

**Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular
para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina
(DAM)**

Angela Alexandra Alfonso Alfonso

Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Facultad de Derecho

Maestría en Derecho Minero y Ambiental

Tunja – Colombia

2026

**Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular
para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina
(DAM)**

Angela Alexandra Alfonso Alfonso

Director de investigación:

Marlon Iván Maldonado Narváez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Derecho Minero Ambiental

Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Facultad de Derecho

Maestría en Derecho Minero y Ambiental

Tunja – Colombia

2026

Dedicatoria

A Dios, por caminar a mi lado, guiarme y protegerme siempre.

A mis adoradas hijas, por su existencia, por hacer de mí una mujer valiosa, por creer en mí.

A mi compañero de vida, por su apoyo, su afecto y su paciencia.

A mis padres, por todo su amor, por ser parte fundamental en mi vida.

A mi toda mi familia, por su respaldo, por su compañía, por su confianza.

A mi director de tesis y a cada uno de mis maestros, por dejarme aprender lo mejor de ellos.

Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM)

Introducción

La minería ha sido uno de los motores de desarrollo económico más fuertes en Colombia, sin embargo, junto con sus beneficios también ha dejado una huella ambiental difícil de ignorar. Entre los impactos más graves se encuentra el drenaje ácido de mina (DAM), un fenómeno que contamina aguas superficiales y subterráneas, deteriora suelos y afecta de manera directa la salud de los ecosistemas y de las comunidades cercanas. La falta de un marco jurídico específico y sólido para enfrentar este problema ha hecho que, en muchos casos, las soluciones sean parciales, tardías y poco efectivas, perpetuando así la existencia de pasivos ambientales que comprometen a las futuras generaciones.

En este escenario, la economía circular se presenta como una alternativa transformadora, porque más que una política ambiental, es un cambio en la manera de mentalidad que invita a repensar la forma en que producimos y consumimos. Nos invita a pasar de un modelo lineal en el que se acostumbra a extraer, usar y desechar hacia uno que busca cerrar ciclos, reutilizar recursos y convertir residuos en oportunidades. Aplicar estos principios en el sector minero, y en particular en la gestión del DAM, significa no solo prevenir daños, sino también aprovechar lo que antes se consideraba un desecho para generar valor ambiental, social y económico.

Esta investigación se centra en analizar la importancia de implantar un modelo jurídico de economía circular para la recirculación sostenible del DAM en Colombia y busca demostrar que este modelo puede integrar la protección ambiental, la eficiencia en el uso de recursos y el cumplimiento normativo, para fortalecer así la legitimidad de la actividad minera. Para lograrlo, se plantean tres objetivos específicos, en primer lugar, se propone destacar la relevancia de estudiar este modelo como una oportunidad de sostenibilidad, en segundo lugar, busca examinar el marco jurídico vigente para identificar vacíos y oportunidades de mejora, por último, pretende formular una propuesta integral que articule los principios de economía circular con la gestión responsable del DAM.

La tesis se organiza en capítulos que abordan los distintos componentes de la propuesta, desde la integración con políticas públicas ambientales y mineras, pasando por los mecanismos de implementación mediante incentivos fiscales y financieros, hasta las estrategias de monitoreo, control y evaluación. También se analizan principios como la participación ciudadana y la transparencia, se estudian los impactos esperados en la reducción de pasivos ambientales y la mejora en la

eficiencia hídrica, para finalmente destacar cómo este modelo contribuye al fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial.

En suma, este trabajo pretende demostrar que la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la gestión del DAM no solo representa una necesidad técnica o normativa, sino una herramienta indispensable para avanzar hacia una minería sostenible en Colombia, capaz de generar equilibrio entre el desarrollo económico con la protección del ambiente y el bienestar de las comunidades.

Justificación

La problemática del drenaje ácido de mina (DAM) constituye uno de los mayores retos ambientales que se asocian a la actividad minera en Colombia. Este fenómeno, derivado de procesos químicos que liberan metales pesados y sulfatos en cuerpos de agua y suelos, genera impactos de largo plazo que se traducen en pasivos ambientales con una alta dificultad de remediación. La ausencia de un marco jurídico integral que regule de manera específica la prevención y recirculación del DAM ha provocado que las soluciones sean parciales, limitadas y en muchos casos, insuficientes para garantizar la protección de los ecosistemas y de las comunidades afectadas.

En este contexto, la economía circular se presenta como una alternativa innovadora y necesaria. Su enfoque, basado en la prevención, la reutilización y la recirculación de recursos, permite transformar lo que tradicionalmente se ha considerado un desecho en una oportunidad que fomente la sostenibilidad. Aplicar este paradigma al sector minero colombiano implica no solo la reducción de los impactos ambientales, sino también la viabilidad para generar beneficios económicos y sociales como resultado de promover prácticas más eficientes en el uso del agua y de incentivar la innovación tecnológica. La implantación de un modelo jurídico que incorpore estos principios responde a la necesidad de alinear la actividad minera con los compromisos internacionales de sostenibilidad y cambio climático, así como con las recurrentes reclamaciones de las comunidades por una minería responsable.

La investigación se justifica asimismo por su relevancia jurídica y normativa, si bien el marco legal colombiano en materia ambiental y minera es fuerte en algunos aspectos, presenta vacíos específicos frente a la gestión del DAM. La formulación de un modelo jurídico integral va a permitir que se identifiquen estos vacíos, que se propongan instrumentos normativos claros y que se establezcan mecanismos de control y seguimiento efectivos. De esta manera se fortalece la seguridad jurídica, se promueve la transparencia y se garantiza que las empresas y titulares mineros asuman de manera responsable los costos ambientales de sus operaciones, evitando que recaigan sobre el Estado o las comunidades.

Finalmente, la pertinencia de este estudio radica en su impacto social y ambiental porque aspectos como la reducción de pasivos ambientales, la mejora en la eficiencia hídrica, y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial son beneficios que trascienden el ámbito minero y se convierten en aportes concretos al desarrollo sostenible del país. Esta investigación busca demostrar que la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la gestión del DAM no es solo una opción recomendable, sino una necesidad que no se puede postergar más, porque se debe garantizar el equilibrio entre el desarrollo económico, la protección del ambiente y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Objetivos

- Objetivo general

Analizar la importancia y necesidad de implementar un modelo jurídico innovador basado en los principios de la economía circular específicamente enfocado en la gestión sostenible y recirculación de los drenajes ácidos de mina (DAM) en Colombia, integrando de manera eficiente la protección ambiental, el uso racional de recursos y el cumplimiento normativo en el sector minero colombiano.

- Objetivos específicos

1. Destacar la relevancia de investigar la implantación de un modelo jurídico basado en la economía circular aplicado a los drenajes ácidos de mina DAM, reconociendo su potencial para prevenir y transformar un problema ambiental en una oportunidad para la sostenibilidad en el contexto minero colombiano.
2. Examinar el marco jurídico colombiano vigente en relación con la gestión de drenajes ácidos de mina DAM, identificando los instrumentos normativos que permitan identificar y detectar los vacíos regulatorios, la falta de incentivos para la economía circular y las oportunidades para fortalecer la regulación incorporando principios de economía circular y sostenibilidad frente a los DAM.
3. Formular una propuesta jurídica integral que articule los principios de economía circular con la gestión sostenible de los drenajes ácidos de mina DAM, orientada diseñar un modelo jurídico que permita fortalecer e integrar de manera operativa y coherente los principios de economía circular como la optimización, reutilización, y valorización de recursos con la gestión ambientalmente responsable de los DAM.

Metodología

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cualitativo de carácter jurídico, descriptivo y propositivo, orientado a analizar la importancia de implantar un modelo jurídico de economía circular para la gestión sostenible del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia. La metodología se diseñó para responder al objetivo general y a los objetivos específicos, garantizando coherencia entre el marco teórico, el análisis normativo y la propuesta final.

El proceso investigativo se desarrolló en tres fases complementarias:

En la fase exploratoria se realizó una revisión bibliográfica y documental de fuentes nacionales e internacionales sobre economía circular, gestión de pasivos ambientales y regulación del DAM. Esta etapa permitió construir el marco conceptual y contextualizar la problemática en el ámbito jurídico y ambiental.

En la fase analítica se llevó a cabo un estudio detallado del marco jurídico colombiano vigente en materia ambiental y minera, identificando instrumentos normativos aplicables, vacíos regulatorios y experiencias comparadas en países como Canadá, Chile y Australia. En esta fase se incorporó además el ejercicio del derecho fundamental de petición conforme al artículo 23 de la Constitución y Ley 1755 de 2015, mediante el cual se solicitó información oficial al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre normativa, lineamientos y políticas públicas relacionadas con la gestión del DAM y la economía circular. Este recurso jurídico se utilizó como técnica de recolección de información primaria, garantizando la transparencia y el acceso directo a fuentes oficiales.

En la fase propositiva, con base en los insumos obtenidos en las fases anteriores, se formuló un modelo jurídico integral que articula los principios de economía circular con la gestión sostenible del DAM. La propuesta incluye incentivos fiscales, garantías financieras, estrategias de monitoreo y control, mecanismos de participación ciudadana y transparencia, así como lineamientos para el fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial en el sector minero.

Por último, se incorporó del derecho de petición y su respectiva respuesta, la cual fue emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible dentro de la metodología, lo que refuerza el rigor académico y jurídico de la investigación, al demostrar que la construcción de la propuesta normativa no se limita a fuentes secundarias, sino que se fundamenta también en la interacción directa con la institucionalidad ambiental. En los anexos se incluye el texto completo de la petición y, posteriormente, la respuesta oficial del Ministerio, como evidencia documental del proceso investigativo.

Hipótesis

La hipótesis que orienta esta investigación sostiene que la implantación de un modelo jurídico de economía circular aplicado a la gestión de los drenajes ácidos de mina (DAM) en Colombia constituye una herramienta indispensable para garantizar la sostenibilidad de la actividad minera. Se parte de la premisa de que la ausencia de una regulación específica ha perpetuado soluciones fragmentarias y poco eficaces, generando pasivos ambientales de difícil remediación. Bajo este supuesto, la economía circular ofrece un marco transformador que permite convertir los residuos en recursos, optimizar el uso del agua y reducir los impactos negativos sobre los ecosistemas y las comunidades. La hipótesis plantea que, al integrar principios de prevención, responsabilidad extendida y recirculación en un modelo jurídico vinculante, se fortalecerá la seguridad jurídica, se promoverá la innovación tecnológica y se consolidará la gobernanza ambiental. En consecuencia, la minería podrá avanzar hacia un equilibrio entre desarrollo económico, protección ambiental y bienestar social.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Marco Teórico y Conceptual

- 1.1. Fundamentos de la economía circular
- 1.2. Economía Circular en la Minería como perspectiva de innovación para los DAM
- 1.3. Caracterización de los drenajes ácidos de mina DAM
- 1.4. Recirculación de aguas residuales en minería
- 1.5. Enfoques de sostenibilidad y justicia ambiental
- 1.6. Marco conceptual del reúso sostenible de los drenajes ácidos de mina DAM
- 1.7. Costos de la gestión convencional de los drenajes ácidos de mina DAM
- 1.8. Beneficios económicos del modelo circular
- 1.9. Impactos ambientales del reúso y recirculación de los drenajes ácidos de mina DAM
- 1.10. Incentivos económicos y fiscales disponibles
- 1.11. Análisis costo-beneficio del modelo propuesto

Capítulo 2. Marco Jurídico

- 2.1. Principios del derecho ambiental aplicables a la minería
 - 2.1.1. Principio de prevención
 - 2.1.2. Principio de precaución
 - 2.1.3. Principio de responsabilidad
 - 2.1.4. Desarrollo sostenible
 - 2.1.5. Participación Ciudadana
- 2.2. La economía circular en la legislación ambiental colombiana
- 2.3. Régimen jurídico del recurso hídrico en Colombia
- 2.4. Regulación específica de los drenajes ácidos de mina (DAM)
- 2.5. Normativa sobre residuos líquidos y aguas residuales
- 2.6. Regulación del reúso y recirculación de aguas en Colombia
- 2.7. Instrumentos jurídicos para la gestión de pasivos ambientales mineros
- 2.8. Vacíos normativos y desafíos regulatorios en la gestión de los drenajes ácidos de mina DAM
- 2.9. Derecho comparado desde las experiencias internacionales relevantes
 - 2.9.1. Canadá
 - 2.9.2. Australia
 - 2.9.3. Perú
 - 2.9.4. Unión Europea
 - 2.9.5. Chile
 - 2.9.6. Colombia

Capítulo 3. Propuesta de Modelo Jurídico

- 3.1. Fundamentación de la propuesta: Justificación ambiental, económica y jurídica
 - 3.1.1. Justificación ambiental

- 3.1.2. Justificación económica
- 3.1.3. Justificación jurídica
- 3.2. Alineación con los principios de economía circular
- 3.3. Contribución al desarrollo sostenible y a la gestión responsable de los DAM
- 3.4. Estructura del modelo jurídico propuesto. Principios rectores de prevención, recirculación, responsabilidad extendida
- 3.5. Sujetos obligados: empresas mineras, autoridades ambientales y comunidades.
- 3.6. Instrumentos jurídicos sugeridos: licencias, permisos, cláusulas contractuales
- 3.7. Compatibilidad con el marco legal colombiano vigente
- 3.8. Propuesta de ajustes normativos: leyes, decretos y resoluciones
- 3.9. Integración con políticas públicas ambientales y mineras
- 3.10. Mecanismos de implementación: Incentivos fiscales y financieros para la recirculación de DAM
- 3.11. Estrategias de monitoreo, control y evaluación
- 3.12. Participación ciudadana y transparencia en la gestión
- 3.13. Impactos esperados: Reducción de pasivos ambientales mineros
- 3.14. Mejora en la eficiencia hídrica
- 3.15. Fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial
- 3.16. Validación de la Hipótesis

Capítulo 4. Análisis jurídico de la respuesta al derecho de petición.

- 4.1. Normativa vinculante identificada.
- 4.2. Instrumentos técnicos históricos
- 4.3. Vacíos normativos en economía circular
- 4.4. Esfuerzos de política pública no vinculantes
- 4.5. Implicaciones para la investigación

Conclusiones

Referencias

Anexo derecho de petición

Índice de tablas.

Tabla No. 1. Cuadro Descriptivo. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO DEL MODELO QUE SE PROPONE.....27

Tabla No. 2. Cuadro comparativo. GESTIÓN JURÍDICA DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA DAM - DERECHO COMPARADO - EXPERIENCIA INTERNACIONAL.....48

Capítulo 1. Marco Teórico y Conceptual

1.1. Fundamentos de la economía circular

En un mundo que muestra una realidad en la que los recursos naturales se agotan a un ritmo acelerado y los residuos se acumulan sin pausa, la economía circular surge como una solución urgente y transformadora que busca cambiar la forma en que producimos y consumimos. Esta idea más allá de ser una propuesta teórica, se encuentra respaldada por varios estudios científicos que evidencian la crisis ambiental actual y la necesidad de repensar sobre los modelos de desarrollo que seguimos.

Existen varios estudios que dan sustento a esta problemática global, por un lado, se ubica el desarrollado por Wandurraga Arévalo (2020) quien realizó una revisión sistemática de literatura sobre estrategias de economía circular y llegó a la conclusión de que, integrando la implementación de todos los instrumentos de políticas y estrategias, este modelo es fundamental para que sea posible enfrentar el deterioro ambiental, dado que, da paso a la reducción de la generación de residuos y a la prolongación de la vida útil de los productos, contribuyendo al desarrollo sostenible.

Por otro lado, en Colombia, Castro Guamán (2021) advierte que los recursos fósiles como el petróleo y el carbón, utilizados como fuente de energía y materia prima se están agotando, lo que representa un obstáculo para el desarrollo sostenible y un gran reto para el país, especialmente en sectores industriales. Por su parte, Rea-Toapanta, A. R, 2023, analizó el caso de Ecuador y mostró que la explotación intensiva de recursos naturales en zonas protegidas como Yasuní y Llorimagua ha generado impactos irreversibles que aumentarán la presión ambiental y provocarán un desastre ambiental, lo que afianza la necesidad de adoptar modelos más responsables como la economía circular para de este modo mitigar el daño ambiental y garantizar la regeneración de los ecosistemas.

Esta investigación permite entender que no se trata solamente de reciclar o reducir el consumo, sino de transformar de manera integral la manera en que usamos los recursos, para proteger el planeta y garantizar un futuro más justo y sostenible. Teniendo en cuenta el tema de estudio, es claro que en el sector minero la economía circular puede desempeñar un papel transformador al replantear cómo se gestionan los residuos y subproductos generados por la actividad extractiva, específicamente hablando de uno de los desafíos con mayor grado crítico en este campo, es decir de los drenajes ácidos de mina (DAM).

Este modelo propone repensar la forma en que producimos, consumimos y gestionamos los materiales, teniendo una postura más consciente hacia el uso de los recursos naturales. En lugar de seguir el camino tradicional en el que se acostumbra a extraer, fabricar, usar y desechar, este modelo propone una lógica regenerativa, donde cada residuo puede convertirse en el punto de partida para algo nuevo. De este modo se busca alargar la vida útil de los productos, reducir los desechos y aprovechar al máximo los materiales disponibles, generando beneficios tanto ecológicos como económicos y disminuir al mínimo el impacto ambiental, lo que será un reto que requerirá realizar cambios en los hábitos de consumo, así como de cambios en los hábitos de producción. (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

La economía circular se enmarca como una alternativa viable y práctica al actual modelo económico lineal y se define como un sistema de producción y consumo que promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, extendiendo la vida útil de los productos mediante innovación, colaboración intersectorial y aprovechamiento de los flujos de recursos para reducir la generación de residuos (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

La economía circular es un modelo de desarrollo que tiene como objeto transformar los sistemas productivos que siguen el modelo tradicional, basados en esquemas lineales de extracción, producción y desecho, que se dirijan hacia sistemas circulares que permitan promover la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, priorizando la regeneración de los ecosistemas y la prolongación del ciclo de vida de los productos, adoptando medidas que orienten a reparar, reutilizar, reciclar y rediseñar, para evitar generar residuos y reducir el impacto ambiental. (European Commission. (2015).

Desde una perspectiva institucional, la Fundación Ellen MacArthur referente global y una de las organizaciones más reconocidas en este campo, define la economía circular como un sistema industrial restaurativo y regenerativo por diseño, pensado para cuidar el planeta, manteniendo el valor de los productos, componentes y materiales en su máxima utilidad desde el inicio. (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Esta visión ha sido adoptada por organismos multilaterales como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, que operan como agencias especializadas. El Informe de Gestión 2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021) señala que esta estrategia también se conecta con la Alianza del Pacífico a través de las gestiones trabajadas por Colombia en el Grupo Técnico de Medio Ambiente y Crecimiento Verde, que promueven la economía circular como herramienta clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

La Agenda 2030 de Naciones Unidas constituye un marco global que orienta a los Estados hacia un desarrollo sostenible, equilibrando crecimiento económico, inclusión social y protección ambiental. Este instrumento internacional, al establecer los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ofrece un referente normativo y político para vincular la minería con prácticas responsables y circulares. En el contexto del drenaje ácido de mina, la Agenda 2030 impulsa la adopción de tecnologías limpias, la gestión eficiente de recursos y la transformación de pasivos ambientales en oportunidades de valor. Su enfoque en la innovación y la cooperación internacional respalda la propuesta de aplicar la economía circular como estrategia para mitigar impactos mineros, garantizando que la actividad extractiva contribuya al bienestar social y ambiental. Así, la Agenda 2030 se convierte en un soporte esencial para fundamentar jurídicamente la transición hacia una minería sostenible en Colombia. (ONU, 2015)

Desde una perspectiva doctrinal, diversos autores e investigadores coinciden en que la economía circular representa mucho más que una solución técnica, es un modelo completamente transformador que busca armonizar el crecimiento económico con la protección del medio ambiente. La economía circular requiere la implementación de evaluaciones de desempeño financiero, ecológico y social, armonizando el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible con la protección del entorno, promoviendo cambios estructurales, normativos y culturales. (Pinzón, 2021)

La economía circular invita a diseñar procesos más inteligentes, donde los residuos no son el final del camino, sino el comienzo de nuevas oportunidades, basándose en tres principios esenciales, eliminar la contaminación desde el diseño para evitar la generación de residuos, mantener los productos y materiales en uso y en circulación el mayor tiempo posible, y regenerar los sistemas naturales devolviendo su vitalidad. (Geissdoerfer et al., 2017).

Este enfoque tiene implicaciones de carácter jurídico, exigiendo una evolución frente a normas que tengan la fuerza vinculante para acompañar esta transición, que promuevan el reciclaje, el reúso y la responsabilidad extendida de quienes producen y consumen otorgando la garantía de que estas prácticas sean sostenibles y verificables.

La economía circular se entrelaza con ideas como el ecodiseño cuya práctica integra criterios ambientales en todas las fases del ciclo de vida de un producto o servicio, como la simbiosis industrial, que se presenta como una estrategia de colaboración entre empresas cuya gestión se desarrolla utilizando los residuos, subproductos o energía de una industria como materia prima o insumos para otra y como la gestión sostenible de residuos que buscan minimizar el impacto negativo

de los desechos en el medio ambiente. Todas ellas apuntan a cerrar los ciclos de uso y aliviar la presión que hoy recae sobre los ecosistemas, esto implica no solo un cambio tecnológico, sino también una transformación normativa que permita regular su reúso de manera segura y eficiente. (Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017).

Una perspectiva apunta a que este modelo debe exigir nuevas herramientas, licencias ambientales más flexibles, incentivos fiscales para la recirculación, estándares técnicos claros y mecanismos de control efectivos. Es necesario superar las limitaciones del modelo lineal y avanzar hacia regulaciones que habiliten el reúso seguro de residuos peligrosos, no se trata solo de cambiar leyes, implica repensar el marco normativo vigente, cambiar mentalidades y prácticas empresariales (Prieto-Sandoval et al., 2018).

La economía circular no es una moda ni una simple estrategia ambiental. Es una forma de pensar y actuar que redefine nuestra relación con los recursos, con el entorno y con el futuro, es una invitación a transformar profundamente la relación entre lo que producimos, lo que consumimos y cómo lo regulamos, en el contexto de esta investigación, representa una oportunidad para construir un modelo jurídico que no solo regule, sino que inspire una minería más consciente, resiliente y comprometida con la vida y la sostenibilidad.

1.2. Economía Circular en la Minería como perspectiva de innovación para los DAM.

En el ámbito minero la economía circular adquiere una relevancia estratégica al ofrecer soluciones sostenibles para la gestión de pasivos ambientales, el objetivo no es impedir la ejecución de proyectos si no poder mitigar los impactos negativos y conservar los positivos mediante la ingeniería y tecnologías.

