

Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte

Pollution and biodiversity loss due to mining and agricultural activities: state of art

Oscar Junior Paredes-Vilca^{1*}, Luis Jiménez Díaz², José Dávila García³ y Jorge Apaza Cruz⁴

Abstract

The services provided from biodiversity and ecosystems are endangered by the various activities carried out by human. Among them, mining and agricultural activities have contributed to the loss of biodiversity and deterioration of ecosystems, however the damage generated by mining is overshadowed by the economic benefits it brings. Thus, the objective of this study was to compile scientific literature that helps to determine the way in which these activities harm biodiversity and ecosystems, as well as the negative effects that they trigger between them. To do this, original and review articles from the Web of science, Scopus and Scielo databases were used. The findings show that there is contamination with heavy metals, a product of mining and the use of agrochemicals by agricultural activity. However, there are negative externalities generated in a unidirectional manner, with agricultural production being subject to the damage caused by mining.

Keywords: Biodiversity, pollution, agriculture, livestock and mining.

Resumen

Los servicios que brindan la biodiversidad y los ecosistemas son puestos en peligro por las diversas actividades que realiza el hombre. Entre ellas, la minería y las actividades agrícolas han contribuido con la pérdida de biodiversidad y deterioro de los ecosistemas, empero los daños generados por la minería son opacados por los beneficios económicos que trae consigo. Así, el objetivo de este estudio fue compilar literatura científica, que ayude a determinar la forma en que estas actividades perjudican a la biodiversidad y a los ecosistemas, así como los efectos negativos que desencadenan entre ellas. Para ello, se recurrió a artículos originales y de revisión de las bases de datos Web of science, Scopus y Scielo. Los hallazgos evidencian que existe contaminación con metales pesados, producto de la minería y el uso de agroquímicos por parte de la actividad agropecuaria. No obstante, existen externalidades negativas generadas de forma unidireccional, estando la producción agropecuaria supeditada al perjuicio provocado por la minería.

Palabras clave: Biodiversidad, contaminación, agricultura, ganadería y minería.

Recibido: 10/11/2023

Aceptado: 17/01/2024

Publicado: 31/01/2024

Sección: Artículo revisión

*Autor correspondiente: 1oscarilo@gmail.com

Introducción

Toda actividad humana involucrada con: actividades industriales, agrícolas, procesos de urbanización, desarrollo de proyectos y demás actividades antropogénicas que implican la generación, gestión y eliminación inadecuadas de contaminantes, han provocado daños en el medio ambiente, encontrándose en él incluso metales pesados tales como: plomo, cadmio, mercurio y arsénico (Anetor et al., 2022). Así mismo, las economías de los países en desarrollo están orientadas al sector primario, cuya actividad productiva se caracteriza por la extracción de materias primas, explotación forestal, agricultura y ganadería (Bocanegra & Carvajal, 2019). Si bien, la agricultura y ganadería coadyuvan en la producción de alimentos, existen estudios que señalan que estas actividades contaminan el medio ambiente e incluso son responsables de la pérdida de biodiversidad (Reyes-Palomino & Cano Ccoa, 2022).

Por otro lado, pese a que los territorios latinoamericanos vienen padeciendo deterioro ambiental por actividades extractivas, sus gobiernos impulsan la minería por tener una relevante participación en el PIB (Muñoz-Duque et al., 2020). Considerando lo descrito, es necesario documentar cuál de estas actividades genera mayores

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable, Av. La Molina SN, La Molina, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2301-3675>

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Economía y Planificación, Av. La Molina SN, La Molina, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6082-1893>

³ ESAN Graduate School of Business, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1310-1690>

⁴ Ingeniería electrónica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3494-0300>

Como citar: Paredes-Vilca, O. J., Jiménez Díaz, L., Dávila García, J., & Apaza Cruz, J. (2024). Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(1), 56-66. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.594>



daños al medio ambiente, considerando la biodiversidad y los ecosistemas; además del perjuicio económico que puedan provocar entre ellas y a la sociedad.

Materiales y métodos

Para realizar el estado del arte, la estrategia de búsqueda estuvo basada en explorar en las bases de datos de Scopus, Web of Science y Scielo; haciendo uso del operador booleano AND, se combinaron las palabras “biodiversity”, “pollution”, “mining”, “agriculture”, “livestock farming” y “economy in developing countries”. Estas palabras forman parte de los resúmenes y de las palabras clave de los documentos seleccionados, que incluyen artículos originales y de revisión.

Resultados y discusión

Biodiversidad

La biodiversidad envuelve todas las formas de vida en ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos (Burland & von Cossel, 2023; De La Cruz & Pérez, 2020; Díaz & Malhi, 2022). Cada especie que vive dentro de un ecosistema, introduce procesos y crea flujos de energía, sustancias y materiales; estabilizando la función ecológica y permitiendo que los ciclos biogeoquímicos como el ciclo del agua, de nutrientes, de carbono y el flujo de gases de efecto invernadero funcionen de manera equilibrada. Es por ello, que la mayor producción de alimentos y provisión de sustancias para medicinas, mayor secuestro de carbono y menor riesgo de erosión, son efectos eminentes de altas reservas de biodiversidad (Hunault-Fontbonne & Eyvindson, 2023). La actual biodiversidad agrícola y ganadera es resultado de miles de años de intervención humana (Kazemi et al., 2018a; K. S. Zimmerer et al., 2019; K. Zimmerer & Vanek, 2016), que diferentes culturas ejercían en su entorno (María Rocío Pérez-Mesa, 2019). Por tanto, la biodiversidad puede ser clasificada como planificada y no planificada. La diversidad planificada que comprende a cultivos y ganado, es conocida como agrobiodiversidad, es decir, aquella diversidad que está comprometida con el proceso de producción de alimentos (Kazemi et al., 2018b; L. Resque et al., 2019; Timmermann & Robaey, 2016). Tanto la actividad agrícola como la pecuaria generan beneficios económicos para agricultores, así contribuyen con el crecimiento económico del país, empero estas actividades son solapadas por la minería. Diversos estudios señalan que la actividad agropecuaria degrada el medio ambiente, por ello, los gobiernos no impulsan la ganadería, por el contrario, promueven la minería.

