



Actividad minera en humedales altoandinos del Ecuador y la emisión de dióxido de carbono

Mining activity in high Andean wetlands of Ecuador and carbon dioxide emissions

Mineração nas zonas húmidas andinas elevadas do Equador e emissões de dióxido de carbono

Diana Astudillo Aguilar / Universidad Técnica de Ambato, Ecuador / dastudillo2729@uta.edu.ec

Recibido: 6/11/2021

Aceptado: 20/6/2022

Publicado: 8/7/2022

RESUMEN

Los humedales altoandinos son ecosistemas frágiles que, a pesar de ser primordiales en la lucha contra el cambio climático, se encuentran seriamente amenazados por la incursión de actividades mineras. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue analizar el impacto de la actividad minera en los humedales altoandinos y su relación con la emisión de dióxido de carbono. Para ello se realizó una revisión bibliográfica para obtener información relevante; se analizó la información documental y se examinó la correlación que existe entre el desarrollo de actividades extractivas en humedales altoandinos y la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. En cuanto a los resultados, se tuvo que el 26% de los humedales del país se encuentran concesionados, donde el desarrollo de actividades mineras podría liberar entre 252 705.96 y 1 023 245.60 t de CO₂ a la atmósfera, dependiendo del estado de conservación de cada humedal. Los humedales altoandinos poseen una gran capacidad para almacenar carbono, por lo que, tanto los principales impactos de la actividad minera como la remoción de la cobertura vegetal y la alteración del recurso suelo, se relaciona directamente con la liberación del carbono almacenado en forma de CO₂, que consecuentemente es emitido hacia la atmósfera.

Palabras clave: cambio climático, ecosistemas, servicios ecosistémicos

ABSTRACT

The high Andean wetlands are fragile ecosystems that, despite being essential in the fight against climate change, are seriously threatened by the incursion of mining activities. Consequently, the objective of this work was to analyze the impact of mining activity on high Andean wetlands and its relationship with carbon dioxide emissions. For this, a bibliographic review was carried out to obtain relevant information; documentary information was analyzed and the correlation between the development of extractive activities in high Andean wetlands and the emission of carbon dioxide into the atmosphere was examined. As for the results, we have that 26% of the country's wetlands are under concession, where the development of mining activities could release between 252 705.96 and 1 023 245.60 t of CO₂ into the atmosphere, depending on the state of conservation of each wetland. High Andean wetlands have a great capacity to store carbon, so both the main impacts of mining activity such as the removal of vegetation cover and the alteration of soil resources are directly related to the release of stored carbon in the form of CO₂, which is consequently emitted into the atmosphere.

Keywords: climate change, ecosystems, ecosystem services

RESUMO

As zonas úmidas do alto andino são ecossistemas frágeis que, apesar de essenciais no combate às mudanças climáticas, estão seriamente ameaçados pela incursão das atividades de mineração. Consequentemente, o objetivo deste trabalho foi analisar o impacto da atividade de mineração nas terras úmidas altas andinas e sua relação com as emissões de dióxido de carbono. Para isso, foi realizada revisão bibliográfica para obtenção de informações relevantes; foram analisadas informações documentais e examinada a correlação entre o desenvolvimento de atividades extrativistas em zonas úmidas altas andinas e a emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Quanto aos resultados, temos que 26% das zonas úmidas do país estão sob concessão, onde o desenvolvimento das atividades de mineração poderia liberar entre 252 705.96 e 1 023 245.60 t de CO₂ na atmosfera, dependendo do estado de conservação de cada zona úmida. As terras úmidas do alto andino têm grande capacidade de armazenamento de carbono, de modo que tanto os principais impactos da atividade de mineração, como a remoção da cobertura vegetal quanto a alteração dos recursos do solo, estão diretamente relacionados à liberação de carbono armazenado na forma de CO₂, sendo consequentemente emitido para a atmosfera.

