

REVISIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA ACTIVIDAD MINERA EN ECOSISTEMAS DE PÁRAMO A NIVEL ECOLÓGICO



Autora:
ANA MARÍA ROMERO LÓPEZ

Tutora:
ERIKA JOHANA RUIZ SUÁREZ MSC.

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL
DE LOS RECURSOS NATURALES
2017

REVISIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA ACTIVIDAD MINERA EN ECOSISTEMAS DE PÁRAMO A NIVEL ECOLÓGICO

IMPACT OF MINING ACTIVITY IN ECOSYSTEMS OF PARAMO AT ECOLOGICAL LEVEL: A REVIEW

Ana María Romero López

Licenciada en Biología, Estudiante de Especialización en Planeación Ambiental y Manejo

Integral de los Recursos Naturales.

Universidad Militar Nueva Granada

Bogotá, Colombia

E-mail: u2700825@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Se realizó una revisión de la afectación de las actividades mineras en los ecosistemas de paramo los cuales presentan características particulares que permiten el desarrollo y supervivencia de especies endémicas, además prestan importantes servicios ambientales que se ven alterados por los impactos generados por los procesos de extracción minera y que modifican las dinámicas propias del ecosistema.

Con base en información bibliográfica se estudió el concepto de paramo y sus factores ecológicos principales, se revisó el proceso minero en este ecosistema para Colombia, se estudiaron los componentes afectados por las actividades mineras y se identificaron acciones que de alguna forma mitigan los impactos de dichas actividades.

Se encontró que en Colombia los páramos son ecosistemas de protección prioritaria y que existe una normatividad para el resguardo de los mismos. Las acciones para la mitigación de impactos y la restauración del ecosistema tienen en cuenta labores para cada fase de operación y buscan minimizar la pérdida de los componentes del ecosistema, asegurando la persistencia en la prestación de los servicios ambientales, así como la conservación de las especies que habitan allí.

Palabras clave: Páramo, minería, ecosistema, factores ecológicos, impactos, mitigar.

ABSTRACT

A review was made of the impact of mining activities on the paramo ecosystems which have particular characteristics that allow the development and survival of endemic species, as well as providing important environmental services that are altered by the impacts generated by extraction processes that modify the dynamics of the ecosystem.

Based on bibliographic information, the concept of paramo and its main ecological factors were studied, the mining process in this ecosystem for Colombia was reviewed, components affected by mining activities were studied as well, and actions that in some way mitigate the impacts of these activities were identified.

It was found that in Colombia the paramo ecosystems are a priority in protection themes and that there are a regulation for their protection. The actions for the mitigation of impacts and the restoration of the ecosystem consider assignments for each phase of operation and seek to minimize the loss of the components of the ecosystem, ensuring the persistence in the provision of environmental services, as well as the conservation of the species that live there.

Keywords: Paramo, mining, ecosystem, ecological factors, impacts, mitigate.

INTRODUCCION

Los ecosistemas de páramo se distribuyen por encima del bosque andino entre los 3200 y 4100 msnm divididos en tres ambientes básicos de acuerdo a la altitud, clima y vegetación así: subpáramo (hasta los 3600 msnm), páramo propiamente dicho (hasta los 4100 msnm) y superpáramo (hasta el límite inferior de glaciares). [1] [2]

En Colombia los ecosistemas de páramo se extienden sobre los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta y se relacionan con áreas de temperaturas bajas, húmedas y nubladas, con buena cantidad de irradiación solar y suelos ricos en materia orgánica con significativos niveles de retención de agua que le permiten albergar una rica flora de montaña con vegetación abierta, dentro de la que se destacan los distintivos frailejones, además de gran cantidad de especies endémicas que aportan una singularidad biológica que resalta la alta diversidad de especies y hábitats. [3] [4] [5] [6] [7]

Los páramos prestan importantes servicios ecosistémicos que son fundamentales para el bienestar de la población como la continua provisión de agua, el almacenamiento y captura de gas carbónico de la atmosfera, contribuyen en la regulación del clima regional, son hábitat de especies polinizadoras y dispersoras de semillas, además de representar sitios sagrados

para una gran cantidad de culturas ancestrales, entre muchos otros beneficios. [3] [8]

Actividades antrópicas como los procesos de explotación minera, agricultura, ganadería y forestación con especies exóticas transforman algunas áreas de páramos en el país, lo que genera pérdida de hábitats y especies endémicas, modifica las coberturas vegetales y facilita la introducción y colonización por parte de especies exóticas con características invasoras, influyendo en la disminución en la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que prestan los páramos y dificultando el progreso de actividades de manejo y conservación del ecosistema. [3] [11]

Los procesos mineros de extracción consisten en la remoción de grandes cantidades del suelo y subsuelo que son posteriormente procesados para extraer el mineral, dichos procesos generan efectos negativos en el ecosistema de paramo alterando su dinámica ecológica natural debido a la 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. [7] [9] [10]

Dada la vulnerabilidad que los ecosistemas de paramo presentan, se hace necesario estudiar la pertinencia de estas explotaciones mineras y los impactos y disturbios posteriores que representan dichas actividades para estas zonas a largo plazo, con el fin de revertir estos daños y de esta manera no solo garantizar la continuidad en la prestación de los servicios ambientales del ecosistema, sino también un desarrollo sustentable del país. [3] [11]

Por lo anterior, este trabajo busca revisar la afectación de la actividad minera en ecosistemas de paramo a nivel ecológico y describir estrategias para la mitigación de los impactos generados a partir de estas actividades.