Biodiversidad como bien económico

Las diferentes dimensiones de la biodiversidad ganadera, desde el gen hasta el ecosistema, tienen características de recursos comunes, bienes club y bienes privados; que afectan la forma en que se gestionan, investigan, invierten e intercambian (Hoffmann, 2011). En economía es común distinguir entre bienes privados y bienes públicos bajo el criterio de rivalidad y exclusión (Straalen Van et al., 2017). La exclusividad de un bien involucra su derecho de propiedad y la posibilidad de excluir a un individuo del consumo de dicho bien mediante el cobro por el uso o disfrute (Pindyck & Rubinfeld, 2018). Por su parte (Parkin, 2016) considera que un bien es rival cuando se va agotando mientras una persona consume de él, disminuyendo de esta forma la cantidad disponible para que otras personas puedan beneficiarse del consumo. La industria de las semillas y los países donde estas empresas tienen su sede son firmes partidarios de los derechos de propiedad privada para las nuevas variedades (Timmermann & Robaey, 2016).

Según lo anterior, un bien privado es altamente exclusivo y rival, debido a que para acceder al bien se debe pagar, además el consumo de éste limita a otros usuarios de hacerlo. A partir de ello, un macho reproductor es evidentemente un bien privado por su alta rivalidad y exclusión; la certificación de semillas como la certificación genética de un animal, posee las características de un bien club debido a que es excluible más no rival; los peces que habitan en ecosistemas acuáticos son recursos comunes debido a que es difícil excluir a los pescadores, empero mientras más pescadores sean disminuye la posibilidad de capturar peces; los bienes públicos son no rivales y no exclusivos, por consiguiente resulta difícil cobrar y excluir a las personas por el servicio de purificación del aire que brindan los árboles o los bosques, tal como muestra la figura 1.

La biodiversidad sea vista como un recurso común, un bien club o como bien privado, genera beneficios económicos a quienes la aprovechan o la explotan. Por tanto, asiste con el crecimiento de la economía de un país. La contribución de un sector al PIB, es un indicador importante para las decisiones de inversión de los que diseñan políticas, empero la participación de la ganadería en el PIB es subestimado o pobremente estimado (Dutilly et al., 2020). En el Perú el 20 por ciento de los ingresos fiscales son generados por actividades de minería metalúrgica (Chirinos-Peinado & Castro-Bedriñana, 2020). Se considera que en países en desarrollo la minería es el vehículo que conduce al

crecimiento económico sostenido (Betancur-Corredor et al., 2018a; Dong et al., 2019), debido a su capacidad de crear empleos de manera directa o indirecta (Wegenast & Beck, 2020). Es así que, los ingresos que genera esta actividad fomenta el crecimiento económico de comunidades rurales que son ricas en minerales (Ofosu

et al., 2020). Por consiguiente, la actividad minera formal e informal continúa creciendo en países dotados de recursos minerales, su expansión es influenciada por el incremento en el precio de los metales, no obstante, la minería formal es impulsada por los gobiernos.

<i>Rival</i>	Bienes privados	Recursos comunes
	<ul style="list-style-type: none"> • Macho reproductor • Semillas agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Los peces de ecosistemas acuáticos.
<i>No rival</i>	Bien Club	Bienes públicos
	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de semillas. • Certificación genética de animales – Pedigree 	<ul style="list-style-type: none"> • La purificación del aire que genera las plantaciones de árboles.
	<i>Exclusivo</i>	<i>No exclusivo</i>

Figura 1. Bienes y servicios provisto por la biodiversidad de acuerdo los criterios de rivalidad y exclusión.

La mayoría de actividades socioeconómicas, urbanas e industriales generan toneladas de desechos (sólidos, líquidos y gaseosos) que ingresan a diversos tipos de ecosistemas (Chen et al., 2019), cuando estas operaciones degradan o deprecian la calidad ambiental son consideradas como contaminación (Ukaogo et al., 2020). La contaminación puede darse en tres medios: el aire, el agua y el suelo o la tierra.

La contaminación del suelo puede darse producto de procesos naturales y de la actividad antropogénica, no obstante, esta última es la que aporta mayor cantidad de metales al suelo (Marrugo-Negrete et al., 2017). Los materiales de desecho emitidos por operaciones industriales como minería, fundición, metalurgia y galvanoplastia; actividades agrícolas que emplean aguas residuales para el riego, el uso irracional de fertilizantes en la agricultura y la ganadería, han causado e incluso exacerbado la contaminación por metales pesados en las tierras cultivadas (Wu et al., 2020).

Respecto a la contaminación del agua, los metales pesados predominan entre los desechos industriales que son vertidos principalmente sobre los cuerpos de los ríos, sin los tratamientos adecuados ni las operaciones de recuperación pertinentes, lo que puede provocar efectos negativos sobre la toxicidad del agua, eutrofización y destrucción de vidas acuáticas. Además de las industrias, concentraciones significativas de metales pesados provienen de actividades desarrolladas en la minería y los campos agrícolas, entre otras fuentes contaminantes como la deposición atmosférica (Chen et al., 2019).

Efectos de la minería sobre los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad

Los beneficios económicos que trae consigo la minería ensombrecen los enormes volúmenes de relaves y desechos mineros que genera (Ugwanga & Kgabi, 2020a). Con la revolución industrial la minería se tornó en una de las actividades más peligrosas (Pérez, 2016). Por tanto, su expansión representa una amenaza para los ecosistemas y la salud de comunidades que viven en zonas aledañas (Furrow, 2014a).

