioeconomy in the Ocetá páramo.

Abstract

In Colombia, páramos are strategic ecosystems due to their essential role in capturing, storing, and regulating water resources. However, productive activities such as agriculture, livestock farming, and especially mining have seriously compromised the sustainability of these ecosystems. This article proposes the design of a strategic plan for sustainable management based on the bioeconomy approach for small mining organizations located in the area of influence of the Ocetá moorland in the department of Boyacá. Based on a comprehensive situational analysis, strategies are designed for productive reconversion, environmental conservation, and socioeconomic development of the territory. The methodology includes tools for business characterization, identification of bioeconomic lines of action, and the formulation of a comprehensive management model. A case study of the La Esperanza mine is presented, for which the proposed strategies were developed, to subsequently evaluate the effects on the local community and the ecosystem. The results demonstrate the potential of the bioeconomy as a link between productivity, management, and sustainability. It is concluded that the proposed bioeconomy-based management and development plan integrates technological, organizational, institutional, and territorial dimensions; however, its implementation will depend on three fundamental conditions: 1) clear political will, 2) conditions for developing ongoing training and job retraining programs, and 3) innovative financing mechanisms that incentivize and invest in sustainable activities.

Keywords: Moors; strategic ecosystems; bioeconomy; mining.

1. Introducción

La creciente presión sobre los recursos naturales ha impulsado la necesidad de replantear los modelos de desarrollo económico, especialmente en

regiones donde la actividad productiva impacta ecosistemas estratégicos. En este sentido, la bioeconomía se presenta como una alternativa sostenible que promueve el aprovechamiento responsable de los recursos biológicos,

generando beneficios económicos, sociales y ambientales (García, 2024).

En Colombia, la interacción entre la bioeconomía y la minería adquiere especial relevancia en los páramos, ecosistemas esenciales para la regulación del ciclo hidrológico y el suministro de agua a más del 70 % de la población (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). No obstante, la expansión de la minería, en conjunto con actividades agrícolas y turísticas, ha generado un deterioro significativo en estas áreas (Gobernación de Boyacá, 2020). Ante este panorama, resulta fundamental analizar cómo la bioeconomía puede integrarse a la actividad minera en zonas de páramo, permitiendo un desarrollo socioeconómico equilibrado y sostenible, mientras se protege la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades (Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá], 2013).

Ante este panorama, la formulación de un modelo de gestión y plan de desarrollo para la pequeña minería con enfoque en bioeconomía permitirá que las organizaciones dedicadas a la extracción del carbón, ubicadas en inmediaciones del páramo de Ocetá, en el departamento de Boyacá, puedan implementar nuevos enfoques y proyectos de impacto económico. Estos garantizarían empleo para la población local, mejorarían la seguridad alimentaria y fomentarían actividades turísticas que contribuirían al bienestar de las familias de la zona. Asimismo, en el corto plazo, dicho enfoque facilitaría la adopción de nuevos métodos de producción agrícola basados en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, asegurando un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación

ambiental (Corpoboyacá, 2013).

Para lograr este propósito, se plantea como objetivo el diseño de un plan de desarrollo estratégico basado en la bioeconomía para la organización de la mina La Esperanza, con el fin de optimizar sus procesos productivos y reducir su impacto ambiental. Estas acciones contribuirán a un modelo de minería más sostenible, alineado con las necesidades socioeconómicas de la región y la conservación de los ecosistemas estratégicos.

2. Contexto, dinámicas y desafíos de la minería en paramos en el departamento de Boyacá

En América Latina, y particularmente en Colombia, la minería artesanal, tradicional y a pequeña escala representa una de las principales fuentes de ingresos para diversas comunidades. A través de esta actividad, se comercializan minerales tanto para el consumo interno como para la exportación (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

La actividad minera es responsable de la extracción y el beneficio de los recursos presentes tanto en la superficie terrestre como en el subsuelo. Estos recursos son esenciales para la humanidad y, junto con la agricultura, constituyen una de las actividades fundamentales para la existencia humana. La riqueza minera ha sido históricamente una fuente de subsistencia y desarrollo económico; sin embargo, también genera un impacto significativo en el patrimonio natural de la nación. De hecho, se estima que

el 30 % de las explotaciones mineras operan sin los permisos y autorizaciones correspondientes, lo que agrava los efectos ambientales de esta actividad. Además, estas prácticas ilegales generan un deterioro ambiental que conlleva la obligación de restauración mediante los mecanismos establecidos en las licencias ambientales (Güiza, 2011).

Colombia es el país con mayor cantidad de páramos en el mundo, albergando el 49 % de la superficie total de estos ecosistemas, los cuales cubren el 2 % del territorio nacional. La mayoría de los páramos en el país son húmedos, y Boyacá es el departamento con la mayor extensión, concentrando el 19 % del total nacional y el 16 % de los páramos a nivel mundial (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2009; Garavito, 2015; Guio et al., 2020).

En este contexto, la representatividad ecosistémica de los páramos dentro de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) es significativa. En la jurisdicción de Corpoboyacá, se encuentra la mayor extensión de páramos del país, alcanzando el 17.9 %, con 68 de sus 87 municipios ubicados en zonas de páramo y 19 de ellos con más del 50% de su territorio cubierto por este ecosistema (Corpoboyacá, 2015; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2009; Gobernación de Boyacá, 2020).

Los páramos son ecosistemas estratégicos con un alto grado de representatividad en Boyacá, siendo considerados socioecosistemas dinámicos que interactúan con otros entornos naturales y están

estrechamente ligados a cambios climáticos y procesos biogeográficos. Sin embargo, su estructura y composición se han visto afectadas por diversas actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la minería (Corpoboyacá, 2015). La jurisdicción de la Corpoboyacá (2013) alberga siete complejos de páramo con una extensión de 517,052 hectáreas, lo que representa el 75.5 % de los páramos de Boyacá. Dentro de esta área, se han declarado diez zonas; de estas, cinco están catalogadas como Parques Naturales Regionales (PNR), cuatro como Reservas Forestales Protectoras (RFP) y una como Distrito de Manejo Integrado (DMI) (Corpoboyacá, 2020).