Palavras chave: ecossistema, mudanças climáticas, serviços ecossistêmicos

INTRODUCCIÓN

La *Convención Ramsar* considera los humedales altoandinos como ecosistemas frágiles que pueden verse gravemente afectados; ya sea por causas naturales o por la intervención humana, que incluye, entre otras actividades, la minería (World Wide Fund for Nature [WWF], 2005). Es por ello que en el artículo 406 de la Constitución de la República del Ecuador se reconoce a los humedales como tal y es el Estado el que debe garantizar su conservación, manejo y uso sustentable (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Los humedales altoandinos también son considerados ecosistemas estratégicos por su alta biodiversidad y productividad. Poseen, además, características físicas, químicas y biológicas únicas, que interactúan entre sí para dar lugar a funciones que proveen bienes y servicios de importancia para el ambiente; así como beneficios directos e indirectos para millones de personas (Corporación Nacional Forestal de Chile, 2015). Precisamente uno de los servicios ecosistémicos que proveen los humedales es la mitigación del calentamiento global, debido a la capacidad de estos ecosistemas para almacenar grandes cantidades de carbono como resultado de la descomposición lenta de la materia orgánica, suelos inundados y bajas temperaturas (Alvis-Ccoropuna *et al.*, 2021).

Para Cantos (2019) el desarrollo de la industria minera es de gran interés para los países debido al aporte económico que genera para el progreso, mediante la obtención de materias primas utilizadas en todo tipo de

procesos industriales. Como es bien sabido, toda actividad humana genera un impacto en el ambiente y la actividad minera no es la excepción; esta industria genera emisiones de gases de efecto invernadero durante todas las etapas del proceso, que de acuerdo con la Ley de minería de 2018 incluye las fases de: prospección, exploración, explotación, refinación, comercialización y cierre.

En Ecuador existe gran resistencia a la actividad minera, sobre todo si se realiza en ecosistemas de páramo y humedal. En varios lugares del país se han originado graves conflictos en defensa del agua y del resto los recursos naturales (Alvarado, 2021; Angamarca, 2020; Borja, 2017; La Hora, 2019; Montaña, 2021a; Montaña, 2021b; Riofrío, 2018). De acuerdo con el reporte de minería realizado por el Banco Central del Ecuador para el año 2019 se contaba con cinco proyectos mineros denominados estratégicos, de los cuales el proyecto *Río Blanco* y *Loma Larga* se encuentran ubicados en zonas de páramos y grandes complejos de humedales (Rea, 2017).

Dada la importancia de estos ecosistemas para la mitigación del cambio climático, el objetivo del presente ensayo fue analizar los impactos de la actividad minera en los humedales altoandinos del Ecuador y su relación con las emisiones de dióxido de carbono.

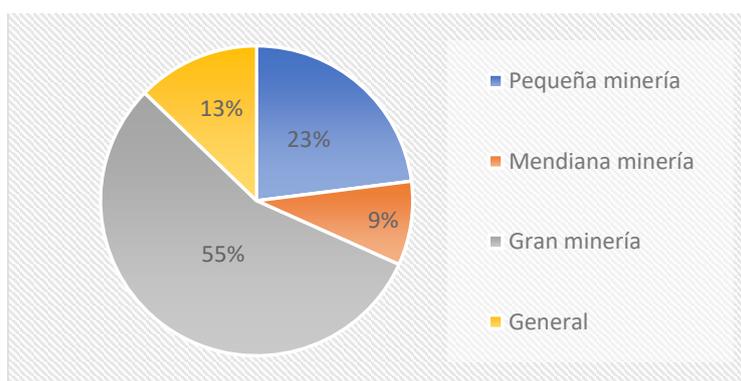
DESARROLLO

Para este trabajo se realizó una revisión bibliográfica que permitió obtener información secundaria relevante, se analizó la información

documental y se examinó la correlación que existe entre el desarrollo de actividades extractivas en humedales altoandinos y la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Conforme al catastro minero con fecha de corte 2018, en el país existen 2 266 631 de hectá-

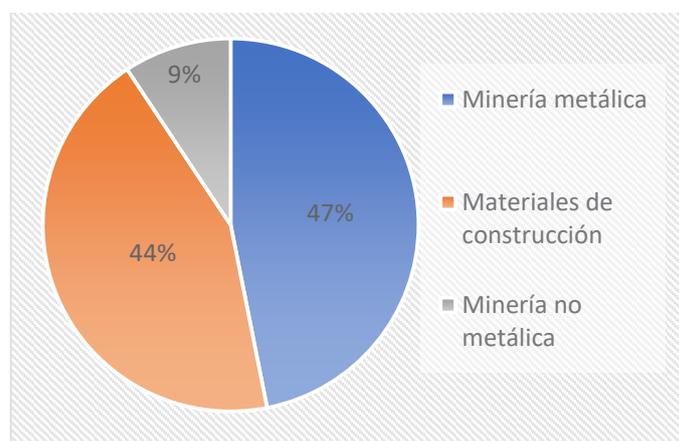
reas concesionadas (en trámite e inscritas), de las cuales el 55% corresponden al régimen de gran minería, tal como se observa en la *figura 1* (Agencia de Regulación y Control Minero [ARCOM], 2019).