Los daños generados por la actividad minera, principalmente provienen de las rocas que son excavadas para la extracción del mineral, la remoción de suelos y los sedimentos generados (Betancur-Corredor et al., 2018a). Dichas operaciones pueden provocar graves impactos en los sistemas hidrológico, atmosférico y de los suelos (Dong et al., 2019). Respecto al sistema atmosférico, las partículas finas en suspensión generadas en las etapas extracción y procesamiento minero contienen metales pesados que son movilizados y dispersados por el aire, ocasionando que la contaminación se extienda incluso a lugares mucho más alejados del área minera.

En cuanto al sistema hidrológico, este se ve afectado por las partículas transportadas por el aire que se asientan en los cuerpos de agua y por los lixiviados que son evacuados a los ríos, estos desechos contienen sustancias tóxicas, ácidos y alcalinos que fluyen hacia los ecosistemas fluviales desde aguas arriba (Valdés Durán et al., 2022), puesto que la mayoría de las áreas mineras están ubicadas en la parte superior de las cuencas (Dong

et al., 2019; Rodríguez-Estival et al., 2019). Este proceso puede alterar significativamente el flujo natural del agua y su calidad por la absorción y acumulación de agentes contaminantes.

La contaminación del suelo es influenciada por las partículas que son diseminadas por el aire y por la precipitación de lluvia ácida inducida por un proceso de evaporación y condensación de agua contaminada proveniente de ríos que contienen lixiviados. (Tankari Dan-Badjo et al., 2019) Cuando la contaminación no es visible, se localiza y se mueve en el ambiente subterráneo (suelo y agua subterránea) su evolución y movimiento puede ser lento y permanecer incluso por décadas; el conocimiento de la contaminación ocurre solo cuando alcanza un objetivo como el suministro de agua y vegetales.

Además de estar ubicados en cabeceras de cuenca, a menudo los sitios mineros se encuentran dentro de áreas agrícolas, lo que implica graves peligros en cuanto a la producción de piensos y alimentos (Abad-Valle et al., 2018) y la bioacumulación en la cadena alimenticia (Tankari Dan-Badjo et al., 2019; Uugwanga & Kgabi, 2020a), esto debido a que las operaciones mineras degradan la tierra, contaminan el agua con mercurio, además de reducir las áreas de pastoreo para el ganado (Ofosu et al., 2020). Los elementos tóxicos pueden ingresar a los suelos agrícolas y suelos de pastoreo mediante procesos naturales (movilización del aire y ciclo hídrico) y a través del riego con agua contaminada logrando transferir los metales pesados a las plantas y otras partes del ecosistema, de esta forma ingresan en la cadena trófica afectando la salud de animales y demás seres. Incluso con niveles bajos de contaminación si estos se dan de manera prolongada o recurrente las consecuencias sobre los ciclos vegetativos pueden ser graves.

Pese al cese de actividades mineras, la dispersión de sus desechos son una fuente continua de oligoelementos tóxicos (Uugwanga & Kgabi, 2020a). Por otra parte, el impacto de la minería sobre el paisaje se encuentra entre los efectos más significativos y cambios irreversibles sobre todo en minería a cielo abierto (Devenin & Bianchi, 2019). Los cambios en el uso de la tierra afectan la generación y la calidad de los servicios ecosistémicos (Murali et al., 2020). Incluso las operaciones mineras de superficie pueden destruir los ecosistemas circundantes generando pérdida en la provisión de servicios ecosistémicos (Qian et al., 2018). En Meghalaya, la extracción a cielo abierto de piedra caliza ha provocado deforestación, pérdida de biodiversidad, pérdidas en la calidad y disponibilidad de agua, perturbación del paisaje, erosión del suelo,

generación de desperdicios y degradación de la tierra (Lamare & Singh, 2017).

Durante el proceso de amalgamación de oro existe liberación de mercurio en la atmósfera, hidrosfera y geosfera (Betancur-Corredor et al., 2018b; Soe et al., 2022), es por ello, que la minería de oro es considerada como una de las actividades más nocivas. De esta manera, el aumento de las actividades mineras ha provocado la liberación de grandes cantidades de contaminantes tóxicos como selenio, aluminio, cadmio, arsénico, cobre, hierro, plomo, manganeso, níquel y zinc (Etteieb et al., 2020; Okereafor et al., 2020; Søndergaard & Mosbech, 2022) y metaloides como el antimonio (Zhao et al., 2022). Siendo el arsénico, níquel, cromo, plomo y cadmio metales altamente cancerígenos (Furlow, 2014b; Nakata et al., 2022; Uugwanga & Kgabi, 2020b).

Incluso en aguas suprayacentes a áreas mineras se encontró que el plomo, cadmio y mercurio excedían los parámetros permitidos (Chen et al., 2019). En España, los ríos Valdeazogues y Montoro presentan bastante acumulación de mercurio y plomo en sus aguas respectivamente debido a que son afectados por la minería. Los cangrejos que habitan en dichas aguas también son damnificados dado que se encontró en el músculo de su cola alta acumulación de mercurio y plomo (Rodríguez-Estival et al., 2019). Mediante el método Grab (Lamare & Singh, 2014) analizaron el impacto de la minería de piedra caliza sobre la calidad del agua para ello tomaron 5 muestras de agua de distintos lugares próximos a la mina y los compararon con muestras de agua (control) extraídas de la cabecera del río Myntdu, los resultados revelan que la minería a cielo abierto y la evacuación de sus aguas sobre el río generan impactos negativos en las características físico-químicas encontrándose niveles elevados de pH, alcalinidad, calcio y sulfato en las muestras de agua tomadas de los lugares cercanos a la mina. En Ghana (Rajae et al., 2015) detectaron en el agua, concentraciones de metales pesados superiores a los estándares de agua establecidos por la organización mundial de la salud, el arsénico, cadmio y plomo excedieron los valores de referencia en 62%, 19% y 21% respectivamente producto de la actividad minera de oro artesanal y de pequeña escala.