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2018), en Boyacá existen 46,028 predios dentro de zonas de páramo, de los cuales 45,398 son de propiedad privada (291,000 hectáreas) y 630 de propiedad pública (102,000 hectáreas). Además, 45,961 de estos predios son rurales y 67 urbanos, con un 21% de la población rural del departamento viviendo en estas zonas (Guio et al., 2020). Debido a su importancia ecológica y estratégica, los páramos han sido priorizados para su conservación en los últimos años. En 2012, se inició su delimitación con el objetivo de fortalecer su preservación y promover su uso sostenible (Corpoboyacá, 2013).

No obstante, estos ecosistemas enfrentan diversas amenazas, siendo las principales la expansión agrícola, especialmente el cultivo de papa en municipios como Cómbita, Tunja, Cucaita, Sogamoso y Samacá, y el de cebolla en Aquitania y Tota; la creciente actividad minera centrada en la extracción de carbón, materiales de construcción, arena y caliza en

municipios como Tasco, Pisba, Samacá, Cucaita, Sogamoso y Mongua; y, más recientemente, el auge del turismo (Gobernación de Boyacá, 2020).

Haciendo énfasis en la minería, es el principal problema que afecta a los páramos. En Boyacá, se han registrado más de 1.200 títulos mineros, de los cuales 241 se encuentran en páramos y 77 en áreas protegidas regionales. Además, se han otorgado 39 licencias ambientales en páramos delimitados y 60 en no delimitados (Contraloría General de Boyacá, 2020). Esta situación genera una controversia entre el desarrollo económico y la protección de ecosistemas estratégicos promovida por el gobierno, ya que los distintos tipos de minería tienen efectos negativos profundos sobre los páramos debido a su fragilidad, sus bajas tasas de recuperación y, principalmente, el impacto sobre la red hídrica, alterando y destruyendo la dinámica hidrológica tanto a nivel local como regional (Osorio Fernández, 2015).

Para enfrentar esta problemática, desde el año 2010 se han implementado diversos instrumentos jurídicos (Ley 1382, 2010; Ley 1450, 2011; Ley 1753 2015; Sentencia C-035, 2016; Ley 1930, 2018; Resolución 1294, 2021) que excluyen a los páramos de cualquier actividad minera y petrolera, con el objetivo de reducir el impacto negativo de las actividades extractivas sobre los servicios ecosistémicos esenciales, como la provisión y regulación hídrica (Zapata et al., 2022).

En particular, la Resolución 1294 de 2021 prohíbe la exploración y explotación minera y petrolera en los páramos colombianos, estableciendo restricciones y normativas para las actividades campesinas en zonas permitidas. Sin embargo, estas

restricciones han impulsado la ilegalidad en páramos como el Sumapaz, donde las limitaciones laborales han afectado significativamente a la población (Moreno & Barragán, 2023; Agencia Nacional de Minería- ANM, 2024).

Además, estas regulaciones han impactado negativamente a los habitantes de los páramos, ya que el cierre de socavones ha generado inestabilidad laboral, pérdidas económicas e incertidumbre en las comunidades. En cuanto a la actividad agrícola, aunque algunas prácticas están permitidas, deben realizarse a baja escala y bajo estrictos controles, lo que eleva los costos de producción y manejo de tierras, volviendo inviable el sustento de muchas familias (Moreno & Barragán, 2023).

En respuesta a esta situación, en diciembre de 2021, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció lineamientos ambientales para la sustitución de actividades mineras y la reconversión o reubicación laboral de pequeños mineros tradicionales en páramos. Dado que la minería artesanal y de pequeña escala es una fuente de ingresos para al menos 5.000 personas y sus familias en estos ecosistemas, es fundamental asegurar una transición justa hacia nuevas oportunidades laborales (Zapata et al., 2022). La pobreza multidimensional prevalece en estas comunidades, junto con la falta de condiciones efectivas para la formalización y fomento de otras actividades (MME, 2023). Por ello, el seguimiento a los procesos de cierre de minas y a los planes de sustitución será clave en los próximos años.

En este contexto, es fundamental analizar opciones que permitan la reconversión de actividades mineras en los páramos, asegurando su

conservación. En los municipios de Aquitania, Sogamoso y Tota se localiza el 40% de las zonas de páramo de Boyacá. En este estudio, se abordará el páramo de Siscunsi-Oceta, localizado en los municipios de Sogamoso, Aquitania, Mongua y Monguít, como área de análisis para el desarrollo de mecanismos sostenibles de preservación y aprovechamiento.

El páramo fue declarado área protegida regional mediante el Acuerdo 0027 de 2008 y el Acuerdo 12 de 2011 de Corpoboyacá. Actualmente, cuenta con un Plan de Manejo Ambiental adoptado a través del Acuerdo 005 del 2 de abril de 2012, que establece su designación como Parque Natural Regional (PNR) “Unidad Biogeográfica

Siscunsi-Oceta” (Corpoboyacá, 2013). Este páramo representa una importante reserva hídrica para Boyacá y Casanare. Uno de los principales objetivos del PNR es garantizar la conservación de sus ecosistemas y su área de influencia, promoviendo la protección de su biodiversidad y asegurando la prestación de bienes y servicios ecosistémicos para la región centro-oriental de Boyacá (Corpoboyacá, 2019).

En el cuadro 1, se analiza la problemática de la minería en los páramos del departamento de Boyacá. Esta situación se presenta como una compleja intersección de desafíos ambientales, económicos y sociales, que requiere una comprensión holística para su abordaje.