Los drenajes ácidos de mina (DAM), tradicionalmente considerados dentro de los que presentan manejo con elevado costo y mayor complejidad, podrían convertirse en recursos valiosos si se gestionan bajo principios circulares dado que pueden ser enmarcados como fuentes potenciales de recursos valiosos como metales recuperables, siempre que se implementen tecnologías adecuadas y modelos de gestión integrados. (Pardavé Livia, Serrano Uribe y Castillo Martínez, 2022).

En el caso colombiano, el drenaje ácido de mina representa una problemática ambiental persistente que afecta cuerpos de agua, biodiversidad y comunidades cercanas a zonas de explotación minera. Según Arismendy Vidales (2018). La falta de una gestión adecuada de estos pasivos y su insuficiente alcance, ha generado impactos negativos que se han acumulado progresivamente, lo que refuerza la necesidad de formulación de una política minera sostenible y la adopción de modelos innovadores como la economía circular para transformar estos residuos en oportunidades de recuperación de recursos y mitigación ambiental.

Es claro que un cambio de perspectiva implicaría no solo una innovación tecnológica, sino también una transformación en los modelos de gestión minera. La implementación de procesos circulares permite reducir la huella ambiental, generar valor económico a partir de residuos, y fomentar prácticas más responsables en la industria extractiva. La economía circular aplicada a los DAM puede generar impactos positivos en las comunidades cercanas a las operaciones mineras, respondiendo no solo a los desafíos ecológicos del sector, sino también ofreciendo oportunidades para la innovación social y económica en territorios históricamente afectados por la actividad minera.

1.3. Caracterización de los drenajes ácidos de mina (DAM)

Los drenajes ácidos de mina (DAM) representan uno de los desafíos ambientales más complejos y persistentes asociados a la actividad minera, es causado por la oxidación de minerales sulfurados expuestos al oxígeno atmosférico, se trata de aguas contaminadas que se generan cuando minerales sulfurados como la pirita (FeS_2), entran en contacto con el oxígeno y el agua, desencadenando reacciones químicas que liberan ácido sulfúrico y metales pesados al entorno. Este proceso, conocido como oxidación de sulfuros, puede ocurrir tanto en minas activas como en pasivos mineros abandonados, y sus efectos pueden prolongarse durante décadas si no se gestionan adecuadamente (Blowes et al., 2013).

El DAM no es simplemente un residuo líquido, es una amenaza silenciosa que contamina cuerpos de agua superficiales y subterráneos, afecta la biodiversidad acuática, deteriora los suelos y pone en riesgo la salud humana. Su composición varía según el tipo de yacimiento, pero suele incluir altas concentraciones de hierro, aluminio, manganeso, arsénico, cadmio y otros metales tóxicos, así mismo, su acidez extrema con pH que puede descender por debajo de 3, dificulta su tratamiento convencional y exige soluciones técnicas y normativas especializadas. (Yuan et al. 2022).

En Colombia, la presencia de DAM ha sido documentada en regiones como Antioquia y Guajira, se ha realizado el estudio de la problemática que genera el DAM, el cual se produce cuando minerales sulfurados que se exponen al oxígeno y al agua generan ácido sulfúrico, liberando metales pesados al ambiente, este fenómeno afecta cuencas hidrográficas de estas regiones (Arismendy Vidales, 2018).

En la guajira se ha llevado registro de la presencia y detección de DAM, en su gran mayoría en las explotaciones de carbón y oro, en los yacimientos que actualmente son explotados (Peña y Pérez, 2009). Sin embargo, la gestión de estos drenajes

sigue siendo limitada, fragmentada y en muchos casos reactiva. La mayoría de las estrategias se enfocan en el tratamiento químico para neutralizar la acidez, pero pocas contemplan el reúso o la recirculación de estas aguas como parte de un modelo más sostenible (Arismendy Vidales, 2018).

Asimismo, en los municipios de Segovia y Remedios la minería artesanal y la de pequeña escala dedicada a la extracción de oro ha generado la formación y surgimiento de DAM, principalmente por la exposición de minerales sulfurosos como la pirita. Una investigación hecha por la Universidad de Manizales evidenció concentraciones de cadmio en varios cuerpos de agua de la región, asociadas al vertimiento de drenajes ácidos sin ningún tipo de tratamiento. Los DAM en esta zona han provocado deterioro en la calidad del agua, causando impactos directos no solo en la salud de las comunidades locales sino también en los ecosistemas acuáticos, resultando que la presencia de cadmio, un metal con alto nivel tóxico, representa un riesgo elevado para comunidades que dependen de estas fuentes hídricas. (Muñoz Aguirre, 2022).

En el distrito minero de Zipaquirá, Cundinamarca, se evaluó el funcionamiento de biorreactores pasivos como alternativa sostenible para la remediación de DAM. El estudio analizó cómo el tiempo de retención hidráulica TRH afecta la eficiencia en la remoción de metales como hierro, manganeso y zinc, así como la dinámica microbiana involucrada en el proceso. Se concluyó que los biorreactores fueron efectivos en mejorar el pH y reducir la concentración de contaminantes, aunque con variaciones según el tiempo de operación. (Vásquez, Y., 2016).

En el municipio de California, Santander, se realizó una investigación sobre la concentración de metales pesados en suelos colindantes a un DAM generado por la actividad minera en la bocamina denominada El Tigre. El estudio encontró que los niveles de cobre, plomo y zinc en los suelos superaban los límites permisibles establecidos por normativas internacionales, lo que evidencia un alto grado de contaminación, además el DAM analizado mostró concentraciones de cobre superiores a las permitidas por la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente. (FAO, 2018).

Desde una perspectiva técnica, existen alternativas como la pasivación de sulfuros, el uso de humedales artificiales, la precipitación de metales y la bioremediación, que han mostrado resultados prometedores en distintos contextos. (Skousen et al., 2017). No obstante, su implementación requiere voluntad política, inversión y un marco jurídico que facilite la innovación y la adaptación tecnológica.

Aquí es donde la economía circular ofrece una nueva expectativa, en lugar de tratar el DAM como un desecho inevitable, este enfoque propone verlo como un recurso potencial, una fuente de metales que se pueden recuperar, agua que puede ser

tratable y conocimiento cuya aplicabilidad es viable. Para que esta visión se materialice es necesario caracterizar los DAM no solo desde su composición química, sino también desde su valor estratégico dentro de un sistema minero más responsable.

La caracterización de los DAM, entonces, no se limita a describir su peligrosidad. Implica entender su origen, evolución, impacto y posibilidades de transformación. Es el primer paso para construir soluciones jurídicas y técnicas que no solo mitiguen el daño, sino que generen valor ambiental, económico y social.

1.4. Recirculación de aguas residuales en minería

En la actividad minera el agua cumple un papel esencial, se utiliza en casi todas las etapas del proceso en específico en la trituración, la concentración y lavado de minerales, sin embargo, una vez que ha cumplido su función, esta agua no siempre recibe el tratamiento necesario. Por su parte, la recirculación de aguas residuales en minería consiste en la recuperación y tratamiento de las aguas utilizadas durante las distintas etapas del proceso extractivo, con el fin de reincorporarlas en el sistema operativo.

Aliaga Churruarrin (2023) señala que la recirculación de aguas residuales en minería permite optimizar el uso de recursos hídricos, esta práctica surge como una alternativa valiosa para transformar lo que antes se consideraba un desecho en un recurso útil dentro del mismo ciclo productivo, permite reducir el consumo de agua fresca, minimizar la descarga de efluentes contaminantes, optimizar el uso de recursos hídricos en zonas de alta presión ambiental y mejorar la eficiencia hídrica de las operaciones. Esta es una manera de hacer minería con mayor conciencia ambiental, sin comprometer la productividad.

Las operaciones mineras generan grandes volúmenes de aguas residuales provenientes de actividades como la trituración, concentración, lixiviación y lavado de minerales, estas aguas suelen contener sólidos suspendidos, metales pesados, reactivos químicos y otras sustancias que requieren tratamiento antes de su recirculación, para ello, se emplean tecnologías como filtros prensa, sistemas de flotación, reactores y procesos de ósmosis inversa, dependiendo de la carga contaminante y los requerimientos técnicos del sitio (Alvizuri Tintaya, P. A. (2022).

Cada una de estas herramientas permite remover sólidos, metales y sustancias químicas que podrían afectar tanto el medio ambiente como la calidad del proceso minero, es necesario que además de la tecnología, se tenga en cuenta el potencial de impactos hidrológicos significativos y que las empresas mineras acostumbran invertir considerables recursos en el desarrollo de estrategias de gestión del agua y del medio ambiente para reducir o evitar los posibles impactos en las comunidades

y el medio ambiente, pero es necesario que se implementen con la firme intención de invertir, innovar y adaptar los sistemas a una nueva forma de pensar respecto al agua por ser este un elemento fundamental de la sostenibilidad y la minería. (Northey et al. (2019).

Aduvire (2018), señala que la implementación de sistemas de tratamiento de aguas ácidas en minería exige un diseño técnico en minería que tenga en cuenta la composición química del agua residual, especialmente por la presencia y acumulación de metales como hierro (Fe), aluminio (Al), cadmio (Cd) y plomo (Pb). Estos elementos pueden acumularse y generar efectos negativos si no se controlan de modo adecuado. Es fundamental establecer Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permitidos (LMP) que formen parte de la gestión ambiental en minería y posibiliten el desarrollo de proyectos mineros sostenibles que permitan evitar impactos prolongados en los ecosistemas acuáticos.

La recirculación de aguas residuales representa una oportunidad para reducir costos operativos, mejorar el desempeño ambiental y avanzar hacia una gestión hídrica más eficiente. Su incorporación en el diseño de políticas públicas y marcos jurídicos permitiría fortalecer la sostenibilidad del sector minero y contribuir al cumplimiento de los compromisos ambientales nacionales e internacionales.

1.5. Enfoques de sostenibilidad y justicia ambiental

Cuando se habla de los drenajes ácidos de mina (DAM) no basta con verlos como un problema químico o un asunto de cumplimiento normativo, se requiere de un enfoque integral que analice la magnitud de sus impactos y articule tanto la sostenibilidad propia del modelo de economía circular, como la justicia ambiental como principio normativo fundamental.

La sostenibilidad plantea que las actividades humanas, en especial las extractivas deben desarrollarse sin comprometer el futuro de las próximas generaciones, lo que implica no solo reducir daños, sino repensar los modelos de producción y consumo. En este escenario se hace necesario que la sostenibilidad sea vista desde una perspectiva cuyo punto de partida sea la economía circular, establecida como un sistema de producción y consumo que promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, extendiendo la vida útil de los productos mediante innovación, colaboración intersectorial y aprovechamiento de los flujos de recursos para reducir emisiones de agentes contaminantes. (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2022.).

En su aplicación al contexto de los DAM, la economía circular transforma el pasivo ambiental en una oportunidad, los vertidos y residuos pueden ser tratados como recursos potenciales a través de procesos de prevención, recirculación y

aprovechamiento generando eficiencia y fomentando la innovación ecológica, tal como la presenta una propuesta denominada eco-diseño, que consiste en una metodología que genera acciones que se orientan a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación hasta su tratamiento como residuo (Hernández Gil, 2022; Pinzón, 2021).

El enfoque de justicia ambiental aborda la distribución equitativa de los beneficios y cargas asociados con la explotación de recursos naturales, este enfoque reconoce que los efectos negativos de la contaminación como es el caso de los DAM, recaen desproporcionadamente en la salud y el entorno de comunidades y ecosistemas cercanos a los proyectos mineros, situación que los expone y los hace vulnerables, mientras que los beneficios se concentran en actores con mayor poder político o económico, lo que tiene sustento en que todos los grupos tienen derecho a un ambiente sano y acceso equitativo a los recursos naturales comunes, además de la participación real de las comunidades en las decisiones que afectan sus territorios. (Corte constitucional, 2023)

Desde una perspectiva jurídica en Colombia, la justicia ambiental ha evolucionado como un instrumento para corregir desequilibrios socioambientales relacionados con la distribución de los bienes, servicios, cargas y riesgos ambientales, en un tiempo y espacio específico y visibilizar las injusticias contra colectivos marginados a través de las estructuras y con la intervención de las autoridades encargadas por el Estado que se ocupa de dirimir los conflictos relacionados con asuntos ambientales. (Bellmont, 2012).

Integrar sostenibilidad y justicia ambiental en la regulación de los DAM permite construir normas más legítimas y sólidas. La sostenibilidad aporta una orientación hacia la eficiencia y responsabilidad la gestión de los DAM, mientras que la justicia ambiental asegura que los beneficios y responsabilidades se distribuyan con equidad, respetando el derecho a vivir en un ambiente saludable y garantizando la participación comunitaria en la toma de decisiones garantizando que esas soluciones sean legítimas y protectoras de los derechos colectivos

Este enfoque doble proyecta un modelo jurídico que no solo se enfoque en mitigar el daño ambiental, sino que también en anticipar y prevenir riesgos ecológicos y sociales a través del diseño normativo integral, que fortalezca la resiliencia del territorio frente a los impactos mineros y que promueva prácticas responsables y regenerativas en el sector.

1.6. Marco conceptual del reúso sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM)

El reúso sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM) se enmarca dentro de los principios de la economía circular, la cual busca transformar los residuos en

recursos mediante procesos que promuevan la regeneración ambiental, la eficiencia en el uso de materiales y la innovación tecnológica, entendiendo el enfoque de la economía circular, que propone cerrar los ciclos de producción y consumo, reduciendo al mínimo los desechos y aprovechando al máximo los recursos disponibles. Bajo esta lógica, el reúso sostenible de los DAM implica tratarlos y transformarlos en insumos útiles, ya sea para recuperar metales valiosos, abastecer procesos industriales que no requieren agua de alta calidad, o incluso para usos agrícolas, siempre que se garantice la seguridad ambiental. (Aliaga Churruarrin, 2023)

Los DAM generados por la oxidación de minerales sulfurados en contacto con agua y oxígeno, representan uno de los pasivos ambientales más críticos de la actividad minera, debido a su alta acidez y contenido de metales pesados por lo que han sido vistos históricamente como un problema ambiental complejo y costoso que requiere contención. Se trata de aguas altamente contaminadas que se generan cuando ciertos minerales, especialmente los que contienen azufre, reaccionan con el aire y el agua, liberando ácidos y metales pesados (Arismendy Vidales, 2018). Sin embargo, en los últimos años ha surgido una nueva forma de entender estos residuos, no solo como un pasivo ambiental, sino como una oportunidad para innovar y avanzar hacia una minería más sostenible.

Tradicionalmente la gestión de los DAM ha estado orientada a su neutralización y confinamiento, sin considerar su potencial de valorización. La mayoría de las estrategias históricas para el manejo de DAM se han centrado en neutralizar la acidez mediante el uso de reactivos químicos como la cal y en confinar los residuos en estructuras como piscinas de sedimentación, presas de relaves o sistemas de tratamiento pasivo. Estas prácticas buscan evitar que los DAM contaminen cuerpos de agua y suelos, pero no necesariamente promueven su valorización o reúso. Sin embargo, el enfoque de economía circular permite replantear esta visión, promoviendo el reúso de estos efluentes como insumos para procesos industriales, recuperación de metales, o incluso como fuente de agua tratada para usos específicos, siempre que se garantice la protección ambiental y la salud pública (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

El reúso sostenible implica no solo la aplicación de tecnologías de tratamiento, también se le debe dar aplicación a la reutilización de aguas ácidas de la minería, la optimización del consumo de agua, las mediciones técnicas de los DAM, la implementación de un modelo de economía circular, alineados con políticas públicas que incluyan la creación de un marco jurídico que incentive estas prácticas. En este sentido, la economía circular propone un modelo de gobernanza ambiental que articula la gestión de residuos con la innovación normativa, la participación multisectorial y la resiliencia ecológica (Aliaga Churruarrin, 2023).

En Colombia, aunque existen instrumentos normativos relacionados con la gestión de aguas residuales mineras como la Resolución 631 de 2015 y la Resolución 0447 de 2020, que establecen parámetros de vertimiento para aguas residuales, incluyendo las generadas por actividades mineras, estas no contemplan explícitamente el reúso o aprovechamiento de los DAM como parte de un ciclo productivo, la economía circular no tiene el alcance suficiente dentro de la regulación actual. Esto sugiere que el enfoque regulatorio ha sido más reactivo que propositivo y aún se evidencian vacíos en la incorporación explícita de principios de economía circular en la regulación de los DAM (Ministerio de Minas y Energía, 2020; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, 2020). Por lo que se hace necesario avanzar hacia una propuesta jurídica integral que reconozca el valor de estos efluentes como recursos estratégicos, que promueva su reúso sostenible y fortalezca la normatividad ambiental en el sector minero.

El marco conceptual del reúso sostenible de los DAM no solo redefine la relación entre minería y medio ambiente, sino que también plantea una oportunidad para transitar hacia modelos productivos más responsables, resilientes y alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1.7. Costos de la gestión convencional de los drenajes ácidos de mina DAM

La gestión convencional de los drenajes ácidos de mina (DAM) representa uno de los desafíos más costosos y complejos para la industria minera, especialmente en contextos como el colombiano, donde las condiciones geológicas y climáticas favorecen la generación de estos efluentes contaminantes. Los costos asociados a su tratamiento incluyen no solo la implementación de tecnologías de neutralización química, sino también gastos recurrentes en monitoreo ambiental, mantenimiento de infraestructuras, disposición de residuos y cumplimiento normativo.

Según la Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros del Ministerio de Minas y Energía de Colombia, los métodos convencionales de tratamiento activo como la adición de carbonato de calcio o de cal para neutralizar la acidez, pueden implicar inversiones significativas en supervisión constante del sistema, de electricidad, insumos químicos y operación continua, lo cual no garantiza una solución definitiva al problema. Además, estos sistemas suelen generar lodos neutros con altos contenidos de ferrihidrita y metales que requieren una disposición adecuada, lo que incrementa aún más los costos operativos y ambientales. (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2020).

Por otro lado, estudios como el de Cruz Becerra (2015) destacan que los tratamientos pasivos, aunque menos costosos en términos de operación, requieren extensas áreas de terreno y largos períodos de estabilización, lo que limita su

aplicabilidad en zonas de alta actividad minera o con restricciones espaciales. En este sentido, la elección de un método convencional no solo depende de la eficiencia técnica, sino también de su viabilidad económica y ambiental a largo plazo.

La falta de integración de principios de economía circular en la gestión de DAM perpetúa un modelo lineal de tratamiento y disposición, donde los recursos utilizados no se recuperan ni se reintegran al ciclo productivo. Esto representa una pérdida económica significativa para las empresas mineras y una carga ambiental para las comunidades circundantes, por lo cual un enfoque circular permitiría transformar los DAM en fuentes potenciales de recuperación de metales, agua tratada y otros subproductos útiles, reduciendo los costos de tratamiento y generando valor agregado.

Los costos de la gestión convencional de DAM no se limitan al aspecto financiero, sino que abarcan dimensiones sociales, ambientales y regulatorias que exigen una revisión profunda del modelo actual, la transición hacia esquemas jurídicos basados en economía circular podría ofrecer soluciones más sostenibles y económicamente viables para el sector minero colombiano.

1.8. Beneficios económicos del modelo circular

La implementación de un modelo jurídico basado en los principios de la economía circular en la gestión de los drenajes ácidos de mina (DAM) no solo representa una estrategia ambientalmente responsable, sino también una oportunidad para generar beneficios económicos significativos permitiendo optimizar recursos y reducir costos operativos en el sector minero colombiano. Este enfoque posibilita la transformación de los DAM que han sido tradicionalmente considerados pasivos ambientales, en activos productivos mediante la recuperación de recursos valiosos como metales disueltos, agua tratada y subproductos industriales, o que contribuye a disminuir la dependencia de insumos externos y a mejorar la eficiencia en los procesos productivos.

Uno de los principales beneficios económicos radica en la reducción de costos operativos, al adoptar tecnologías de recirculación y aprovechamiento de los DAM las empresas pueden disminuir los gastos asociados al tratamiento convencional, la disposición de residuos y el cumplimiento de normativas y obligaciones ambientales. Según la Fundación Ellen MacArthur (2019), los modelos circulares permiten aumentar la eficiencia en la utilización de recursos, lo que se traduce en mejoramiento de la rentabilidad de las operaciones industriales, menores costos de producción y mayor competitividad empresarial.

Además, la valorización de los DAM puede generar nuevas fuentes de ingreso, estudios como el de Alvizuri Tintaya, P. A. (2022), señalan que los drenajes ácidos contienen metales pesados como hierro, plomo, cadmio, cobre, níquel, cromo, cobalto, mercurio, zinc y arsénico, cuya recuperación mediante procesos adecuados puede representar una alternativa rentable frente a la extracción. Esta recuperación no solo reduce la presión sobre los yacimientos naturales, sino que también abre la posibilidad de comercializar estos materiales en mercados secundarios.

La adopción de prácticas circulares también incentiva la innovación tecnológica y la inversión en soluciones sostenibles, lo que puede facilitar el acceso a mecanismos de financiamiento sostenible, mejorar la reputación corporativa y fortalecer la competitividad del sector minero. En el contexto colombiano, donde la minería enfrenta crecientes exigencias sociales y ambientales, adoptar prácticas circulares puede favorecer la disponibilidad de incentivos fiscales, certificaciones ambientales y alianzas estratégicas con actores públicos y privados comprometidos con el desarrollo sostenible. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha promovido guías técnicas orientadas a incorporar la economía circular en las actividades mineras, reconociendo su potencial para mejorar el desempeño económico y ambiental de las empresas. (Minambiente, 2021)

Los beneficios económicos del modelo circular aplicado a los DAM se manifiestan en la optimización de costos, la generación de valor agregado, el acceso a nuevos mercados y el fortalecimiento de la resiliencia empresarial. Esta perspectiva refuerza la necesidad de articular un marco jurídico que promueva la transición hacia una minería más eficiente, responsable y alineada con los objetivos de desarrollo sostenible.

1.9. Impactos ambientales del reúso y recirculación de los drenajes ácidos de mina DAM

La gestión ambiental de los drenajes ácidos de mina (DAM) ha sido tradicionalmente abordada como un desafío técnico y regulatorio, dada su alta acidez y contenido de metales pesados que afectan gravemente los ecosistemas acuáticos, el suelo y la salud humana, concibiéndose como una tarea orientada a mitigar sus efectos negativos. Sin embargo, el enfoque de economía circular propone una visión transformadora, que consiste en convertir estos residuos peligrosos en recursos útiles mediante procesos de reúso y recirculación, lo que genera impactos ambientales positivos y sostenibles.