1. MATERIALES Y METODOS

La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación estuvo dividida en las siguientes fases:

1.1. FASE 1: ESTUDIO DEL CONCEPTO DE PÁRAMO A NIVEL ECOLÓGICO

Para esta fase se realizó una revisión bibliográfica de documentos y cartillas oficiales de biodiversidad donde se recopiló la información más relevante y que describe de manera completa y verídica el concepto de paramo a nivel ecológico.

1.2. FASE 2: DESCRIPCION DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS DEL ECOSISTEMA DE PÁRAMO

A partir de la información recopilada de documentos bibliográficos se realizó una descripción de los factores ecológicos de los páramos donde se tomaron en cuenta las características propias del ecosistema.

1.3. FASE 3: REVISIÓN DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN MINERA

Teniendo en cuenta que los procesos de explotación minera tienen diferentes características de acuerdo a la industria extractiva, ciclo de vida y localización de los minerales a explotar, se realizó una revisión a partir de registros bibliográficos con el fin de describir los principales procesos de extracción minera utilizados y la legislación actual que los regula en Colombia.

1.4. FASE 4: ESTUDIO DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS DEL PÁRAMO DENTRO DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN

Con base en la información previamente recopilada de los factores e interacciones ecológicas del páramo y de los procesos de explotación minera, se estudiaron los impactos y como éstos afectan las interacciones ecológicas del ecosistema al ser influenciados por procesos mineros.

1.5. FASE 5: REVISIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS

Una vez que se identificaron los impactos se procedió a establecer acciones para evitar, corregir o mitigar dichos impactos (figura 1). [12]

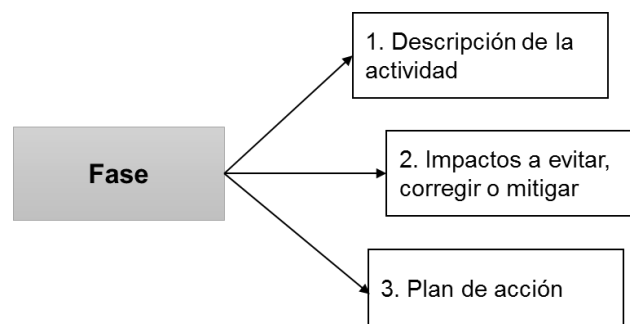


Fig. 1. Información para el establecimiento de acciones para evitar, corregir o mitigar impactos.

2. RESULTADOS

2.1 CONCEPTO DE PARAMO A NIVEL ECOLOGICO

Los páramos se sitúan en zonas tropicales donde la temperatura es baja, y en montañas cuyas cimas son lo suficientemente altas para que las condiciones ambientales permitan el desarrollo del ecosistema. [13]

En América del Sur, los páramos forman un corredor discontinuo o “collar de perlas” que abarca Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú con complejos apartados en Costa Rica y Panamá. Sus límites varían dependiendo de las condiciones propias como posición geográfica, topografía, historia geológica y evolutiva y latitud de la región donde se localicen. [13] [14] [15] [16]

Específicamente para el norte de los Andes no existe una definición altamente aceptada sobre el significado ecológico del páramo; en Colombia las contribuciones de autores como Cuatrecasas (1934, 1958), Rangel et al. (1982), van der Hammen (1997) y Luteyn (1990), entre otros, han tratado de definirlo

pero siempre se encuentran con diferencias relacionadas con la generalización de límites altitudinales, tipos de suelos, variaciones en el clima y unidades bióticas como flora y fauna. [17]

Así pues, una definición que puede integrar las mencionadas características podría ser: “La región de vida paramuna comprende las extensas zonas que coronan las cordilleras entre el bosque andino y el límite inferior de las nieves perpetuas. Está definida como región natural por la relación entre el suelo, el clima, la biota y la influencia humana. Los suelos tienen una capa espesa de materia orgánica, en algunos casos mayor de 1 m de profundidad. Hay periodos contrastantes que se alternan, noches frías, húmedas y días muy soleados, en algunos casos con radiación intensa. La temperatura media anual fluctúa entre 4° y 10°C (8°C). En la franja baja (subpáramo) se alcanzan temperaturas entre 8° y 10°C y en el superpáramo 0°C”. [17] [18] [19]

