

La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica *

Lina Marleny López-Sánchez

Magíster en Administración. Directora Grupo de Investigación GIDICON. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia
linalopezuptc@hotmail.com

Mary Luz López-Sánchez

Magíster en Historia. Docente Investigadora - Grupo GIDICON. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia
maryluzlopezuptc@hotmail.com

Graciela Medina-Salazar

Especialista en Finanzas. Docente investigadora - Grupo GIDICON. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia
graciela.medina@uptc.edu.co

RESUMEN

La minería colombiana ha adquirido una gran importancia en la economía del país. No obstante su relevancia, las repercusiones ambientales y sociales no son insignificantes; por el contrario, los alcances del deterioro que genera han exigido la adopción de políticas públicas que los contrarresten. El país está a la zaga en América Latina en política ambiental, particularmente en lo referente a la gestión de los llamados pasivos ambientales mineros y al cierre de minas abandonadas, inactivas, paralizadas o huérfanas, que requieren medidas de mitigación o remediación; además del manejo del riesgo de sus efectos negativos actuales y futuros. Para una adecuada gestión de estos pasivos es conveniente el diseño y aplicación de una matriz de riesgo que incorpore las buenas prácticas mineras, para así mitigar y prevenir mayores daños en el entorno socio-ambiental.

PALABRAS CLAVE

Minería, administración de riesgos, pasivos ambientales mineros, mitigación, remediación.

CÓDIGOS JEL

Q51, Q53

The prevention and mitigation of the risks of mining environmental liabilities (MEL) in Colombia: a methodological proposal

ABSTRACT

The Colombian mining has acquired an important role in the economy of the country. Despite its relevancy, environmental and social impacts are not insignificant, on the contrary, the scope of this deterioration has demanded the adoption of public policies to counteract it. The country is lagging behind in Latin America in environmental policy, particularly as regards manage of so called mining environmental liabilities and abandoned, inactive, paralyzed or orphaned mine closure requiring measures to mitigate them or remedy them, in addition to the management of risks of effects both current and future. For a suitable management of these liabilities, it is convenient the design and application of a risk matrix incorporating good mining practices in order to mitigate and prevent further damage to socio-environmental surroundings.

Recibido 30/11/2015 Aceptado: 20/05/2016

* <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25138> Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Cómo citar este artículo: LÓPEZ-SÁNCHEZ, Lina Marleny; LÓPEZ-SÁNCHEZ, Mary Luz; MEDINA SALAZAR, Graciela. La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica. *En:* Entramado. Enero - Junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 78-91
<http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25138>



KEYWORDS

Mining, risk management, mining environmental liabilities, mitigation, remediation.

JEL CLASSIFICATION

Q51, Q53

Prevenção e mitigação de riscos da mineração de passivos ambientais (PAM) na Colômbia: uma proposta metodológica

RESUMO

Mineração colombiana tornou-se cada vez mais importante na economia do país. Apesar de sua relevância, impactos ambientais e sociais não são insignificantes; pelo contrário, o alcance da deterioração que gera exigiram a adoção de políticas públicas que neutralizam. O país está ficando para trás na América Latina na política ambiental, particularmente em relação à gestão de passivos ambientais de mineração e fechamento de minas abandonadas, inativos ou órfão paralisadas, exigindo mitigação ou remediação conhecido; além da gestão de riscos de efeitos negativos atuais e futuras. Para uma gestão adequada desses passivos é conveniente para a concepção e implementação de uma matriz de risco para incorporar as boas práticas de mineração, a fim de mitigar e evitar mais danos ao ambiente sócio-ambientais.

PALAVRAS-CHAVE

Mineração, gestão de riscos, passivos ambientais de mineração, mitigação, remediação.

CLASSIFICAÇÕES JEL

Q51, Q53

Introducción

En los países de América Latina donde abundan los recursos naturales, se implantó un modelo de crecimiento extractivista, que no reparó en los perjuicios resultantes de la irracional explotación minera. En la actualidad, cuando en Colombia al parecer se ha agotado este modelo, se está reflexionando acerca de los impactos socio-ambientales provocados por la minería, particularmente carbonífera, y las estrategias más adecuadas para compensarlos.

La existencia y persistencia de pasivos ambientales mineros (PAM) ha llamado la atención de todos los actores involucrados, desde las comunidades afectadas hasta los gobiernos, para diagnosticar su estado actual, los responsables, las medidas de mitigación y prevención, al igual que los costos y financiación que ello implica. La elaboración de una matriz de riesgo se convierte así en una herramienta útil para definir y emprender acciones concretas.

El presente texto incluye una contextualización de la actividad minera en Colombia; posteriormente, examina los diferentes intentos de clarificar el concepto de pasivos ambientales mineros (PAM); se revisa el marco legal de la minería colombiana, para ahondar en las fases de un modelo de gestión y, simultáneamente, precisar los pasos para la elaboración de una matriz de riesgo de prevención y mitigación de los PAM.

En la elaboración de esta matriz de riesgo se tuvo como referente la metodología del Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), que no está referida específicamente a riesgos ambientales, pero define de manera ordenada los pasos de una adecuada administración.

La minería en Colombia

El modelo de crecimiento económico en Colombia en lo transcurrido del siglo XXI, como en gran parte de los países latinoamericanos, se ha centrado en la explotación de los recursos naturales, por lo que las exportaciones de materias primas se convirtieron en la principal fuente del dinamismo económico, denominándose a este modelo extractivista (Garay, 2013).

El auge de los productos minero-energéticos se debió a los buenos precios que estos tuvieron en el mercado internacional, registrándose su declive el año pasado, quizá por la reducción de la demanda de materias primas en una de las economías de mayor expansión como lo es China. Colombia no es ajena a esta situación, pues es el primer productor de América Latina y ocupa el undécimo lugar en el mundo (Ministerio de Minas, 2016, p. 54).