Cuadro 1

Análisis contextual de la problemática minera en el departamento de Boyacá

Dimensión	Aspectos relevantes	Fuente(s)
Importancia minera de Boyacá	Tradicional región minera; la pequeña minería representa un eje económico fundamental, especialmente en la extracción de carbón.	Güiza (2011); MME (2023)
Impacto ambiental de la minería	Alrededor del 30 % de las explotaciones mineras operan sin permisos, lo que incrementa el deterioro ambiental en zonas frágiles como los páramos.	Güiza (2011)
Relevancia de los páramos	Colombia alberga el 49 % de los páramos del mundo; Boyacá concentra el 19 % del total nacional y el 16 % global.	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Corporación Autónoma Regional del Tolima (2009); Garavito Rincón (2015); Guio et al. (2020)
Cobertura en Boyacá	Corpoboyacá tiene jurisdicción sobre el 75,5 % de los páramos del departamento; 68 de 87 municipios tienen zonas de páramo.	Corpoboyacá (2015); Gobernación de Boyacá (s.f.)
Presión sobre los páramos	Actividades como agricultura, ganadería, minería y turismo amenazan su integridad ecológica.	Corpoboyacá (2015); Gobernación de Boyacá (s.f.)
Datos sobre títulos mineros	Se han otorgado más de 1.200 títulos mineros en Boyacá; 241 en páramos, 77 en áreas protegidas; 39 licencias en páramos delimitados.	Contraloría General de Boyacá (2020)
Marco legal restrictivo	Diversas leyes y sentencias han prohibido la minería en páramos (Ley 1382/2010, Ley 1930/2018, Res. 1294/2021).	Zapata et al. (2022)

Cont.... Cuadro 1

Consecuencias sociales	Restricciones legales han generado desempleo, pérdida económica, e informalidad minera en zonas como el páramo de Sumapaz.	Moreno & Barragán, (2023).
Distribución predial en páramos	En Boyacá existen más de 46.000 predios en páramos; el 98 % son privados; el 21 % de la población rural vive en estas zonas.	IGAC (2018); Guio et al. (2020)
Acciones de conservación	El páramo Siscunsi-Ocetá fue declarado PNR mediante el Acuerdo 005 de 2012; cuenta con plan de manejo ambiental.	Corpoboyacá (2013; 2019)
Propuesta estatal reciente	En 2021, se establecieron lineamientos para la sustitución de actividades mineras y la reconversión laboral en páramos.	Zapata et al. (2022); MME (2023)

3. Consideraciones metodológicas

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, centrado en el análisis de un estudio de caso: el título minero No. 14216, correspondiente a la mina La Esperanza, ubicada en el municipio de Tópaga, vereda San Judas Tadeo, en el departamento de Boyacá, Colombia.

El desarrollo metodológico se estructuró en tres fases sucesivas:

Fase 1. Caracterización de la unidad minera: Se realizó una caracterización específica de la organización minera La Esperanza. Para ello, se diseñó y aplicó una encuesta a los trabajadores. La encuesta se diseñó con 12 preguntas que abarcaron diversos aspectos de la vida de los trabajadores. Se incluyeron datos demográficos como el nivel educativo y el tiempo de servicio en la mina. Además, se exploró la situación económica de los empleados, detallando sus ingresos mensuales (incluyendo bonos y comisiones) y sus gastos mensuales en categorías como vivienda, alimentación, educación, salud y transporte. También se indagó sobre la presencia de deudas o ahorros, la disponibilidad de servicios básicos (agua

potable, electricidad, alcantarillado e internet) y la tenencia de bienes como vivienda o vehículos, esto con el fin de conocer aspectos laborales, sociales y económicos.

Posteriormente, se llevaron a cabo visitas de campo para recopilar información primaria sobre procesos productivos, condiciones ambientales, estructura organizacional y percepciones comunitarias. Esta caracterización permitió identificar fortalezas y debilidades clave para la reconversión hacia modelos sostenibles.

Fase 2. Identificación de líneas de bioeconomía: Se desarrolló una revisión bibliográfica sistemática sobre enfoques de bioeconomía aplicables a contextos mineros, incluyendo líneas como agrominería, restauración ecológica, turismo de naturaleza, bioemprendimientos, entre otras. Esta revisión fue complementada con un análisis estratégico de la organización, para detectar oportunidades de transición hacia modelos de bioeconomía sostenible.

Fase 3. Diseño del plan estratégico de desarrollo bioeconómico: Con base en la información recolectada y el análisis previo, se elaboró un modelo conceptual y un plan estratégico de bioeconomía

minera, el cual define líneas de acción, áreas prioritarias, metas y objetivos para la organización. Asimismo, se diseñó un cuadro de mando integral que permite el seguimiento, monitoreo y evaluación de las estrategias planteadas, facilitando su implementación y ajuste progresivo.

4. Caracterización de la pequeña minería en páramos en Boyacá: organización minera La Esperanza

La Esperanza, es una unidad minera, clasificada como pequeña minería, cuenta con una extensión aproximada de 16 hectáreas y 3.725 metros cuadrados. En su interior operan varios contratos de concesión minera, todos bajo el cumplimiento de las obligaciones establecidas por la Ley 685 de 2001 (Código de Minas), en los aspectos técnicos, ambientales y legales. La mina La Esperanza se localiza en el área de influencia del Parque Natural Regional (PNR) Unidad Biogeográfica Siscunsi–Ocetá, un ecosistema de páramo de alta relevancia ecológica, que abarca cerca de 35.000 hectáreas y un rango altitudinal a partir de los 3.000 m s.n.m. Este ecosistema provee bienes y servicios estratégicos como agua, suelos fértiles, biodiversidad y regulación climática.