El agua es considerada como un nutriente esencial y está involucrada en cada función metabólica del cuerpo, por tanto, la salinidad del agua perjudica la digestión e incluso la fertilidad de los animales. El alto contenido de metales pesados puede afectar el sistema nervioso, respiratorio, cardiovascular y excretor en animales (Rojas-Downing et al., 2017). En climas semiáridos la disponibilidad de agua afecta directamente el consumo de alimentos en las ovejas (Kumar et al., 2016), por

ejemplo mientras mayor sea la concentración de sólidos disueltos en el agua los búfalos disminuirán su consumo de agua y alimento (Sharma et al., 2017).

Muestras extraídas de pastizales colindantes con depósitos de arsénico de una mina abandonada excedieron hasta en 20 veces los parámetros establecidos para arsénico (50 mg/kg), además el tejido de los pastos también presentó alta acumulación de arsénico (Abad-Valle et al., 2018). El ganado de la antigua zona minera de Sierra Madrona y el Valle de Alcudia en España está expuesto a niveles elevados de plomo, para examinar el impacto en la fauna, se comparó muestras de sangre, hígado y músculo de 46 ovejas adultas que se encontraban en área minera versus 21 ovejas que se ubicaban en un área de control. Las muestras de sangre fueron tomadas antes del sacrificio y las muestras de hígado y músculos fueron analizadas con animales ya muertos. Finalmente, los niveles de plomo en sangre, hígado y músculo fueron más altos en ovejas de la zona minera que las ovejas provenientes del área de control (Pareja-Carrera et al., 2014).

En Perú, las actividades mineras se desarrollan principalmente en los andes y el altiplano, lugares donde también se desarrolla la agricultura y ganadería, estando estas últimas expuestas a los impactos de la actividad minera. La comunidad Paccha se encuentra ubicada cerca al complejo metalúrgico de la Oroya, el ganado se alimenta de pastizales que están expuestos a la contaminación por plomo y cadmio, mediante espectrofotometría de absorción atómica se analizó la transferencia de estos metales en la sangre y la leche de 20 vacas, los resultados señalan que la concentración de plomo en la leche es 54% mayor que en la sangre, así mismo la acumulación de cadmio en la leche es 28% mayor que en la sangre (Chirinos-Peinado & Castro-Bedriñana, 2020).

En Europa entre el periodo 2009 al 2018 disminuyó la emisión de mercurio, así mismo en Polonia se evaluó entre los mismos años la concentración de mercurio en el hígado de bovinos, los resultados muestran que disminuyó también la cantidad de mg de mercurio por kilogramo a lo largo de los años. En la actualidad el consumo de carne e hígado de bovino es seguro (Nawrocka et al., 2020).

Efectos del sector agropecuario sobre los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad

En países en desarrollo, la agricultura, ganadería, y la producción de alimentos, constituyen un sector estratégico que ayuda a reducir la pobreza, generando puestos de empleo y mejorando el crecimiento

económico (Wegenast & Beck, 2020). Su contribución a la economía de un país varía de acuerdo al sistema de operación, desde pequeñas granjas de corral hasta modernos ranchos o granjas lecheras (Dutilly et al., 2020). En los andes sur del Perú, (Gilardino et al., 2020) identifican beneficios de la ganadería, que involucran: la producción de carne y lácteos, para el auto consumo y para el mercado; la provisión de fertilizantes orgánicos, energía de tiro y como activo de ahorro.

Sin embargo, diversos estudios señalan efectos perjudiciales provocados por la agricultura y ganadería en, el calentamiento global, contaminación del agua superficial y subterránea, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad y problemas de salud pública (Dutilly et al., 2020). De esta manera, la ganadería y agricultura intensiva mediante el monocultivo han reemplazado bosques, sabanas y matorrales, estos cambios en el uso del suelo han generado que mucha biodiversidad se haya perdido, lo cual ha provocado que los servicios de regulación y soporte que ofrecen los ecosistemas disminuyan, ya que estos servicios son complementarios entre sí (Brühl et al., 2023; Dasgupta & Levin, 2023; García et al., 2022; González et al., 2020; Hughes & Vadas, 2021).

En efecto, la presencia de metales pesados en suelos agrícolas, es originado por el empleo de fertilizantes, pesticidas, fungicidas y biocidas como diazinón y permetrina, que en el largo plazo pueden dañar el suelo y las fuentes de agua dulce (Centanni et al., 2023; Machate et al., 2023). La agricultura consume el 85% de pesticidas producidos globalmente, en el 2018 alrededor de 4.12 millones de toneladas de pesticidas fueron usados a nivel mundial, siendo 50% más de lo usado en los años noventa (Rad et al., 2022; Rajan et al., 2023). Existe evidencia científica que demuestra, que a mayor uso de pesticidas en la agricultura, mayor es el daño sobre la biodiversidad, tal es el caso del diclorodifeniltricloroetano, un insecticida empleado en la agricultura que ha sido responsable de la disminución de la población de aves, por tal razón, su uso ha sido prohibido (Feckler et al., 2023). Así, la presencia contaminante del boro en el suelo y el agua, se debe al uso de fertilizantes, herbicidas y desechos mineros (Bolan et al., 2023). Del mismo modo, los cultivos de arroz presentan excesiva concentración de cadmio, producto del uso de fertilizantes fosfatados (Peera Sheikh Kulsum et al., 2023).

Además de los pesticidas y fertilizantes, el estiércol del ganado y de las aves contienen cadmio, mercurio, cobre, zinc y otros metales pesados (Chen et al., 2015). Siendo la agricultura una fuente de contaminación difusa, por sus vastas áreas de tierra.