El reúso de los DAM permite recuperar agua tratada y metales valiosos como plomo, el mercurio, el cadmio y arsénico, reduciendo la necesidad de extraer recursos vírgenes y disminuyendo la presión sobre fuentes hídricas naturales. (Alvizuri

Tintaya, P. A. 2022). Esta práctica contribuye a la conservación de ecosistemas sensibles, especialmente en zonas mineras donde el acceso al agua es limitado y los cuerpos hídricos están expuestos a contaminación constante. En Colombia, departamentos como Boyacá y Antioquia han reportado afectaciones significativas en ríos y quebradas por vertimientos ácidos, lo que evidencia la urgencia de adoptar soluciones más sostenibles (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

La recirculación de DAM dentro de los procesos mineros permite cerrar el ciclo del agua, evitando que estos efluentes lleguen a cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Esto reduce el riesgo de acidificación de fuentes hídricas, la acumulación de metales en sedimentos y la pérdida de biodiversidad acuática. (Ministerio de Minas y Energía, 2020). Además, al disminuir la necesidad de captar agua fresca, se promueve un uso más racional del recurso hídrico y se mejora la resiliencia ecológica de las cuencas hidrográficas.

Desde una perspectiva más amplia, el reúso y la recirculación de DAM también fortalecen la ética ambiental de la actividad minera, al reconocer que cada residuo puede tener un valor y que la protección del entorno no debe ser vista como un costo, sino como una inversión en sostenibilidad. Este cambio de paradigma requiere voluntad institucional, innovación tecnológica y un marco jurídico que incentive prácticas circulares, pero sobre todo demanda una conciencia ambiental que reconozca la interdependencia entre el desarrollo económico y el bienestar de los ecosistemas.

En este sentido la economía circular aplicada a la gestión de DAM no solo previene impactos negativos, sino que genera beneficios ambientales tangibles como la reducción de emisiones de distintas sustancias químicas, la conservación de recursos naturales y la restauración de zonas degradadas, la transición hacia este modelo representa una oportunidad para repensar la relación entre minería y naturaleza promoviendo una actividad extractiva más respetuosa, regenerativa y alineada con los objetivos globales de sostenibilidad.

1.10. Incentivos económicos y fiscales disponibles de Colombia.

La política ambiental colombiana reconoce que la regulación por sí sola no es suficiente para garantizar la sostenibilidad de las actividades mineras, por lo que se han diseñado instrumentos económicos y fiscales que incentivan a las empresas a invertir en tecnologías limpias, así como la gestión de control y mitigación de impactos ambientales, en sectores como la minería, incluyendo aquellos relacionados con el drenaje ácido de mina (DAM). Estos beneficios incluyen deducciones tributarias, exenciones de IVA y aranceles para equipos de control ambiental, así como descuentos en renta por proyectos de conservación.

Entre los principales incentivos vigentes se cuenta con los siguientes:

Las deducciones en el impuesto de renta, que apoyan las inversiones destinadas al control, conservación y mejoramiento del medio ambiente que pueden deducirse de la base gravable del impuesto de renta. Esto incluye proyectos de tratamiento de aguas residuales, reducción de emisiones y manejo de residuos (MinAmbiente, s.f.).

Se incluyen también las exenciones de IVA y aranceles para equipos de control ambiental que se orientan a la adquisición e importación de equipos y elementos necesarios para sistemas de control y monitoreo ambiental, reciclaje, depuración y tratamiento de aguas residuales están exentas del pago de IVA y aranceles, lo que facilita la incorporación de tecnologías de tratamiento pasivo y activo en minería. (MinAmbiente–ANLA, s.f.).

Frente a los descuentos tributarios adicionales frente eficiencia y reducción de emisiones existen beneficios fiscales para proyectos de eficiencia energética y reducción de emisiones que pueden aplicarse a operaciones mineras que adopten tecnologías más limpias (PwC Colombia, 2024).

Con la Certificación ambiental, ISO 14001 emitida por la ANLA, las empresas que obtienen certificaciones ambientales reconocidas como la ISO 14001, pueden acceder a beneficios tributarios y reducciones en trámites administrativos, lo que incentiva la adopción de estándares internacionales. (MinAmbiente, s.f.; ANLA, 2025)

Existen Fondos de cofinanciación para proyectos de remediación y cierre de minas, aunque no son estrictamente fiscales, el Estado y organismos multilaterales han promovido fondos de apoyo para proyectos de remediación ambiental y cierre de minas, que complementan los incentivos tributarios. (MinAmbiente, s.f.).

Estos incentivos buscan que las empresas mineras incorporen los costos ambientales y vean la sostenibilidad como una oportunidad de competitividad, sin embargo, su aplicación práctica enfrenta retos como la falta de divulgación y la limitada capacidad institucional para verificar el cumplimiento. Fortalecer estos mecanismos podría ser clave para que Colombia avance hacia un modelo de minería más responsable, especialmente en la gestión de DAM.

1.11. Análisis costo-beneficio del modelo propuesto.

La implementación de un modelo integral para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia requiere evaluar no solo su viabilidad normativa, sino también su balance económico y social. El análisis costo-beneficio permite identificar si los

recursos invertidos en prevención, tratamiento y remediación generan beneficios superiores a los costos, tanto para las empresas como para la sociedad.

Es fundamental comprender que, aunque la inversión inicial en infraestructura, operación y capacitación representa un esfuerzo considerable para las empresas mineras, los beneficios que se derivan de su implementación superan ampliamente estos gastos. Como lo señala el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina resultan más económicas y sostenibles que las acciones de remediación tardía. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Tabla 1. Cuadro descriptivo. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO DEL MODELO QUE SE PROPONE

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO DEL MODELO QUE SE PROPONE		
Item	Descripción	Posible impacto
I.COSTOS	Inversión inicial en infraestructura	Instalación de sistemas pasivos y activos de tratamiento del DAM
	Operación y mantenimiento anual	Monitoreo, insumos químicos y operación de equipos de filtración
	Capacitación y certificación	Formación técnica y obtención de la certificación ISO 14001
	Garantías financieras	Pólizas mineras y fianzas o depósitos obligatorios para asegurar o garantizar la remediación.
BALANCE DE COSTOS	Elevada inversión inicial, especialmente para PYMES mineras.	Requiere apoyo institucional, acceso a incentivos fiscales, gestión y calidad de toda la cadena de valor de la minería.
II.BENEFICIOS	Reducción de pasivos ambientales	Menor contaminación de aguas y suelos, ahorro en acciones de remediación futura.
	Mejora en salud pública	Disminución de enfermedades asociadas a metales pesados
	Competitividad empresarial	Acceso a incentivos fiscales y mercados sostenibles.
	Cumplimiento normativo y reputacional	Reducción de sanciones y fortalecimiento de licencia social.
	Ahorro a largo plazo	Prevención de costos futuros de remediación y litigios ambientales
BALANCE DE BENEFICIOS	Beneficios acumulados superan ampliamente los costos iniciales	Modelo viable y socialmente rentable

Fuente: Elaboración propia a partir de: MiningWatch Canada (2001); Julca Zuloeta D (2022); Ministerio de Minas y Energía (2020); Ministerio de Minas y Energía (2024).

Los costos asociados a la implementación del modelo integral incluyen la inversión inicial en infraestructura, la operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento, la capacitación del personal y las garantías financieras exigidas por la normativa ambiental. Aunque estas erogaciones pueden parecer elevadas, especialmente para pequeñas y medianas empresas, representan una inversión estratégica que

asegura la continuidad de las operaciones y la reducción de riesgos futuros. La experiencia internacional confirma que los costos de prevención son menores que los de remediación, lo que convierte estas inversiones en una decisión racional y sostenible. (MiningWatch Canada, 2006).

Los beneficios esperados del modelo son múltiples y abarcan desde la reducción de pasivos ambientales hasta la mejora en la salud pública dado que al disminuir la contaminación de cuerpos hídricos y suelos, se evitan gastos futuros de remediación y se protege la biodiversidad, la menor exposición de comunidades a metales pesados reduce los costos en atención médica y mejora la calidad de vida, en el ámbito empresarial, la adopción de prácticas sostenibles abre la puerta a incentivos fiscales y certificaciones internacionales, fortaleciendo la competitividad y la reputación corporativa. Estos beneficios, acumulados en el tiempo, superan ampliamente los costos iniciales (Julca, 2022).

El modelo implica costos iniciales altos, pero necesarios para garantizar la sostenibilidad y que a largo plazo reflejarán los beneficios sociales, ambientales y económicos que según el análisis realizado superan ampliamente los costos, especialmente en reducción de pasivos y ahorro a largo plazo. El análisis confirma que la prevención y gestión temprana del DAM es más eficiente que la remediación tardía.

En síntesis, el modelo propuesto no solo es viable desde el punto de vista económico, sino que también resulta socialmente rentable y ambientalmente necesario. Entre los beneficios más relevantes se destacan la reducción de pasivos ambientales que evita la contaminación de aguas y suelos, la mejora en la salud pública al disminuir la exposición de comunidades a metales pesados, y el fortalecimiento de la competitividad empresarial gracias al acceso a incentivos fiscales y mercados internacionales que valoran la sostenibilidad. Además, el cumplimiento normativo y la mejora reputacional reducen sanciones y consolidan la licencia social para operar, mientras que el ahorro a largo plazo evita los elevados costos de remediación tardía.

Capítulo 2. Marco Jurídico

2.1. Principios del derecho ambiental aplicables a la minería

Cuando se habla de minería en Colombia, no se puede dejar de lado los principios que rigen el derecho ambiental, ya que, por su alto potencial de impacto sobre el entorno natural, debe desarrollarse bajo reglas jurídicas que prioricen la protección del medio ambiente. Los lineamientos que orientan estas reglas obedecen y tienen como punto de partida los principios rectores del derecho ambiental que orientan la gestión sostenible del territorio. Normas como la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076

de 2015 establecen principios básicos como el principio de prevención, el de precaución, los cuales buscan que las empresas no solo actúen cuando el daño ya está hecho, sino que anticipen los riesgos y trabajen para evitarlos (Congreso de Colombia, 1993; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Estos principios adquieren especial relevancia frente a los drenajes ácidos de mina (DAM) dado que su generación y persistencia comprometen la calidad del agua y la salud de los ecosistemas, aplicar de manera coherente estos principios jurídicos es clave para avanzar hacia un modelo de economía circular que permita prevenir, tratar y reutilizar los DAM de forma sostenible.

2.1.1. Principio de prevención

En Colombia, uno de los pilares fundamentales es el principio de prevención, establecido en la Ley 99 de 1993 y en el artículo 80 de la Constitución Política. Este principio busca evitar que las actividades mineras generen daños ambientales y exige que se tomen medidas anticipadas para evitar daños ambientales antes de que ocurran (Congreso de Colombia, 1991; 1993). En la práctica, esto se traduce en la obligación de realizar estudios de impacto ambiental previos a cualquier proyecto minero, requisito que se formaliza mediante la licencia ambiental, regulada por el Decreto 1076 de 2015. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La Corte Constitucional ha respaldado este enfoque preventivo, destacando en la Sentencia C-293 de 2002 que el Estado tiene el deber de actuar antes de que se materialicen los riesgos ambientales asociados a la minería (Corte Constitucional de Colombia, 2002). Además, señala la Constitución, que el Estado debe prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (congreso de Colombia art. 80). En el caso de los drenajes ácidos de mina (DAM), la prevención implica identificar el potencial de generación de ácido en los materiales extraídos y diseñar planes de manejo que eviten su formación. Aplicar este principio significa que las empresas deben incorporar tecnologías y prácticas que reduzcan la posibilidad de contaminación hídrica desde el inicio de la explotación.

2.1.2. Principio de precaución

Otro principio clave es el principio de precaución, también consagrado en la Ley 99 de 1993, este permite que se adopten medidas de protección incluso cuando existe incertidumbre científica sobre los efectos de una actividad o no hay certeza científica total, siempre que exista la posibilidad de un daño grave o irreversible. (Congreso de la República de Colombia, 1993). En el ámbito minero este principio ha sido determinante para frenar actividades en zonas sensibles, por ejemplo, en la

Sentencia T-154 de 2013 la Corte ordenó suspender operaciones mineras en áreas ecológicamente valiosas debido a la falta de estudios concluyentes. (Corte Constitucional de Colombia, 2013). Este principio refuerza la idea de que, ante la duda científica, debe prevalecer la protección de los ecosistemas más vulnerables.

Por su parte, la Corte Constitucional señaló en la Sentencia C-293 de 2002 que este principio obliga al Estado y a los particulares a actuar con prudencia frente a riesgos ambientales (Corte Constitucional de Colombia, 2002). En minería esto implica que aun sin certeza absoluta sobre la magnitud de los impactos de los DAM, deben adoptarse medidas de control y monitoreo, el principio de precaución se convierte en una herramienta jurídica para garantizar que la falta de información no sea excusa para omitir acciones de protección ambiental.

2.1.3. Principio de responsabilidad

El principio de responsabilidad también llamado principio de quien contamina paga establece que quienes causen daño ambiental deben asumir los costos de reparación, mitigación y compensación de esos impactos, esto implica que las empresas mineras no solo deben responder por los daños que ocasionan sino también implementar medidas para restaurar los ecosistemas afectados. La Ley 1333 de 2009, que regula el procedimiento sancionatorio ambiental refuerza este principio al facultar a las autoridades para imponer sanciones y exigir la restauración de los ecosistemas afectados. (Congreso de Colombia, 2009).

En el contexto de la gestión de los DAM, por tratarse de residuos altamente contaminantes que deben ser tratados adecuadamente, este principio implica que las empresas mineras deben responder por la contaminación generada incluso después del cierre de la mina. La responsabilidad jurídica asegura que los pasivos ambientales no queden sin atender y que los costos de remediación no recaigan sobre la sociedad. La Guía Minero Ambiental de Explotación (2024) generada por el Ministerio de Minas y Energía, exige que los planes o medidas de manejo ambiental incluyan acciones específicas para controlar y remediar estos pasivos alineando así la responsabilidad económica de las empresas con la protección del entorno.

2.1.4. Desarrollo sostenible

Un pilar esencial es el de desarrollo sostenible que exige que el uso de los recursos naturales y que las actividades económicas como la minería, se realicen sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras. En el sector minero, esto implica restaurar los ecosistemas intervenidos, compensar los impactos negativos y manejar adecuadamente los residuos. El Decreto 1076 de 2015 establece

lineamientos para que los proyectos mineros cumplan con estos compromisos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La Ley 99 de 1993 reconoce este principio como eje central de la política ambiental en Colombia señalando que el crecimiento económico debe estar en equilibrio con la protección de los recursos naturales. En el caso de los drenajes ácidos de mina (DAM), este principio implica que las empresas no solo deben pensar en la rentabilidad inmediata, sino también en cómo sus decisiones afectan el agua, los suelos y la biodiversidad a largo plazo, aplicar este enfoque significa que la minería debe integrar prácticas de economía circular para que los residuos se transformen en recursos y se reduzca la presión sobre el ambiente. (Congreso de Colombia, 1993).

2.1.5. Participación Ciudadana

Un principio y derecho fundamental es el de participación ciudadana, el cual reconoce y garantiza que las comunidades afectadas por proyectos mineros puedan intervenir en los procesos de evaluación ambiental por tratarse de decisiones que afectan su entorno, este derecho está consagrado en la Ley 99 de 1993 como uno de los pilares de la política ambiental en Colombia, al establecer que toda persona puede opinar y ser escuchada en los procesos de planificación y gestión ambiental, implica que las poblaciones cercanas a los proyectos deben ser informadas y consultadas sobre los riesgos y medidas de manejo, especialmente frente a problemas como los drenajes ácidos de mina (DAM). (Congreso de Colombia, 1993). Esto no solo fortalece la legitimidad de las decisiones, sino que permite incorporar conocimientos locales en la gestión ambiental.

La Corte Constitucional reafirmó en la Sentencia SU-123 de 2018, que la consulta previa es obligatoria en comunidades indígenas y afrodescendientes especialmente cuando se trata de actividades extractivas. (Corte Constitucional, 2018). En el contexto de los drenajes ácidos de mina, este principio es clave para construir soluciones jurídicas que respondan a las realidades del territorio, fortaleciendo la legitimidad de las decisiones ambientales y permitiendo incorporar conocimientos locales en la gestión de impactos como los drenajes ácidos de mina.

Los principios de prevención, precaución, responsabilidad, desarrollo sostenible y participación ciudadana conforman el núcleo del derecho ambiental aplicable a la minería en Colombia y funcionan como piezas de un mismo engranaje que permite que la actividad extractiva se oriente hacia la protección de los recursos naturales y la garantía de los derechos colectivos, especialmente frente a riesgos como los drenajes ácidos de mina (DAM). La prevención y la precaución aseguran que los impactos se anticipen y se gestionen aun en escenarios de incertidumbre, la responsabilidad garantiza que quienes generan daños asuman su reparación, el

desarrollo sostenible equilibra la explotación con la conservación y la participación ciudadana legitima las decisiones al incluir la voz de las comunidades. En conjunto, estos principios ofrecen el marco jurídico indispensable para avanzar hacia un modelo de economía circular que transforme los DAM en oportunidades de recirculación y sostenibilidad.

2.2. La economía circular en la legislación ambiental colombiana

En Colombia el concepto de economía circular empezó a tomar fuerza como política pública con la creación de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), lanzada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2019. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Esta estrategia establece lineamientos para reducir, reutilizar, reciclar y valorizar los residuos en sectores clave como el minero, agrícola e industrial invitando a usar de manera más eficiente los materiales, el agua y la energía, y a reducir el desperdicio mediante acciones como reutilizar, reciclar y recuperar recursos.

Aunque la ENEC tiene el respaldo del gobierno no es una norma obligatoria, es decir que no tiene rango legal ni fuerza vinculante lo que significa que no puede exigirse su cumplimiento en sectores como el minero. Aunque no existe una ley específica sobre economía circular la ENEC se articula con normas como la Ley 1672 de 2013 sobre gestión integral de residuos. En este campo podría aplicarse para tratar y reutilizar los drenajes ácidos de mina (DAM), pero al no ser una obligación legal, su implementación depende de la voluntad de las empresas o autoridades (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

En el ámbito minero la legislación ambiental colombiana aún presenta vacíos para aplicar plenamente los principios de circularidad. El Código de Minas Ley 685 de 2001 no contempla mecanismos jurídicos explícitos para la recirculación de residuos como los drenajes ácidos de mina (DAM), lo que limita la implementación de modelos sostenibles. (Congreso de la República de Colombia, 2001). Sin embargo, el Decreto 1076 de 2015 establece criterios técnicos para el manejo de residuos peligrosos incluyendo los generados por actividades extractivas, lo que permite una interpretación normativa favorable a la economía circular. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Según la ENEC la inclusión de prácticas circulares en minería requiere ajustes regulatorios que integren la gestión ambiental con la planificación territorial y la innovación tecnológica el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (2019).

En cuanto a las normas vigentes, el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 1257 de 2021 permiten el reúso de aguas residuales tratadas lo cual se relaciona con los principios de la economía circular (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, 2021). Sin embargo, estas normas no exigen que los recursos se reincorporen

a los procesos productivos, ni ofrecen incentivos para que las empresas innoven en el tratamiento de residuos líquidos, además, en Colombia todavía no existe una ley que defina jurídicamente qué es la economía circular, ni que la conecte con el sistema ambiental actual, esto genera vacíos legales que dificultan su aplicación en sectores con alto impacto ambiental, como la minería.

La Corte Constitucional en Sentencia SU 095-18 se señaló que la legislación debe evolucionar para garantizar la protección efectiva del ambiente frente a actividades de alto impacto como la minería, existe la necesidad de contar con un ordenamiento del territorio claro, integral y actualizado que permita el diseño de un ordenamiento minero coherente con los demás sectores que brinde seguridad a todas las partes interesadas en el sector extractivo al establecer con claridad las normas de uso del suelo y del subsuelo y clarificar la situación y priorización de las actividades productivas que se desarrollan en los territorios. Esta postura respalda la necesidad de incorporar modelos jurídicos de economía circular que permitan prevenir, tratar y reutilizar los DAM de forma sostenible. Corte Constitucional de Colombia. (2018). En este contexto, la economía circular no solo representa una estrategia técnica, sino también una herramienta jurídica para fortalecer el cumplimiento de los principios ambientales en el sector minero colombiano.

Por otro lado, el Congreso de la República ha presentado proyectos de ley para regular el mercado de valorización de residuos sólidos dentro del enfoque de economía circular como el Proyecto de Ley 201 del año 2023 sobre gestión integral de residuos y el Proyecto de Ley No. 085 de 2023 que busca regular la gestión integral de residuos sólidos, incentivar la producción y el consumo sostenible mediante la política Colombia Consume Responsable y dictar las pautas nacionales para la economía circular. Sin embargo, estos proyectos aún no han sido aprobados ni reglamentados, por lo que no tienen efecto legal. (Congreso de la República de Colombia, 2023).

La Guía Minero-Ambiental de Explotación del Ministerio de Minas y Energía 2026 se presenta como un documento clave para comprender cómo se regulan y orientan las prácticas mineras en Colombia. Más allá de enumerar normas como la Ley 685 de 2001 o la Ley 1955 de 2019, la Guía busca ofrecer un camino práctico para que la explotación de recursos se realice con responsabilidad ambiental. En este sentido, no solo recopila la normativa vigente, sino que la traduce en directrices claras que permiten a las empresas y autoridades avanzar hacia un modelo más sostenible. Para el tema de los drenajes ácidos de mina (DAM), este texto resulta especialmente valioso, pues brinda pautas que ayudan a dimensionar los riesgos y a pensar en soluciones preventivas. Sin embargo, aún se percibe que estas orientaciones carecen de fuerza jurídica obligatoria, lo que abre la puerta a reflexionar sobre la necesidad de un marco normativo más sólido. (Ministerio de Minas y energía 2026).

Uno de los aportes más interesantes de la Guía introduce la economía circular como un principio aplicable a la minería, allí se destacan ejemplos de empresas colombianas que han logrado reincorporar materiales y subproductos en sus procesos demostrando que la sostenibilidad no es solo un ideal, sino una práctica posible, este enfoque abre la puerta a pensar la minería como una actividad que puede generar valor sin agotar los recursos ni dejar pasivos ambientales irreversibles. No obstante, la Guía plantea estas prácticas como recomendaciones técnicas sin convertirlas en obligaciones jurídicas. En el marco de esta tesis, esa diferencia es crucial porque mientras las experiencias muestran que la circularidad es viable, la falta de un mandato legal limita su alcance, por ello resulta evidente que la economía circular debe pasar de ser un lineamiento voluntario a convertirse en un principio normativo vinculante, capaz de asegurar que la explotación minera se realice bajo esquemas de aprovechamiento sostenible. (Ministerio de Minas y energía 2026).

En resumen, la economía circular en Colombia está en una etapa de transición. Hay avances importantes en términos de política pública, pero todavía falta una base jurídica sólida que permita aplicar sus principios de manera obligatoria y efectiva, especialmente en temas como la gestión de los DAM.