Los límites del páramo que oscilan entre la franja de bosque altoandino y el subpáramo ofrecen refugio, diversidad de hábitats y oferta de alimento para la fauna silvestre, específicamente para mamíferos, los cuales necesitan de un alto nivel de conservación de la conectividad ecológica. Que se fragmente o se pierda dicha conectividad causa el aislamiento de poblaciones, extinción de especies y conduce a la pérdida de servicios ambientales. [3]

Siendo el páramo el ecosistema con mayor radiación solar, genera la flora de montaña más rica del planeta; cuenta con un suelo cubierto de pajonales, humedales y turberas con presencia de especies exclusivas como los frailejones. [11]

Especies como el oso andino, el cóndor y el puma, entre otras, se mueven a través de las franjas entre el páramo y el bosque. El ecosistema de páramo presenta un alto nivel de endemismos con 3379 especies de plantas; 70 especies de mamíferos, 154 especies de aves y 90 especies de anfibios. [6] [11]

Condiciones como humedad, nubosidad, presión atmosférica, suelos, radiación solar, pendiente y disponibilidad de agua propias del páramo, influyen en la distribución de las zonas de vida que lo componen. [3] [20] [21]

En Colombia se reconocen las siguientes franjas:

La franja alto andina (entre 3000 – 3200 m) constituye una zona de transición entre la vegetación cerrada en la parte media de la montaña y la vegetación abierta de la parte alta; destacan las comunidades que incluyen bosques altos dominados por especies de *Weinmannia* (encenillos) y *Hesperomeles*. [8] [17]

El páramo bajo o Subpáramo (desde 3200 - 3600 m) se identifica por el predominio de vegetación arbustiva, matorrales dominados por especies de *Diplostegium*, *Monticalia* y *Gynoxys* (Asteraceae), de *Hypericum* (Hypericaceae) y *Gaultheria* (Ericaceae). [8] [17]

El páramo propiamente dicho (3600 - 4100 m), representa una diversidad importante debido a que en esta franja se encuentran casi todos los tipos de vegetación con predominancia de frailejones (con especies de *Espeletia*), los pajonales con especies de *Calamagrostis* y Chuscales de *Chusquea tessellata* (Poaceae). [8] [17]

La franja de superpáramo (4100 m – límite inferior de nieves perpetuas), identificada por la discontinuidad de la vegetación y la superficie de suelo desnudo con crecimiento de pocas plantas y la dominancia del sustrato rocoso. [8] [17]

Los páramos son heterogéneos dependiendo de los procesos climáticos. Las corrientes de aire húmedo, provenientes del Amazonas y los océanos, generan la mayoría de precipitaciones anuales las cuales contribuyen en el origen de los diferentes tipos de paramos clasificados de la siguiente forma: paramos secos, húmedos, semi húmedos, muy húmedos, súper húmedos y súper húmedos pluviales. [7] [22]

Los páramos ofrecen importantes funciones ecológicas entre las que se destacan la gran capacidad de fijar carbono atmosférico, contribuyendo al control del cambio climático y la capacidad de retener y almacenar agua; siendo en estos ecosistemas donde nacen las principales estrellas fluviales, las cuales abastecen de agua a más del 70% de los colombianos. [3] [7] [8]

Dicha función ecológica de almacenamiento de agua, la cual se considera como la principal, se debe a la niebla que cubre a la zona en la mayor parte del tiempo, a la estructura de la vegetación que captura el agua y a su suelo que presenta altas cantidades de material orgánico, lo que lo hace capaz de retener buenas cantidades de agua. [7]

2.2 FACTORES ECOLÓGICOS DEL ECOSISTEMA DE PÁRAMO

Bioclimáticamente, el páramo se identifica por condiciones ambientales extremas y con una alta influencia biológica donde destacan la baja presión atmosférica, escasa densidad de aire, baja temperatura media y altos índices de insolación. [13] [23]

La evapotranspiración en este ecosistema es baja y la capacidad de retención de agua en las plantas es alta. Adicionalmente, la precipitación es un factor importante en el rendimiento hídrico del páramo. La descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo en tasas bajas, lo que le permite tener suelos con altos contenidos de esta. [5]

En los páramos de Colombia las precipitaciones anuales oscilan entre 600 mm/año hasta más de 3000 mm/año. La clasificación de los páramos de acuerdo con la precipitación anual es: paramos secos (< 1200 mm); húmedos (1770 – 2350 mm); súper húmedos (2950 – 3500 mm) y pluviales (4050 mm). [5]

En general los suelos de paramo tienen origen volcánico caracterizados por ser húmedos y ácidos, ricos en humus descompuesto y con un espesor que varía de

algunos centímetros y un metro. Las porosidades del suelo permiten altos niveles de infiltración y una retención de agua significativa. [5] [17] [24] [25]