La minería del carbón, entendida como la explotación de yacimientos minerales, ha sido una actividad histórica y vital para la economía de Colombia (Decreto 467, 2015; MME, 2016). Boyacá es el cuarto productor nacional de carbón, con un 3.21% de la producción (Higuera, 2015), principalmente en pequeña y mediana escala, con técnicas artesanales y semimecanizadas (MME, 2016; Higuera,

2015). La minería subterránea del carbón afecta componentes ambientales como acuíferos, suelos, flora, fauna, paisaje y la salud pública (Contraloría, 2014; ELAW, 2010; Acosta, 2016).

Los impactos incluyen acidificación del agua, inestabilidad y subsidencia del suelo, destrucción de hábitats, contaminación visual y atmosférica, y deterioro de infraestructura (Osorio, 2015).

En Boyacá, los trabajadores mineros tienen una edad que oscila entre 30 y 60 años, con escolaridad hasta básica primaria o secundaria (57% completó), experiencia de 10-14 años, jornadas de 7-8 horas y un ingreso mensual promedio de \$2.250.000 COP, equivalente a aproximadamente \$577 USD. A pesar de los riesgos, todos manifiestan satisfacción con su trabajo, aunque no cuentan con programas de bienestar laboral. Algunos complementan ingresos con agricultura (14%). Reconocen impactos ambientales negativos, pero aspiran a crecer en la minería (Gobernación de Boyacá, 2020).

De acuerdo con la información recopilada en las encuestas del caso de estudio, se encuentra que los trabajadores se encuentran en edades entre los 30 y 60 años, de los cuales el 57% ha terminado su escolaridad, mientras que el 43% solo cursó hasta la básica primaria. Todos conforman un hogar con familia e hijos, en un rango de 2 a 4, y llevan entre 10 y 14 años trabajando en minería. Sus ingresos mensuales oscilan entre \$1.500.000 y \$3.000.000, con un promedio estimado de \$2.250.000 pesos colombianos. Estos ingresos equivalen a un rango de entre \$385 y \$769 dólares estadounidenses, con un promedio de aproximadamente \$577 USD.

Esta información permitió identificar

patrones y tendencias significativas en las condiciones socioeconómicas de los trabajadores, brindando una visión integral de su bienestar y sus necesidades necesarias en la construcción del plan de bioeconomía. Continuando con la exploración de las condiciones de vida de los encuestados, se incluyó una sección dedicada a la vivienda. Aquí se indagó sobre su ubicación (urbana o rural), el tipo de propiedad (propia, arrendada o familiar) y el número de personas que la habitan. Además, se preguntó sobre el acceso a servicios esenciales como salud, educación y transporte.

Por otro lado, la encuesta también profundizó en las condiciones laborales de los trabajadores. Se recopiló información sobre la jornada laboral, el número de turnos y los tipos de riesgos laborales percibidos en su entorno de trabajo; todos trabajan entre 7 y 8 horas diarias, iniciando su jornada a las 6:00 a.m. y finalizando alrededor de las 2:00 p.m. Asimismo, se evaluó la satisfacción laboral, la pertenencia a sindicatos y la participación en actividades de bienestar ofrecidas por la empresa. Lo que permitió establecer una correlación directa entre las condiciones de vida de los trabajadores y su entorno laboral, identificando áreas de mejora tanto a nivel personal como profesional y ofreciendo una perspectiva completa de su bienestar integral.

Para tener una visión completa de la bioeconomía y su relación con la comunidad minera, la encuesta también exploró la percepción de la empresa por parte de los trabajadores. Se indagó sobre la imagen general que tienen de la empresa, el tipo de comunicación que se establece, las oportunidades de crecimiento ofrecidas y las políticas internas de la misma. Además, se buscó comprender la dinámica económica

familiar más allá del salario directo de la mina. Se preguntó si la familia recibía ingresos adicionales de otras fuentes o si contaban con ayuda económica de familiares o amigos.

Por otro lado, se investigaron los impactos directos e indirectos de la minería en la economía familiar indagando si consideraban que la actividad minera había mejorado su situación económica y de qué forma y si, gracias a los ingresos obtenidos de su trabajo como minero, habían logrado invertir en su hogar o en algún negocio propio. Complementariamente, se cuestionó sobre los gastos asociados a su trabajo, como la compra de elementos de protección personal o los costos de transporte. Finalmente, y crucial para el análisis en el contexto de la bioeconomía, se exploró la percepción de los trabajadores sobre si el desarrollo de las actividades mineras había generado algún costo ambiental o social en sus territorios, como la contaminación del agua o la afectación de comunidades, buscando entender la sostenibilidad percibida de la actividad minera a largo plazo.

Para complementar la visión de la bioeconomía en el contexto de las comunidades mineras, se incluyó un apartado que exploró la participación de los trabajadores en actividades agrícolas. Se preguntó si se dedicaban a la agricultura y, en caso afirmativo, cuántas horas le dedicaban, si realizaban estas actividades en familia o de forma individual y el tipo de propiedad de la tierra (propia, en arriendo o en compañía). También se indagó sobre el tamaño del terreno y el tipo de cultivo que realizaban, distinguiendo entre cultivos de subsistencia o para comercialización. Un aspecto crucial, dada la preocupación actual por la sostenibilidad y si el cambio

climático los había obligado a modificar los tipos de cultivos, lo que revela la adaptabilidad de las prácticas agrícolas y su relación con la resiliencia productiva.

En cuanto al impacto de la agricultura en la economía familiar, se indagó sobre los ingresos generados por esta actividad, los canales de comercialización de sus productos y los gastos asociados a la agricultura, como la compra de semillas, fertilizantes y herramientas. Finalmente, se exploró si la producción agrícola proporcionaba seguridad alimentaria a sus familias, lo que cierra el ciclo de cómo las actividades complementarias a la minería contribuyen al bienestar y la sostenibilidad dentro de un marco de bioeconomía circular y diversificada.