Figura 1. Concesiones mineras.



Fuente: ARCOM (2019).

Figura 2. Tipo de minería.



Fuente: ARCOM (2019).

De acuerdo con el *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero* elaborado por el Ministerio del Ambiente (MAE, 2016), la industria de minerales en el periodo 1994-2012 ha generado 4 571 72 Gg de CO₂ equivalente, que representan el 5.62% de las emisiones totales

de dióxido de carbono. Cabe señalar que en la *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador* (MAE, 2017); únicamente se consideran en este sector las categorías de: producción de cemento; producción de cal; uso de caliza y dolomita; producción y uso de carbonato só-

dico; y producción de material asfáltico para techos y pavimentación asfáltica. Claramente, no existe información concreta sobre la extracción de minerales como oro, plata o cobre y su contribución a las emisiones de CO₂. Como se puede apreciar en la *figura 2* la extracción de minerales metálicos corresponde al 47% de todas las concesiones mineras del país.

La mayoría de las concesiones mineras del país se localizan en la región Sierra y hasta el año 2018 estaban registrados 64 títulos para explotación minera en zonas de humedales, que abarcan un área total de 172 094 ha (ARCOM, 2019). Estas concesiones mineras en todas sus etapas incrementan la emisión de GEI por la eliminación de la cobertura vegetal y el consumo de combustible para el funcionamiento de la maquinaria; así como por la emisión directa de CO₂ durante el procesamiento de minerales; que se estima en 1 kg de gases de efecto invernadero por cada kilogramo de metal producido (Alianza Mundial de Derecho Ambiental, 2010).

En Ecuador, de acuerdo con la Política de Ecosistemas Andinos, existen 59 humedales altoandinos con una extensión total de 661 309 ha, donde se incluyen las microcuencas. De esta extensión, 286 659 ha corresponden a sitios de *Importancia Internacional Ramsar* y de estos el 14% no cuenta con ninguna categoría de protección (MAE, 2009; 2015). Varios autores e instituciones internacionales como la *Convención Ramsar* coinciden en la gran capacidad que tienen los humedales altoandinos para almacenar carbono. Dicha capacidad se ve afectada como consecuencia de la degradación de estos ecosistemas; puesto que, por su alto grado de vulnerabilidad, son muy sus-

ceptibles a los cambios que se producen como consecuencia de las actividades antropogénicas (Calderón, 2018; Romero, 2017; WWF, 2005).

La valoración socioeconómica de los humedales altoandinos, realizada por Castro (2011) en el sistema de lagunas de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el frente suroccidental de Tungurahua, estima que el valor económico de la provisión de servicios ambientales de estos ecosistemas asciende a USD 28 719 766 en estado natural, mientras que se pierde el 75% de su valor económico en estado de intervención. Además, concluye que la capacidad de estos humedales para emitir CO₂ a la atmósfera es de 1 469 835.3 t; observándose su potencial de aportar significativamente a la problemática ambiental como resultado de la intervención de estos ecosistemas naturales. La alteración drástica de los humedales altoandinos provocada por la actividad minera mediante la remoción total de la cobertura vegetal, apertura de caminos, excavación, movimiento de tierras, uso de maquinaria pesada, desvío de los cursos naturales de agua, compactación del terreno, instalación de infraestructura, entre otras actividades; provocan impactos negativos que afectan de forma significativa las funciones de estos ecosistemas y los servicios ambientales que proveen, entre ellos el almacenamiento de carbono, perdiendo también su valor ecológico y económico (Noreña, 2013; Valencia y Figueroa, 2014; Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Para Ávila (2022) las actividades mineras destruyen la biodiversidad, impiden la autorregulación del ecosistema y la interrelación que se requiere para cumplir sus funciones. Por lo

anterior, la ejecución de proyectos mineros en ecosistemas vulnerables como los humedales altoandinos sobrepasan su capacidad de carga y alteran de forma permanente su función de almacenar carbono, causando que el carbono del suelo y la biomasa sea liberado a la atmósfera en forma de CO₂ (Llambí *et al.*, 2012; Valencia y Figueroa, 2014). Es importante destacar que a nivel regional y nacional se incluyen políticas para la protección de los humedales altoandinos como medida ante la adaptación al cambio climático. En otros países de la región existen experiencias interesantes en cuanto al manejo de ecosistemas andinos que podrían servir de referencia. No obstante, para que la aplicación de estas herramientas resulte efectiva se hace necesario que exista una articulación interinstitucional en todos los niveles de gobierno y que la participación social comunitaria se fortalezca, de tal manera que se vincule a toda la sociedad en la protección de ecosistemas claves como son los humedales altoandinos.