De acuerdo con las cuentas nacionales (Banco de la República, 2016) la explotación de minas y canteras (minerales e hidrocarburos) es uno de los sectores más relevantes de

la economía colombiana, dado que esta actividad en 2015 representó 7,1% del Producto Interno Bruto (PIB), contrastando con el 2010 en el que contribuyó con 7,9% y el 2011 donde alcanzó su máximo nivel con 11,1%. Simultáneamente, salvo a comienzo de la pasada década y finales de ese periodo, este sector aventajó en su crecimiento al conjunto de la economía, registrando su mayor ritmo para 2011 (Fedesarrollo, 2014; Ministerio de Minas, 2016).

La caída del PIB minero abarcó el periodo 2012-2015, con tasas negativas, coincidiendo con el desplome del precio de los productos básicos, entre ellos el carbón.

Luego de que los renglones minero-energéticos desplazarán durante las dos últimas décadas a las exportaciones no tradicionales, copando el 70% de las ventas externas, su descenso el año pasado condujo a una sensible merma de las exportaciones de petróleo, carbón y ferroníquel, que en 2015 contribuyeron con el 40% del total.

Según el Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), las exportaciones de carbón ganaron terreno en la balanza comercial del país situando su punto más destacado en 2010 (16,5%), que contrasta con el nivel observado en 2015 (12,8%).

Colombia fue afectada, desde la década de los 90, por la llamada “Enfermedad Holandesa”, que alteró la estructura productiva y la canasta exportable, en favor de los productos minero-energéticos, y la consiguiente sustitución de la producción agrícola e industrial interna por las importaciones (Clavijo y Fandiño, 2012).

Tal como lo señala Fedesarrollo (2014): “Desagregando las regalías del sector según el tipo de mineral, se observa que el carbón representa cerca del 80% (...)”, añadiendo más adelante:

Las regalías de carbón sumaron \$1,3 billones en 2013 y tuvieron una caída de más de \$300.000 millones con respecto de 2012, cuando fueron de \$1,6 billones; esta caída en las regalías de carbón se explica por una menor producción y una baja en los precios internacionales, a partir de los cuales se liquidan las regalías del carbón exportable (p. 24).

En relación con el empleo, según la UPME (2014) “El número de empleos generados por el sector de minas y canteras a corte diciembre de 2013 correspondió a 202 mil personas” (p. 91).

Repercusiones ambientales de la minería

Es indudable que la extracción de recursos naturales no renovables no sólo genera beneficios económicos sino que

acarrea serios perjuicios, tanto ambientales como sociales, ya que la operación de muchas empresas explotadoras de minerales, por ejemplo, no se enmarcan dentro del desarrollo sostenible¹. Lo anterior ha exigido la formulación de una política minera por parte del gobierno cuyo “Objetivo fundamental es que la actividad minera, en todas sus escalas, se desarrolle de forma ordenada, incluyente, competitiva y responsable, de tal manera que se incrementen las externalidades positivas en los territorios mineros en materia de empleo, ingresos, regalías, tributos, entre otros, y se adapte a los cambios que imponga el contexto internacional en materia de precios, mercados, clima y sustitutos energéticos” (Ministerio de Minas, 2016, p. 8).

La actividad minera, de acuerdo con los registros de la Agencia Nacional de Minería (ANM), ha adquirido una dimensión creciente en el país, si se examinan los títulos mineros concedidos “a partir de 2010 hubo un incremento de la titularidad minera: pasó de 8.574 títulos inscritos en el Registro Minero Nacional a 9.742 en 2013. Para el 2014, los títulos mineros inscritos en el Registro Minero Nacional fueron de 9.612, y para 2015 este número descendió a 9.291” (Ministerio de Minas, 2016, p. 47), correspondiendo el 17% al carbón².

La explotación minera, bajo el depredador modelo extractivista, afecta no sólo a la salud de la población y sus condiciones socioeconómicas, sino de manera severa al entorno ambiental. En este sentido, un estudio desarrollado por la Contraloría General de la República concluye:

“La información sobre los efectos de la minería de escala pequeña, mediana o grande existente o proyectada sobre la salud de los geo-ecosistemas o sobre la salud pública es precaria, fragmentada o inexistente. Algunas regiones del país con precaria o inexistente infraestructura, baja presencia estatal, con ecosistemas de alta fragilidad o habitadas por grupos étnicos altamente vulnerables no deben ser incorporadas en las políticas de expansión minera desordenada planteadas en las políticas sectoriales hasta tanto se cuente con la información, institucionalidad y conocimiento que permitan tomar las mejores decisiones a largo plazo” (2013, p. 119).

En la Tabla 1 se identifican los principales impactos ambientales de la minería.

Pero, quizá, los mayores conflictos e impacto son causados por la irresponsabilidad en la fase final del proyecto minero, pues “Las minas abandonadas representan un importante generador de contaminantes inorgánicos incluyendo metales y metaloides de gran impacto adverso sobre la salud humana y los ecosistemas”, por lo que “ante la inminente

Tabla I.

Impactos ambientales de la minería

Sistema	Componente	Impactos	Actividades que generan el impacto
Medio Físico	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> Hundimientos del terreno Erosión sobre botaderos de estéril (rocas encajantes y residuos de la operación de lavado del carbón) 	<ul style="list-style-type: none"> Fase de exploración Adecuación, construcción y operación de campamentos y helipuertos. Utilización y adecuación de accesos. Apertura de trincheras y apiques. Pozos y galerías exploratorias. Perforaciones
	Agua	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación química de las aguas Sedimentos Incremento de turbidez Disminución de los caudales Alteración del curso de los cauces 	
	Aire	<ul style="list-style-type: none"> Alteración por emisión de gases Emisión de partículas Ruido 	
	Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> Alteración del relieve Disminución de calidad visual 	
Medio Biótico	Flora	<ul style="list-style-type: none"> Remoción de vegetación Deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> Fase de explotación Construcción y montaje Perforación y voladura Remoción de estériles en minería a cielo abierto Extracción del mineral en minería a cielo abierto Disposición de escombros Cierre y abandono
	Fauna terrestre	<ul style="list-style-type: none"> Alteración del hábitat Migración de especies Disminución de especies 	
Medio social	Demográfico	<ul style="list-style-type: none"> Mayor nivel de empleo Incremento en el número de habitantes (flujos migratorios y desplazamientos) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción y montaje Perforación y voladura Remoción de estériles en minería a cielo abierto Extracción del mineral en minería a cielo abierto Disposición de escombros Cierre y abandono
	Económico	<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el nivel de ingresos per cápita Mayor nivel de consumo Valorización de los predios Regalías 	
	Patrimonio Cultural	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de costumbres 	