El análisis integral en el marco de la bioeconomía, la encuesta se enfocó en la combinación de la minería y la agricultura. Se indagó directamente si los trabajadores consideraban compatibilizar su empleo con actividades agrícolas, lo que es clave para entender las estrategias de diversificación económica. Adicionalmente, se preguntó si percibían que la minería podría afectar sus cultivos, ya sea positiva o negativamente, revelando la coexistencia de ambas actividades.

En cuanto a los beneficios y desafíos de esta combinación, se exploraron otros ingresos derivados, como el autoconsumo, la seguridad alimentaria que les brindan las cosechas y la conexión con la naturaleza. Sin embargo, también se abordaron los desafíos, como la falta de tiempo para dedicarse a la agricultura, el acceso al agua y la presencia de enfermedades en los cultivos. Un punto crucial, dado el contexto actual del departamento de Boyacá, fue la indagación sobre los cambios climáticos que se han generado

en los últimos años, como sequías, inundaciones y heladas, y cómo estos fenómenos extremos afectan directamente sus cultivos.

Esta última sección, al entrelazar la percepción de la empresa minera, las condiciones de vida y laborales, y la práctica agrícola, permitió comprender la compleja interacción entre la actividad minera y la capacidad de las familias para mantener prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. La información recolectada permitió generar estrategias de adaptación y diversificación de ingresos de los trabajadores, y cómo estas se alinean con los principios de una bioeconomía local que busca la sostenibilidad ambiental y el bienestar socioeconómico.

A pesar de los riesgos asociados al trabajo en la mina, como caídas, atrapamientos y otros accidentes, el 100% de los encuestados expresa satisfacción con su labor, ya que consideran que la minería ha mejorado su calidad de vida y la de sus familias. Sin embargo, ninguno recibe programas de bienestar laboral. Respecto a otras actividades económicas, el 14% de los trabajadores complementa sus ingresos con actividades agrícolas, como la siembra de papa y la crianza de animales, dedicando hasta 8 horas diarias a esta labor junto a su familia. Todos cuentan con servicios básicos en sus hogares, como agua potable, electricidad y alcantarillado. La mayoría de los trabajadores se transportan al trabajo en moto y ninguno recibe un apoyo financiero por parte de sus familiares. Los encuestados también reconocen que la minería ha tenido un impacto ambiental en la región, atribuyéndole fenómenos como inundaciones, sequías y heladas, lo que ha afectado la producción agrícola.

Finalmente, algunos trabajadores aspiran a crecer dentro de su empresa, buscando oportunidades como el cargo de administrador de la mina. La falta de programas de bienestar y la dependencia casi exclusiva de la minería como fuente de ingresos son factores a considerar en la búsqueda de mejores condiciones laborales y sostenibilidad a largo plazo.

4.1. Bioeconomía para la pequeña minería: caminos hacia una transformación sostenible

La bioeconomía se define como un conjunto diverso de actividades económicas impulsadas por descubrimientos y servicios derivados de las ciencias biológicas. Su implementación implica una transición hacia el uso optimizado de recursos renovables y la producción de bienes biológicos. No se considera un sector aislado, sino una red que conecta múltiples cadenas de valor y sectores como la agricultura, la alimentación, la silvicultura, la industria maderera, la gestión de residuos, los bioproductos industriales y la energía, teniendo como objetivo principal la búsqueda de la eficiencia, sostenibilidad y la sustitución de combustibles fósiles (Misión de sabios, 2019).

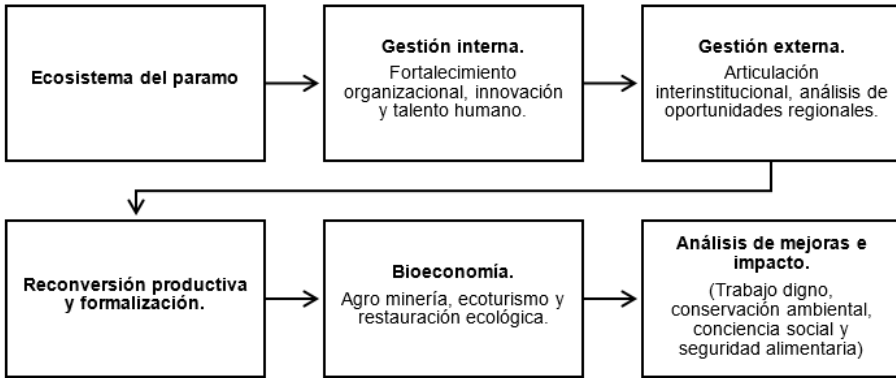
Es fundamental reconocer en la bioeconomía un impulso hacia el uso sostenible y eficiente de recursos

renovables, integrando sectores como agricultura, energía y gestión de residuos (Misión de sabios, 2019). Para la pequeña minería, se propone aprovechar la biodiversidad y servicios ecosistémicos mediante conservación y ecoturismo, y fomentar el agro productivo y sostenible con programas como la agrominería, generando ingresos alternativos y diversificando la economía minera.

Dentro de las líneas de acción de la bioeconomía aplicables a las organizaciones mineras y que permitan potencializar su desarrollo socioeconómico, se destacan la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, los cuales se pueden implementar a través de la conservación de los bosques, que pueden generar empleos en ecoturismo y manejo forestal sostenible, y la agroproductividad sostenible a través de programas como la agrominería que permitan impulsar proyectos productivos agrícolas y pecuarios a los trabajadores mineros. Las dos líneas les permitirán tener otras fuentes de ingreso y generar oportunidades de negocio en paralelo con la extracción minera.