Mientras que la ganadería contamina de manera puntual por su concentración en áreas específicamente predeterminadas (Garzon-Vidueira et al., 2020).

En el valle Sinú se desarrolla la agricultura y ganadería, y las fuentes contaminantes de metales pesados provienen de la minería y la aplicación de pesticidas y fertilizantes agroquímicos. Estos suelos son irrigados con aguas del río Sinú, río arriba existe actividad minera. Se extrajeron 83 muestras de suelo hallándose cobre, níquel, zinc, plomo, cadmio y mercurio; con excepción del plomo y cadmio, todos los demás elementos excedieron los parámetros mundiales. Mediante análisis estadísticos multivariados y de conglomerados, se determinó que la contaminación del suelo se derivó principalmente de actividades agrícolas con excepción del mercurio, que posiblemente haya sido transportado por el flujo del río de la minería de oro río arriba. Por su parte, la alta contaminación con níquel se deriva de fuente mixta, la agricultura y actividades mineras de ferromanganeso (Marrugo-Negrete et al., 2017).

El agua subterránea es una de las principales fuentes de agua potable en muchas ciudades y comunidades rurales, representa cerca del 20% de agua dulce en el mundo, diversos estudios han atribuido la contaminación del agua subterránea por nitratos a las condiciones de la superficie sin tomar en cuenta el papel de la hidrogeología. A través del método de mínimos cuadrados ajustados se analizó los efectos de la condición hidrogeológica y la contaminación sobre la contaminación de nitratos en el agua subterránea. La vulnerabilidad intrínseca y el nitrógeno total del suelo se utilizaron para representar las condiciones hidrogeológicas y las cargas de contaminación superficial, concluyendo que el nitrato de la superficie que contamina el agua subterránea, proviene principalmente de los fertilizantes agrícolas y el estiércol de ganado (He et al., 2019).

Evaluación económica

Aunque los desechos de las minas están estrechamente relacionados con los impactos ambientales, los impactos en la salud humana y los receptores ecológicos están poco estudiados (Ugwanga & Kgabi, 2020a). Los efectos de la pérdida de vida silvestre a menudo se exploran en áreas protegidas sin ganado o mediante exclusiones que eliminan todos los ungulados grandes, incluido el ganado (Young et al., 2018).

De otra parte, la contaminación con cianuro y metales pesados genera pérdida de oportunidades de sustento para los agricultores (Betancur-Corredor et al., 2018a). Existiendo pérdidas de acceso a campos de arado y tierras de pastoreo, así como a otros recursos

naturales, incluidos frutas, árboles y leña, volviéndose los pobladores incapaces de producir su propia comida enfrentándose a una enorme inseguridad alimentaria (Wegenast & Beck, 2020). Esto puede afianzar un ciclo de pobreza en la economía agraria a través de la pérdida de ingresos generados por la agricultura y una reducción de la producción de alimentos y cultivos comerciales y ganadería (Ofosu et al., 2020). Incluso, la degradación de tierras genera gastos debido a que las familias deben pagar para poder pastorear su ganado en suelos no contaminados (Shackleton, 2020). Tal es el caso de Puno, departamento ubicado en el Perú, cuyas cuencas Ramis y Llallimayo se ven afectadas por actividades mineras desarrolladas en los distritos de Ananea y Crucero que están ubicados en las cabeceras de las cuencas (Giraldo Maca, 2017). En el ámbito rural del departamento de Puno la pobreza monetaria depende significativamente del número de hectáreas de tierra y el número de parcelas que posea el agricultor (Paredes Mamani & Escobar-Mamani, 2018).

En lugares donde la actividad minera está en marcha, se preguntó sobre la percepción de impactos de la minería en los servicios ecosistémicos, siendo la respuesta de los pobladores, que la minería tiene impactos negativos en los pastizales, el agua, el aire, el ganado y la salud humana, pero genera impactos positivos en los ingresos (Murali et al., 2020). Es por ello, que también existe cambio en la mano de obra, pasando de la actividad agrícola a la actividad minera debido a la pobreza agrícola. Los conflictos existentes entre minería y agricultura son intrincados debido a que ocupan el mismo espacio geográfico y comparten y/o compiten por los mismos insumos: tierra, agua, trabajo y capital.

En el Perú, a nivel de regiones los conflictos sociales son de tipo medioambiental, los cuales están vinculados a la minería (Leon Mendoza, 2019). Puesto que el acceso a agua y suelos degradados supeditan a las comunidades a la inseguridad alimentaria, la pobreza, desencadenando en conflictos (Cofie & Amede, 2015). Así, es preciso contar con un marco para el uso eficiente de los recursos y protección de la biodiversidad a fin de prevenir conflictos sociales (Betancur-Corredor et al., 2018a).

Conclusiones

Toda actividad antropogénica, tiene efectos perjudiciales sobre la biodiversidad y los ecosistemas, lo que disminuye el bienestar de los pobladores generado por una menor disposición en cuanto a cantidad y calidad de los servicios que ofrecen la biodiversidad y los ecosistemas. Por otra parte, las externalidades negativas o daños causados son unidireccionales, en el

sentido de que la minería destruye las tierras de cultivo y áreas de pastoreo, además de complicar la salud de los animales, generando pérdidas económicas a los productores agropecuarios. Sin embargo, la actividad agropecuaria no perjudica los volúmenes de extracción de la minería ni su rentabilidad.