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de las Guías Minero Ambiental (exploración y explotación) del MME y MMA

aproximación a umbrales ambientales que pueden devenir en afectaciones de gran impacto, es necesario establecer metas ambiciosas de restauración, prevención, etc., que den cuenta de esta problemática social y ambiental” (Cabrera, 2013, p. 90).

Pasivos ambientales mineros (PAM), una aproximación conceptual

Acercas de la noción de pasivo ambiental no existe unanimidad, dado que guarda una relación cercana con la contabilidad ambiental. Si se hace una aproximación contable, sería el pasivo que adquiere una empresa por los daños ambientales causados en el pasado o en el presente y no remediados ni mitigados oportunamente.

El Ministerio de Medio Ambiente ha trabajado en la construcción de una definición legal de los pasivos ambientales mineros. En 2001, los catalogó como una deuda ambiental no saldada, esta definición fue revisada en los talleres para la gestión de PAM realizados en 2015 donde los concibe como “impactos ambientales negativos, ubicados y delimitados geográficamente, que no fueron oportuna o adecuadamente mitigados, compensados, corregidos o recuperados; causados por actividades antrópicas y que pueden generar un riesgo a la salud humana o al ambiente” (Minambiente-Innova, 2015, p. 28).

De esta manera, la definición del Ministerio se centra en el reconocimiento de impactos negativos no manejados más allá de considerar la obligación económica para su remediación.

En la bibliografía existente, se encuentran otras acepciones tales como:

Deuda ambiental acumulada con diversos orígenes, responsabilidades y actores, siendo ésta reconocida y manejada a través de procesos que se acuerden y que sean suficientemente claros para todos los actores que en su momento se vean involucrados. Para ser reconocida esa deuda, se requiere del desarrollo de un diagnóstico serio, orientado al establecimiento de líneas base, bajo esquemas de parametrización uniformes que involucren elementos orientados a reconocer el estado real de la referida deuda y lógicamente los eventuales daños que la prescriben, todo lo anterior bajo un esquema que abarque una evaluación y valoración en niveles de análisis temporo-espaciales (Dirección General Ambiental Sectorial del Minambiente, 2000, p. 2-3).

Más adelante, se agrega:

Se trata de una transacción contable en la que se aplica una tasa de descuento sobre un bien o activo fijo, con el propósito de que los recursos monetarios captados en dicha transacción sean destinados a la recuperación del pasivo ambiental que ocasionó el desarrollo del proyecto en cuestión desde sus inicios (Ministerio del Medio Ambiente, 2000, p.4).

Así las cosas,

Lo anterior implica que una vez se hayan manejado a satisfacción los pasivos ambientales en términos de la recuperación del medio ambiente afectado por los proyectos en función de los servicios ambientales que estos prestan, se incrementará el valor de los activos fijos indicados en la misma cuantía de inversión establecida para el efecto (Ministerio del Medio Ambiente, 2000, p.4).

En Colombia, no obstante el retraso existente sobre la problemática (identificación, inventario y caracterización de las minas abandonadas) de los PAM, el Ministerio de Minas y Energía los definió como:

La obligación que se origina en pérdidas significativas de bienestar o riesgos inminentes para las personas, que se presentan como consecuencia del detrimento de los recursos naturales renovables, cuando este detrimento supera los niveles, social, técnica o legalmente aceptables, causado por actividades mineras, inactivas, abandonadas o sin responsable evidente, cuya solución es asumida por el Estado, sin perjuicio de la responsabilidad jurídica

que le cabe a los particulares (citado por Saade, 2014, p. 14).

Yuruparí, una de las estudiosas más reconocidas de los PAM, los define como “los impactos generados por las operaciones mineras abandonadas, con o sin dueño u operador identificables, y en donde no se haya realizado un cierre de minas regulado y certificado por la autoridad correspondiente (citada por *García et al.*, 2014, p. 91). Esta definición es compartida por Saade (2014, p. 7-8), quien reitera la necesidad de prevenir y remediar los PAM de forma inmediata, advirtiendo que la prevención de nuevos PAM en el futuro se alcanzará con un cierre adecuado de minas, fase del ciclo de los proyectos mineros en el que están involucrados particulares responsables, comunidades y gobiernos nacionales y territoriales y cuyos costos de remediación son elevados. Los PAM significan un nivel de riesgo que se manifiesta en los daños ambientales, en la salud humana y en el patrimonio físico, por lo que se requiere identificarlos, para mitigarlos o remediarlos, de forma urgente. Este riesgo es definido como “la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud de su consecuencia”, pudiendo establecerse riesgos de menor o mayor magnitud, por lo que “es importante no considerar solamente el riesgo en sí como elemento de definición de los PAM, sino también la magnitud del riesgo” (Oblasser y Chaparro, 2008, p. 9).