2.3. Régimen jurídico del recurso hídrico en Colombia

El agua en Colombia no es solo un recurso natural, es un derecho fundamental y una pieza clave para la vida, el ambiente y el desarrollo. La Constitución Política de Colombia lo especifica en su artículo 80 como una garantía de que todos tenemos derecho a un ambiente sano lo que incluye proteger nuestros ríos, quebradas y acuíferos, esta idea se concreta en la Ley 99 de 1993, que creó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y le dio al Ministerio de Ambiente la tarea de cuidar y regular el uso del agua (Congreso de Colombia, 1993). Esta obligación se articula con el Código de Recursos Naturales Renovables, Decreto 2811 de 1974, que define el agua como un recurso renovable de interés general y regula su uso mediante concesiones, licencias y permisos. (Presidencia de la República de Colombia, 1974). En el contexto minero, estas normas exigen que toda actividad que implique captación, vertimiento o afectación de cuerpos de agua esté sujeta a autorización ambiental previa.

El Decreto 1076 de 2015, detalla específicamente en sus arts. 2.2.3.3.1.1 y 2.2.3.3.5.1, que se refieren al objeto y los requerimientos que establecen cómo se deben solicitar permisos para usar aguas superficiales o subterráneas, y qué condiciones deben cumplirse para evitar que se contaminen, es un compilado de la normativa ambiental que establece no solo los parámetros técnicos y legales para el otorgamiento de concesiones de aguas superficiales y subterráneas, sino también

los límites máximos permisibles en vertimientos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Cuando se habla de minería el tema del agua se vuelve aún más delicado, el Código de Minas Ley 685 de 2001 exige que las empresas o titulares mineros pidan autorización y permisos para usar fuentes hídricas pero no ofrece herramientas claras para reutilizar aguas contaminadas, como los drenajes ácidos de mina (DAM), esto implica que el uso del agua y la generación de drenajes ácidos deben estar regulados por instrumentos de control ambiental como el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). (Congreso de la República de Colombia, 2001). La Resolución 0631 de 2015 complementa este régimen al establecer los valores máximos permisibles de contaminantes en vertimientos puntuales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Los desafíos regulatorios actuales limitan la posibilidad de construir una minería que responda a las necesidades del ambiente, la sociedad y la economía, lo que restringe la incorporación de modelos innovadores como la economía circular en el sector minero colombiano. (Jiménez & Pardo, 2025). La Corte Constitucional en la Sentencia C-035 de 2016, ha sido enfática en que el uso del agua debe estar guiado por el principio de sostenibilidad y hechos objeto de especial protección constitucional, sobre todo en zonas frágiles donde la minería puede causar daños irreversibles (Corte Constitucional de Colombia, 2016).

La jurisprudencia constitucional ha reforzado el carácter fundamental del derecho al agua, en la Sentencia T-418 de 2010, la Corte Constitucional reconoció el acceso al agua potable como un derecho fundamental conexo al derecho a la vida y la salud (Corte Constitucional de Colombia, 2010). Esta interpretación ha sido clave para exigir mayor rigor en el control de actividades extractivas que puedan afectar fuentes hídricas. En el caso de los drenajes ácidos de mina (DAM), el régimen jurídico exige que las empresas mineras implementen tecnologías de tratamiento y recirculación que minimicen el impacto sobre el recurso hídrico en coherencia con los principios de sostenibilidad y economía circular.

Hoy más que nunca Colombia necesita fortalecer su legislación hídrica para enfrentar los desafíos ambientales que trae la minería, aunque la Estrategia Nacional de Economía Circular (2019) propone ideas para usar el agua de forma más eficiente, todavía falta que estas propuestas se conviertan en normas concretas dentro del sector minero. Esta brecha legal es también una oportunidad para poder construir un marco jurídico que permita prevenir, tratar y reutilizar los DAM, respetando los principios constitucionales y cuidando el agua como el bien común que es.

2.4. Regulación específica de los drenajes ácidos de mina (DAM)

En Colombia la regulación de los drenajes ácidos de mina (DAM) se encuentra dispersa en normas ambientales generales sin un instrumento jurídico específico que los aborde de manera integral. El Decreto 1076 de 2015 establece en el artículo 2.2.3.3.5.1, parámetros para vertimientos líquidos incluyendo límites máximos permisibles de sustancias como hierro, aluminio, sulfatos, entre otros, pero no contempla una categoría normativa diferenciada para los DAM. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). La Resolución 0631 de 2015 complementa este marco al definir valores de referencia para vertimientos puntuales aplicables a actividades mineras, industriales y agrícolas, pero sin distinguir el origen ácido ni su persistencia en el tiempo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La Resolución 0447 de 2020, que adopta los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería, pero no contempla explícitamente el reúso o aprovechamiento de los DAM como parte de un ciclo productivo. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

El Ministerio de Minas y Energía publicó en 2020 la Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros, un documento orientador que reconoce la necesidad de fortalecer la gestión de los DAM mediante prácticas de prevención, tratamiento y monitoreo. Sin embargo, este instrumento no tiene fuerza vinculante ni rango normativo, lo que limita su aplicación efectiva en procesos de licenciamiento y fiscalización ambiental. La ausencia de una regulación específica dificulta la trazabilidad jurídica de los pasivos ambientales generados por los DAM (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Dentro de la normativa que regula específicamente el componente minero, se ubica la relacionada con la elaboración del Plan de Trabajos y Obras (PTO), Resolución 299 del 13 de junio de 2018 de la Agencia Nacional de Minería (ANM), la cual modificó la Resolución 143 del 29 de marzo de 2017. En dicho marco se establecen los términos de referencia aplicables a los trabajos de exploración, al programa mínimo exploratorio y al propio PTO para materiales y minerales distintos de los que se encuentran en el espacio y fondo marino. No obstante, es importante señalar que el alcance de estos términos de referencia no incluye lineamientos estratégicos relacionados con la incorporación de buenas prácticas ambientales ni con la aplicación de principios de economía circular, aspectos que resultan clave para avanzar hacia una gestión minera más sostenible. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Desde la jurisprudencia, no se ha identificado hasta la fecha una sentencia constitucional que aborde directamente el tratamiento jurídico de los DAM como

categoría ambiental diferenciada. No obstante, la corte constitucional en sentencia C-339 de 2002 reconoce el drenaje ácido de mina (DAM) como un fenómeno específico y dañino, refiere que es ocasionado por la sobrecarga de explosivos u otros materiales removidos para tener acceso al mineral, puede contener sedimento, metal y sulfuro. Explica que la contaminación del agua causada por el drenaje ácido o la contaminación metalúrgica, puede continuar por cientos de años, después de que la extracción ha finalizado, por lo que se hace necesario incluir el concepto de desarrollo sostenible que involucra un conjunto de instrumentos, entre ellos los jurídicos, que hagan factible el progreso de las próximas generaciones en consonancia con un desarrollo armónico de la naturaleza. (Corte Constitucional de Colombia, 2002).

Decisiones como la Sentencia T-154 de 2013 han ordenado la suspensión de actividades mineras ante la falta de estudios técnicos sobre afectaciones hídricas, lo que evidencia la relevancia del principio de precaución en contextos de contaminación por drenajes ácidos. Esta laguna normativa plantea la necesidad de avanzar hacia un modelo jurídico que incorpore los DAM como objeto regulado, en coherencia con los principios de sostenibilidad y economía circular (Corte Constitucional de Colombia, 2013).

2.5 Normativa sobre residuos líquidos y aguas residuales

La gestión de residuos líquidos y aguas residuales en Colombia está regulada por un conjunto de normas ambientales que establecen parámetros técnicos y obligaciones legales para prevenir la contaminación hídrica. El Decreto 1076 de 2015, establece que cualquier vertimiento a cuerpos de agua debe contar con un permiso ambiental y cumplir con límites específicos de sustancias contaminante y define los valores máximos permisibles para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales, incluyendo sustancias como metales pesados, sólidos suspendidos y demanda química de oxígeno (DQO) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Estos parámetros están definidos en la Resolución 0631 de 2015, que clasifica los tipos de vertimientos y fija estándares técnicos para sectores como el minero, el agrícola y el industrial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En Colombia, el marco normativo sobre vertimientos industriales está regulado por el Decreto 1076 de 2015, el cual establece límites máximos permisibles para la descarga de aguas residuales en cuerpos hídricos, sin embargo, no existe una regulación específica que promueva la recirculación de aguas residuales en minería como parte de una estrategia de economía circular, esta ausencia normativa limita la adopción de prácticas más sostenibles y tecnológicamente avanzadas en el sector extractivo, sin embargo, al configurarse como un vacío legal representa una oportunidad de generar la posibilidad de construir un marco normativo que impulse

prácticas más responsables y alineadas con los desafíos ambientales actuales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En el caso de la minería, los drenajes ácidos de mina (DAM) representan un tipo de residuo líquido altamente peligroso por su acidez y contenido de metales pesados, aunque la legislación reconoce su impacto aún no existen normas específicas que promuevan su reutilización o recirculación dentro de un enfoque de economía circular. La Ley 1252 de 2008 establece reglas generales para el manejo y responsabilidad de minimizar la generación de residuos peligrosos, pero no contempla mecanismos para reincorporarlos en procesos productivos. (Congreso de la República de Colombia, 2008). Es urgente actualizar estas normas para incluir estrategias que permitan tratar y aprovechar los DAM en las regiones mineras.

La Resolución 0631 de 2015 complementa el régimen técnico al establecer los parámetros específicos para el monitoreo de vertimientos diferenciando entre sectores productivos. En el caso de la minería se exige la caracterización de los residuos líquidos generados en aguas residuales no domésticas - ARnD, lo cual incluye los drenajes ácidos, lixiviados y aguas de proceso, esta resolución también establece la frecuencia de muestreo, los métodos analíticos y las condiciones para la presentación de informes ante la autoridad ambiental competente, su aplicación es obligatoria para titulares de licencias ambientales y concesiones de agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La Ley 1333 de 2009 establece el procedimiento sancionatorio ambiental aplicable a quienes incumplan las normas sobre vertimientos líquidos, esta ley faculta a las autoridades ambientales para imponer medidas preventivas, multas y órdenes de suspensión de actividades (Congreso de Colombia, 2009). En el contexto minero la inadecuada gestión de aguas residuales puede constituir una infracción grave especialmente cuando se afectan fuentes hídricas estratégicas o se superan los límites permisibles establecidos por la normativa, la articulación entre estas normas permite avanzar hacia una gestión más rigurosa y sostenible del recurso hídrico en el marco de la economía circular.

La Corte Constitucional también ha intervenido en este tema, en la Sentencia T-154 de 2013, el tribunal recordó que el manejo de residuos líquidos debe respetar el principio de precaución evitando riesgos para la salud humana y el ambiente. (Corte Constitucional de Colombia, 2013). Esta postura refuerza la obligación de las empresas mineras de implementar tecnologías limpias y sistemas de tratamiento eficientes.

En este contexto, la normativa sobre aguas residuales debe avanzar hacia modelos jurídicos que no solo regulen el vertimiento, sino que incentiven la recirculación sostenible de los DAM como parte de una transición hacia la economía circular.

2.6. Regulación del reúso y recirculación de aguas en Colombia

La normativa colombiana reconoce el reúso de aguas como una estrategia válida para la gestión eficiente del recurso hídrico, aunque su regulación específica aún presenta vacíos dado que aún no cuenta con una regulación completamente desarrollada especialmente en sectores como el minero, aunque existen normas que regulan el tratamiento y vertimiento de aguas residuales el marco legal sobre su reincorporación en procesos productivos sigue siendo limitado.

El Decreto 1076 de 2015, establece que el reúso de aguas residuales tratadas debe contar con autorización ambiental siempre que se garantice que el uso no genere riesgos para la salud humana ni el ambiente, en su artículo 2.2.3.3.1.6 exige que el solicitante demuestre la calidad del agua tratada y su compatibilidad con el uso previsto ya sea agrícola, industrial o recreativo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Sin embargo, no existe una norma técnica nacional que estandarice los criterios de calidad para cada tipo de reúso.

La Resolución 1257 de 2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define lineamientos para el reúso de aguas residuales tratadas incluyendo parámetros de calidad y condiciones de monitoreo, este instrumento técnico busca orientar a los usuarios y autoridades ambientales en la evaluación de proyectos de reúso, aunque su aplicación aún depende de la voluntad institucional y no tiene carácter obligatorio. En el sector minero, el reúso de aguas de proceso y drenajes tratados es posible, pero requiere que las empresas presenten estudios específicos dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA) y cumplan con los requisitos de seguimiento establecidos por la autoridad competente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

En el marco de la economía circular el reúso y la recirculación de aguas se consideran prácticas clave para reducir la presión sobre fuentes hídricas naturales y minimizar la generación de vertimientos. No obstante, Colombia aún no cuenta con una política pública vinculante que promueva el reúso como obligación en sectores de alto consumo hídrico como la minería. La Estrategia Nacional de Economía Circular menciona el reúso como una acción prioritaria, pero no establece metas ni mecanismos de exigibilidad. (Ministerio de Ambiente, 2019). Esta situación evidencia la necesidad de avanzar hacia una regulación más clara, técnica y exigente que permita consolidar el reúso como práctica estructural en la gestión hídrica del país.

2.7 Instrumentos jurídicos para la gestión de pasivos ambientales mineros

En Colombia, existen varias normas que ayudan a controlar los daños ambientales que deja la minería, incluso cuando ya ha terminado la explotación. Estos daños, conocidos como pasivos ambientales, incluyen cosas como aguas contaminadas, escombros abandonados o suelos degradados.

La gestión de pasivos ambientales mineros en Colombia se encuentra regulada de forma parcial a través de normas ambientales generales y lineamientos técnicos. La Ley 99 de 1993 establece la obligación de prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales lo que incluye los pasivos generados por actividades mineras (Congreso de Colombia, 1993). Sin embargo, no existe una ley específica que defina, clasifique o regule integralmente los pasivos ambientales mineros. Uno de los principales mecanismos para manejar estos impactos es el Plan de Manejo Ambiental (PMA) que está regulado por el Decreto 1076 de 2015. Este plan debe incluir acciones para prevenir, corregir y compensar los efectos negativos que genera la actividad minera. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Además, la Ley 1333 de 2009 establece cómo se sanciona a quienes incumplen las normas ambientales, las autoridades pueden imponer multas, suspender actividades o tomar medidas urgentes si se detectan daños que no han sido atendidos (Congreso de Colombia, 2009). En el caso que atañe al estudio de esta tesis, si una empresa no trata adecuadamente los drenajes ácidos de mina (DAM), y estos contaminan fuentes de agua, puede recibir sanciones, especialmente si se superan los límites establecidos en la Resolución 0631 de 2015. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

También existe la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), publicada en 2019, que propone ideas para aprovechar los residuos mineros y convertirlos en nuevos recursos. Aunque esta estrategia no es obligatoria, sirve como guía para mejorar las prácticas ambientales en el sector. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

El Ministerio de Minas y Energía publicó en 2025 los Lineamientos para la formulación, implementación y evaluación de una política pública para la gestión de pasivos ambientales en Colombia, que propone criterios para caracterizar estos pasivos y orientar su intervención con un diagnóstico previo del problema, para la Gestión de Pasivos Ambientales, con su respectivo plan de acción y seguimiento. Aunque útil como herramienta de gestión, esta guía no tiene fuerza normativa vinculante y su aplicación depende de la voluntad de las autoridades ambientales y mineras. Con sustento en la Resolución 0226 de 2026 se ha iniciado procesos de inventario de pasivos en regiones como Orinoquia, Andina y Pacífica, pero los

resultados aún no han sido consolidados en una política pública nacional. (Minambiente, 2026 - Departamento Nacional de Planeación, 2025).

La jurisprudencia constitucional ha abordado la responsabilidad ambiental en minería, aunque sin referirse directamente a los pasivos. En la Sentencia T-704 de 2016, la Corte Constitucional ordenó la restauración de ecosistemas afectados por minería, reconociendo el deber de reparación integral, consultando previamente con las comunidades afectadas, diseñando e implementando un plan de compensación de daños para mitigar los efectos negativos que se causaron por la extracción de carbón realizada por esa empresa. (Corte Constitucional de Colombia, 2016). Este precedente refuerza el principio de responsabilidad ambiental aplicable también a pasivos generados por actividades legales.

La Corte Constitucional ha dicho que el Estado debe garantizar que se repare el daño ambiental, incluso si ocurrió en el pasado. En la Sentencia C-035 de 2016, el tribunal señaló que las leyes deben adaptarse para enfrentar los problemas ecológicos actuales, se hace necesario integrar una unidad normativa y que los pasivos mineros se traten con responsabilidad y cuidado (Corte Constitucional de Colombia, 2016).

Asimismo, el CONPES 3918 de 2018, documento que plantea que la minería en Colombia debe evolucionar hacia un modelo sostenible, capaz de responder a los retos ambientales y sociales que genera la actividad extractiva, el documento reconoce que no basta con extraer recursos, se requiere voluntad política, inversión en innovación y un marco jurídico que permita transformar los pasivos ambientales en oportunidades de desarrollo. Esta visión conecta directamente con la propuesta de aplicar la economía circular al drenaje ácido de mina (DAM), pues abre la puerta a soluciones que no solo mitiguen el impacto, sino que aprovechen los residuos para generar valor. En este sentido, el CONPES se convierte en un respaldo normativo para impulsar tecnologías limpias, fortalecer la coordinación institucional y garantizar que la minería contribuya al bienestar colectivo. Así, la política minera se alinea con la idea de convertir problemas ambientales en motores de sostenibilidad. (Departamento Nacional de Planeación, 2018)

La ausencia de una regulación específica limita la exigibilidad jurídica de la recuperación ambiental post cierre, lo que plantea la necesidad de incorporar instrumentos normativos que articulen la gestión de pasivos con modelos de economía circular y justicia ambiental.

2.8. Vacíos normativos y desafíos regulatorios en la gestión de los drenajes ácidos de mina DAM

En Colombia, el manejo de los drenajes ácidos de mina (DAM) enfrenta vacíos normativos significativos, aunque se reconoce que estos líquidos contaminados son peligrosos, no hay normas específicas que indiquen cómo deben tratarse, reutilizarse o controlarse dentro de las actividades mineras.

El Código de Minas, Ley 685 de 2001 menciona que las empresas o los titulares deben cumplir con reglas ambientales, pero no incluye instrucciones claras sobre qué hacer con los DAM, es decir, establece obligaciones generales en materia ambiental para los titulares mineros, pero no incluye disposiciones técnicas ni jurídicas orientadas a la gestión diferenciada de los DAM. (Congreso de la República de Colombia, 2001).

Por otro lado, el Decreto 1076 de 2015 regula el uso del agua y el manejo de residuos, pero no explica cómo tratar estos drenajes de forma detallada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Así mismo, la Resolución 0631 de 2015 establece parámetros generales para vertimientos líquidos, pero no existe una norma específica que regule los DAM como categoría ambiental diferenciada lo que genera dudas sobre cómo clasificarlos y manejarlos correctamente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Esta ausencia impide establecer estándares técnicos claros para su caracterización, monitoreo y tratamiento, lo que limita la capacidad de las autoridades para exigir medidas correctivas efectivas. El marco legal actual no contempla obligaciones post cierre ni mecanismos de seguimiento para pasivos asociados a DAM.

Con la Ley 2327 de 2023, se crea un marco jurídico y de aplicabilidad general que habilita la gestión de afectaciones ambientales originadas por actividades antrópicas o causadas con intervención del ser humano, que generan un nivel de riesgo no aceptable a la vida, la salud humana o el ambiente, lo cual tiene como finalidad corregir, controlar, prevenir o mitigar sus consecuencias. Con la creación de esta ley se establece la necesidad de conformar y hacer funcionar un Comité Nacional para la Gestión de Pasivos Ambientales CNGPA, esto, asociado a la magnitud y complejidad de las afectaciones ambientales producto de décadas de actividades económicas mal gestionadas, que no contaron y no cuentan con instrumentos de control ambiental y/o sectorial, dieron como resultado un riesgo que va en contravía a la protección de la vida, la salud humana o el ambiente. (congreso de la república de Colombia, 2023)

Otro desafío regulatorio es la falta de articulación entre las entidades responsables de la gestión ambiental y minera. La Agencia Nacional de Minería (ANM), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) operan con competencias fragmentadas, lo que dificulta la implementación de estrategias integrales para el control de los DAM.

El Ministerio de Minas y Energía, como autoridad principal del sector, tiene la tarea de orientar y dirigir la política minera, energética y de hidrocarburos. Además, coordina las entidades que dependen de él para asegurar una gestión adecuada del subsuelo y un uso responsable de los recursos no renovables. Sus competencias incluyen la adopción de instrumentos técnicos y normativos y trabajar junto a las autoridades ambientales para que la planificación minera se ajuste a los criterios ambientales del territorio. (Minambiente, 2025). Aunque existen guías técnicas como la Propuesta de lineamientos para drenajes ácidos mineros (Ministerio de Minas y Energía, 2020), estas no tienen carácter vinculante ni se integran formalmente al proceso de licenciamiento ambiental sobre la adopción efectiva de estos lineamientos por parte de las autoridades regionales.

La Corte Constitucional, en la Sentencia C-035 de 2016, ha dicho que el Estado debe garantizar la reparación total del daño ambiental y mejorar la condición previa entendiendo que las leyes deben adaptarse a los nuevos retos ecológicos, se deben gestionar planes, programas, proyectos y/o actividades que permitan adoptar medidas de manejo y adaptación a los cambios que afecten el entorno natural (Corte Constitucional de Colombia, 2016). Sin embargo, mientras no existan normas claras sobre los DAM, será difícil avanzar hacia una minería más responsable y sostenible.

Finalmente, la ausencia de incentivos normativos para la recirculación de aguas tratadas limita la aplicación de modelos de economía circular en la gestión de DAM. La Estrategia Nacional de Economía Circular (Ministerio de Ambiente, 2021) menciona el reúso como acción prioritaria, pero no establece obligaciones específicas para el sector minero. Tampoco existen mecanismos jurídicos que promuevan la innovación tecnológica en el tratamiento de DAM ni instrumentos financieros que faciliten específicamente su implementación. Esta situación evidencia la necesidad de reformar el marco regulatorio para incorporar los DAM como objeto normativo, con enfoque preventivo, restaurador y circular.

2.9. Derecho comparado desde las experiencias internacionales relevantes.

Para enriquecer este análisis se han escogido países y regiones que ofrecen experiencias valiosas en la gestión de drenajes ácidos de mina (DAM). La selección se trata de contextos que, por su peso internacional, por la innovación de sus enfoques o por los resultados alcanzados, se han convertido en referentes. Canadá y Australia destacan por el avance en la solidez de sus marcos regulatorios y por la aplicación de metodologías avanzadas que abarcan desde la predicción hasta el tratamiento de los impactos.