El diagrama 1 presenta el modelo conceptual de gestión que resume los ejes fundamentales para una gestión sostenible de la pequeña minería en zonas de páramo.

Diagrama 1 Modelo conceptual de gestión basado en bioeconomía para la minería en páramos



Cada componente articula dimensiones clave del desarrollo. En primer lugar, se encuentra el ecosistema de páramo, que constituye el punto de partida y el recurso esencial a proteger. El segundo eje corresponde a la gestión interna, en la que desempeñan un papel central el fortalecimiento organizacional, la innovación y el desarrollo del talento humano. El tercer eje es la gestión externa, orientada a la articulación institucional y al aprovechamiento de oportunidades regionales. El cuarto componente aborda la reconversión productiva y la formalización, como vía para transitar hacia actividades sostenibles. A este se suma la incorporación de la bioeconomía, con énfasis en agrominería, ecoturismo y

restauración ecológica. Finalmente, el modelo contempla el análisis de mejoras y la medición del impacto esperado en términos de trabajo digno, conservación ambiental y seguridad alimentaria.

4.2. Plan estratégico de bioeconomía

El cuadro 2 muestra el plan de bioeconomía fue elaborado con el objetivo de analizar estrategias que promuevan la formalización de la actividad minera, partiendo de la problemática de la minería informal y sus implicaciones en materia de seguridad, desarrollo socioeconómico y sostenibilidad ambiental.

Cuadro 2 Análisis contextual de la problemática minera en el departamento de Boyacá

Plan estratégico de Bioeconomía para pequeña Minería	
Contexto	<p>Político, legal y social, se refiere al entorno en el que opera la minería, incluyendo las leyes, regulaciones y políticas gubernamentales, así como los factores sociales y las dinámicas de la comunidad.</p> <p>Mercado y competitividad Considera las condiciones del mercado para los productos mineros y la necesidad de que los mineros sean competitivos.</p>

Cont... Cuadro 2

Visión	Fortalecer la competitividad, sostenible y equitativa de clúster y generar mejores condiciones de acceso a la propiedad y a los bienes básicos, a la educación y a una mayor esperanza de vida para el minero: Describe la aspiración a largo plazo de mejorar la calidad de vida de los mineros y su capacidad para operar de manera sostenible y competitiva.	
Misión	Empoderar a las Alianzas Minero-empresariales, a las Instituciones y a las Organizaciones Sociales y Productivas para la cogestión del desarrollo competitivo, sostenible y equitativo del gremio minero: Define el propósito fundamental del proyecto, que es fortalecer a las organizaciones de mineros para que participen activamente en su propio desarrollo	
Gestión Interna	Gestión corporativa y del talento humano	Se enfoca en la organización y el desarrollo de las capacidades de las personas que trabajan en el sector minero
	Gestión de la innovación y de la competitividad.	Busca promover la adopción de nuevas tecnologías y prácticas para mejorar la competitividad del sector.
	Gestión de conocimiento y tecnología	Se refiere a la gestión de la información y la tecnología para apoyar la toma de decisiones y la mejora continua.
Gestión Externa	Gestión de Instrumentos de política nacional y regional.	Se refiere a la coordinación con las políticas gubernamentales a nivel nacional y regional
	Gestión de oportunidades regionales.	Implica identificar y aprovechar las oportunidades de desarrollo que existen en las diferentes regiones.
Estrategias		
Objetivo: Impulsar la adopción de tecnologías innovadoras en el sector minero para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad.		
Acciones		
Estrategia Tecnológica	Investigación y desarrollo: Fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en áreas como la exploración, la extracción, el procesamiento de minerales y la gestión ambiental.	Transferencia de tecnología: Facilitar la transferencia de tecnologías existentes a las empresas mineras, incluyendo la capacitación y el apoyo técnico necesarios.
	Infraestructura tecnológica: Desarrollar la infraestructura tecnológica necesaria para apoyar la adopción de nuevas tecnologías, incluyendo la conectividad y el acceso a equipos y software.	Adopción de tecnologías: Promover la adopción de tecnologías avanzadas en las empresas mineras, como la automatización, la inteligencia artificial y la tele operación.
Objetivo: Mejorar el acceso a los mercados y la comercialización de los productos mineros para aumentar los ingresos y la rentabilidad del sector.		
Acciones		
Estrategia Comercial y de Mercados	Desarrollo de mercados: Identificar y desarrollar nuevos mercados para los productos mineros, tanto a nivel nacional como internacional.	Promoción de productos: Promover los productos mineros a través de ferias, eventos y campañas de marketing
	Canales de distribución: Establecer y fortalecer los canales de distribución para los productos mineros, incluyendo la creación de alianzas con comercializadores y distribuidores	Precios y calidad: Establecer precios justos para los productos mineros y garantizar la calidad de los mismos para satisfacer las demandas de los mercados.