Marco legal para el cierre de minas y el manejo de los PAM en Colombia

Oblasser y Chaparro (2008), llaman la atención sobre la diferenciación entre gestión de PAM y cierre de las minas, los cuales tienen una estrecha relación de interdependencia. La primera se refiere a las minas abandonadas, paralizadas, inactivas o huérfanas, en tanto que la segunda se relaciona con las actividades mineras actuales o futuras. En el primer caso, se trata de mitigar, remediar o prevenir daños ya producidos y los riesgos de daños futuros, en el segundo caso la preocupación es “la prevención de futuros daños y la prevención de nuevos daños” (Oblasser y Chaparro, 2008, p. 10). De igual forma, mientras el primero abarca la identificación de responsables y la financiación de la remediación, el segundo se concentra en la planificación del cierre dentro del ciclo del proyecto minero y la internalización de sus costos.

Colombia es uno de los países más rezagados en el diagnóstico de los pasivos ambientales, a pesar de los esfuerzos conjuntos de varios ministerios sectoriales (Minas y Ambiente) y agencias estatales, ante el impacto negativo causado a su entorno ambiental y social. Al no existir un inventario de las minas abandonadas, no se pueden calcular los costos de remediación, y menos, identificar las fuentes de financiamiento de su reparación (Saade, 2014, p. 25).

La estrategia del gobierno colombiano va dirigida, a “incorporar una adecuada internalización de costos durante la planificación de los proyectos mineros para llevar a cabo las labores de remediación de los sitios contaminados”, por lo que, de un lado, “el Ministerio de Minas y Energía debe exigir a las compañías mineras que consideren el pago por la utilización de los recursos naturales y lo necesario para la efectiva prevención, control, compensación y mitigación de los impactos ambientales” (Saade, 2014, p. 40).

De otro lado, “el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial deberá proveer información acerca de los costos por el empleo de los recursos naturales y las respectivas medidas del plan de manejo para la prevención, control, compensación y mitigación de los impactos ambientales” (Saade, 2014, p. 40).

El cierre o abandono de las minas es considerada una de las etapas más importantes del ciclo minero. Según el Ministerio de Minas y Energía (2002) el “contrato de concesión minera comprende las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de minerales por cuenta y riesgo del concesionario, y el cierre o abandono de los trabajos u obras correspondientes” (p. 17).

La actividad minera en Colombia se rige por el Código de Minas expedido mediante la Ley 685 de 2001, el cual regula esta actividad en todas sus fases y describe los tratamientos de registro minero, contrato de concesión e instrumentos relacionados con el medio ambiente. Dichos instrumentos son establecidos por la Ley 99 de 1993 e incluyen los estudios de impacto ambiental y las licencias ambientales. De esta forma, “en el tema de cierre y abandono de minas existe una inter-relación entre la legislación minera y la legislación ambiental” (Ospina & Martín, 2013, p. 61).

El marco normativo de la minería está compuesto, además, por decretos y resoluciones que reglamentan dicha actividad e incluyen, de manera específica, aspectos relacionados con el cierre de las minas. En la Tabla 2 se detallan los más relevantes.

Con respecto a los pasivos ambientales mineros, no existe una regulación propiamente referida al tema, si bien se han presentado dos iniciativas que fueron archivadas por carencia de una real voluntad política parlamentaria.

El proyecto de Ley 135 de 2012 (“por medio de la cual se establecen reglas en materia de responsabilidad administra-

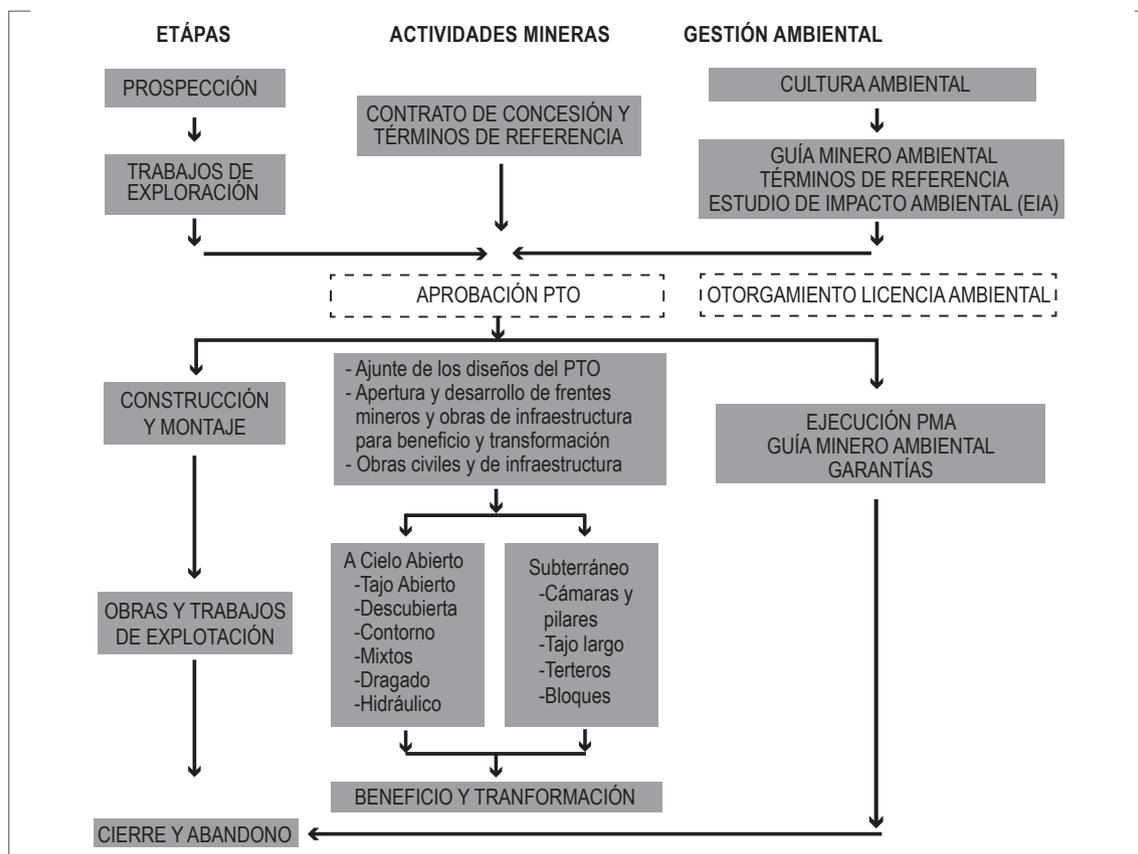


Figura 1. Etapas de un proyecto minero

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de las Guías Minero Ambiental (exploración y explotación) del MME y MMA