Dadas las extremas condiciones del clima, topografía y suelos en el páramo, las especies vegetales han desarrollado características fisiológicas que les han permitido adaptarse y sobrevivir. La formación de rosetas como defensa contra el viento y las bajas temperaturas, el pequeño tamaño de los arbustos, el desarrollo coriáceo de las hojas que reduce la pérdida de agua por transpiración y la formación de cubiertas de pelos en las hojas para captación de agua son algunos ejemplos sobresalientes de dichas adaptaciones. [5] [26]

La gran diversidad de los páramos tiene una relación directa con las condiciones ecológicas vinculadas con la geomorfología glaciaria, lo que da como resultado una gran diversidad de asociaciones vegetales con especies típicas. [4] [27]

Las actividades humanas han causado que los distintos tipos de páramo se encuentren transformados en algún grado debido a las actividades actuales encaminadas a la ganadería, quemadas, cultivos, plantaciones forestales y minería de carbón principalmente. [4]

2.3 PROCESO DE EXPLOTACIÓN MINERA

En Colombia se expiden autorizaciones para ejecutar actividades de exploración y explotación minera reglamentada bajo el régimen dispuesto en la ley 685 de 2001, la cual establece que solo se podrá explorar y explotar un yacimiento minero siempre y cuando se hayan cumplido los requisitos jurídicos y técnicos para que la Autoridad Minera otorgue un contrato de concesión que debe inscribirse en el registro minero nacional. [28]

Durante las últimas dos décadas en Colombia se ha impulsado el crecimiento económico con un fuerte incremento en la explotación minera energética basada principalmente en la explotación de oro, carbón y materiales para la construcción que ocasionan graves daños a ecosistemas estratégicos como los páramos. [7]

De acuerdo al mapa de títulos mineros vigentes hasta el 2013, se reportan 7082 ha de terrenos mineros destinados a explotación de esmeraldas (50%), oro (32%), cobre (10%), carbón (7%) y caliza y roca fosfática (1%). [3] [11]

De acuerdo con el Instituto Alexander Von Humboldt, las solicitudes vigentes en el 2008 de títulos mineros eran 986, distribuidas en 27 complejos de páramos de los 34 que existen en Colombia e implicando un 32.5% de ecosistemas de páramo solicitados para la explotación de minerales. [7] [29]

Para diciembre del 2010, de acuerdo con la información dada por la Defensoría del Pueblo de Colombia, se otorgaron 391 títulos mineros para exploración y explotación de oro y carbón en áreas de páramos. [7] [30]

Los yacimientos mineros pueden ser explotados de diferentes maneras, en Colombia se evidencian principalmente las extracciones mineras a cielo abierto, cuyas operaciones se realizan al aire libre para extraer los minerales que se encuentran a poca profundidad o en la superficie. De esta manera son extraídos

los materiales de construcción, oro, plata, cobre y excepcionalmente carbón. [28] [31]

De igual modo la minería subterránea, que basa sus actividades y operaciones bajo tierra, es practicada en Colombia donde principalmente se explotan carbón, oro y esmeraldas. [28] [31]

Aunque la ley expresamente determina que no se pueden ejecutar trabajos y obras de explotación y exploración minera en áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales, parques naturales de carácter regional, zonas de reserva forestal protectora, zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales o del ambiente, **ecosistemas de paramo** y los humedales designados dentro de la lista de importancia de la RAMSAR, se ha evidenciado la transformación de dichos ecosistemas por parte de los diferentes tipos de minería (Figura 2). [28]