En América Latina, Perú y Chile resultan especialmente relevantes porque enfrentan retos similares a los de Colombia, vinculados a la minería en particular a la de gran escala y a la necesidad de equilibrar desarrollo económico con sostenibilidad ambiental. La Unión Europea, en cambio, aporta una visión integral basada en la economía circular y la gestión hídrica, con políticas que han demostrado eficacia en la reducción de pasivos mineros y en la recirculación de aguas industriales. En conjunto, estos casos permiten identificar buenas prácticas que pueden servir de guía para fortalecer el marco jurídico colombiano y avanzar hacia una minería más responsable y sostenible.

2.9.1. Canadá

En Canadá, las regulaciones provinciales como las de British Columbia exigen estudios previos sobre el potencial de generación de ácido y planes de tratamiento durante todo el ciclo minero. (Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation British Columbia).

La regulación que impone la Provincia de Columbia Británica sobre los drenajes ácidos de mina (DAM) se fundamenta en un marco legislativo que ha evolucionado notablemente exigiendo a las empresas mineras cumplir con requisitos específicos desde la etapa inicial de sus proyectos. Bajo la Mines Act y el Health, Safety and Reclamation Code, que son los principales instrumentos legales de la provincia de British Columbia (Canadá) para regular la actividad minera, exige que toda operación debe obtener un permiso que obliga a presentar planes o programas de predicción y prevención de DAM, que deben actualizarse cada cinco años o cuando ocurran cambios sustanciales. Además, la normativa incluye condiciones para excavación, depósito y caracterización de residuos, así como la obligación de constituir garantías financieras que cubran la responsabilidad de recuperación. Complementariamente, el Waste Management Act y la Water Act establecen objetivos de calidad del agua y programas de monitoreo, asegurando que la protección ambiental acompañe todo el ciclo de vida de la mina. (Province of British Columbia, 1998).

Además, la normativa canadiense obliga a las compañías a respaldar sus compromisos con garantías financieras, evitando que los costos de remediación recaigan sobre el Estado. Paralelamente, se promueve la innovación mediante incentivos fiscales para tecnologías sostenibles, como humedales artificiales y reactores biológicos que degradan la materia orgánica, que permiten un tratamiento más eficiente y menos costoso. Este modelo preventivo y proactivo integra la responsabilidad ambiental desde el diseño del proyecto hasta su clausura definitiva, convirtiéndose en un referente internacional que va unos pasos adelante. La experiencia canadiense demuestra que es posible articular sostenibilidad, innovación y responsabilidad empresarial, ofreciendo lecciones valiosas para

países como Colombia, donde aún persisten vacíos normativos en la gestión de DAM (MiningWatch Canada, 2002).

2.9.2. Australia

En el caso de Australia se aplica un enfoque técnico dividido en etapas de predicción, prevención y tratamiento, acompañado de monitoreo obligatorio (Chaparro, 2014).

En Australia, el manejo del drenaje ácido de mina (DAM) se ha consolidado como una práctica regulatoria avanzada que tiene como finalidad anticipar y controlar los impactos ambientales de la minería poniendo como foco que el DAM representa una seria amenaza para los animales, los ecosistemas acuáticos y la salud humana, por causar incremento en la acidez del agua y facilitar la disolución de metales tóxicos, por lo que su prevención y tratamiento no son tareas opcionales y se asumen como responsabilidades esenciales en toda explotación minera, tanto durante la operación como después de su cierre o abandono. (Lazo, 2020).

El enfoque aplicado desde la predicción, prevención y tratamiento permite que los riesgos sean abordados desde el inicio de los proyectos, muchas empresas implementan sistemas de monitoreo continuo que buscan la detección temprana de filtraciones y la aplicación inmediata de correctivos, se fomenta la innovación tecnológica mediante la adopción de métodos de tratamiento tanto activos como pasivos, por lo que la experiencia australiana refleja un avance en el marco normativo preventivo y sostenible, que integra ciencia y responsabilidad empresarial, convirtiéndose en un referente internacional para países que buscan fortalecer su gestión ambiental en minería, como Colombia (Chaparro, 2014).

Algunos programas estatales y territoriales han desarrollado buenas prácticas, como el inventario de minas abandonadas publicado en Australia Occidental en 2002, que permitió identificar riesgos inmediatos para la salud y la seguridad y sentar las bases de la planificación de la remediación. Desde 2010, el Departamento de Minas y Petróleo junto con la Autoridad de Protección Ambiental de Australia Occidental han impulsado reformas regulatorias significativas, incluyendo la elaboración de políticas para la gestión de sitios mineros abandonados. En este contexto, la Ley del Fondo de Rehabilitación Minera de 2012 estableció un mecanismo financiero colectivo, alimentado por las contribuciones de las empresas mineras, destinado a garantizar la rehabilitación efectiva, sin embargo, la ausencia de una legislación específica en Australia para abordar los impactos ambientales de las minas abandonadas, particularmente aquellos relacionados con el drenaje ácido de minas (DAM), ha generado un escenario de ambigüedad normativa respecto a las responsabilidades y procesos de rehabilitación. (Australian Government, Department of Industry, 2016).

2.9.3. Perú

Frente a la regulación de los pasivos ambientales mineros, Perú cuenta con el Decreto Supremo N.º 059-2005-EM, esta norma establece mecanismos claros para la identificación, registro y remediación de los pasivos, obligando a las empresas a presentar planes de cierre que incluyan medidas de control sobre la generación de ácido. El marco legal peruano busca garantizar que los impactos derivados de la minería no queden sin atender y que exista una responsabilidad directa de las compañías en la recuperación de los ecosistemas afectados. (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2005).

Según los artículos 6 y 7 de la Ley 28090 expedida por el congreso de la republica de Perú, el plan de cierre de minas debe entregarse en un tiempo no mayor de un año después de concedida la licencia ambiental, plan debe ser concurrente, dado que se va ejecutando y modificando de manera paralela al desarrollo de los diferentes ciclos de vida de la operación minera. El operador minero deberá presentar a la autoridad competente, el Plan de Cierre de Minas, en el plazo máximo de un año, a partir de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y/o del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). (Congreso de Perú, 2003)

2.9.4. Unión Europea

En la Unión Europea, la economía circular ha sido incorporada como eje normativo mediante el Plan de Acción para la Economía Circular 2015, actualizado en 2020), que establece obligaciones vinculantes en sectores como minería, residuos y aguas, es decir que, la gestión de los drenajes ácidos de mina (DAM) se enmarca dentro de un modelo normativo integral, en el que la economía circular y la protección de los recursos hídricos son ejes centrales. Países como Alemania y Países Bajos han adoptado leyes específicas que promueven la recirculación de aguas industriales y la valorización de residuos mineros.

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) exige que los Estados miembros implementen medidas para prevenir la contaminación de cuerpos hídricos, incluyendo drenajes ácidos, mediante planes de gestión hídrica integrados por cuencas hidrográficas, lo que permite coordinar acciones regulatorias y técnicas en función de las características de cada territorio (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2000).

Mediante la Directiva 2006/21/CE, el parlamento europeo establece como una de sus actuaciones prioritarias una iniciativa para regular la gestión de los residuos de las industrias extractivas, incluido el drenaje contaminado, que pueda tener un efecto negativo sobre el medio ambiente si no se trata adecuadamente. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006)

Asimismo, la Decisión 2009/335/CE establece las pautas técnicas para que los operadores cuenten con garantías financieras antes de iniciar sus actividades. En otras palabras, se exige que dispongan de un respaldo económico que asegure el cumplimiento de las obligaciones previstas en la Directiva. Además, deben prever los recursos necesarios para cubrir los costos de restauración de las instalaciones una vez estas concluyan sus operaciones o sean cerradas. (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2009).

2.9.5. Chile

En Chile, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha promovido la incorporación de la economía circular en minería a través de estudios técnicos y propuestas normativas. El documento Economía Circular en la Minería (Julca, 2022), destaca la necesidad de transitar hacia modelos de producción más limpios y eficientes, con énfasis en la recuperación de metales y el reúso de aguas de proceso. Aunque Chile no cuenta aún con una ley específica sobre economía circular, el Ministerio del Medio Ambiente ha desarrollado lineamientos técnicos para la gestión de residuos mineros y la prevención de DAM en zonas de alta vulnerabilidad.

Aunque aún no existe en Chile una ley específica sobre economía circular aplicada a la minería, se han desarrollado lineamientos técnicos desde el Ministerio del Medio Ambiente y estudios promovidos por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El documento Economía Circular en la Minería destaca la necesidad de transitar hacia modelos de producción más limpios y eficientes, con énfasis en la recuperación de metales y el reúso de aguas de proceso. Este enfoque chileno se caracteriza por su visión prospectiva, que busca prevenir la generación de drenajes ácidos mediante la incorporación de prácticas de economía circular y la valorización de residuos mineros (Julca, 2022).

2.9.6. Colombia

En Colombia, aunque existe la Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para la gestión de drenajes ácidos mineros, este documento no tiene carácter vinculante ni está integrado al licenciamiento ambiental (Ministerio de Minas y Energía, 2020). El marco normativo sobre vertimientos industriales está regulado por el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 0631 de 2015, los cuales establecen límites máximos permisibles para la descarga de aguas residuales en cuerpos hídricos. Sin embargo, no existe una regulación específica que promueva la recirculación de aguas residuales en minería como parte de una estrategia de economía circular. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Esta ausencia normativa limita la adopción de prácticas más sostenibles y tecnológicamente avanzadas en el sector extractivo, sin embargo, al configurarse como un vacío legal representa una oportunidad de generar la posibilidad de construir un marco normativo que impulse prácticas más responsables y alineadas con los desafíos ambientales actuales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La ley 685 de 2001, en su artículo 209 se establece la obligatoriedad y el beneficio de realizar todas las obras y poner en práctica las medidas necesarias para ejecutar el cierre y abandono de las operaciones de trabajo y se le exige una extensión de la garantía de cumplimiento ambiental de tres años después de la fecha de terminación del contrato. (congreso de la república de Colombia, 2001). De este modo puede entenderse que debería quedar implícito el manejo de los drenajes de mina dentro de las actividades de mitigación que deben realizarse al finalizar el proyecto.

Respecto al decreto 2820 de 2010, en su artículo 40 establece que en la fase de desmantelamiento y abandono el titular minero debe presentar un estudio con tres meses previos a la terminación del proyecto, que contenga la identificación de los impactos ambientales existentes, el plan de abandono y desmonte y su respectivo costo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Sin embargo, la realidad del manejo aplicado a los impactos ambientales derivados de la extracción minera ya sea legal o ilegal, tales como los drenajes ácidos de mina no responden a lo requerido por la normativa existente, es decir que, en muchas oportunidades, al finalizar la fase extractiva, el proyecto minero se interrumpe abruptamente y se abandona, dejando problemáticas ambientales irreparables.

Para tener como soporte para el modelo que se propone sobre gestión jurídica del drenaje ácido de mina DAM, en la aplicación al caso colombiano, se procede a elaborar el siguiente cuadro comparativo de los casos analizados con sus respectivas semejanzas y diferencias.

Tabla 2. Cuadro comparativo. GESTIÓN JURÍDICA DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA DAM - DERECHO COMPARADO - EXPERIENCIA INTERNACIONAL

GESTIÓN JURÍDICA DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA DAM - DERECHO COMPARADO - EXPERIENCIA INTERNACIONAL						
País	Instrumento legal principal	Lo que busca	Garantías financieras que ofrece	Práctica de Monitoreo y reporte	Sanciones por incumplimiento	Procedimiento señalado
Canadá	Legislación provincial	Predicción de potencial	Fianzas y seguros	Monitoreo continuo de	Multas, órdenes de	Enfoque preventivo,

	(BC Environment al Management Act), guías técnicas federales	ácido, planes de manejo, cierre y poscierre	obligatorios según riesgo	efluentes y suelos	remediación, responsabilidad extendida	estándar alto de cierre y poscierre.
Australia	Environment al Protection Act 1986. Mine Closure Guidelines	prevención mediante la previsión y la planificación minera Verificar la efectividad del diseño de mina.	Fianzas o garantías financieras. Mining Rehabilitation Fund Act 2012. Mining Rehabilitation Fund Regulations 2013.	Monitoreo y mantenimiento del cierre. Informes ambientales anuales y planes de cierre de minas.	Sanciones civiles y penales, revocación de licencias. Facultades permanentes relativas al operador o titular de la concesión que cause contaminación	Integración temprana del cierre en el diseño. Evaluación de riesgos en el cierre de la mina y estrategias de mitigación al diseño de la misma.
Perú	DS-016-93-EM; DS-059-93-EM; DS-059-2005-EM Guía Ambiental para DAM	Predicción, control y evaluación del DAM en todas las fases	Garantías para cierre y poscierre.	Monitoreo de calidad de agua y cumplimiento de límites	Medidas administrativas y sanciones	Guía técnica nacional específica para DAM
Unión Europea	Directiva 2006/21/CE (residuos de industrias extractivas), principios de economía circular	Planes de gestión de residuos mineros, prevención y tratamiento	Garantías financieras obligatorias Decisión 2009/335/CE	Reportes y vigilancia por autoridades	Sanciones penales armonizadas a nivel estatal	Jerarquía de prevención y reducción de contaminación como orden prioritario para la legislación.
Chile	Ley 19.300, Decretos Supremos DS de calidad de aguas, guías Sernageomin	Gestión de drenajes ácidos en faenas, cierre minero	Garantías de cierre exigidas por Sernageomin	Monitoreo en operación y poscierre	Multas y paralización de operaciones por incumplimientos ambientales.	Fortalecimiento del cierre minero desde 2012
Colombia	Ley 99/1993, Resolución 631/2015 (vertimientos), guías minero ambientales; Lineamientos DAM (2020)	Prevención, tratamiento y cumplimiento de límites; planes de cierre	Pólizas y depósitos para remediación.	Monitoreo y reporte a autoridad ambiental	Sanciones administrativas, medidas preventivas	Lineamientos técnicos recientes para estandarizar procesos DAM

Fuentes: Elaboración propia a partir de: Mining Watch Canada. (2006); Lazo, D. (2020); Australian Government Department of Industry, Innovation and Science. (2016); Department of Mines and Petroleum, & Environmental Protection Authority. (2015); Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos ASGMI. (2018); Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2005); Arismendy Vidales, S. K. (2018); Ministerio de Minas y Energía. (2020); Julca Zuloeta D (2022); European Parliament & Council of the European Union. (2006); European Commission. (2009); Province of British Columbia, Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation. (1998); Province of British Columbia, Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation. (2024).

Cuando se observan las experiencias internacionales en torno al drenaje ácido de mina (DAM), se nota un patrón común, todos los países analizados reconocen que la prevención es la clave. Canadá, Australia, Perú, Chile y la Unión Europea coinciden en exigir estudios previos para identificar el potencial de generación de ácido, planes de cierre que incluyan medidas de control y garantías financieras que aseguren la remediación. Además, se establecen programas de monitoreo constante y límites claros para los vertimientos, acompañados de sanciones en caso de incumplimiento. Este consenso refleja que la gestión del DAM no es un asunto opcional, sino una obligación compartida a nivel global, como lo resalta la ASGMI, el drenaje ácido de mina requiere predicción, control y evaluación durante todas las fases de la operación. (ASGMI, 2018).

Aunque hay puntos en común, también existen diferencias que marcan la forma en que cada país enfrenta el problema. Canadá y Perú cuentan con manuales técnicos específicos para el DAM, mientras que en Colombia apenas se han publicado lineamientos en 2020, sin carácter obligatorio. Australia, por su parte, ajusta las garantías financieras según el riesgo y la vida útil de la mina, mientras que en Colombia estas suelen ser fijas y poco dinámicas. La Unión Europea va más allá, integrando principios de economía circular que promueven la reducción en la fuente y la reutilización de residuos, algo aún incipiente en la legislación nacional. Como advierte Arismendy Vidales, la problemática ambiental del DAM en Colombia demanda acciones integrales e innovadoras de gestión desde el desarrollo de políticas y regulaciones más específicas y estrictas. (Arismendy Vidales, 2018).

Con base en estas semejanzas y diferencias, Colombia tiene la oportunidad de fortalecer su marco jurídico frente al DAM. Una primera acción sería convertir los lineamientos técnicos de 2020 en normas vinculantes, con estándares claros de predicción y control. También es necesario implementar garantías financieras dinámicas, ajustadas al riesgo y auditadas externamente, siguiendo el ejemplo australiano.

La incorporación de principios de economía circular, como lo hace la Unión Europea, permitiría transformar residuos en oportunidades de aprovechamiento. Finalmente, un portal público de datos ambientales que se socialice de manera eficiente, continua y obligatoria, lo que daría transparencia y confianza a las comunidades, dando como resultado que el proyecto minero y los impactos que va generando avancen y sean atendidos en debida forma, como lo señala El Ministerio de Minas y Energía que resalta que las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina resultan más económicas y sostenibles que las acciones de remediación tardía (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Capítulo 3. Propuesta de Modelo Jurídico

3.1. Fundamentación de la propuesta: Justificación ambiental, económica y jurídica.

La propuesta de un modelo jurídico para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia requiere una fundamentación sólida que articule las dimensiones ambiental, económica y jurídica. Este enfoque integral permite comprender que el problema del DAM no se limita a un asunto técnico, sino que involucra la protección de los ecosistemas, la sostenibilidad financiera de las operaciones mineras y la necesidad de un marco normativo claro y eficaz. La experiencia internacional demuestra que la prevención y el tratamiento temprano son más rentables y sostenibles que la remediación tardía, lo que refuerza la pertinencia de un modelo legal adaptado al contexto colombiano. Como lo sustenta la Comisión Europea, la prevención de la contaminación y la gestión sostenible de los recursos son más rentables que la reparación de daños. (Comisión Europea, 2020).

3.1.1. Justificación ambiental

La propuesta de un modelo jurídico para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) se fundamenta en la necesidad de proteger los ecosistemas hídricos y terrestres de los efectos nocivos de la minería. El DAM genera altos niveles de acidez y metales pesados que contaminan ríos, quebradas y suelos, afectando la biodiversidad y la salud de las comunidades. La implementación de un marco legal integral garantiza la prevención y el tratamiento oportuno de este fenómeno, alineándose con los principios de desarrollo sostenible y con los compromisos internacionales en materia de protección ambiental (Comisión Europea, 2020). En el caso colombiano es necesario que el cambio transformador que exige la sostenibilidad, cumpla un papel integral que lidere la transición hacia una economía circular a nivel global, que refleje no solo el progreso económico sino el bienestar social y ambiental.

3.1.2. Justificación económica

Desde la perspectiva económica, el modelo jurídico busca reducir los costos asociados a la remediación tardía y fomentar la competitividad de las empresas mineras. La prevención y el tratamiento temprano del DAM resultan menos costosos que las acciones correctivas posteriores, además de generar beneficios como el acceso a incentivos fiscales, certificaciones ambientales y mercados internacionales que valoran la sostenibilidad. Asimismo, el modelo contribuye a disminuir los pasivos ambientales que representan una carga financiera para el Estado y las comunidades. En este sentido, la propuesta se convierte en una inversión estratégica que asegura estabilidad económica y social a largo plazo (MiningWatch Canadá, 2002).

3.1.3. Justificación jurídica

La justificación jurídica se sustenta en la necesidad de fortalecer el marco normativo colombiano en materia de minería y medio ambiente. Aunque existen disposiciones generales sobre responsabilidad ambiental, aún se carece de un modelo específico que regule de manera integral la gestión del DAM. La propuesta busca llenar este vacío normativo, estableciendo obligaciones claras para las empresas, mecanismos de control estatal y garantías financieras que aseguren la reparación en caso de incumplimiento. De esta manera, se promueve la seguridad jurídica, la transparencia y la protección de los derechos colectivos al ambiente sano, en concordancia con la Constitución Política de Colombia y la Ley 99 de 1993. (Congreso de Colombia, 1993).

Cabe destacar que la Sentencia T-411 de 1992 de la Corte Constitucional de Colombia es el fallo hito que dio vida al concepto de Constitución Ecológica. La corte afirmó que el derecho a un ambiente sano es un derecho fundamental y un presupuesto indispensable para vivir dignamente, determinando que los derechos económicos como el trabajo o el emprender con una empresa deben ejercerse bajo una función ecológica estricta, convirtió la defensa del ambiente en un pilar constitucional, en el que toda práctica económica se piense y se ejecute bajo criterios de sostenibilidad y respeto por la naturaleza.

La fundamentación ambiental, económica y jurídica de la propuesta demuestra que el modelo integral de gestión del DAM no solo responde a una necesidad ecológica urgente, sino que también es económicamente viable y jurídicamente necesario. Su implementación permitirá prevenir daños irreversibles, reducir costos futuros y garantizar el cumplimiento de los principios constitucionales de protección ambiental y desarrollo sostenible. En conclusión, la propuesta se construye como una herramienta clave para equilibrar la actividad minera con la preservación de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades. (Julca, 2022).

3.2. Alineación con los principios de economía circular

La minería en Colombia enfrenta el reto de dejar atrás el modelo tradicional de extraer, producir y desechar, para avanzar hacia prácticas más sostenibles. El modelo jurídico propuesto para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) se alinea directamente con los principios de la economía circular, pues busca prevenir impactos, aprovechar mejor los recursos y reducir la generación de residuos. En este sentido, la Estrategia Nacional de Economía Circular recuerda que el país debe producir conservando y conservar produciendo, una consigna que aplica plenamente a la actividad minera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

La propuesta jurídica también impulsa la innovación tecnológica dentro del sector minero. Se plantea que las empresas implementen sistemas que permitan reutilizar aguas tratadas, recuperar metales presentes en los drenajes y minimizar la cantidad de residuos generados. De esta manera, lo que antes era considerado un pasivo ambiental puede convertirse en un recurso útil para nuevas cadenas de valor. El Ministerio de Minas y Energía ha señalado en documentos como la Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los procesos de Economía Circular en la actividad minera, que la economía circular aplicada a la minería busca aprovechar los recursos y disminuir los impactos ambientales mediante procesos estandarizados de buenas prácticas. (Ministerio de Minas y Energía, 2022).

Finalmente, la alineación con la economía circular fortalece la confianza de las comunidades y la licencia social para operar. Al promover la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, se generan beneficios económicos y ambientales que trasciende en la actividad minera. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE enfatiza que la economía circular implica un uso eficiente de materiales, agua y energía, considerando la capacidad de recuperación de los ecosistemas (DANE, 2021). En este sentido, el modelo jurídico propuesto no solo regula, sino que impulsa una transición hacia un sistema minero más responsable, resiliente y alineado con los desafíos globales de sostenibilidad.