Tabla 2.
Marco legal del cierre de minas

Norma	Contenido
Ley 99 de 1993	Licencia ambiental como requisito para la explotación de minas, la cual incluye el estudio de impacto ambiental (EIA)
Ley 685 de 2001	Plan de cierre y abandono como parte del Programa de Trabajo y Obras (PTO) y del EIA
Guía de orientación minera 2002	Actividades y medidas específicas aplicables al abandono y cierre de minas.
Ley 1333 de 2009	Sanciones al infractor al ejecutar obras de remediación ordenadas por la autoridad ambiental.
Decreto 2820 de 2010	Contenido mínimo de los estudios previos a la fase de desmantelamiento o abandono, y constitución de pólizas de garantía.
Decreto 933 de 2013	Eventos en que las autoridades ambientales pueden imponer medidas de restauración y rehabilitación del medio ambiente con el objeto de efectuar un adecuado cierre de minas.
Decreto 1076 de 2015 DUR	Planes de desmantelamiento y abandono, y obligaciones del generador de residuos.

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la normatividad vigente en Colombia

tiva y penal por daños al ambiente, se modifica el procedimiento sancionatorio ambiental establecido en la Ley 1333 de 2009, se expiden normas para fortalecer el cumplimiento de la normatividad ambiental, y se dictan otras disposiciones”) contemplaba que “Los titulares de actividades económicas cobijadas por el régimen de licenciamiento ambiental deben garantizar que al cierre, abandono, desmantelamiento o clausura de actividades o instalaciones no subsistan impactos ambientales significativos”. Este proyecto fue retirado por su autor tres meses después de la radicación³.

Asimismo, el proyecto 42 de 2014 (“por medio de la cual se regulan los pasivos ambientales, y se dictan otras disposiciones”), tenía como objetivo principal regular la problemática de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas; sin embargo, fue archivado en primer debate del Senado de la República. La negativa de la propuesta fue justificada por la poca claridad en la definición de pasivo ambiental, estar limitada a la actividad minera y no definir un mapa de competencias de las diferentes instituciones que estarían involucradas si la norma se diseñara de forma más general.

De otra parte, a pesar de los obstáculos presentados en el trámite de iniciativas legislativas que regulen los pasivos ambientales en Colombia, la Ley 1753 de 2015, mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, le asigna, en el artículo 251, al Ministerio del Ambiente la responsabilidad del manejo de la gestión de los pasivos ambientales. El mencionado artículo así lo plantea: “El Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, formulará una política para la gestión de pasivos ambientales, en la cual se establezca una única definición de pasivos ambientales y se establezcan los me-

canismos e instrumentos técnicos, jurídicos y financieros para su gestión y recuperación. Dicha política debe incluir un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, con estrategias orientadas a la identificación, priorización, valoración y recuperación de pasivos ambientales; al desarrollo de instrumentos de información ambiental; a la definición de responsabilidades institucionales a nivel nacional y regional; a la implementación de instrumentos económicos; y al establecimiento de acciones judiciales; entre otros aspectos que se consideren fundamentales para la gestión de los pasivos ambientales”.

Adicionalmente, el artículo 24 enuncia: “El Gobierno nacional establecerá las condiciones ambientales, técnicas, financieras, sociales y demás que deberá observar el titular minero al momento de ejecutar el plan de cierre y abandono de minas, incluyendo el aprovisionamiento de recursos para tal fin y/o sus garantías. Adicionalmente, se establecerá el procedimiento para la aprobación del mencionado plan y el cumplimiento de esta obligación” (Congreso de la República, 2015). Párrafo adelante, se puntualiza: “Parágrafo 1°. El plan de cierre y abandono debe establecerse desde la etapa de explotación incluida la etapa de construcción y montaje. Esta obligación se extiende a los titulares de autorizaciones temporales”. (Congreso de la República, 2015).

Las buenas prácticas y herramientas de gestión de los PAM

La minería genera múltiples impactos negativos sobre el medio ambiente, los cuales en principio deben ser prevenidos y remediados por los concesionarios o responsables de la mina; para tal fin es indispensable contar con un plan de cierre que deberá ser implementado una vez se paralicen o concluyan las actividades de explotación.

El plan de cierre debe incluir el desmantelamiento de la infraestructura, la estabilización física e hidrológica, la recuperación del terreno, la revegetación, la rehabilitación de hábitats y los programas sociales, entre otros.

La Figura 2 identifica los elementos necesarios que se deben tener en cuenta para diseñar un plan de cierre.