Referencias

- Abad-Valle, P., Álvarez-Ayuso, E., Murciego, A., Muñoz-Centeno, L. M., Alonso-Rojo, P., & Villar-Alonso, P. (2018). Arsenic distribution in a pasture area impacted by past mining activities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *147*, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.031>
- Anetor, G. O., Nwobi, N. L., Igharo, G. O., Sonuga, O. O., & Anetor, J. I. (2022). Environmental Pollutants and Oxidative Stress in Terrestrial and Aquatic Organisms: Examination of the Total Picture and Implications for Human Health. *Frontiers in Physiology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.931386>
- Betancur-Corredor, B., Loaiza-Usuga, J. C., Denich, M., & Borgemeister, C. (2018a). Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, *199*, 538–553. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.142>
- Betancur-Corredor, B., Loaiza-Usuga, J. C., Denich, M., & Borgemeister, C. (2018b). Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, *199*, 538–553. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.142>
- Bocanegra Acosta, H., & Carvajal Martínez, J. E. (2019). EXTRACTIVISMO, DERECHO Y CONFLICTO SOCIAL EN COLOMBIA. *Revista Republicana*, *26*, 143–169. <https://doi.org/10.21017/Rev.Repub.2019.v26.a63>
- Bolan, S., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Zhang, T., Ragályi, P., Brdar-Jokanović, M., Rékási, M., Lin, J.-Y., Padhye, L. P., Zhao, H., Wang, L., Rinklebe, J., Wang, H., Siddique, K. H. M., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2023). Boron contamination and its risk management in terrestrial and aquatic environmental settings. *Science of The Total Environment*, *894*, 164744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164744>
- Brühl, C. A., Arias Andres, M., Echeverría-Sáenz, S., Bundschuh, M., Knäbel, A., Mena, F., Petschick, L. L., Ruepert, C., & Stehle, S. (2023). Pesticide use in banana plantations in Costa Rica – A review of environmental and human exposure, effects and potential risks. *Environment International*, *174*, 107877. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107877>
- Burland, A., & von Cossel, M. (2023). Towards Managing Biodiversity of European Marginal Agricultural Land for Biodiversity-Friendly Biomass Production. *Agronomy*, *13*(6), 1651. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061651>
- Centanni, M., Ricci, G. F., De Girolamo, A. M., Romano, G., & Gentile, F. (2023). A review of modeling pesticides in freshwaters: Current status, progress achieved and desirable improvements. *Environmental Pollution*, *316*, 120553. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120553>
- Chen, M., Cai, Q., Nie, J., & Zeng, Q. (2015). Adsorption Characteristics of Lead (Pb²⁺) and Cadmium (Cd²⁺) by an Isolated Bacterium from Soil Samples Obtained from a Tungsten Mine. *Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal*, *14*(3), 525–532.
- Chen, M., Li, F., Tao, M., Hu, L., Shi, Y., & Liu, Y. (2019). Distribution and ecological risks of heavy metals in river sediments and overlying water in typical mining areas of China. *Marine Pollution Bulletin*, *146*, 893–899. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.029>
- Chirinos-Peinado, D. M., & Castro-Bedriñana, J. I. (2020). Lead and cadmium blood levels and transfer to milk in cattle reared in a mining area. *Heliyon*, *6*(3), e03579. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03579>
- Cofie, O., & Amede, T. (2015). Water management for sustainable agricultural intensification and smallholder resilience in sub-Saharan Africa. *Water Resources and Rural Development*, *6*, 3–11.
- Dasgupta, P., & Levin, S. (2023). Economic factors underlying biodiversity loss. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *378*(1881). <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0197>
- De La Cruz, L. P., & Pérez, N. D. S. (2020). El saber escolar en biodiversidad en clave para resignificar su enseñanza. *Praxis & Saber*, *11*(27), e11167. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n28.2021.11167>

- Devenin, V., & Bianchi, C. (2019). Characterizing a mining space: Analysis from case studies in Chile and Australia. *Resources Policy*, 63, 101402. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101402>
- Díaz, S., & Malhi, Y. (2022). Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives. *Annual Review of Environment and Resources*, 47(1), 31–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>
- Dong, L., Tong, X., Li, X., Zhou, J., Wang, S., & Liu, B. (2019). Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1562–1578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.291>
- Dutilly, C., Alary, V., Bonnet, P., Lesnoff, M., Fandamu, P., & de Haan, C. (2020). Multi-scale assessment of the livestock sector for policy design in Zambia. *Journal of Policy Modeling*, 42(2), 401–418. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.004>
- Etteieb, S., Magdouli, S., Zolfaghari, M., & Brar, S. (2020). Monitoring and analysis of selenium as an emerging contaminant in mining industry: A critical review. *Science of The Total Environment*, 698, 134339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134339>
- Feckler, A., Wolfram, J., Schulz, R., & Bundschuh, M. (2023). Reducing pollution to levels not harming biodiversity and ecosystem functions: A perspective on the post-2020 Global Biodiversity Framework. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 35, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100495>
- Furlow, B. (2014a). Mining pollution: a legacy of contamination. *The Lancet Oncology*, 15(6), 558. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)70157-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)70157-3)
- Furlow, B. (2014b). Mining pollution: a legacy of contamination. *The Lancet Oncology*, 15(6), 558. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)70157-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)70157-3)
- García, M. G., Sánchez, J. I. L., Bravo, K. A. S., Cabal, M. D. C., & Pérez-Santín, E. (2022). Review: Presence, distribution and current pesticides used in Spanish agricultural practices. *Science of The Total Environment*, 845, 157291. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157291>
- Garzon-Vidueira, R., Rial-Otero, R., Garcia-Nocelo, M. L., Rivas-Gonzalez, E., Moure-Gonzalez, D., Fompedriña-Roca, D., Vadillo-Santos, I., & Simal-Gandara, J. (2020). Identification of nitrates origin in Limia river basin and pollution-determinant factors. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 290, 106775. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106775>
- Gilardino, A., Quispe, I., Pacheco, M., & Bartl, K. (2020). Comparison of different methods for consideration of multifunctionality of Peruvian dairy cattle in Life Cycle Assessment. *Livestock Science*, 240, 104151. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104151>
- Giraldo Maca, U. F. (2017). *MINERÍA INFORMAL EN LA CUENCA ALTA DEL RAMIS IMPACTOS EN EL PAISAJE Y EVOLUCIÓN DEL CONFLICTO SOCIO AMBIENTAL*. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU.
- González, N., Marquès, M., Nadal, M., & Domingo, J. L. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*, 137, 109341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>
- He, B., He, J., Wang, L., Zhang, X., & Bi, E. (2019). Effect of hydrogeological conditions and surface loads on shallow groundwater nitrate pollution in the Shaying River Basin: Based on least squares surface fitting model. *Water Research*, 163, 114880. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114880>
- Hoffmann, I. (2011). Livestock biodiversity and sustainability. *Livestock Science*, 139(1–2), 69–79.
- Hughes, R. M., & Vadas, R. L. (2021). Agricultural Effects on Streams and Rivers: A Western USA Focus. *Water*, 13(14), 1901. <https://doi.org/10.3390/w13141901>
- Hunault-Fontbonne, J., & Eyvindson, K. (2023). Bridging the gap between forest planning and ecology in biodiversity forecasts: A review. *Ecological Indicators*, 154, 110620. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110620>
- Kazemi, H., Klug, H., & Kamkar, B. (2018a). New services and roles of biodiversity in modern agroecosystems: A review. *Ecological Indicators*, 93, 1126–1135. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.018>
- Kazemi, H., Klug, H., & Kamkar, B. (2018b). New services and roles of biodiversity in modern