3.3. Contribución al desarrollo sostenible y a la gestión responsable de los DAM

La propuesta de un modelo jurídico para manejar el drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia busca mucho más que cumplir con la ley, pretende ser una herramienta para avanzar hacia un desarrollo sostenible real. El DAM es uno de los problemas más complejos de la minería, porque contamina el agua, degrada los suelos y afecta directamente a las comunidades. Un marco legal sólido permite anticiparse a esos impactos y reducirlos, garantizando que la minería se haga de manera responsable y pensando en las generaciones futuras. Como lo recuerda Naciones Unidas en el informe de la Comisión Brundtland que plasma la definición del desarrollo sostenible, como el que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (ONU, 1987).

Desde el punto de vista económico, gestionar el DAM de forma responsable significa evitar gastos enormes en remediaciones tardías y litigios ambientales. Invertir en prevención y tratamiento temprano no solo protege el ambiente, también fortalece la competitividad de las empresas mineras, que pueden acceder a mercados internacionales más exigentes en sostenibilidad. Además, aplicar principios de economía circular convierte lo que antes era un pasivo ambiental en nuevas oportunidades de aprovechamiento. Como señala Julca, la economía circular

aplicada a la minería permite transformar los pasivos ambientales en oportunidades de desarrollo sostenible. (Julca, 2022).

En lo jurídico, la propuesta aporta claridad y confianza, establece obligaciones concretas para las empresas, mecanismos de control por parte del Estado y garantías financieras que aseguren la reparación en caso de incumplimiento, esto no solo fortalece la seguridad jurídica, también mejora la relación con las comunidades y la transparencia en la gestión ambiental. El Ministerio de Minas y Energía indica que las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina resultan más económicas y sostenibles que las acciones de remediación tardía. (Ministerio de Minas y Energía, 2020). Así, el modelo jurídico se convierte en un puente entre la minería y el desarrollo sostenible.

3.4. Estructura del modelo jurídico propuesto. Principios rectores de prevención, recirculación, responsabilidad extendida.

El modelo jurídico pensado para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia se apoya en tres pilares fundamentales, la prevención, la recirculación y la responsabilidad extendida. Estos principios buscan que la minería se desarrolle bajo criterios de sostenibilidad, reduciendo riesgos ambientales y fortaleciendo la confianza de las comunidades. La prevención apunta a anticiparse a los impactos, la recirculación promueve el uso eficiente de recursos y la responsabilidad extendida asegura que las empresas asuman los costos y obligaciones derivados de sus operaciones. Como ya se ha referido, la Comisión Europea afirma que la prevención de la contaminación y la gestión sostenible de los recursos son más rentables que la reparación de daños. (Comisión Europea, 2020).

El principio de prevención es la base del modelo, pues busca evitar que el DAM se genere desde el inicio de la actividad minera y actuar de inmediato en caso de que suceda. Esto implica que las empresas realicen estudios de predicción, adopten tecnologías de control y diseñen planes de cierre con medidas claras de mitigación. En Colombia, la Ley 99 de 1993 ya reconoce la prevención como un principio ambiental, pero este modelo lo refuerza con obligaciones específicas para el sector minero. Como lo indicó el Ministerio de Minas y Energía, las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina resultan más económicas y sostenibles que las acciones de remediación tardía. (Ministerio de Minas y Energía, 2020; congreso de la república de Colombia, 1993).

La recirculación se deriva de la economía circular y busca que los recursos usados en minería, especialmente el agua, sean reutilizados y aprovechados de manera eficiente. Bajo este principio, las aguas tratadas del DAM pueden reincorporarse a los procesos productivos o destinarse a otros usos, reduciendo la presión sobre fuentes naturales. Además, los metales recuperados durante el tratamiento pueden

convertirse en insumos para nuevas cadenas de valor. El Ministerio de Ambiente lo expresa con claridad que la economía circular en Colombia se basa en producir conservando y conservar produciendo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

La responsabilidad extendida asegura que las empresas mineras respondan no solo por los impactos generados durante la operación, sino también por los efectos que persisten en el tiempo. Este principio obliga a garantizar recursos financieros para la remediación, establecer mecanismos de compensación y asumir la reparación integral en caso de incumplimiento. En la Unión Europea, este enfoque es un pilar de la política ambiental, pues exige que los operadores aseguren fondos suficientes para cubrir los costos de cierre y poscierre. La Directiva 2006/21/CE establece que la entidad explotadora de una instalación de residuos de las industrias extractivas debe estar obligada a constituir una garantía financiera suficiente para cubrir los costos resultantes de operaciones de exploración y extracción de hidrocarburos o actividades mineras. (Parlamento Europeo y Consejo, 2006).

3.5. Sujetos obligados: empresas mineras, autoridades ambientales, comunidades

La estructura del modelo jurídico propuesto para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia define con claridad los sujetos obligados que deben asumir responsabilidades compartidas, las empresas mineras, las autoridades ambientales y las comunidades, la idea central es que la gestión del DAM no puede recaer en un solo actor, sino que requiere un compromiso conjunto que garantice la sostenibilidad y la protección de los recursos naturales. Como lo señala la Ley 99 de 1993, la gestión del medio ambiente es responsabilidad del Estado, la sociedad y los particulares. (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Las empresas mineras son las principales responsables de prevenir, controlar y remediar los efectos del DAM, están obligadas a realizar estudios de predicción, implementar tecnologías de tratamiento, garantizar recursos financieros para la reparación y cumplir con los estándares de calidad ambiental. Además, deben presentar informes periódicos y transparentes sobre el estado de sus operaciones. El Ministerio de Minas y Energía sostiene que las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina la identificación prematura de los materiales potencialmente generadores de ácido y el desarrollo de un plan de manejo adecuado de los desechos pueden reducir considerablemente los problemas ambientales de largo plazo y los costos de las medidas correctivas. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Las autoridades ambientales tienen el deber de supervisar, controlar y sancionar el cumplimiento de las normas relacionadas con el DAM. Su papel es garantizar que las empresas cumplan con los estándares de vertimiento, que las garantías

financieras sean suficientes y que los planes de cierre incluyan medidas efectivas de mitigación. Además, deben promover la transparencia y la participación ciudadana en los procesos de licenciamiento y seguimiento. La Contraloría General de la República ha señalado que la gestión ambiental requiere fortalecer los mecanismos de control, vigilancia y un efectivo seguimiento al cumplimiento de las metas establecidas, para garantizar el desarrollo óptimo de las políticas, programas, planes y proyectos de cara a la sostenibilidad de los proyectos mineros (Contraloría General de la República, 2019).

Las comunidades son actores fundamentales en la gestión responsable del DAM, ya que son las más afectadas por sus impactos. Su papel no es solo el de receptor pasivo, sino también el de vigilantes y participantes activos en los procesos de control social y veeduría ciudadana. La participación comunitaria fortalece la licencia social para operar y garantiza que las decisiones mineras se alineen con las necesidades locales. La participación ciudadana en la gestión ambiental es clave para avanzar hacia un desarrollo sostenible inclusivo, al permitir que las comunidades incidan en la planificación y ejecución de políticas públicas, esto se da cuando se logran establecer diálogos en los que la población participa en la toma de decisiones y se establece de manera conjunta los principios y parámetros de la gestión ambiental, la sociedad se ve beneficiada. (Konrad Adenauer Stiftung, 2023).

3.6. Instrumentos jurídicos sugeridos: licencias, permisos y cláusulas contractuales.

La gestión responsable del drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia requiere de instrumentos jurídicos claros y eficaces que permitan garantizar la prevención, el control y la reparación de los impactos ambientales, entre los mecanismos más relevantes se encuentran las licencias ambientales, los permisos específicos de vertimiento y uso de recursos naturales, y las cláusulas contractuales incluidas en los títulos mineros. Estos instrumentos no solo regulan la actividad minera, sino que también aseguran que las empresas asuman compromisos verificables frente al Estado y las comunidades. La Ley 99 de 1993 establece que toda actividad que pueda causar deterioro grave al medio ambiente requiere licencia ambiental. (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Las licencias ambientales constituyen el instrumento principal para autorizar proyectos mineros, condicionando su ejecución al cumplimiento de medidas de prevención y mitigación del DAM. Estas licencias deben incluir estudios de impacto ambiental, planes de manejo y compromisos de monitoreo permanente. En Colombia, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA es la encargada de otorgarlas y supervisar su cumplimiento. La ANLA aduce que la licencia ambiental es el instrumento de control que permite prevenir, mitigar, corregir y compensar los efectos ambientales de un proyecto obra o actividad. (ANLA, 2021).

Los permisos ambientales complementan las licencias y regulan aspectos específicos como el vertimiento de aguas residuales, la captación de agua para procesos mineros y el aprovechamiento de recursos naturales. En el caso del DAM, los permisos de vertimiento son esenciales para establecer límites de descarga y condiciones de tratamiento. La Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente fija los parámetros de calidad para vertimientos a cuerpos de agua, en ella se señala que los vertimientos deben cumplir con los límites máximos permisibles de contaminantes para proteger la salud humana y el ambiente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Finalmente, las cláusulas contractuales incluidas en los títulos mineros son un instrumento clave para asegurar la responsabilidad extendida de las empresas. Estas cláusulas pueden establecer obligaciones adicionales en materia de prevención del DAM, garantías financieras para la remediación y compromisos de transparencia frente a las comunidades. En países como Chile y Perú, las cláusulas ambientales en contratos mineros han fortalecido la gestión de pasivos ambientales. En Colombia, el Ministerio de Minas y Energía propone que los contratos mineros incluyan cláusulas de responsabilidad ambiental que aseguren la reparación integral en caso de incumplimiento. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

3.7. Compatibilidad con el marco legal colombiano vigente

El modelo jurídico que se propone para manejar el drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia no es algo aislado, sino que se ajusta a lo que ya establece la Constitución y las leyes ambientales del país. La Constitución de 1991 reconoce en su artículo 79 que todas las personas tienen derecho a un ambiente sano y que el Estado debe protegerlo. Este principio es la base de cualquier política ambiental y el modelo lo refuerza al poner la prevención y la gestión responsable del DAM como prioridad. La Corte Constitucional ha reiterado que el derecho al ambiente sano es un derecho fundamental ligado a la vida y la salud. (Corte Constitucional, 1992).

La Ley 99 de 1993, que creó el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), también respalda este modelo que establece que la protección del medio ambiente es responsabilidad compartida entre el Estado, las empresas y la sociedad. El modelo propuesto se ajusta a esta visión porque no solo pone obligaciones a las compañías mineras, sino que también reconoce el papel de las comunidades y de las autoridades en la vigilancia y el control. (Congreso de la República de Colombia, 1993).

El modelo también es compatible con el Código de Minas Ley 685 de 2001, que regula la exploración y explotación de recursos minerales. Este código exige que los proyectos mineros se desarrollen en armonía con el ambiente y bajo criterios de sostenibilidad. El modelo jurídico propuesto complementa estas reglas al incluir

principios más específicos para el manejo del DAM, como la recirculación del agua y la responsabilidad extendida de las empresas y de los titulares mineros. El Código establece que la actividad minera deberá desarrollarse en armonía con el ambiente y bajo criterios de sostenibilidad. (Congreso de la República de Colombia, 2001).

Finalmente, el modelo se ajusta a normas más recientes como la Resolución 631 de 2015, que fija los límites máximos de contaminantes en vertimientos. Al exigir que las empresas y titulares cumplan con estos parámetros y adopten tecnologías de tratamiento, el modelo asegura que se respeten los estándares actuales. Además, se complementa con los lineamientos técnicos del Ministerio de Minas y Energía de 2020, que buscan estandarizar la gestión del DAM. En este sentido, el modelo no reemplaza las normas existentes, sino que las fortalece y las hace más claras y específicas frente a uno de los problemas ambientales más críticos de la minería en Colombia.

3.8. Propuesta de ajustes normativos: leyes, decretos y resoluciones

El modelo jurídico para enfrentar el drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia necesita algunos cambios en las normas actuales para que sea realmente efectivo, aunque la Constitución y leyes como la Ley 99 de 1993 y el Código de Minas ya hablan de protección ambiental, todavía no existe una regulación específica que trate de manera integral el problema del DAM. Por eso se sugiere crear una ley especial que establezca obligaciones claras para las empresas y titulares mineros, defina estándares técnicos de prevención y tratamiento, y garantice de manera efectiva que las comunidades puedan participar en la vigilancia, esto alineado con lo que señala la CEPAL, que señala que la regulación ambiental debe evolucionar hacia instrumentos más específicos y efectivos para enfrentar los retos actuales. (CEPAL, 2018).

Además de una ley marco, sería necesario expedir decretos reglamentarios que expliquen cómo aplicar en la práctica la gestión del DAM. Estos decretos deberían incluir métodos y estudios para predecir el potencial ácido de los proyectos, protocolos de monitoreo y parámetros de calidad del agua específicos para zonas mineras. También tendrían que definir cómo calcular las garantías financieras de las empresas y cómo auditar su cumplimiento. En países como Canadá y Australia, este tipo de regulaciones técnicas han sido clave para estandarizar procesos y dar transparencia. En Colombia, servirían para que las normas generales se conviertan en acciones concretas y verificables (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Otro ajuste importante es la actualización de las resoluciones ambientales que regulan los vertimientos. La Resolución 631 de 2015 establece límites de contaminantes, pero no aborda de manera específica los efectos del DAM (MinAmbiente, 2015). Una nueva resolución podría fijar parámetros diferenciados

para aguas afectadas por drenaje ácido y exigir tecnologías de tratamiento y recirculación. Esto ayudaría a que las empresas y los titulares adopten mejores prácticas y a que las autoridades tengan herramientas claras para supervisar.

Por último, se hace necesario que los contratos mineros incluyan cláusulas ambientales obligatorias relacionadas con el DAM, estas cláusulas deberían exigir garantías financieras suficientes, compromisos de transparencia y mecanismos de compensación en caso de incumplimiento, de esta manera se fortalecería la seguridad jurídica y se reducirían los riesgos de pasivos ambientales. El Ministerio de Minas y Energía ya ha planteado lineamientos en esta dirección en la Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros, señalando que las medidas de prevención y tratamiento temprano del drenaje ácido de mina resultan más económicas y sostenibles que las acciones de remediación tardía (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

3.9. Integración con políticas públicas ambientales y mineras

El modelo jurídico que se propone para manejar el drenaje ácido de mina (DAM) en Colombia no funciona de manera aislada. Se conecta directamente con las políticas públicas que ya existen en el país, tanto en lo ambiental como en lo minero. La Constitución de 1991 y la Ley 99 de 1993 establecen que el Estado y los ciudadanos tienen el deber de proteger el ambiente (Congreso de la República de Colombia, 1993). En ese sentido, este modelo refuerza los preceptos que exige la ley, prevenir daños, cuidar los recursos naturales y garantizar que las comunidades participen en las decisiones. La Corte Constitucional lo ha recordado en varias ocasiones, señalando que la protección del ambiente es un deber compartido (Corte Constitucional, 2010).

En el campo minero, el Plan Nacional de Desarrollo Minero 2024-2035, busca orientar la actividad extractiva hacia la sostenibilidad, competitividad e inclusión y establece que el desarrollo económico y la sostenibilidad social y ambiental del país son procesos interdependientes. (Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, 2025). Esta política reconoce que la gestión ambiental es clave para que las empresas tengan confianza de las comunidades y puedan operar de manera responsable. El modelo jurídico para el DAM aporta herramientas concretas, como la prevención y la responsabilidad extendida, que ayudan a cumplir con esos objetivos. El Ministerio de Minas y Energía lo resume diciendo que la minería debe ser un motor de desarrollo, pero con responsabilidad ambiental y social (Ministerio de Minas y Energía, 2022).

El modelo también se enlaza con la Estrategia Nacional de Economía Circular, que promueve el uso eficiente de materiales, agua y energía, al incluir el principio de

recirculación en la gestión del DAM, se logra que lo que antes era un residuo pueda convertirse en un recurso útil. Esto no solo reduce la presión sobre los ecosistemas, sino que también conecta la minería con los compromisos internacionales de Colombia en materia de sostenibilidad y cambio climático. El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad, Ley 1955 de 2019 lo resalta con la frase producir conservando y conservar produciendo (Congreso de la Republica, 2019).

En síntesis, este modelo se integra con planes más amplios como el CONPES 3918 de 2018 sobre política minera que sostiene que debe orientarse hacia la sostenibilidad, promoviendo la innovación tecnológica y la gestión ambiental, de manera que se reduzcan los impactos negativos y se generen beneficios económicos y sociales en el largo plazo. (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, se promueve un desarrollo sostenible para las personas y el planeta contra la degradación, incluso mediante el consumo y la producción sostenibles. (ONU, 2015). Al articularse con estas políticas, la propuesta sobre el DAM no solo fortalece la gobernanza ambiental en Colombia, sino que también abre puertas a cooperación internacional y financiamiento para proyectos responsables.

3.10. Mecanismos de implementación: Incentivos fiscales y financieros para la recirculación de DAM

Para que el modelo jurídico sobre el drenaje ácido de mina (DAM) funcione en la práctica, no basta con tener normas claras, es necesario ofrecer incentivos que motiven a las empresas a invertir en tecnologías de recirculación y tratamiento. Una forma de hacerlo es a través de beneficios fiscales, como deducciones en impuestos o exenciones en la importación de equipos especializados en este campo. Estos alivios económicos ayudan a que las compañías vean la sostenibilidad no como un gasto extra, sino como una oportunidad para ser más competitivas. La OCDE ha señalado que los incentivos económicos son fundamentales para promover la innovación ambiental y la adopción de tecnologías limpias. (OCDE, 2019).

Además de los beneficios tributarios, es clave contar con apoyos financieros que faciliten el acceso a créditos blandos y fondos verdes. Estos mecanismos permiten que las empresas mineras puedan financiar proyectos de recirculación del DAM con tasas preferenciales y plazos más largos. En Colombia ya existen experiencias como el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) que tiene soporte en la Ley 1715 de 2014, que demuestra cómo los recursos públicos pueden impulsar la transición hacia tecnologías sostenibles. Replicar este modelo en el sector minero sería una manera concreta de apoyar la innovación y reducir los impactos ambientales. (Congreso de la República de Colombia, 2014).

Otro mecanismo útil es la creación de programas de certificación y reconocimiento para las empresas que logren altos estándares en la gestión del DAM. Estos sellos de calidad no solo generan prestigio y confianza social, sino que también pueden vincularse a beneficios económicos, como acceso preferente a contratos públicos o reducción de cargas regulatorias. A nivel internacional, se ha visto que las certificaciones ambientales fortalecen la competitividad y abren puertas en mercados que valoran la sostenibilidad. El Banco Mundial relaciona que los incentivos financieros y los esquemas de certificación ambiental son motores clave para la sostenibilidad empresarial. (Banco Mundial, 2020).

Para terminar, estos incentivos deben estar acompañados de mecanismos de control y seguimiento para asegurar que realmente se usen en proyectos de recirculación y tratamiento del DAM, de lo contrario, existe el riesgo de que los beneficios fiscales y financieros se otorguen sin resultados concretos. Por eso, las autoridades ambientales y tributarias deben verificar que los recursos se traduzcan en acciones efectivas de sostenibilidad. La política ambiental colombiana ha buscado mejorar el entorno desde diversas perspectivas, incorporando los incentivos ambientales como parte de su estrategia para cumplir la normativa nacional e internacional en materia de sostenibilidad. No obstante, si bien el país ha mostrado un compromiso decidido con la protección ambiental, su legislación también procura mantener un equilibrio entre la preservación de los recursos naturales y el desarrollo económico. (Chamorro, G, et, al, 2025)

3.11. Estrategias de monitoreo, control y evaluación

La gestión del drenaje ácido de mina (DAM) requiere de un sistema sólido de monitoreo, control y evaluación que permita anticipar riesgos, verificar el cumplimiento de las normas y medir la efectividad de las medidas implementadas, el monitoreo debe ser constante y abarcar tanto la calidad del agua como los suelos y ecosistemas cercanos a las operaciones mineras. Esto implica instalar estaciones de medición, realizar muestreos periódicos y aplicar metodologías estandarizadas para detectar variaciones en parámetros como pH, metales pesados y sulfatos. Según el Ministerio de Ambiente, el monitoreo ambiental es una herramienta clave para garantizar la sostenibilidad de los proyectos productivos. (MinAmbiente, 2018).

El control se refiere a las acciones que las autoridades ambientales deben realizar para asegurar que las empresas cumplan con los estándares establecidos. Esto incluye inspecciones en campo, auditorías técnicas y la verificación de los informes que las compañías presentan periódicamente, el control también implica la aplicación de sanciones en caso de incumplimiento, así como la exigencia de planes de mejora cuando se detecten fallas. La Contraloría General de la República ha señalado que los mecanismos de control ambiental deben fortalecerse para

garantizar la sostenibilidad de los proyectos mineros. (Contraloría General de la República, 2019).

La evaluación es el componente que permite medir si las estrategias de prevención y tratamiento del DAM están funcionando, es necesario establecer indicadores claros de desempeño ambiental, social y económico. Estos indicadores deben ser comparables en el tiempo y permitir ajustes en las políticas y prácticas mineras. La evaluación también debe incluir la participación de las comunidades, quienes aportan información valiosa sobre los impactos percibidos en su entorno. La CEPAL destaca que la evaluación participativa fortalece la legitimidad de las políticas ambientales y mejora la gobernanza. (CEPAL, 2018).

Cabe acotar que, para que el sistema de monitoreo, control y evaluación sea efectivo, debe estar respaldado por tecnología y transparencia. El uso de sensores en tiempo real, plataformas digitales de reporte y sistemas de información geográfica (SIG) permite que los datos sean accesibles y verificables por autoridades y comunidades. Además, la publicación abierta de los resultados fortalece la confianza social y asegura que las empresas rindan cuentas de manera clara, en este sentido, la Agencia Nacional de Minería ha señalado que la transparencia en la información ambiental es un requisito indispensable para la sostenibilidad del sector minero. (Agencia Nacional de Minería, 2021).

3.12. Participación ciudadana y transparencia en la gestión

La gestión del drenaje ácido de mina (DAM) no puede quedarse solo en manos de las empresas y las autoridades. Es fundamental que las comunidades participen activamente, porque son ellas quienes viven de cerca los impactos de la minería. Involucrar a la ciudadanía en la planeación, el monitoreo y el control hace que las decisiones sean más legítimas y que las preocupaciones locales realmente se tengan en cuenta. La Ley 99 de 1993 deja claro que la comunidad tiene derecho a intervenir en las decisiones que puedan afectar el medio ambiente. (Congreso de la República de Colombia, 1993).

La participación ciudadana puede darse de muchas formas, tales como las veedurías ciudadanas, audiencias públicas o consultas previas, estos espacios permiten que las comunidades expresen sus inquietudes y que las empresas rindan cuentas de manera directa para que de este modo la población afectada no exista como un espectador pasivo, sino como un actor que influye en las decisiones. La CEPAL enfatiza que la participación ciudadana en la gestión ambiental es clave para avanzar hacia un desarrollo sostenible inclusivo (CEPAL, 2018).