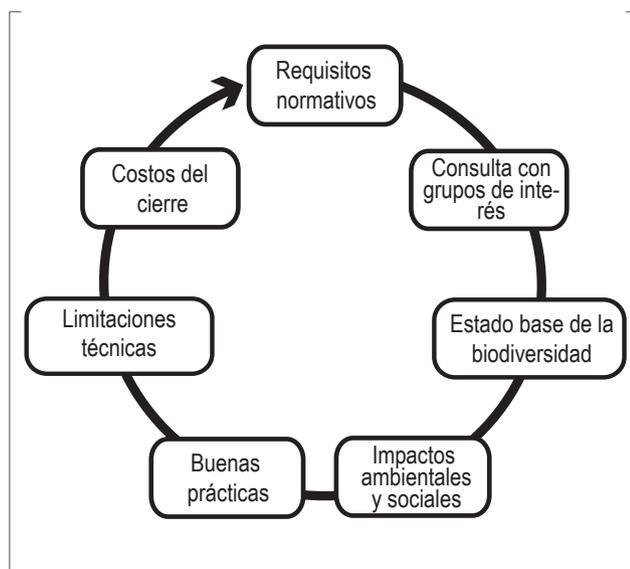


Figura 2. Elementos del plan de cierre

Fuente: Elaboración de las autoras

Para el diseño se requiere además, tomar en consideración las condiciones del área antes de la intervención, durante el desarrollo de la actividad, la finalización de la operación y el uso posterior del suelo (Ministerio de Minas, 2002). El cierre de minas aborda principalmente el tema de la identificación e implementación de oportunidades para la rehabilitación y una mejor conservación del medio ambiente; debe iniciar durante la fase de desarrollo del proyecto y ser revisado de forma periódica a lo largo de toda la etapa operativa (Consejo Internacional de Minería y Metales, 2006).

De esta manera, el plan de cierre se convierte en un instrumento para evitar la generación de pasivos ambientales, que junto con otras prácticas como la constitución de garantías financieras para cubrir los costos de remediación, resultan claves en el desarrollo sostenible de la minería. Según Saade (2014) “La aplicación de buenas prácticas mineras se ha vuelto crucial para favorecer la continuidad de los proyectos mineros y minimizar cualquier riesgo de conflicto producto de los impactos socioambientales” (p.7).

Sin embargo, algunas compañías no establecen instrumentos de mitigación, dejando las minas en estado de abandono e incrementando los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. En estos casos, las entidades gubernamentales

deben implementar criterios y metodologías para gestionar los PAM.

De acuerdo con la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos, un modelo de gestión de PAM debe considerar las siguientes fases:

- Inventario y caracterización de minas abandonadas y paralizadas
- Evaluación de riesgos y clasificación de PAM
- Priorización y propuestas de remediación

A continuación se hace un análisis detallado de cada uno de estos componentes.

- **Inventario y caracterización de minas abandonadas y paralizadas**

El primer paso consiste en identificar, ubicar y describir las minas abandonadas, paralizadas, inactivas o huérfanas, con el propósito de elaborar un inventario o catastro.

Para la caracterización es necesario llevar a cabo una inspección física que permita establecer el estado y tipo de la mina, los depósitos de residuos, las sustancias peligrosas utilizadas, las afectaciones por contaminación del agua o del suelo, los problemas de seguridad para la comunidad y la situación del entorno en general.

Algunas técnicas utilizadas en esta fase son las fichas de observación, el muestreo de los factores ambientales para ser analizados y las matrices de evaluación de impactos. Estos instrumentos se deben acompañar de evidencia fotográfica, planos o figuras y de una descripción textual y detallada de las condiciones encontradas. (Ponce & Díaz, 2011),.

- **Evaluación de riesgos y clasificación de PAM**

Las evaluaciones de riesgo permiten dar soporte, con base científica, a la toma de decisiones por los responsables de la gestión de sitios con peligros o contaminantes que afecten la salud de las personas y el medio ambiente (Johnston, 2002; Hope, 2006; Brooks, 2009 citados por Fundación Chile, s.f).

Existen diversas metodologías para la gestión de riesgos como la ISO 31000 y el análisis crítico de los efectos de los modos de falla (FMECA). No obstante, todos los modelos contienen cuatro componentes básicos: la identificación del peligro, la evaluación de la exposición, la evaluación de la dosis – respuesta y la caracterización de los riesgos (National Academy of Sciences, 1983 citada por Delgadillo, 2008) Posteriormente, las faenas mineras huérfanas se clasifican de acuerdo con el nivel de riesgo en PAM y no PAM. La Tabla 3 contiene las clases propuestas por Sernageomin (2008).

Tabla 3.
Clasificación de las minas abandonadas

Clase	Tipo	Descripción
I	PAM	Minas en las que se ha identificado a lo menos un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente o las actividades económicas
II	No PAM	Minas en las cuales todos los riesgos se han considerado como no significativos, y requieren de evaluación periódica.
III	No PAM	Minas con riesgos despreciables, que no requieren de una nueva evaluación de riesgos

Fuente: Manual de evaluación de riesgos. Sernageomin, 2008

• **Priorización y propuestas de remediación**

Después de identificar y priorizar las PAM se deben establecer programas de saneamiento que permitan reducir los riesgos significativos a niveles aceptables. Según el Manual de remediación de PAM, propuesto por el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, (2006) entre los métodos alternativos se encuentran:

- Control de acceso
- Controles hidrológicos y tratamientos de aguas
- Estabilización física de la mina
- Control de arrastres y cubrimiento de relaves

Metodología para la administración de riesgos en las minas abandonadas catalogadas como PAM

Para la adecuada gestión de los PAM en las minas abandonadas o paralizadas es necesario establecer una estrategia de

administración de los peligros socio-ambientales, que permita obtener información útil para la implementación de programas de prevención y mitigación. La metodología para administración de riesgos propuesta, incluye:

Paso I. Contexto estratégico de las minas abandonadas

Comprende los factores internos y externos que generan los riesgos asociados a la actividad minera, los cuales configuran un aspecto clave para la identificación de escenarios de peligro relacionados con los pasivos ambientales mineros (PAM).

Dentro de los factores internos se pueden citar la falta de planeación de la etapa de cierre, la inestabilidad al interior de la mina, el acceso abierto, el abandono de residuos peligrosos y el descargue de drenajes. Por su parte, son factores externos el marco normativo incipiente, el otorgamiento de títulos mineros sin garantías, la ausencia de control por parte de las autoridades, y los sismos, entre otros.