- agroecosystems: A review. *Ecological Indicators*, 93, 1126–1135. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.018>
- Kumar, D., De, K., Kumar, A., Kumar, K., Sahoo, A., Mohammad, S., & Naqvi, K. (2016). Effect of water restriction on physiological responses and certain reproductive traits of Malpura ewes in a semiarid tropical environment. *Journal of Veterinary Behavior*, 12, 54–59.
- Lamare, R. E., & Singh, O. P. (2014). Degradation in Water Quality due to Limestone Mining in East Jaintia Hills, Meghalaya, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 3, 13–20.
- Lamare, R. E., & Singh, O. P. (2017). Changes in Soil Quality in Limestone Mining Area of Meghalaya, India. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(2), 545–550.
- Leon Mendoza, J. C. (2019). DETERMINANTES ECONÓMICOS Y SOCIOPOLÍTICOS DE LOS CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN EL PERU. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(2), 122–138.
- L. Resque, A., Coudel, E., Piketty, M.-G., Cialdella, N., Sá, T., Piraux, M., Assis, W., & Le Page, C. (2019). Agrobiodiversity and Public Food Procurement Programs in Brazil: Influence of Local Stakeholders in Configuring Green Mediated Markets. *Sustainability*, 11(5), 1425.
- Machate, O., Schmeller, D. S., Schulze, T., & Brack, W. (2023). Review: mountain lakes as freshwater resources at risk from chemical pollution. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00710-3>
- María Rocío Pérez-Mesa. (2019). Concepciones de biodiversidad y prácticas de cuidado de la vida desde una perspectiva cultural. *Tecné, Episteme y Didaxis:TED*, 45(1), 17–34.
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J., & Díez, S. (2017). Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. *Environmental Research*, 154, 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.021>
- Muñoz-Duque, L. A., Pérez Osorno, M. M., & Betancur Vargas, A. (2020). Despojo, conflictos socioambientales y violación de derechos humanos. Implicaciones de la gran minería en América Latina. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.988>
- Murali, R., Ikhagvajav, P., Amankul, V., Jumabay, K., Sharma, K., Bhatnagar, Y. V., Suryawanshi, K., & Mishra, C. (2020). Ecosystem service dependence in livestock and crop-based production systems in Asia's high mountains. *Journal of Arid Environments*, 180, 104204. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104204>
- Nakata, H., Nakayama, S. M. M., Yabe, J., Muzandu, K., Kataba, A., Ikeda-Araki, A., Drisse, M.-N. B., Onyon, L. J., Gorman, J., Kritika, P., Fukunaga, H., Ikenaka, Y., Kishi, R., & Ishizuka, M. (2022). Narrative review of lead poisoning in humans caused by industrial activities and measures compatible with sustainable industrial activities in Republic of Zambia. *Science of The Total Environment*, 850, 157833. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157833>
- Nawrocka, A., Durkalec, M., Szkoda, J., Filipek, A., Kmiecik, M., Żmudzki, J., & Posyniak, A. (2020). Total mercury levels in the muscle and liver of livestock and game animals in Poland, 2009–2018. *Chemosphere*, 258, 127311. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127311>
- Ofori, G., Dittmann, A., Sarpong, D., & Botchie, D. (2020). Socio-economic and environmental implications of Artisanal and Small-scale Mining (ASM) on agriculture and livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 106, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.005>
- Okerefor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okerefor, N., Sebola, T., & Mavumengwana, V. (2020). Toxic Metal Implications on Agricultural Soils, Plants, Animals, Aquatic life and Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2204. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072204>
- Paredes Mamani, R. P., & Escobar-Mamani, F. (2018). El rol de la ganadería y la pobreza en el área rural de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(1), 39–60.
- Pareja-Carrera, J., Mateo, R., & Rodríguez-Estival, J. (2014). Lead (Pb) in sheep exposed to mining pollution: Implications for animal and human