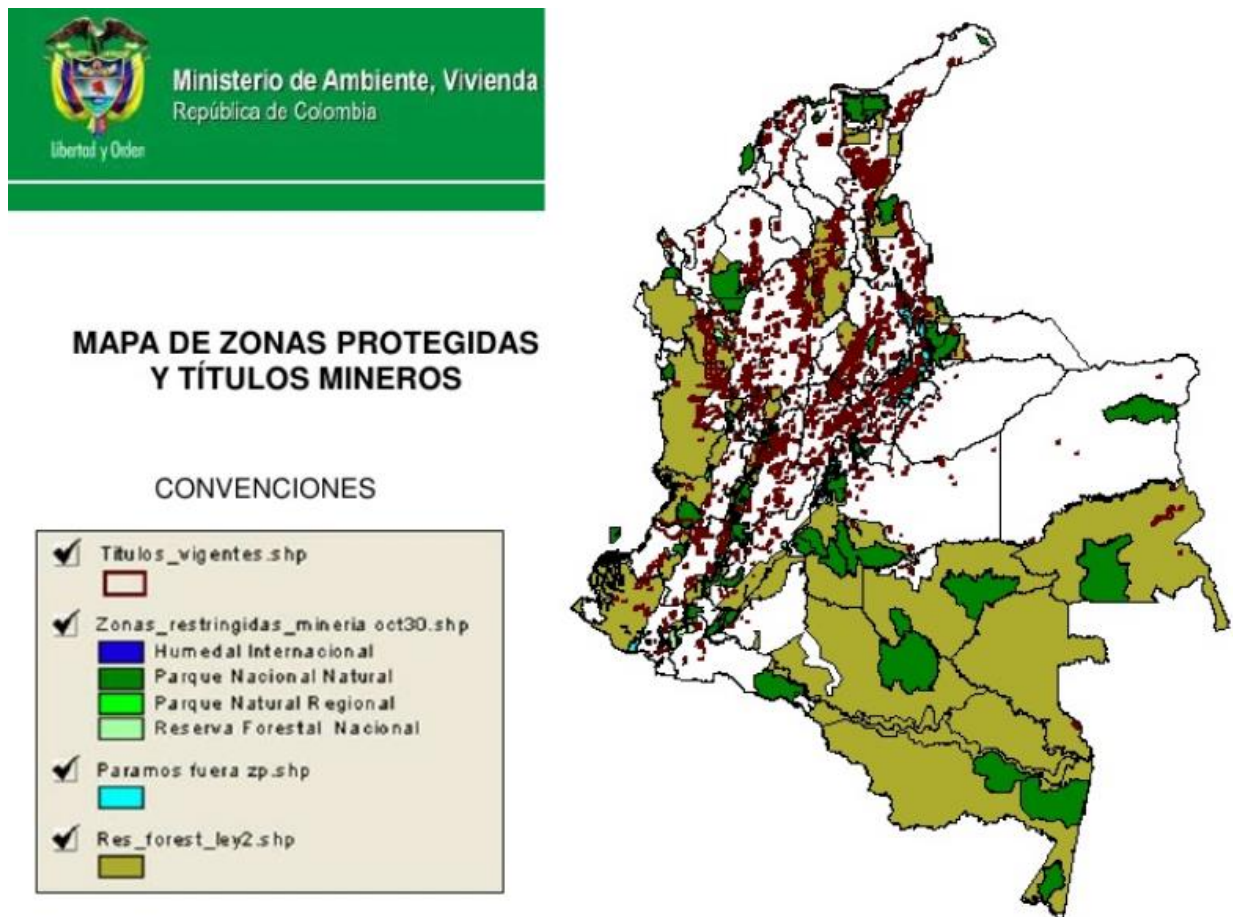


Fig. 2. Mapa de zonas protegidas y títulos mineros

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial sobre minería en Colombia, 2009. [33]

En la tabla 1 se enlista la normativa a tener en cuenta y que obliga a tomar acciones para la explotación minera legal y para la protección de paramos en Colombia.

Tabla 1. Normativa aplicable a procesos mineros y protección de Páramos

Decreto 1541 de 1978	Establece que toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere de una concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas; en caso de que el titular requiera el uso o aprovechamiento de las aguas para ejercer su actividad, deberá tramitar concesión de aguas ante la autoridad ambiental competente.
Ley 99 de 1993	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Licenciamiento ambiental ▪ Permisos ambientales ▪ Competencias y tramites ambientales ▪ Normas ambientales generales
Decreto 2222 de 1993 del Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto.
Ley 685 de 2001	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro minero ▪ Normas reglamentarias y complementarias ▪ Tramites mineros ▪ Medios e instrumentos mineros y ambientales ▪ Tramites ambientales
Ley 141 de 1994	Ley de Regalías Crea el fondo Nacional de Regalías. Consagra el derecho del Estado de percibir regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables.
Resolución 541 de 1994	Por el cual se reglamenta el cargue, descargue y transporte de material y elementos
Decreto 948 de 1995, artículo 73	Con respecto a las emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto, requerirán de permisos de emisiones atmosféricas.
Resolución 18-0861 de 2002, del Ministerio de Minas y Energía	En donde se adopta la Guía Minero-ambiental de explotación.
Resolución 2202 de 2005	En donde se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de solicitud de Trámites Ambientales.
Ley 1382 de febrero de 2010	Reformó el Código de Minas y sentó la prohibición de actividad minera en áreas protegidas nacionales y regionales, reservas forestales protectoras, humedales de importancia internacional RAMSAR y, en ecosistemas de páramos.

Ley 1450 de 2011	Establece el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. En referencia a la protección de los ecosistemas de páramos establece la delimitación de páramos y humedales a escala 1:25.000. con base a criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
-------------------------	---

Fuente: adaptado de Noreña, 2013 y Greenpeace, 2013

2.4 FACTORES ECOLÓGICOS DEL PÁRAMO AFECTADOS DENTRO DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN

Los proyectos del sector minero se relacionan con la extracción, transporte y procesamiento de minerales y materiales de construcción los cuales involucran una serie de acciones que producen impactos ambientales que perduran en el tiempo.