El estudio realizado por Alvis-Ccoropuna *et al.* (2021), determinó que el carbono almacenado en el humedal altonadino de Chalhuanca en Perú fue de aproximadamente 795 415.65 toneladas de CO₂. En dicho estudio se constató que las mayores reservas de carbono se encuentran en la biomasa aérea, seguido por suelo y la biomasa debajo del suelo. Además, destaca la importancia de estos ecosistemas por el alto valor económico y social que representa el almacenamiento de carbono, así como su relevancia desde el punto de vista del cambio climático. En comparación con el estudio realizado por Castro (2011), los humedales altoandinos de Tungurahua y la región Sur del

país pueden almacenar 400 864.17 toneladas de CO₂ teniendo en cuenta únicamente el carbono orgánico del suelo. Por otro lado, la industria minera a pesar de los graves impactos que causa al ambiente se considera fundamental para la generación de energías renovables, debido a que minerales como el hierro, cobre, litio o cobalto se utilizan para la fabricación de baterías fotovoltaicas, que permiten el funcionamiento de paneles solares, turbinas eólicas y autos eléctricos (Rueda, 2020). Mientras que Romero (2017) considera que es posible la implementación de acciones que eviten, corrijan o mitiguen los impactos negativos de la actividad; lo que implica una minería responsable y respetuosa con el ambiente.

Frente a este panorama complejo es necesario que a nivel local, nacional y regional los esfuerzos por conservar estos ecosistemas sean la prioridad de toda política pública, ya que forman parte del patrimonio natural y contribuyen significativamente a la mitigación del cambio climático. Es por ello que la *Convención Ramsar* enfatiza en mantener y promover las funciones ecológicas de los humedales (Saavedra, 2019), dado que año tras año se siguen perdiendo grandes extensiones de producto a la actividad minera, por lo que su degradación se ha acelerado inevitablemente y con ello los impactos que genera en el cambio climático a nivel planetario.

CONCLUSIÓN

Producto a la actividad minera en zonas de humedales altoandinos, principalmente por la remoción de la cobertura vegetal y la alteración del recurso suelo, se libera el CO₂ almacenado en el suelo y la biomasa, generando un

aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Es por ello que los humedales altoandinos son considerados como ecosistemas importantes en la lucha contra el cambio climático por su gran capacidad de almacenamiento de carbono, gracias

a sus características singulares. Sin embargo, actividades extractivas como la minería provocan la degradación acelerada de estos ecosistemas y por ende la pérdida de esta función valiosa para la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control Minero. (2019). *Catastro minero WGS84* [Formato Vectorial]. <https://bit.ly/3Ncclwx>
- Alianza Mundial de Derecho Ambiental. (2010). *Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros* (1.ª ed.). <https://bit.ly/3mmBNnE>
- Alvarado, A. C. (29 de noviembre de 2021). *Josefina Tunki: «Si hay que morir en la defensa del territorio, hemos de morir»*. Portal GK. <https://bit.ly/3yeoi0p>
- Alvis-Ccoropuna, T., Villasante-Benavides, J. F., Pauca-Tanco, G. A., Quispe-Turpo, J. P. y Luque-Fernández, C. R. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 139-148. <https://bit.ly/2Y9gu0v>
- Angamarca, M. (24 de agosto de 2020). *Gualel es mi tierra natal*. Foro de los Recursos Hídricos. Consorcio Camaren. <https://bit.ly/3rKBoiA>
- Ávila, R. (9 de marzo de 2022). Análisis de la sentencia Constitucional 22-18IN/21 caso manglares y consulta ambiental. Seminario web Justicia ambiental, precedentes constitucionales y análisis jurídico del caso Fierro Urco. [Facebook]. <https://bit.ly/3MGW17n>
- Banco Central del Ecuador. (2019). *Reporte de minería*. Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica. <https://bit.ly/2Ycc8pi>
- Borja, C. J. (2017). *El ejercicio del derecho a la resistencia a los proyectos mineros en la provincia Bolívar. Aportes para una discusión plural de sus formas. El caso del proyecto minero Curipamba sur* [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio Institucional. <https://bit.ly/3xKSnDw>
- Calderón, M. J. (2018). *Oferta hídrica, almacenamiento de agua y carbono en dos escenarios altoandinos del páramo de Mojanda-Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad de La Plata] Repositorio Institucional. <https://bit.ly/2ZLT41X>