health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.07.014>

- Parkin, M. (2016). *Microeconomics* (12th ed.). PEARSON EDUCACION DE MEXICO S.A. DE C.V.
- Peera Sheikh Kulsum, P. G., Khanam, R., Das, S., Nayak, A. K., Tack, F. M. G., Meers, E., Vithanage, M., Shahid, M., Kumar, A., Chakraborty, S., Bhattacharya, T., & Biswas, J. K. (2023). A state-of-the-art review on cadmium uptake, toxicity, and tolerance in rice: From physiological response to remediation process. *Environmental Research*, 220, 115098. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115098>
- Pérez Cebada, J. D. (2016). Mining corporations and air pollution science before the Age of Ecology. *Ecological Economics*, 123, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.001>
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2018). *Microeconomía* (9th ed.). PEARSON EDUCACION DE MEXICO S.A. DE C.V.
- Qian, D., Yan, C., Xiu, L., & Feng, K. (2018). The impact of mining changes on surrounding lands and ecosystem service value in the Southern Slope of Qilian Mountains. *Ecological Complexity*, 36, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2018.08.002>
- Rad, S. M., Ray, A. K., & Barghi, S. (2022). Water Pollution and Agriculture Pesticide. *Clean Technologies*, 4(4), 1088–1102. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4040066>
- Rajae, M., Obiri, S., Green, A., Long, R., Cobbina, S., Nartey, V., Buck, D., Antwi, E., & Basu, N. (2015). Integrated Assessment of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Ghana—Part 2: Natural Sciences Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 8971–9011. <https://doi.org/10.3390/ijerph120808971>
- Rajan, S., Parween, M., & Raju, N. J. (2023). Pesticides in the hydrogeo-environment: a review of contaminant prevalence, source and mobilisation in India. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(8), 5481–5513. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01608-6>
- Reyes-Palomino, S. E., & Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(1), 53–64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
- Rodríguez-Estival, J., Morales-Machuca, C., Pareja-Carrera, J., Ortiz-Santaliestra, M. E., & Mateo, R. (2019). Food safety risk assessment of metal pollution in crayfish from two historical mining areas: Accounting for bioavailability and cooking extractability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 185, 109682. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109682>
- Rojas-Downing, M., Nejadhashemi, P., Harrigan, T., & Woznicki, S. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145–163.
- Shackleton, R. T. (2020). Loss of land and livelihoods from mining operations: A case in the Limpopo Province, South Africa. *Land Use Policy*, 99, 104825. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104825>
- Sharma, A., Kundu, S., Tariq, H., Kewalramani, K., & Yadav, R. (2017). Impact of total dissolved solids in drinking water on nutrient utilisation and growth performance of Murrah buffalo calves. *Livestock Science*, 198, 17–23.
- Soe, P. S., Kyaw, W. T., Arizono, K., Ishibashi, Y., & Agusa, T. (2022). Mercury Pollution from Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Myanmar and Other Southeast Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6290. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106290>
- Søndergaard, J., & Mosbech, A. (2022). Mining pollution in Greenland - the lesson learned: A review of 50 years of environmental studies and monitoring. *Science of The Total Environment*, 812, 152373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152373>
- Straalen Van, F., Witte, P., & Buitelaar, E. (2017). Self-Organisation in Oosterwold, Almere: Challenges with Public Goods and Externalities. *Journal of Economic and Social Geography*, 108(4), 503–511.
- Tankari Dan-Badjo, A., Ibrahim, O. Z., Guéro, Y., Morel, J. L., Feidt, C., & Echevarria, G. (2019). Impacts of artisanal gold mining on soil, water and plant contamination by trace elements at Komabangou, Western Niger. *Journal of Geochemical Exploration*, 205, 106328. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.06.010>

- Timmermann, C., & Robaey, Z. (2016). Agrobiodiversity Under Different Property Regimes. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(2), 285–303. <https://doi.org/10.1007/s10806-016-9602-2>
- Ukaogo, P. O., Ewuzie, U., & Onwuka, C. V. (2020). Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. In *Microorganisms for Sustainable Environment and Health* (pp. 419–429). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8>
- Uugwanga, M. N., & Kgabi, N. A. (2020a). Assessment of metals pollution in sediments and tailings of Klein Aub and Oamites mine sites, Namibia. *Environmental Advances*, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100006>
- Uugwanga, M. N., & Kgabi, N. A. (2020b). Assessment of metals pollution in sediments and tailings of Klein Aub and Oamites mine sites, Namibia. *Environmental Advances*, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100006>
- Valdés Durán, A., Aliaga, G., Deckart, K., Karas, C., Cáceres, D., & Nario, A. (2022). The environmental geochemical baseline, background and sources of metal and metalloids present in urban, peri-urban and rural soils in the O'Higgins region, Chile. *Environmental Geochemistry and Health*, 44(10), 3173–3189. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01098-4>
- Wegenast, T., & Beck, J. (2020). Mining, rural livelihoods and food security: A disaggregated analysis of sub-Saharan Africa. *World Development*, 130, 104921. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104921>
- Wu, W., Qu, S., Nel, W., & Ji, J. (2020). The impact of natural weathering and mining on heavy metal accumulation in the karst areas of the Pearl River Basin, China. *Science of The Total Environment*, 734, 139480. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139480>
- Young, T. P., Porensky, L. M., Riginos, C., Veblen, K. E., Odadi, W. O., Kimuyu, D. M., Charles, G. K., & Young, H. S. (2018). Relationships Between Cattle and Biodiversity in Multiuse Landscape Revealed by Kenya Long-Term Exclosure Experiment. *Rangeland Ecology & Management*, 71(3), 281–291.
- Zhao, S., Shi, T., Terada, A., & Riya, S. (2022). Evaluation of Pollution Level, Spatial Distribution, and Ecological Effects of Antimony in Soils of Mining Areas: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 242. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010242>
- Zimmerer, K. S., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-García, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, K., & Vanek, S. (2016). Toward the Integrated Framework Analysis of Linkages among Agrobiodiversity, Livelihood Diversification, Ecological Systems, and Sustainability amid Global Change. *Land*, 5(2), 10. <https://doi.org/10.3390/land5020010>