Entre los impactos negativos que genera la actividad minera, resaltan la contaminación de aguas tanto superficiales como subterráneas resultados de la utilización de elementos como mercurio y cianuro, la generación de riesgos por avenidas torrenciales con elementos contaminantes, la contaminación atmosférica, la pérdida de la biodiversidad endémica, así como la destrucción del paisaje. [7]

Los componentes ecosistémicos que se ven afectados por la actividad minera, según el informe de minería de la Contraloría General de la Nación en el 2013 son: [31] [32]

Componente biótico:

1. Impactos sobre ecosistemas acuáticos, tanto lenticos como loticos, debido al incremento en la concentración de partículas suspendidas resultantes del manejo inadecuado de residuos, variación de la calidad físico química y microbiana y cambios en la dinámica hidrológica resultado de la alteración o destrucción de los cuerpos de agua.
2. Impacto sobre ecosistemas terrestres por el descapote, retiro de coberturas y vertidos con componentes químicos.
3. Impactos sobre especies de flora y fauna por la pérdida de hábitat y la alteración en los números de las poblaciones.

Componente edáfico:

1. Impacto físico: dadas las pérdidas, contaminación y compactación de suelos.
2. Impactos fisicoquímicos: por la contaminación de sustancias químicas y generación de lixiviados que modifican las condiciones originales de los suelos.
3. Impacto biológico y ecosistémico: pérdida de funciones ecosistémicas y pérdida de biodiversidad.

Componente atmosférico:

Alteraciones de las condiciones meso y microclimáticas por la modificación de la calidad del aire por material particulado, emisión de gases e incremento de niveles de ruido.

Componente geofísico:

1. Impactos sobre el interfaz del suelo-subsuelo por el uso y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.
2. Modificaciones en aguas superficiales y subterráneas por calidad y cantidad de agua.

Componente paisaje:

Alteraciones en la calidad sensorial/perceptual por modificación de condiciones escénicas y contaminación visual.

Componente económico:

1. Impactos de actividades agropecuarias por pérdida de la productividad del suelo
2. Variación en la generación de empleos calificado y no calificado
3. Pérdida de servicios ambientales como fuentes hídricas.

2.5 MITIGACIÓN DE IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA MINERÍA

Las exploraciones mineras, ilegales en algunos casos, se desarrollan en áreas de protección ambiental como paramos y, al no tener control alguno pueden ocasionar daños irreversibles a dichos ecosistemas.

Siendo el páramo un ecosistema vulnerable y exclusivo por las características que presenta y los servicios ecológicos que suministra, se hace necesario tomar medidas que puedan evitar, corregir o mitigar los impactos que resultan de las actividades mineras (Tabla 2).

Tabla 2. Acciones por fases para evitar, corregir o mitigar impactos de la minería en paramos.

Fase	Descripción de la actividad	Impactos a evitar, corregir o mitigar	Acciones
Legalización de la mina en progreso	Implementar y llevar a cabo acciones para hacer que las minas sean legales de acuerdo a la normatividad vigente	<ul style="list-style-type: none">• Cierre de mina	Adquisición del título minero otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional Teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none">• Documentos comerciales y técnicos• Permisos de captación de aguas y vertimientos
Descapote	Limpieza de capa orgánica y cobertura vegetal del terreno donde	<ul style="list-style-type: none">• Pérdida del valor del suelo• Erosión del suelo	Cuando se hace el movimiento de la capa orgánica y otros materiales, se deben disponer en lugares

	se va a realizar la explotación.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la calidad del agua por arrastre de sedimentos • Deforestación 	<p>cercanos a la excavación para ser retornados, es necesaria que la disposición se haga en pilas pequeñas y ser protegidas con lona verde para evitar lavados de nutrientes en invierno o la emisión de polvo en verano.</p> <p>Una vez readecuado la morfología de los suelos se debe realizar actividades para protegerlo de los vientos y lluvias para no permitir que se erosione es por esto que se recomienda una reforestación que provoque una reacción positiva mediante gramíneas, especies arbóreas o arbustivas.</p>
Excavación	Proceso de extracción del material a explotar, para esto es necesario la excavación para alcanzar el mineral a explotar.	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración del paisaje • Alteración de la estabilidad de terrenos • Generación de erosión 	<p>Para la protección y estabilidad de los taludes producidos durante las labores de aprovechamiento se pueden utilizar los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drenes y subdrenes: mediante filtros longitudinales y trincheras estabilizadoras • Terraceo de taludes: se realiza para obtener un abatimiento del talud, recoger materiales caídos y recolectar aguas superficiales. El cuerpo vertical de la terraza debe empradizarse y el cuerpo horizontal reforestar y empradizar, las especies debe ser nativas y de rápido crecimiento radicular y foliar.
Lavado del material de explotación	Separación del mineral del material que no es de interés mediante la utilización de agua que es retornada a las	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la calidad del agua • Erosión del terreno 	Las aguas de escorrentía y las provenientes de la actividad minera deben ser interceptadas y conducidas a un sistema de tratamiento mediante canales hechos en tierra o impermeabilizadas.