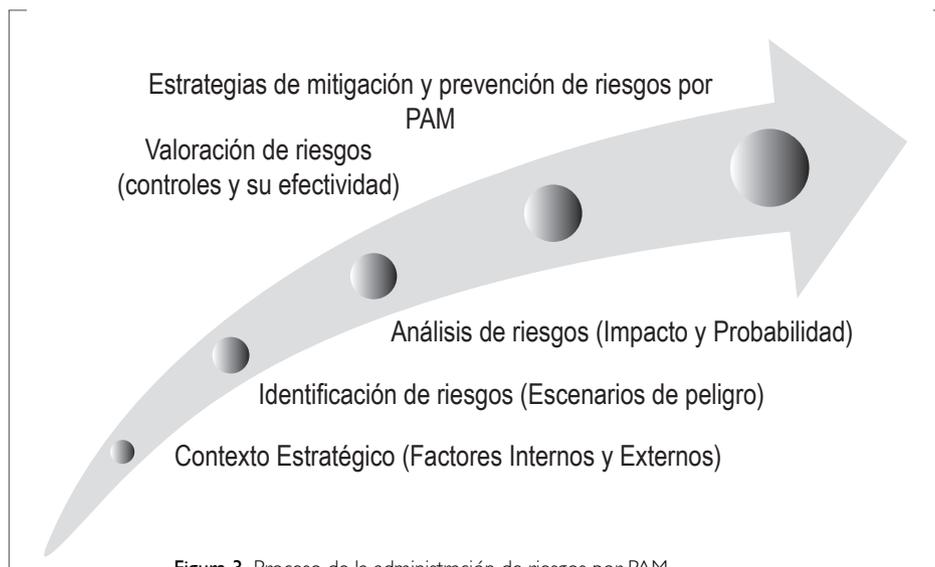


Figura 3. Proceso de la administración de riesgos por PAM

Fuente: Elaboración de las autoras

Paso 2. Identificación de riesgos

Como se planteó atrás, la probabilidad de ocurrencia y consecuencias de un riesgo depende de su magnitud.

De allí que para su identificación sea necesario establecer las causas con base en los factores internos y externos considerados en el contexto estratégico, de tal manera que se puedan prever los escenarios de peligro más significativos, entre los que se pueden mencionar: hundimiento del terreno, inestabilidad de la infraestructura, erosión eólica, contaminación de aguas, contaminación del aire y afectación en la salud humana.

Paso 3. Análisis de riesgos

El análisis del riesgo combina información sobre la probabilidad de ocurrencia y la severidad de sus consecuencias para los receptores del peligro.

En este contexto, se entiende por probabilidad la posibilidad de ocurrencia del riesgo, evaluándose en términos cualitativos, tal como se observa en la Tabla 4.

El siguiente paso es estimar la severidad de las consecuencias sobre los receptores. Según Greenleaf (2010): “La estimación de las consecuencias se realiza de forma diferenciada para el entorno natural, humano y socioeconómico”. En la Tabla 5 se incluyen los criterios para definir el nivel de impacto:

Posteriormente, se mide el nivel de impacto o severidad de los riesgos a partir de las siguientes especificaciones. (Ver Tabla 6).

Paso 4. Valoración de riesgos

En esta etapa se requiere comparar la calificación de los riesgos identificados y los criterios definidos para establecer el grado de exposición, dando lugar a la distinción de la zona de riesgo, la cual puede ser baja, moderada, alta y extrema, para luego fijar las prioridades de acciones de prevención o mitigación. (Ver Tabla 7).

Una vez se ha identificado la zona de riesgo, se procede a determinar, las medidas de respuesta al riesgo inherente⁴, para cada zona específica. (Ver Tabla 8).

Tabla 4.

Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Nivel	Categoría	Probabilidad de ocurrencia de los peligros en un periodo de 30 años
1	Casi seguro	Muy alta, más del 50% de probabilidad
2	Probable	Probabilidad alta (20 – 50%)
3	Posible	Probabilidad media (10 – 20%)
4	Improbable	Probabilidad baja (5 – 10%)
5	Raro	Muy baja probabilidad (0,5%)

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de Environmental Protection Agency (2006)

Nota: La evaluación se limita a un período de 30 años, de conformidad con el artículo 10 de la Directiva 1999/31 de la Comunidad Europea.

Tabla 5.

Criterios para definir la severidad de los riesgos

Receptor	Criterios	
	Seguridad	Contaminación
Entorno humano	Muertes o efectos irreversibles en la salud	Daños a la salud humana
Entorno natural	Pérdida de superficies donde se desarrollan la vida acuática, terrestre o donde existen áreas protegidas	Superficies potencialmente afectadas donde se desarrolla la biota acuática, fauna y flora.
Entorno socioeconómico	Pérdida de superficies destinadas a la agricultura o la ganadería, de productos cultivadas o extraídos.	Superficies potencialmente afectadas utilizadas para el desarrollo de actividades económicas.

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de Sernageomin – BGR (2008)

Tabla 6.

Estimación de la severidad de los riesgos

Nivel	Descriptor	Personas	Medio ambiente
1	Insignificante	Daño menor, efecto reversible en la salud	Contaminación localizada con efectos de corto plazo
2	Menor	Incapacidad parcial temporal	Efectos significativos reversibles
3	Moderado	Incapacidad parcial permanente o efectos irreversibles	Efectos reversibles
4	Mayor	Incapacidad total permanente y/o inhabilidad para trabajar	Efectos significativos irreversibles
5	Catastrófico	Múltiples efectos fatales	Consecuencias desastrosas

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Tabla 7.

Matriz de calificación de riesgos

Probabilidad	Impacto					
	Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	
	1	2	3	4	5	
Raro	1	Zona de Riesgo Baja	Zona de Riesgo Baja	Zona de Riesgo Moderada	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Alta
Improbable	2	Zona de Riesgo Baja	Zona de Riesgo Baja	Zona de Riesgo Moderada	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Extrema
Posible	3	Zona de Riesgo Baja	Zona de Riesgo Moderada	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Extrema	Zona de Riesgo Extrema
Probable	4	Zona de Riesgo Moderada	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Extrema	Zona de Riesgo Extrema
Casi Seguro	5	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Alta	Zona de Riesgo Extrema	Zona de Riesgo Extrema	Zona de Riesgo Extrema

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Tabla 8.