- Cantos, J. E. (2019). *Incidencia ambiental de actividades mineras por emisiones a la atmósfera: El caso de Manabí (Ecuador)*. [Tesis de Maestría, Universidad de Sevilla]. Repositorio Institucional. <https://bit.ly/3bp17I7>
- Castro, M. (2011). *Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos: La experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el frente Suroccidental de Tungurahua*. Integraf. <https://bit.ly/3u0jGJ3>
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. Artículo 406. 20 de octubre de 2008. (Ecuador). <https://bit.ly/3F5qWai>
- Corporación Nacional Forestal de Chile. (2015). *Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos*. <https://bit.ly/3nbbO3s>
- Fundación Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Conservación de humedales altoandinos y una minería de litio ajustada a estándares sociales y ambientales*. Fundación Yuchán/Wetlands International. <https://bit.ly/3y7QwKC>
- La Hora. (29 de agosto de 2019). *Loja: Marcha le dice no a la minería metálica*. <https://bit.ly/3uOEGPL>
- Ley 45 de 2018. Ley de minería. 29 de enero de 2009. Registro Oficial Suplemento 517. <https://bit.ly/3xOQgjS>
- Llambí, L. D., Soto-W, A., Célleri, R., de Bievre, B., Ochoa, B. y Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos. Monsalve Moreno*. <https://bit.ly/3bpPAId>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2009). *Política de ecosistemas andinos de Ecuador*. Dirección Nacional Forestal/Dirección de Biodiversidad. <https://bit.ly/3A21Y81>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). *Sitios Ramsar*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. <https://bit.ly/3A24MSB>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero del Ecuador*. Proyecto Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático y Primer Informe Bienal de Actualización (TCN/IBA). <https://bit.ly/3uBfkqJ>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático*. <https://bit.ly/3a2BBnP>
- Montaño, D. (2 de diciembre de 2021). *Corte Constitucional falla a favor del Bosque Protector Los Cedros. Te explicamos*. Portal GK. <https://bit.ly/38nQh3r>

- Montaño, D. (7 de febrero de 2021). *En Cuenca, el Sí contra las actividades mineras ganó en la consulta popular*. Portal GK. <https://bit.ly/3OEPhbU>
- Noreña, C. (2013). *Plan de restauración y mitigación de impactos ambientales en explotación legal de oro de aluvión en el municipio de Norcasia (Caldas)*. [Tesis de Grado, Universidad de San Buenaventura]. Repositorio Institucional. <https://bit.ly/3uAuAnQ>
- Rea, A. R. (2017). Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, 2(2), 41-52. <https://bit.ly/3A2Smxz>
- Riofrío, I. (16 de mayo de 2018). *Ecuador: Manifestación contra proyecto minero Río Blanco termina en enfrentamientos*. Mongabay. <https://bit.ly/3vNvD4P>
- Romero, A. M. (2017). *Revisión de la afectación de la actividad minera en ecosistemas de páramo a nivel ecológico* [PDF]. Repositorio Universidad Militar Nueva Granada. <https://bit.ly/3bkqieE>
- Rueda, A. (2020). *Minería de metales clave para energías renovables amenaza Latinoamérica*. Scidev.Net. <https://bit.ly/3vPYPIv>
- Saavedra, B. (2019). *Humedales de Chile, 40 mil reservas de vida*. Wildlife Conservation Society. <https://bit.ly/3Kobnff>
- Valencia, M. P. y Figueroa, A. (2014). Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 29-42. <https://bit.ly/3OIJKeq>
- World Wide Fund for Nature. (2005). *Los humedales altoandinos. Ecosistemas estratégicos y frágiles que ofrecen servicios ambientales para el bienestar de millones de personas*. <https://bit.ly/39Y4Eg2>

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica de Ambato y a la Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad por la oportunidad brindada para la publicación del presente trabajo. También quiero agradecer al docente Yordanis Puerta de Armas por sus enseñanzas y su excelente guía en la conclusión de mi ensayo. Muchas gracias de todo corazón.