	fuentes hídricas naturales con el sedimento que arrastra.		<p>Una vez que las aguas son recogidas se deben llevar a una piscina sedimentadora a gravedad mediante el almacenamiento temporal del agua cuya condición principal es que deben tener una baja velocidad de flujo que permitan la sedimentación de los sólidos en suspensión.</p> <p>-El sistema de tratamiento debe estar localizado donde menor interferencia cause a la operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Periódicamente se deben retirar los sedimentos de la piscina de sedimentación. - Mensualmente se debe revisar que el sistema no presente fugas o filtraciones.
--	---	--	--

Fuente: adaptado de Noreña, 2013

Uno de los mayores retos en el caso de los páramos es encontrar soluciones por pérdida de servicios ecosistémicos debido al crecimiento económico y poblacional y a las falencias en los procesos de planificación territorial. Estos ecosistemas se han visto afectados no solo por la explotación minera sino también por prácticas de agricultura intensiva y la conversión de terrenos a ganadería. [11]

Por lo anterior, la restauración ecológica se ha convertido en una herramienta importante que apunta a metas relacionadas con la mejora de las funciones ecosistémicas en los páramos, a la reducción de la pérdida de biodiversidad y a la mejora de los servicios ambientales afectados, convirtiéndose en un instrumento integral que permite la recuperación de las zonas disturbadas. [11]

Las acciones de restauración y las mencionadas previamente para evitar, corregir o mitigar los impactos de la minería deben ir de la mano de la responsabilidad compartida por parte de los pequeños y grandes mineros y del Estado, teniendo en cuenta que deben cumplir y hacer cumplir las funciones legales y constitucionales para la toma de decisiones administrativas sobre el control minero ambiental. De esta manera no solo se protegen y se respetan las áreas delimitadas como paramo, sino que también se pueden aplicar acciones correctivas con la certeza de que van a durar a largo plazo, respetando los ecosistemas e involucrando a la sociedad en la conservación de los mismos.

CONCLUSIONES

Los ecosistemas de paramo son considerados como estratégicos por las características propias que lo hacen un hábitat óptimo para gran cantidad de especies de fauna y flora, además presenta altas cifras de endemismos y son corredores ecológicos importantes para varias especies; adicionalmente los páramos prestan una gran cantidad de servicios ambientales, entre los que destacan el abastecimiento de agua y la captura de gas carbónico de la atmosfera.

Aunque en Colombia existe una legislación que contempla la conservación de los recursos naturales y que determina que no se pueden realizar proyectos de explotación minera en zonas protegidas y áreas estratégicas como paramos, se puede evidenciar que los aspectos económicos tienen prioridad por encima de la conservación de recursos naturales, puesto que en los últimos años se han otorgado títulos mineros en complejos de paramo.

Durante el desarrollo de los procesos de extracción de minerales en los páramos se generan afectaciones a los recursos naturales, perturbando componentes de suelo, aire, agua, flora y fauna que no solo se ven afectados por las actividades mineras, sino también por acciones antrópicas como ganadería y siembra de monocultivos los cuales son fructíferos dadas las características del páramo que lo hacen un ecosistema fértil y productivo.

Las acciones que evitan, corrigen o mitigan impactos ambientales se basaron en los impactos relevantes en cada fase de operación de explotación de minerales, las cuales pueden ser enfocadas en la recuperación y mitigación de los impactos a corto y mediano plazo.

Mediante la implementación de acciones como la adquisición de títulos mineros otorgados legalmente, la disposición correcta de capas orgánicas y otros materiales, la ejecución de drenes, subdrenes y terraceo de taludes se pueden evitar, corregir o mitigar impactos ambientales relevantes, de esta manera se puede conllevar una minería responsable y más acorde con el respeto por los recursos naturales y el medio ambiente.

Es importante que se identifiquen y analicen los impactos que los proyectos mineros ocasionan en los ecosistemas de paramo y que se contemplen las acciones que prevengan o mitiguen dichos impactos, de esta manera se garantiza la sostenibilidad de los proyectos tanto desde el punto de vista ambiental como el de productividad ya que, de no tener en cuenta estos planes de acción y mitigación, la recuperación del ecosistema será más compleja y puede incluso ser imposible dada la vulnerabilidad y especificidad del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración en la orientación y dirección del trabajo de investigación a la Magister en Biología y coordinadora de la especialización en Planeación Ambiental, Erika Ruíz.