Cont... Cuadro 2

	Objetivo: Establecer sistemas para recopilar y analizar información relevante para la toma de decisiones en el sector minero	
	Acciones	
Estrategia de Información y Monitoreo	Sistemas de información: Desarrollar sistemas de información para recopilar datos sobre la producción, los precios, los costos, los mercados, el medio ambiente y otros aspectos relevantes del sector minero.	Análisis de datos: Analizar los datos recopilados para identificar tendencias, oportunidades y desafíos en el sector minero.
	Informes y divulgación: Elaborar informes y divulgar la información relevante a las empresas mineras, los gobiernos y otras partes interesadas.	Monitoreo: Monitorear el desempeño del sector minero y el impacto de las políticas y estrategias implementadas.
	Objetivo: Fortalecer las capacidades de las organizaciones de mineros y promover su desarrollo empresarial, organizacional e institucional.	
	Acciones	
Estrategia de Fortalecimiento y Promoción Empresarial, Organizacional e Institucional	Capacitación: Brindar capacitación a los mineros en áreas como gestión empresarial, liderazgo, finanzas, marketing y gestión ambiental.	Asistencia técnica: Brindar asistencia técnica a las organizaciones de mineros para mejorar su gestión y operación.
	Formalización: Apoyar a los mineros en el proceso de formalización de sus actividades y organizaciones	Alianzas: Fomentar la creación de alianzas entre las organizaciones de mineros y otras empresas e instituciones.
	Objetivo: Facilitar el acceso a financiamiento para los proyectos mineros.	
	Acciones	
Estrategia Financiera	Fuentes de financiamiento: Identificar y promover diversas fuentes de financiamiento para los proyectos mineros, incluyendo créditos bancarios, capital de riesgo y fondos de inversión.	Garantías: Establecer mecanismos de garantía para facilitar el acceso a créditos para los mineros.
	Educación financiera: Brindar educación financiera a los mineros para que puedan gestionar adecuadamente sus recursos y acceder a financiamiento.	
	Objetivo: Desarrollar e implementar medidas para prevenir y mitigar los Acciones riesgos en la actividad minera	
	Acciones	
Estrategias de Gestión de Riesgos	Identificación de riesgos: Identificar los riesgos asociados a la actividad minera, incluyendo los riesgos geológicos, técnicos, ambientales, sociales y económicos.	Evaluación de riesgos: Evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los riesgos identificados
	Medidas de prevención: Desarrollar e implementar medidas para prevenir o reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos.	Medidas de mitigación: Desarrollar e implementar medidas para mitigar el impacto de los riesgos en caso de que ocurran.

Se parte de la premisa de que la minería informal se caracteriza por la falta de cumplimiento de las normas laborales, ambientales y fiscales, generando riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, impactos negativos en el medio ambiente y pérdidas económicas para el Estado. Asimismo,

se considera que la formalización de la minería contribuye a la mejora de las condiciones de trabajo, la protección del medio ambiente y el desarrollo económico de las comunidades mineras. En la formulación del mapa se ha priorizado la perspectiva de los mineros informales y sus necesidades para el

diseño de estrategias de formalización, abordando las diferentes dimensiones de la bioeconomía, incluyendo aspectos legales, técnicos, económicos y sociales, y considerando las particularidades del contexto en el que se desarrolla la pequeña minería.

A través de este análisis, se busca identificar las estrategias en bioeconomía que puedan implementar en organizaciones mineras, promoviendo que las actividades mineras se generen de forma sostenible y amigable con el medio ambiente.

El cuadro 2 presenta el plan de gestión sostenible basado en bioeconomía para pequeña minería; se enfoca en una serie de estrategias con las que se pretenden generar diferentes acciones dirigidas a buscar la existencia armoniosa de la actividad minera que hoy se ejecuta en las zonas de páramo, pero priorizando el ordenamiento del agua y la sostenibilidad del territorio como elemento articulador de estos. Paralelamente, espera promover rutas hacia la formalización para las Unidades Productivas Mineras que en él se ubican, impulsando la asociatividad en todas las escalas productivas. La reconversión productiva y laboral asegurará condiciones de trabajo digno para quien desee dar el salto hacia una nueva actividad bioeconómica que aprovecha la riqueza del páramo y, finalmente, espera impulsar alternativas productivas basadas en la aptitud del territorio, generando sinergias entre las diversas vocaciones productivas que en este pueden coexistir.

5. Conclusiones

La caracterización de la organización minera La Esperanza muestra que su contexto laboral

evidencia una fuerte dependencia económica de la actividad extractiva, incluso cuando se reconocen impactos ambientales considerables. Esta dualidad plantea el reto de diseñar un modelo que permita reconvertir la economía local sin comprometer la subsistencia de las comunidades.

El plan de gestión y desarrollo basado en bioeconomía propuesto integra adecuadamente las dimensiones tecnológica, organizacional, institucional y territorial. Sin embargo, su implementación efectiva dependerá de tres condiciones fundamentales: la primera es la voluntad política clara, con acompañamiento estatal a diferentes niveles, potencializando la dinámica territorial; la segunda de las condiciones es que deben darse programas continuos de capacitación y reconversión laboral adaptados a las características sociales y culturales del territorio; cada contexto es único y requiere de un diseño personalizado; y tres mecanismos de financiamiento innovadores que incentiven y le apuesten a las actividades sostenibles.

Las líneas de acción de la bioeconomía identificadas en el estudio, como la agrominería y el ecoturismo, presentan alta viabilidad en el territorio analizado, gracias a su biodiversidad, atractivo paisajístico y conocimientos agrícolas previos. No obstante, es indispensable fortalecer las capacidades de gobernanza local para evitar conflictos socioambientales y asegurar una transición progresiva y justa. Este modelo constituye un aporte significativo desde lo local hacia la construcción de alternativas productivas sostenibles en áreas estratégicas como los páramos, donde los enfoques tradicionales han resultado insuficientes, en aras de lograr un equilibrio entre

conservación ambiental y desarrollo económico.

La minería de carbón ha brindado estabilidad económica a las comunidades del páramo Ocetá, pero sus impactos ambientales y sociales demandan una transformación estructural. La bioeconomía, enfocada en una gestión sostenible del territorio, ofrece una hoja de ruta viable para reconvertir esta actividad sin sacrificar el bienestar de los habitantes. La implementación del plan propuesto requiere esfuerzos coordinados entre gobiernos, comunidades y actores productivos. Este estudio demuestra que es posible avanzar hacia una minería más responsable, inclusiva y alineada con los principios de sostenibilidad, gestión y con un sentido social.