La transparencia es otro elemento clave para que las empresas y las autoridades garanticen que la información sobre estudios de impacto ambiental, monitoreo de

aguas y planes de manejo esté disponible y sea fácil de entender, publicar los resultados en plataformas digitales y permitir el acceso a datos en tiempo real fortalece la confianza y evita conflictos. La Agencia Nacional de Minería ha señalado que la transparencia en la información ambiental es un requisito indispensable para la sostenibilidad del sector minero. (Agencia Nacional de Minería, 2021).

Cuando se combinan participación ciudadana y transparencia, se crea un círculo integro, las comunidades se sienten parte de las decisiones, las empresas ganan legitimidad y las autoridades fortalecen su capacidad de control, este enfoque no solo mejora la gestión del DAM, sino que también construye confianza y promueve una minería más responsable. En línea con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, la inclusión y la rendición de cuentas son principios esenciales para avanzar hacia un desarrollo sostenible. La ONU expresa que la Agenda 2030 es un plan de acción transformador en favor de las personas, el planeta, la paz y la prosperidad. (ONU, 2015).

3.13. Impactos esperados: Reducción de pasivos ambientales mineros

Uno de los principales beneficios que se espera del modelo jurídico propuesto para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) es la reducción de los pasivos ambientales mineros, estos pasivos son los daños acumulados que dejan las operaciones mineras, como aguas contaminadas, suelos degradados y ecosistemas afectados, que muchas veces permanecen por décadas sin solución. Al implementar medidas de prevención, recirculación y responsabilidad extendida, se busca que las empresas no solo eviten generar nuevos pasivos, sino que también contribuyan a la recuperación de los existentes. La Agencia Nacional de Minería ha resaltado que la gestión adecuada de los pasivos ambientales es clave para garantizar la sostenibilidad del sector. (Agencia Nacional de Minería, 2021).

La reducción de pasivos ambientales implica también un impacto positivo en la salud pública y en la calidad de vida de las comunidades cercanas a las zonas mineras, al disminuir la contaminación de fuentes hídricas y suelos, se reducen los riesgos de enfermedades asociadas a metales pesados y se mejora el acceso a agua limpia. Esto fortalece la confianza social en los proyectos mineros y contribuye a la construcción de una licencia social para operar. La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la exposición prolongada a aguas contaminadas con metales pesados representa un riesgo significativo para la salud humana. (OMS, 2017).

Otro impacto esperado es la recuperación de ecosistemas degradados, la implementación de tecnologías de tratamiento y recirculación del DAM permite que los cuerpos de agua afectados puedan ser rehabilitados y que los suelos recuperen su capacidad productiva, esto contribuye a la conservación de la biodiversidad y al

cumplimiento de los compromisos internacionales de Colombia en materia de sostenibilidad y cambio climático. La CEPAL destaca que la restauración de ecosistemas degradados es una estrategia esencial para avanzar hacia un desarrollo sostenible (CEPAL, 2018).

Finalmente, la reducción de pasivos ambientales mineros tiene un impacto económico positivo, ya que disminuye los costos de remediación futura y evita litigios por daños ambientales, al establecer mecanismos claros de responsabilidad extendida y garantías financieras, se asegura que las empresas asuman los costos de sus operaciones y que el Estado no tenga que destinar recursos públicos para reparar daños. Esto genera un marco de mayor seguridad jurídica y competitividad para el sector. Cabe resaltar lo que afirma Pereira, (2026) frente a la gestión de pasivos ambientales mineros, quien señala que la gestión temprana de pasivos ambientales reduce significativamente los costos económicos y sociales asociados a la minería. (Pereira, M et, al 2026).

3.14. Mejora en la eficiencia hídrica.

Uno de los resultados más importantes que se espera con la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) es lograr una minería más eficiente en el uso del agua, la recirculación de las aguas tratadas permite que este recurso se aproveche varias veces dentro de los procesos productivos, disminuyendo la presión sobre ríos y quebradas cercanas, es decir que se trata de usar el agua de manera más inteligente y responsable, cuidando tanto el ambiente como la disponibilidad para las comunidades. El Ministerio de Ambiente lo explica en su estrategia de economía circular, la eficiencia en el uso del agua es un eje fundamental de la política ambiental. (MinAmbiente, s.f.).

Además de cuidar el ambiente, esta recirculación trae beneficios económicos para las empresas, ya que reduce los costos de captar agua nueva y optimiza los procesos internos. En países como Chile y Perú, esta práctica ha sido clave para enfrentar la escasez hídrica y mantener la competitividad del sector minero. La CEPAL ha enfatizado en que la gestión eficiente del agua en sectores productivos es esencial para garantizar la sostenibilidad. (CEPAL, 2018).

Finalmente, mejorar la eficiencia hídrica no solo beneficia a las empresas y comunidades, sino que también ayuda a cumplir los compromisos internacionales de Colombia en materia de sostenibilidad y cambio climático. Al reducir el consumo de agua y energía, la minería disminuye su huella ambiental y se alinea con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, que destaca la importancia de gestionar de manera responsable estos recursos para garantizar el bienestar de las generaciones futuras (ONU, 2015).

3.15. Fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial

El modelo jurídico para manejar el drenaje ácido de mina (DAM) no solo busca reducir impactos ambientales, también apunta a mejorar la manera en que se toman las decisiones en el sector minero, se trata de fortalecer la gobernanza ambiental y empresarial, logrando que las instituciones públicas, las empresas y las comunidades trabajen de forma más coordinada, transparente y responsable.

La gobernanza ambiental implica reglas claras y participación ciudadana, mientras que la empresarial se relaciona con compañías que integran la sostenibilidad en su estrategia. Una gobernanza ambiental es fundamental para lograr un medio ambiente sano y se vuelve realmente efectiva mediante el fortalecimiento de la capacidad institucional, la transparencia y la participación efectiva de los actores sociales. (Vizeu, et al, 2020).

En el caso de las empresas, fortalecer la gobernanza significa adoptar políticas internas de responsabilidad ambiental, establecer códigos de conducta y garantizar que sus decisiones tengan en cuenta los impactos sociales y ecológicos. Esto se traduce en prácticas como auditorías externas, reportes de sostenibilidad y sistemas de gestión ambiental certificados. La Agencia Nacional de Minería ha señalado que la gobernanza empresarial responsable es clave para consolidar la confianza social y garantizar la sostenibilidad del sector. (Agencia Nacional de Minería, 2021).

El fortalecimiento de la gobernanza también pasa por una mejor coordinación entre las instituciones públicas que regulan lo ambiental y lo minero, cuando ministerios, agencias y autoridades locales trabajan de manera articulada, las normas se aplican con coherencia y los procesos de control son más efectivos. Además, al alinearse con políticas internacionales de sostenibilidad, Colombia gana credibilidad en escenarios globales. La CEPAL explica que la gobernanza ambiental efectiva requiere coordinación interinstitucional y coherencia en las políticas públicas. (CEPAL, 2018).

Contar con información sobre las cómo cada país maneja sus retos ambientales y el intercambio de buenas prácticas en estas materias ayuda a que las instituciones públicas comprendan mejor la realidad nacional y regional, evaluar su eficiencia y eficacia en los instrumentos aplicados, corregir fallas y diseñar incentivos adecuados para avanzar hacia un desarrollo sostenible. En materia de gestión y política ambiental, los instrumentos más utilizados internacionalmente son de carácter regulatorio y establecen estándares o límites específicos que los distintos agentes deben cumplir, por ejemplo, las normas de emisión o de calidad. (CEPAL, 2015)

Finalmente, la gobernanza ambiental y empresarial se fortalece cuando hay transparencia y rendición de cuentas, publicar información clara sobre impactos, planes de manejo y resultados de auditorías permite que las comunidades y autoridades ejerzan un control social real, esto genera confianza, previene conflictos y promueve una minería más responsable. En línea con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, la transparencia y la inclusión son principios esenciales para avanzar hacia un desarrollo sostenible. La ONU expone que la Agenda 2030 es un plan de acción para la lucha contra la desigualdad dentro de los países y entre ellos, la preservación del planeta, la creación de un crecimiento económico sostenido y sostenible, así como el fomento de la inclusión social. (ONU, 2015).

3.16. Validación de la Hipótesis

La hipótesis planteada se valida a partir de tres componentes integrales, normativa, comparada y social.

En primer lugar, desde el argumento normativo, el marco jurídico colombiano en materia ambiental y minera, aunque fuerte, en ciertos aspectos, presenta vacíos específicos frente a la gestión del drenaje ácido de mina. La incorporación de principios de economía circular en la legislación permitiría superar la fragmentación regulatoria, garantizando seguridad jurídica y eficacia en la protección de los recursos hídricos.

En segundo lugar, el derecho comparado evidencia que países como Canadá, Chile y Australia han avanzado en la regulación de pasivos ambientales mineros mediante instrumentos vinculantes que promueven la recirculación de aguas y la recuperación de metales. Estas experiencias demuestran que la economía circular aplicada al sector extractivo es viable y genera beneficios ambientales y económicos.

Finalmente, el impacto social confirma la pertinencia de la hipótesis, basándose en que la reducción de pasivos ambientales y la mejora en la eficiencia hídrica repercuten directamente en la salud de las comunidades y en la gobernanza territorial, consolidando un modelo de minería responsable y sostenible.

4. Análisis jurídico de la respuesta al derecho de petición.

4.1. Normativa vinculante identificada.

El Ministerio señaló que la Resolución 2206 de 2016 y el Decreto 1076 de 2015 establecen términos de referencia obligatorios para la elaboración de estudios de impacto ambiental en proyectos mineros. Estos instrumentos, aunque vinculantes, abordan el DAM de manera indirecta, en el marco del licenciamiento ambiental, sin

constituir una regulación autónoma y específica. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015; 2016).

Esta situación refleja una tendencia en la regulación ambiental colombiana, los problemas específicos como el DAM se subsumen dentro de categorías generales de impacto ambiental, si bien esto asegura que el fenómeno sea considerado en los estudios, la falta de un tratamiento normativo autónomo limita la capacidad de exigir medidas concretas y estandarizadas. Para efectos de la tesis, esta constatación permite argumentar que la economía circular debe ser incorporada como un eje transversal en la normativa vinculante, de manera que el DAM deje de ser un aspecto accesorio y se convierta en un componente regulado con precisión.

4.2. Instrumentos técnicos históricos

Se hizo referencia a la Guía Minero Ambiental para la fase de explotación, Resolución 180861 de 2002, elaborada conjuntamente con el Ministerio de Minas y Energía. Este documento, aunque orientador, evidencia una falta de actualización frente a los nuevos paradigmas de sostenibilidad y economía circular, pues fue expedido hace más de dos décadas.

La antigüedad de la guía pone de manifiesto la desconexión entre la regulación técnica y los avances contemporáneos en gestión ambiental. En el contexto actual, donde la economía circular es reconocida como estrategia nacional de sostenibilidad, resulta evidente que un instrumento de 2002 no responde a las exigencias de recirculación de recursos ni a los compromisos internacionales de Colombia en materia de cambio climático. Para esta investigación este hallazgo es crucial porque demuestra que la actualización normativa no es solo deseable, sino necesaria para garantizar que la gestión del DAM se realice bajo estándares modernos y vinculantes.

4.3. Vacíos normativos en economía circular

El Ministerio reconoció expresamente que no ha expedido lineamientos específicos para la implementación de la economía circular en la gestión de DAM. Esta admisión oficial confirma la existencia de un vacío normativo que justifica la pertinencia de esta investigación y la necesidad de formular un modelo jurídico integral que articule dichos principios con la regulación minera.

Este reconocimiento oficial constituye una evidencia contundente para la tesis, pues valida la hipótesis central, la ausencia de regulación específica sobre economía circular aplicada al DAM. (Ministerio de Minas y Energía. (2022). Desde el punto de vista jurídico, este vacío genera inseguridad normativa y limita la capacidad del Estado para exigir prácticas sostenibles a las empresas mineras. En términos

estratégicos, la tesis puede plantear que la incorporación de la economía circular en la regulación del DAM no solo llenaría un vacío legal, sino que también fortalecería la gobernanza ambiental y la legitimidad social de la minería en Colombia.

4.4. Esfuerzos de política pública no vinculantes

Finalmente, se indicó que el Ministerio de Minas y Energía participó como actor de consulta en la elaboración de la Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de DAM, liderada por el Ministerio de Minas y Energía. Este documento, junto con la cartilla anexa, constituye un avance en términos de política pública, pero carece de fuerza normativa, lo que limita su impacto en la gestión efectiva de los DAM. (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

La existencia de lineamientos técnicos no vinculantes demuestra que sí hay voluntad institucional de abordar el problema del DAM, pero que dicha voluntad no se ha traducido en obligaciones jurídicas concretas. Esto genera un escenario de voluntarismo empresarial, donde las compañías pueden adoptar buenas prácticas si lo desean, pero no están obligadas a hacerlo. Para esta investigación, este punto es estratégico permite argumentar que la transición de documentos orientadores hacia normas vinculantes es indispensable para garantizar que la economía circular se convierta en un mandato legal y no en una recomendación opcional.

4.5. Implicaciones para la investigación

La respuesta oficial del Ministerio valida la hipótesis central de esta tesis, en la que enfatiza que la gestión de los DAM en Colombia carece de un marco jurídico integral que incorpore los principios de economía circular. Si bien existen normas vinculantes en el ámbito del licenciamiento ambiental y documentos técnicos orientadores, no hay regulación específica que obligue a las empresas mineras a prevenir, tratar y recircular de manera sostenible los drenajes ácidos de mina DAM.

En consecuencia, la investigación no solo identifica un vacío normativo, sino que también propone una ruta de solución, la creación de un modelo jurídico integral que articule economía circular, sostenibilidad y responsabilidad empresarial. Este modelo permitiría transformar el DAM de un pasivo ambiental en una oportunidad de recirculación de recursos, alineando la actividad minera con los compromisos internacionales de Colombia y con las demandas sociales de una minería responsable.

Este hallazgo refuerza la necesidad de avanzar hacia un modelo jurídico de economía circular, que supere la dispersión normativa actual y convierta los lineamientos técnicos en mandatos vinculantes, garantizando así la protección

ambiental, la eficiencia en el uso de recursos y la legitimidad social de la actividad minera.

Conclusiones

La presente investigación permitió demostrar que la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la gestión del drenaje ácido de mina (DAM) constituye una necesidad impostergable en el contexto minero colombiano. El análisis realizado evidenció que el marco normativo vigente, aunque robusto en materia ambiental general, presenta vacíos específicos frente a la regulación del DAM, lo que ha derivado en soluciones fragmentarias y en la persistencia de pasivos ambientales de alto impacto. En este sentido, la propuesta jurídica integral formulada en esta tesis se convierte en una herramienta para fortalecer la normatividad, garantizar la prevención y promover la recirculación sostenible de los recursos hídricos.

En primer lugar, se concluye que la economía circular aplicada al sector minero ofrece un marco conceptual y práctico capaz de transformar el DAM de un pasivo ambiental en una oportunidad de sostenibilidad. La recirculación de aguas contaminadas y la recuperación de metales son estrategias que, al ser respaldadas jurídicamente, permiten reducir impactos, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y generar beneficios económicos y sociales. La incorporación de estos principios en la legislación colombiana no solo responde a los compromisos internacionales en materia de cambio climático y desarrollo sostenible, sino que también fortalece la seguridad jurídica y la competitividad del sector.

En segundo lugar, se resalta la importancia de mecanismos de implementación claros y efectivos, como incentivos fiscales y financieros, estrategias de monitoreo y control, y la participación ciudadana en la gestión del DAM. Estos instrumentos, al estar integrados en un modelo jurídico, garantizan que las normas no se queden en declaraciones abstractas, sino que se traduzcan en acciones concretas y verificables. Asimismo, la transparencia y la rendición de cuentas se consolidan como pilares indispensables para generar confianza social y prevenir conflictos socioambientales.

En tercer lugar, se concluye que la aplicación de este modelo jurídico tiene impactos esperados de gran relevancia, la reducción de pasivos ambientales mineros, la mejora en la eficiencia hídrica, y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental y empresarial, estos resultados no solo benefician al sector minero, sino que también aportan al bienestar de las comunidades y a la protección de los ecosistemas, consolidando un equilibrio entre desarrollo económico y sostenibilidad ambiental.

La investigación confirma la validez de la hipótesis central al demostrar que la implantación de un modelo jurídico de economía circular en la gestión de los drenajes ácidos de mina constituye una herramienta indispensable para la sostenibilidad minera en Colombia. Los hallazgos evidencian que este modelo no solo permite superar los vacíos regulatorios existentes, sino que también fortalece la seguridad jurídica, promueve la innovación tecnológica y consolida la gobernanza ambiental. En consecuencia, la propuesta contribuye de manera significativa al derecho minero y ambiental, al integrar principios de prevención, responsabilidad extendida y recirculación, garantizando un equilibrio entre desarrollo económico, protección del ambiente y bienestar social.

Finalmente, la investigación reafirma que la construcción de un modelo jurídico de economía circular para la gestión del DAM es una herramienta estratégica para el futuro de la minería en Colombia. Su implementación permitirá avanzar hacia un sector más responsable, resiliente y alineado con los principios de sostenibilidad, garantizando que la explotación de recursos naturales se realice bajo parámetros de justicia ambiental, eficiencia normativa y respeto por las generaciones presentes y futuras.

Referencias:

- Aduvire, O. (2018). Dimensionado de sistemas de tratamiento de aguas ácidas de mina. Revista de Medio Ambiente y Minería. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000200001
- Aliaga Churruarrin, D. G. (2023). La reutilización del agua en la minería con enfoque en economía circular. Fides et Ratio. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2023000100010
- Alvizuri Tintaya, P. A. (2022). Estudio de la ósmosis inversa operada a baja presión como tratamiento de una fuente natural contaminada por actividad minera, en la microcuenca Milluni en Bolivia. Tesis de doctorado, Universidad Católica Boliviana San Pablo. Academia.edu. Recuperado de: <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/08225c09-fd4d-420b-abd2-ea325bdaa254/content>
- Arismendy Vidales, S. K. (2018). Problemática ambiental generada por el drenaje ácido de mina en la explotación de yacimientos mineros en Colombia. Monografía. Repositorio Institucional UNAD. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36759>
- Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos ASGMI. (2018). Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas. Recuperado de <https://asgmi.org/wp-content/uploads/2018/11/Gu%C3%ADa-Ambiental-para-el-Manejo-de-Agua-en-Operaciones-Minero-Metal%C3%BArgicas.pdf>
- Australian Government Department of Industry, Innovation and Science. (2016). Preventing acid and metalliferous drainage. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. Recuperado de: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-preventing-acid-and-metalliferous-drainage-handbook-english.pdf>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2021). Manual de licenciamiento ambiental. Bogotá: ANLA. Recuperado de: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual_de_licencias_ambientales_en_colombia.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (s.f.). Exclusión de IVA por adquisición de equipos de control y monitoreo ambiental. Bogotá: ANLA. Recuperado de: <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/exclusion-de-iva-por-la-adquisicion-de-equipos-y-elementos-nacionales-o-importados-que-se-destinen-a-la-construccion-instalacion-montaje-y-operacion-de-sistemas-de-control-y-monitoreo-del-medio-ambi/>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (2025). Certificación ambiental para deducciones tributarias. Bogotá: ANLA. Recuperado de:

<https://www.anla.gov.co/noticias-anla/sus-inversiones-en-proteccion-ambiental-le-ayudan-a-reducir-el-impuesto-de-renta-con-certificacion-de-la-anla>

Bellmont, Y. S. (2012). El concepto de justicia ambiental: Reflexiones en torno a la jurisprudencia constitucional colombiana del siglo XXI. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/578aa956-cb60-4cfb-b73d-281bb230c661/download>

Blowes, D. W., Ptacek, C. J., Jambor, J. L., Weisener, C. G., Paktunc, D., Gould, W. D., y Johnson, D. B. (2013). The geochemistry of acid mine drainage. En H. D. Holland & K. K. Turekian (Eds.), Treatise on geochemistry 2ª ed., Vol. 11. Oxford: Elsevier. Recuperado de: <https://literature.wolkersdorfer.info/literature/The%20Geochemistry%20of%20Acid%20Mine%20Drainage.pdf>

Castro Guaman, J. O. (2021). Análisis del estado actual en el manejo de residuos sólidos en Antioquia. Universidad Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico EAFIT. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/29682/JulioOrlando_CastroGuaman_2021.pdf

Chamorro González, C., Morales Ceballos, J. y Cabrera Jaramillo, R. (2025). Incentivos tributarios ambientales en Colombia: una revisión teórica y legal. Cuadernos de Contabilidad. Recuperado de: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc26.itac>

Chaparro L. Laura T. 2014. Universidad Pontificia Bolivariana. (2014). Descripción del manejo integral de drenajes ácidos de mina a nivel internacional. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/10328/digital_27707.pdf?sequence=1

Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2018). Acceso a la información, la participación y la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe: hacia el logro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (LC/TS.2017/83), 2018. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4719deaf-0702-4fed-838d-264fe70b01ef/content>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2025. Participación ciudadana en la gestión de los recursos naturales y la transformación territorial sostenible, A. Marín y A. Cramaschi, Serie Desarrollo Territorial, N° 25 (LC/TS.2025/5/Corr.1). Santiago. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/5707a1b0-d72f-41f9-9051-1d924c84e5ef>

Comisión Europea. (2020). Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular: Por una Europa más limpia y competitiva. Bruselas: Comisión Europea. Recuperado de: <https://pabellon3.com/wp-content/uploads/2020/11/Comision-europea-2020-Plan-Accion-EC.-Europa-Limpia.pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). Instrumentos económicos para la gestión ambiental. Guía metodológica. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3c220f39-febd-49ae-ad82-8bec29caa14f/content>

Congreso de la República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Artículo 23. Recuperado de: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html#23

Congreso de la República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Artículo 80. Recuperado de: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_p_r002.html

Congreso de la República de Colombia (1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de Colombia. (2015). Ley 1755, Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65334>

Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 685 de 2001: Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>

Congreso de la república de Perú (2003). Ley 28090 de 2003. Recuperado de: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3975891/LEY%20N_28090.pdf.pdf?v=1671819650

Congreso de la República de Colombia (2008). Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1252-2008.pdf>

Congreso la república de Colombia. (2009). Ley 1333 de 2009. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879>

Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014: Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Congreso de la república Colombia (2019). Ley 1955 de 2019. Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad. Recuperado de: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1955_2019.html

Congreso de la república Colombia (2023). Proyecto de Ley 201 de 2023 Por medio del cual se crea y se regula el régimen del mercado de valorización de residuos sólidos, se fomenta la valorización de residuos en el marco de la promoción de la

economía circular y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2023/10/PL.201-2023C-ECONOMIA-CIRCULAR.pdf>