REFERENCIAS

- [1] Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Académica Colombiana de Ciencias Exactas y Físicas 10(40). 221-264.
- [2] Pedraza, P., Betancur, J., Franco, P. 2004. Chisacá, Un recorrido por los páramos andinos. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 12-15.
- [3] Rivera, D. y Rodríguez, C. 2011. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. 7-35.
- [4] Hofstede, Robert et. al. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador. 14-27.
- [5] Díaz-Granados, M., Navarrete, J. y Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. Revista de ingeniería. Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes. Colombia. 64-75.
- [6] IAvH Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2011. El gran libro de los páramos. Proyecto Páramo Andino. Bogotá, D.C. Colombia. 208.
- [7] Greenpeace. 2013. Páramos en Peligro. El caso de la minería de Carbón en Pisba. Campaña de Páramos Diciembre 2013.
- [8] Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J. y León, O. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 17-20.
- [9] Amaya, F. y Amaya, I. 2014. Análisis de los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en el páramo Palacio. Trabajo de grado de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. Colombia. 19-37.
- [10] España, C. y Serna, M. 2016. Impacto ambiental y social de la minería a cielo abierto con maquinaria pesada en el municipio de Condoto, departamento del Chocó, a partir del año 2000. Trabajo de grado Maestría de Conflicto y Paz.

Universidad de Medellín. Fundación Universitaria Claretiana. Quibdó-Chocó. Colombia. 12-20.

[11] Cabrera, M. y W. Ramírez (Eds). 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia.12-15.

[12] Noreña, C. (2013). Plan de restauración y mitigación de impactos ambientales en la explotación legal de oro de aluvión en el Municipio de Norcasia (Caldas). Universidad de San Buenaventura. Medellín – Colombia.

[13] Hofstede, R., Segarra, P. y Mena, P. (eds.) 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative NC-IUCN. EcoCiencia. Quito. 15-20.

[14] Balslev, H. 2001. Sin título. En: Mena Vásconez, P., Medina, G. y Hofstede, R. (eds.). Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas. Editorial Abya Yala. Quito.

[15] Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E. y Cárdenas, L. 2007. Atlas de Páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. 25-32.

[16] Morales, A. y Estévez, J. 2006. El Páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción?. Revista Luna Azul. Universidad de Caldas. Manizales. 39-51.

[17] Rangel-Ch. O. 2002. Biodiversidad en la región del páramo: con especial referencia a Colombia. En: Ange, C., Cataño, C., Arjona, F., Rodríguez, J. y Durán, C. (eds.). Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo I. Colombia. 168-200.

[18] Aguilar-P., M & J.O. Rangel-Ch. 1996. Clima de alta montaña en Colombia. El Páramo Ecosistema a proteger. Fundación de Ecosistemas Andinos ECOAN: Serie montañas tropandinas, 2: 73-130. Santafé de Bogotá.

[19] Sturm, H. 1998. The ecology of the Páramo region in tropical high mountains. Verlag Franzbecker: 286. Hildesheim. Berlín.

[20] Flórez, A. y Ríos, K. 1998. Las lagunas de la alta montaña. En: Cuadernos de Geografía Vol. VII, No. 1-2. Bogotá D. C. Universidad Nacional de Colombia. Pp. 25-49.

[21] Rivera, O. D. 2001. Páramos de Colombia. Banco de Occidente. I/M Editores. Imprelibros, Santiago de Cali, Colombia.

[22] IAVH Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2010. Definición de Criterios para la Delimitación de Páramos del País y de lineamientos para su conservación. Bogotá-Colombia.

- [23] Sáenz, J. 2001. Modelo computacional de hidrología de Páramos. Tesis de Magíster. Bogotá. Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
- [24] Guhl, E. 1982. Los Páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su Ecología y su Importancia para el Régimen Hidrológico de la misma. Colloquium Geographicum 9. 195 – 2012.
- [25] Suárez, L. 1989. El Páramo. Características Ecológicas. Revista Geográfica. Instituto Geográfico Militar. Quito – Ecuador.
- [26] Salamanca, S. 1986. La vegetación del Páramo, única en el mundo. En: Colombia, sus gentes y regiones. Vol. 2.
- [27] Rangel, O. 2000. Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna de Colombia. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- [28] Unidad Administrativa Especial de Gestión de Tierras Despojadas y Agencia Nacional de Minería. 2015. Cartilla Minera, preguntas frecuentes. Bogotá – Colombia. 12 – 28.
- [29] IAvH Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2012. Estado de la Minería Formal Presente en los Páramos de Colombia- Análisis de la Información Disponible. Colombia.
- [30] Defensoría Delegada para los Derechos Colectivos y del Ambiente. Defensoría del Pueblo. 2010. Minería de Hecho en Colombia. Bogotá-Colombia.
- [31] 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. Trabajo de grado de Especialización en Educación y Gestión Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá – Colombia.
- [32] Contraloría General de la República. (2013). Minería en Colombia: Institucionalidad y Territorio, Paradojas y Conflictos. Bogotá.
- [33] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial sobre minería en Colombia, 2009.