La bioeconomía emerge como una estrategia crucial para las organizaciones mineras que buscan diversificar sus actividades y fomentar un desarrollo socioeconómico sostenible. Al integrar principios de la bioeconomía, las organizaciones pueden trascender la dependencia exclusiva de la extracción de carbón y explorar nuevas fuentes de ingresos, como la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, mediante la conservación de bosques y la promoción del ecoturismo. Igualmente, la agroproductividad sostenible a través de programas de agrominería permite a los trabajadores mineros participar en proyectos agrícolas y pecuarios, diversificando sus ingresos y fortaleciendo la seguridad alimentaria y el desarrollo local.

Referencias

Acosta, D. (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 [Tesis de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Institucional]. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4130/1/Final%20tesis%202016.%20biblioteca.pdf>

Agencia Nacional de Minería- ANM (2018). *Términos de referencia: Trabajo de exploración, programa mínimo exploratorio y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino*. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/terminos_de_referencia_pme_pto_resolucion299_junio_13_2018.pdf

Agencia Nacional de Minería- ANM (2024). *Guía de buenas prácticas para la exploración y estimación de recursos y reservas de carbón (GBPC)*. <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/2024-12-20-Guia-buenas-practicas-exploracion-estimacion-recursos-reservas-carbon.pdf>

Aguirre-Forero, V. M. (2022). *Bioeconomía y su contexto en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/39754>

Contraloría General de Boyacá. (2020). *Informe sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente en el departamento de Boyacá 2018-2019*. https://cgb.gov.co/Archivos/transparencia/Obras%20Civiles/INFORME_AMBIENTAL_2019.pdf

Contraloría General de la República. (2014). *Minería en Colombia: Daños ecológicos y socioeconómicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo* (Vol. III).

Corporación Autónoma Regional de

- Boyacá. (2013). *Plan de Acción 2012-2015*. CORPOBOYACÁ.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2015). *Atlas Geográfico & Ambiental de Corpoboyacá: Región estratégica para la sostenibilidad*. <https://www.corpoboyaca.gov.co/servicios-de-informacion/atlas-geografico-y-ambiental/>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2019). *El cielo en la tierra: Áreas protegidas de Boyacá*. Villegas Editores.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria & Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). *Estudio de estado actual (EEA) y plan de manejo (PM) de los páramos del departamento del Tolima*. CORTOLIMA-CORPOICA.
- Flórez, D. H., & Morales, A. (2021). *Bioeconomía circular: Megatendencia para las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el sector agropecuario*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.inteligenciaestrategica.2020.1>
- Garavito, L. (2015). Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. *Ingeniare*, (19), 127–136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5662382>
- García-Samaniego, J. M. (2024). *Libro blanco de la bioeconomía*. EDILOJA.
- Gobernación de Boyacá. (2020, 4 de agosto). *Estadísticas minería primer semestre 2020*. Secretaría de Minas y Energía. <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/estadisticas-mineria-primer-semester-2020>
- Guío, P., Pinilla, A., Ballesteros, H., & Espindola, J. (2020). *Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Pisba 2020-2025*. Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/07/PM-PNN-Pisba_-_julio-31-de-2020.pdf
- Güiza, L. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión Jurídica*, 10(20), 123–140. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-25302011000300008
- Higuera, R. (2015). Minería del carbón en Boyacá: Entre la informalidad minera, la crisis de un sector y su potencial para el desarrollo. *Revista Zero*. <https://zero.uexternado.edu.co/mineria-del-carbon-en-boyaca-entre-la-informalidad-minera-la-crisis-de-un-sector-y-su-potencial-para-el-desarrollo/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (2018). *Páramos colombianos ocupan 73 mil predios y 2,8 millones de hectáreas*. <https://antiguo.igac.gov.co/es/noticias/paramos-colombianos-ocupan-73-mil-predios-y-28-millones-de-hectareas>
- Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. Diario Oficial No. 49.538. Congreso de Colombia. 9 de junio de 2015.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021, octubre 20). *Páramos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/paramos/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Plan único de legalización y formalización minera*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10010/Plan-unico-legalizaci%C3%B3n-y-formalizacion-minera-2023.pdf>
- Misión Internacional de Sabios. (2019). *Colombia hacia una sociedad*

del conocimiento: Informe de la Misión Internacional de Sabios 2019 por la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación (Versión preliminar). Gobierno de Colombia. <https://escuelasecretarias.mineducacion.gov.co/sites/default/files/2022-09/6.3%20Informe%20misi%C3%B3n%20Sabios%202019%20%282%29.pdf>

Moreno, S., & Barragán, E. J. (2023). *Estudio del impacto generado en los habitantes del páramo de Sumapaz por la implementación de restricciones ambientales para mitigar la explotación minera de los ecosistemas en los páramos colombianos* [Trabajo de grado, Universidad EAN. Repositorio Institucional Universidad EAN]. <http://hdl.handle.net/10882/12714>

Osorio Fernández, Y. (2015). *Explotación minera en el Páramo de Pisba-Boyacá* [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada. Repositorio Institucional]. <http://hdl.handle.net/10654/7798>

Ospina-Correa, J. D., Osorio-Cachaya, J. G., Henao-Arroyave, Á. M., Palacio-Acevedo, D. A., & Giraldo-Builes, J. (2021). Retos y oportunidades

para la industria minera como potencial impulsor del desarrollo en Colombia. *TecnoLógicas*, 24(50), 239–256. <https://doi.org/10.22430/22565337.1683>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Proyecto: Contribución a la construcción de un plan estratégico regional para la reducción del uso de mercurio en la minería aurífera artesanal y de pequeña escala (ASGM). https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf

Servicio Geológico Colombiano. (2012). *El carbón colombiano: Recursos, reservas y calidad* (2.ª ed.). Imprenta Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.32685/9789589952832>

Zapata, J., Sarmiento, C., & Rivera, A. (2022). *Entre Páramos: ¿En qué estamos con los páramos en el s. XXI?* USAID.