Congreso de la República de Colombia (2023). Proyecto de Ley No, 085 de 2023 sobre gestión integral de residuos sólidos en el marco de la economía circular. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://leyes.senado.gov.co/p-ley/2023-2024/PL%20085-23%20Economia%20circular.pdf>

Congreso de la republica Colombia (2023). Ley 2327 de 2023, Por medio de la cual se establece la definición de pasivo ambiental, se fijan lineamientos para su gestión y se dictan otras disposiciones. <https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2025/05/Documento-Tecnico-de-Soporte.pdf>

Contraloría General de la República. (2021). Auditoría de desempeño pasivos ambientales mineros coordinada con la OLACEFS 2015-2020. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Informe-Auditoria-de-Desempeno-Pasivos-Ambientales-Mineros-OLACEFS-2020.pdf>

Corte Constitucional de Colombia. (1992). Sentencia T-411 de 1992. Bogotá: Corte Constitucional. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1992/T-411-92.htm>

Corte constitucional de Colombia (2002). Sentencia C-339 de 2002. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2002/c-339-02.htm>

Corte constitucional de Colombia (2002). Sentencia C-293 de (2002). Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2002/c-293-02.htm>

Corte constitucional de Colombia (2010). Sentencia T-418 de 2010. Corte Constitucional. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2010/t-418-10.htm>

Corte constitucional de Colombia (2013). Sentencia T-154 de (2013). Corte Constitucional de Colombia. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2013/t-154-13.htm>

Corte Constitucional de Colombia. (2016). Sentencia T-704 de 2016. Corte Constitucional de Colombia. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-704-16.htm>

Corte constitucional de Colombia (2016). Sentencia C-035 de 2016. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=164044>

Corte Constitucional de Colombia (2018). Sentencia SU-123 de 2018. Corte Constitucional de Colombia: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2018/su123-18.htm>

Corte Constitucional de Colombia (2023). SU 095-18. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2018/su095-18.htm>

Corte Constitucional de Colombia (2023). Sentencia T-375/23. Bogotá: Corte Constitucional. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2023/T-375-23.htm>

Cruz Becerra, J. S. (2015). Tratamientos pasivos aplicados a drenajes ácidos de mina Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander. Recuperado de:

<https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/616b755d-2f53-4d16-893d-47cd52d3f089/download>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021). Documento metodológico: Economía circular. Bogotá: DANE. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/censo-economico/info-metodologica/CE-documento-metodologico-economia-circular.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Lineamientos para la formulación, implementación y evaluación de una política pública para la gestión de pasivos ambientales en Colombia. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/Anexo%20-%20Lineamientos%20Pasivos%20Ambientales.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Documento CONPES 3918: Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Bogotá, D.C. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Department of Mines and Petroleum, & Environmental Protection Authority. (2015). Guidelines for preparing mine closure plans. Government of Western Australia. Recuperado de: https://www.epa.wa.gov.au/sites/default/files/Policies_and_Guidance/DMP-EPA-Guidelines-Mine-Closure-Plans-080515.pdf

Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. (Hacia la economía circular Vol. 1: una justificación económica y empresarial para una transición acelerada). Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

Ellen MacArthur Foundation. (2014). Towards the Circular Economy Vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains. (Hacia la economía circular Vol. 3: acelerando la escalabilidad a lo largo de las cadenas de suministro globales). Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global>

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. (Completando el panorama: Cómo la economía circular afronta el cambio climático). <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>

European Commission. (2009). Decisión 2009/335/CE de la Comisión de 20 de abril de 2009 sobre directrices técnicas para el establecimiento de la garantía financiera de conformidad con la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la gestión de los residuos de las industrias extractivas. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2009/335/oj/eng>

European Commission. (2015). Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy (COM/2015/614 final). Brussels: European Union. Cerrando el círculo: un

plan de acción de la UE para la economía circular. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>

European Parliament & Council of the European Union. (2000). Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco de actuación comunitaria en materia de política de aguas. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>

European Parliament & Council of the European Union. (2006). Directive 2006/21/EC on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC - sobre la gestión de residuos de industrias extractivas y modificación de la Directiva 2004/35/CE). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32006L0021>

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. (2018). Determinación del contenido de metales pesados en suelos colindantes a un drenaje ácido de mina en el municipio de California, Santander, Colombia. Recuperado de <https://agris.fao.org/search/en/providers/124649/records/669e6f8400eb85b7d72b1c57>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm?. Journal of Cleaner Production 143: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>. Recuperado de: https://pure.tudelft.nl/ws/portalfiles/portal/36128214/Geissdoerfer_et_al_2017_The_Circular_Economy_a_new_sustainability_paradigm_accepted_version.pdf

Government of Ontario. (1990). Environmental Protection Act, R.S.O. 1990, c. E.19. Ontario Canadá. Ley de Protección Medioambiental O.R.S. 1990, c E.19. Ontario Canadá. Recuperado de: <https://www.ontario.ca/laws/statute/90e19>

Hernández Gil, V. (2022). La economía circular, una propuesta alternativa. Revista Do-Ciencia No. 6. 2022 - ISSN 2346-2728. Recuperado de: https://fce.ut.edu.co/images/posgrados/ma_educacion/Do_Ciencia_6.pdf

Jiménez García, I. del P., & Pardo Becerra, L. Á. (2025). Transformar es construir: Por una minería soberana, responsable y coherente. Bogotá: Fundación Heinrich Böll Stiftung – Oficina Colombia. Recuperado de: <https://co.boell.org/es/2025/10/28/transformar-es-construir-por-una-mineria-soberana-responsable-y-coherente>

Julca Zuloeta D (2022). La economía circular en la minería peruana, Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/39), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47895-la-economia-circular-la-mineria-peruana>

Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling. Conceptualización de la economía circular: Un análisis de 114 definiciones. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Konrad Adenauer Stiftung. (2023). Mecanismos de participación ambiental. Bogotá: Fundación Konrad Adenauer Stiftung. ISBN Impreso 978-628-95772-0-4 / Digital 978-628-95600-9-1. Recuperado de: [https://www.academia.edu/110164900/Mecanismos de Participacion Ambiental](https://www.academia.edu/110164900/Mecanismos_de_Participacion_Ambiental)

Lazo, D. (2020). Acid mine drainage mitigation: A review. Ingeniería Industrial. Western Australian School of Mines, Curtin University, Australia. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7838306.pdf>

Mining Watch Canada. (2006). Drenaje Ácido de la Minería: Minería y contaminación de agua en la Columbia Británica, Canadá. Ottawa: MiningWatch Canada. Informe. Recuperado de: <https://miningwatch.ca/es/node/5338>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Ley 1672 de 2013, Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/ley-1672-de-2013/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2016. Resolución 2206 de 2016. Por el cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de proyectos mineros y se toman otras determinaciones. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-2206-de-2016.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones). Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Bogotá: MinAmbiente). Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Manual-de-seguimiento-ambiental-de-proyectos-2002.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC). Recuperado de: <https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf> 637176135049017259.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Resolución 0447 de 2020: Por la cual se expiden los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería y se toman otras

determinaciones. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0447-de-2020/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Resolución 1257 de 2021: Por la cual se establecen los criterios para el reúso de aguas residuales tratadas. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1257-de-2021/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Informe de gestión MinAmbiente 2021. Bogotá: MinAmbiente. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Informe-de-Gestion-Minambiente-2021-VF-PUBLIC.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Beneficios tributarios por inversiones en medio ambiente. Bogotá: MinAmbiente. Recuperado de: <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/beneficios-tributarios/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Beneficios tributarios – Certificación ambiental. Bogotá: MinAmbiente. Recuperado de: <https://www.anla.gov.co/noticias-anla/sus-inversiones-en-proteccion-ambiental-le-ayudan-a-reducir-el-impuesto-de-renta-con-certificacion-de-la-anla>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). Informe Anual de Sostenibilidad. Bogotá: MinAmbiente. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/12/Informe_Sostenibilidad_2025.pdf?utm_source=copilot.com

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2026). Resolución 0226 de 2026. Por la cual se fijan los lineamientos para la formulación, implementación y evaluación de una política pública para la gestión de pasivos ambientales en Colombia. Recuperado de: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/Normatividad-DNP/Resoluciones/Resolucion_0226_Pasivos_Ambientales_en_Colombia.pdf?utm_source=copilot.com

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2005). Decreto Supremo N.º 059-2005-EM: Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4703260-059-2005-em>

Ministerio de Minas y Energía. (2020). Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros. Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de: https://www.minenergia.gov.co/documents/10980/Propuesta_Lineamientos_Drenajes_acidos_mineros.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los procesos de Economía Circular en la actividad minera. Bogotá: MME. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/7134/economia-circular-actividad-minera-mme-2022.pdf>

Ministerio de Minas y Energía (2024). Guía Minero Ambiental de Explotación. Recuperado de: https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2024/01/Guia_Minero_Ambiental_de_Explotacion.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2026). Guía Minero-Ambiental de Explotación. Bogotá: Minenergía. Recuperado de: <https://www.minenergia.gov.co/documents/16062/gma-explotacion.pdf>

Muñoz Aguirre, O. A. (2022). Análisis de concentraciones de Cadmio asociado a la explotación minera subterránea de oro de veta en el Distrito Minero Segovia Remedios (DMSR). Universidad de Manizales. Repositorio Institucional Universidad de Manizales. Monografía. Recuperado de: <https://ridum.umanizales.edu.co/bitstreams/2f25fbae-2064-4bf1-af5a-53a3ca7332ea/download>

Northey, SA, Mudd, GM, Werner, TT, Haque, N., & Yellishetty, M. (2019). Gestión sostenible del agua y mejora de los informes corporativos en la minería. Sustainable water management and improved corporate reporting in mining. Water Resources and Industry, 21, 100104. 2018. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371718301173>

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2022). ¿Qué es la economía circular? <https://oab.ambientebogota.gov.co/que-es-la-economia-circular/>

Organización de las Naciones Unidas ONU (1987). Informe Brundtland: Nuestro futuro común. Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Organización de las Naciones Unidas ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York: ONU. Recuperado de: <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/ONU-Agenda-2030.pdf>

Pardavé Livia, W., Serrano Uribe, B. S., & Castillo Martínez, C. H. (2022). Mitigación de pasivos ambientales de Drenajes Ácidos Mineros DAM mediante reúso del relave minero. En E. Serna M. (Ed.), Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era. Editorial UNAD. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728334>

Peña, J., & Pérez, W. (2009). Manejo de drenajes ácidos de mina DAM. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Monografía. Repositorio Institucional UIS. <https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/833b9a91-440e-4b55-af76-07906da95d32/download>

Pereira, M., De Miguel, C. y Constantin, A. (Eds.) (2026). Gestión de pasivos ambientales: diagnóstico, desafíos y lecciones para la minería en la región andina. CEPAL (LC/PUB.2026/1-P). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/acca5b13-7bc7-4db2-96f7-23707e4cc8e5/content>

Pinzón, O. M. (2021). El Modelo de Economía Circular, Aporte a la Sostenibilidad Ambiental y a la Generación de Empleo e Ingresos en Colombia. Monografía. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44381>

Presidencia de la Republica, (1974). Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Prieto S, Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a Consensus on the Circular Economy. Journal of Cleaner Production, Hacia un consenso sobre la economía circular. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

Province of British Columbia, Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation. (1998). Metal leaching and acid rock drainage (ML/ARD) policy. Victoria, BC: Government of British Columbia. Ministerio de Energía, Minas e Innovación de British Columbia. Recuperado de https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/mineral-exploration-mining/documents/permitting/ml-ard_policy.pdf

Province of British Columbia, Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation. (2024). *Developing a reclamation and closure plan for regional mines* (Version 1.1, June 2024). Victoria, BC: Government of British Columbia. Recuperado de https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/mineral-exploration-mining/documents/reclamation-and-closure/regional_reclamation_plan_guidance.pdf

PwC PricewaterhouseCoopers Colombia. (2024). Factsheet Incentivos Tributarios 2024. Recuperado de <https://www.pwc.com/co/es/advisory/ESG/incentivos-tributarios/2024/factsheet-incentivos-tributarios.pdf>

Rea-Toapanta, A. R. (2023). Daño ambiental y economía circular en la explotación de los recursos naturales no renovables. FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo. Recuperado de: <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4104>

Skousen, J., Ziemkiewicz, P., & McDonald, L. M. (2017). Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies. West Virginia University. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214790X18302156>

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2025). Plan Nacional de Desarrollo Minero. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de: <https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2025/04/UPME-plan-nacional-desarrollo-minero.pdf>

Vásquez, O. Y. (2016). Evaluación de un biorreactor pasivo durante la remediación de drenajes ácidos de mina del distrito minero de Zipaquirá (Colombia). Universidad javeriana. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=331909>

Vizeu Pinheiro, M., Rojas Sánchez, L., Long, SC y Ponce, A. (2020). Indicadores de Gobernanza Ambiental para América Latina y el Caribe. Caudillo, E., Frerichs, E., Fuentes, AM, González, K., & Morales, JA (Eds.). Recuperado de: <https://publications.iadb.org/en/publications/spanish/viewer/Indicadores-de-gobernanza-ambiental-para-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Wandurraga Arévalo, L. A. (2020). Economía circular: una alternativa para la planeación ambiental y preservación de los recursos naturales. Universidad Militar

Nueva

Granada.

<https://repository.umng.edu.co/bitstream/handle/10654/37295/WandurragaArevaloLauraAlejandra2020.pdf>

Yuan, J., Ding, Z., Bi, Y., Li, J., Wen, S., & Bai, S. (2022). Resource utilization of acid mine drainage (AMD): A review. Water. <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/15/2385>

Anexos

Anexo 1. Derecho de Petición presentado ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Como parte de la metodología de investigación, se ejerció el derecho fundamental de petición consagrado en el artículo 23 de la Constitución Política de Colombia y regulado por la Ley 1755 de 2015. Este instrumento jurídico fue utilizado para solicitar información oficial al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de obtener documentos normativos, lineamientos y políticas públicas relacionadas con la gestión de drenajes ácidos de mina (DAM) y la incorporación de principios de economía circular en el sector minero.

A continuación, se incluye el derecho de petición radicado en octubre de 2025:

Tunja, Boyacá, 15 de octubre de 2025.

Señores

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE ASUNTOS JURÍDICOS
Bogotá D.C.
Colombia

Asunto: Derecho de petición - Solicitud de información normativa sobre economía circular en drenaje ácido de mina (DAM)

ANGELA ALEXANDRA ALFONSO ALFONSO, identificada con cédula de ciudadanía No.33369957, residente en la carrera 2 A # 48 - 15 urbanización Las Quintas, en ejercicio del derecho fundamental de petición consagrado en el artículo 23 de la Constitución Política de Colombia, y desarrollado por la Ley 1755 de 2015, me permito solicitar la siguiente información:

PETICIÓN

Solicito de manera respetuosa y formal se me proporcione acceso, copia o enlace a los documentos, resoluciones, circulares, guías técnicas, lineamientos, políticas públicas, y demás actos administrativos emitidos por ese Ministerio que:

1. Establezcan **normativa jurídica vinculante** relacionada con la **gestión ambiental de drenajes ácidos de mina (DAM)**.
2. Incorporen **principios de economía circular** aplicables al sector minero, especialmente en lo relacionado con la **prevención, tratamiento y recirculación sostenible de DAM**.
3. Contengan **buenas prácticas ambientales** recomendadas o exigidas por el Ministerio para proyectos mineros que generen DAM.
4. Sean aplicables a la formulación, evaluación o seguimiento de **licencias ambientales** en proyectos mineros con presencia de DAM.
5. Incluyan **instrumentos jurídicos, técnicos o de política pública** que puedan ser considerados en el diseño de un **modelo jurídico de economía circular** para la gestión de DAM.

FUNDAMENTO JURÍDICO

Esta solicitud se ampara en:

- **Artículo 23 de la Constitución Política de Colombia**, que reconoce el derecho de toda persona a presentar peticiones respetuosas a las autoridades por motivos de interés general o particular.

- **Ley 1755 de 2015**, que regula el derecho fundamental de petición.
- **Ley 1712 de 2014 (Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional)**, que garantiza el acceso a la información pública en poder de entidades del Estado.
- **Ley 99 de 1993**, que crea el Ministerio de Ambiente y establece sus competencias en materia de regulación ambiental.
- **Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022)**, que incorpora la economía circular como estrategia nacional de sostenibilidad.
- **Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible**, adoptada por el Ministerio, que promueve la economía circular en sectores productivos como la minería.

Justificación académica

La información solicitada será utilizada exclusivamente con fines académicos, como parte del desarrollo de mi tesis de grado titulada: **"Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM)"**, en el marco de mis estudios universitarios en la Universidad Santo Tomás - Seccional Tunja.

Medio de respuesta

Solicito que la respuesta sea enviada al correo electrónico: alexa.alfonsoalfonso@gmail.com
O, en su defecto, a la dirección física: carrera 2 A # 48 - 15 urbanización las Quintas.

Agradezco de antemano su atención y colaboración.

Cordialmente,



ANGELA ALEXANDRA ALFONSO ALFONSO
C.C. No. 33369957
Correo alexa.alfonsoalfonso@gmail.com
Teléfono: 32175608608



Alexandra Alfonso Alfonso <alex.alfonsoalfonso@gmail.com>

Notificacion de Radicacion

1 mensaje

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible <info@minambiente.gov.co> 15 de octubre de 2025 a las 15:14
Responder a: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible <info@minambiente.gov.co>
Para: Remitente <alex.alfonsoalfonso@gmail.com>



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Número de radicado	Correo Electrónico	Fecha	Código
2025E1054611	alex.alfonsoalfonso@gmail.com	2025-10-15 13:58:02.252858	a69d3

Ha radicado una solicitud con fecha 2025-10-15 13:58:02.252858, la cual será atendida por la entidad. Agradecemos su atención.

[Consultar Radicado](#)[Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible](#)

Este correo es de carácter informativo, favor no responder a esta dirección de correo, ya que no se encuentra habilitada para recibir mensajes. Para más información sobre el contenido de este mensaje, contactar al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a la línea de atención telefónica en Bogotá 601 3323422 o la línea nacional 01800915060 o mediante consulta en línea accidente al enlace.

Sus datos serán recolectados y tratados conforme con la Política de Tratamiento de Datos. En la opción consulta de PQRSD podrá verificar el estado de la respuesta. En caso que la solicitud de información sea de naturaleza de identidad reservada, deberá efectuar el respectivo trámite ante la Procuraduría General de la Nación, haciendo clic en el siguiente link: https://www.procuraduria.gov.co/portal/solicitud_informacion_identificacion_reservada.page Se deberá indicar los términos que aplican en la presentación de quejas anónimas, para lo cual, se deben indicar las condiciones para aceptarlas conforme con la siguiente normativa: artículo 38 de la Ley 190 de 1995; artículo 69; de la Ley 734 de 2002 y artículo 81 de la Ley 962 de 2005.

Información

- Calle 37 No. 8-40 - Conmutador: (57-1) 3323400
- Correo: info@minambiente.gov.co
- Línea gratuita: 01 8000 919 301
- Whatsapp Empresarial: +57 3102213891



Bogotá, D. C.

	Al responder por favor cite este número 24062025E2045742	
	Fecha Radicado: 2025-12-10 19:13:04	
	Código de Verificación: 6c5d6	Folios: 2
	Radicator: Ventanilla Minambiente	Anexos: 3
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		

Señora
ANGELA ALEXANDRA ALFONSO ALFONSO
alexa.alfonsoalfonso@gmail.com
Carrera 2 A # 48 15 urbanización Las Quintas
Tunja - Boyacá

Asunto: Respuesta a oficio 2025E1054611 de 2025
Solicitud de información normativa sobre economía circular en drenaje ácido de mina (DAM).
Información para la tesis de estudios universitarios "Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM)"

Respetada señora Ángela, cordial saludo.

En atención al oficio del asunto mediante el cual se solicita a este Ministerio información de apoyo para la tesis de estudios universitarios "Importancia de la implantación de un modelo jurídico de economía circular para la prevención y recirculación sostenible de los drenajes ácidos de mina (DAM)", de conformidad con lo establecido en el artículo 28 de la Ley 1755 de 2015 damos respuesta a las preguntas por usted formuladas:

"Solicito de manera respetuosa y formal se me proporcione acceso, copia o enlace a los documentos, resoluciones, circulares, guías técnicas, lineamientos, políticas públicas, y demás actos administrativos emitidos por ese Ministerio que:

- 1. Establezcan normativa jurídica vinculante relacionada con la gestión ambiental de drenajes ácidos de mina (DAM).*
- 2. Incorporen principios de economía circular aplicables al sector minero, especialmente en lo relacionado con la prevención, tratamiento y recirculación sostenible de DAM.*
- 3. Contengan buenas prácticas ambientales recomendadas o exigidas por el Ministerio para proyectos mineros que generen DAM.*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia
Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676
Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

Página 1 | 2

F-E-SIG-26:V7 02-08-2024



4. Sean aplicables a la formulación, evaluación o seguimiento de licencias ambientales en proyectos mineros con presencia de DAM.
5. Incluyan instrumentos jurídicos, técnicos o de política pública que puedan ser considerados en el diseño de un modelo jurídico de economía circular para la gestión de DAM"

Para dar respuesta a sus preguntas, como primera medida, informamos que este Ministerio en el marco de sus competencias ha generado lineamientos técnicos para la gestión responsable de los drenajes ácidos de mina – DAM en el marco de licenciamiento ambiental. De esta manera, mediante la Resolución 2206 de 2016 se adoptaron los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para proyectos de explotación minera. De acuerdo con el artículo 2.2.2.3.3.2 del Decreto 1076 de 2017 los términos de referencia son los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala para la elaboración y ejecución de los estudios ambientales que deben ser presentados ante la autoridad ambiental competente, es decir son de obligatorio cumplimiento.

También puede consultar la guía minero ambiental para la fase de explotación minera adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía mediante la Resolución 180861 de 2002 la cual se puede descargar en el siguiente enlace https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/guia_minero_ambiental_explotacion.pdf Este documento orienta la gestión ambiental de los proyectos mineros en fase de explotación.

Además de estos documentos, este Ministerio no ha expedido lineamientos específicos para la implementación de la economía circular o la gestión ambiental de los DAM, sin embargo, este Ministerio su participó como actor de consulta y construcción de un documento específico que fue elaborado por el Ministerio de Minas y Energía denominado "Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de Drenajes Ácidos de Mina". Se anexa documento y cartilla.

Cordialmente;

KAREN VIVIANA LÓPEZ AGUILAR
Coordinadora del Grupo del Sector de Hidrocarburos, Minería y Energético.

Anexo: Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para proyectos de explotación minera.
Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de Drenajes Ácidos de Mina.
Cartilla.

Proyectó: Sergio Hernández Cruz, Contratista DAASU. ^{CH}

Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes y, por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad lo presentamos para la firma del Remitente

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia
Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676
Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

Página 2 | 2

F-E-SIG-26:V7 02-08-2024