Respuesta a los riesgos

Zona de Riesgo	Medidas de respuesta al riesgo
Baja	Asumir el riesgo
Moderada	Asumir el riesgo, reducir el riesgo
Alta	Reducir, evitar, compartir o transferir el riesgo
Extrema	Reducir, evitar, compartir o transferir el riesgo

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Definida la zona de riesgo y sus medidas de respuesta, se procede a valorar el riesgo, estableciendo las acciones a seguir. (Ver Figura 4).

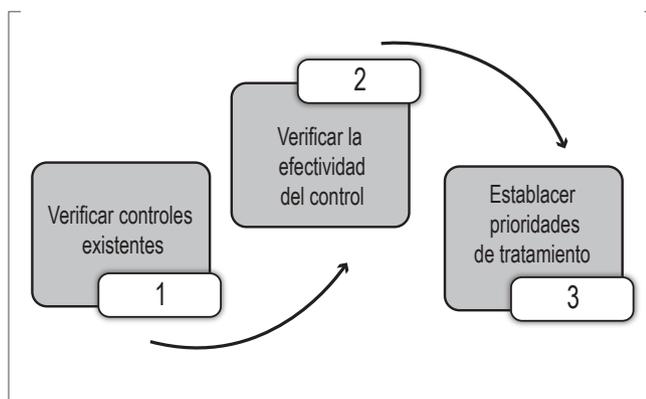


Figura 4. Acciones para valorar el riesgo a partir de controles

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Para proceder a valorar los riesgos es necesario haber definido los controles establecidos por los diferentes responsables, que podrían ser: el titular de la actividad minera, los titulares de los derechos reales – poseedores, o los responsables del control de las actividades; lo anterior con el fin de determinar los riesgos que requieren administración prioritaria.

Cada control existente en la actividad minera se somete a la correspondiente evaluación, precisando su efectividad, para ello es indispensable describirlos, determinar si están

documentados, verificar si se están aplicando y, por último, examinar si han sido efectivos para minimizar su incidencia. Lo anterior da lugar a la reevaluación de la zona de calificación de riesgo, en la que se encuentran las minas abandonadas, donde cada control es sometido a un análisis cualitativo, lo cual permite establecer su posible reducción.

En la Tabla 9 se hace una breve descripción de la calificación asignada a cada control.

Una vez se establece el puntaje de evaluación de cada parámetro, se procede a definir el rango resultante y, posteriormente, se analiza la posibilidad de disminución del cuadrante, bien sea por impacto o por probabilidad de ocurrencia. (Ver Tabla 10)

Finalmente, con la nueva zona de ubicación de riesgo se procede a fijar opciones y acciones de manejo, que conduzcan a su adecuada administración. De no existir control o de no ser eficiente, la zona de riesgo se mantiene.

Paso 5. Estrategias de prevención y mitigación de riesgos por PAM

La Environmental Protection Agency define este procedimiento así: “El proceso de tratamiento implica la identificación y priorización de medidas de gestión y mitigación de los riesgos identificados en el proceso de evaluación, por ejemplo, eliminando el riesgo o minimizando la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias” (2014, p. 36).

Tabla 9.

Matriz de calificación de los controles existentes

Parámetros	Criterios	Puntaje
Aspectos importantes para evaluar los controles existentes	La administración de la mina posee una herramienta para ejercer control	15
	Se cuenta con instructivos para llevar a cabo el control	15
	Se ha podido comprobar su efectividad	30
Comprobación de la efectividad del control existente	Están definidos los responsables de la ejecución del control y del seguimiento	15
	La frecuencia del control y del seguimiento es adecuada	25
TOTAL		100

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Tabla 10.

Reevaluación de la zona de riesgo (cuadrantes a disminuir)

Rango de calificación	Numero de cuadrantes a disminuir	
	Por probabilidad	Por impacto
Entre 0 - 50	0	0
Entre 51- 75	1	1
Entre 76 - 100	2	2

Fuente: Elaboración de las autoras, a partir de la metodología del DAFP

Por otro lado, entre las medidas de mitigación del Manual de Remediación de PAM, elaborado por Sernageomin (2006) se encuentran:

- Control de acceso. Permite minimizar los riesgos relacionados con la seguridad, al limitar el ingreso de personas a la faena minera por medio de cercas, señalización, sellado de socavones, etcétera.
- Controles hidrológicos y tratamientos de aguas. Incluye la desviación de agua, bombeo de pozos profundos, tratamientos químicos y biológicos.
- Mejoría de la estabilidad física de la mina, por medio del refuerzo de las paredes, instalación de pernos en los muros, relleno total o parcial del tajo, estabilización de taludes, entre otros.
- Control de arrastres y cubrimiento de relaves, a través del cubrimiento superficial y la revegetación.

Por último, es importante señalar que existen diversas metodologías para la gestión de riesgos, algunas de ellas constituyen guías para la identificación de peligros en todo tipo de organizaciones y sectores como la metodología de Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC), o bien, buscan establecer pautas genéricas para la evaluación de riesgos como la ISO 31000:2009 y la AS/NZS 4360:2004 (estándar australiano). Otros instrumentos metodológicos son específicos a los riesgos ambientales, tales como la UNE 150008:2008 -norma española eminentemente preventiva- y la GTC 104 que constituye una herramienta para la gestión de riesgos.

Mientras que para la identificación, análisis y evaluación de los riesgos ambientales que pueden presentarse en las actividades mineras, se destaca la Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos para el Cierre de Faenas Mineras del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), de Chile. Por su parte, la metodología propuesta en este documento está focalizada en el sector minero y se basa en la guía de Administración de Riesgos del Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), complementada, a su vez, con los lineamientos de la norma ISO 31000 y la Guía metodológica de la agencia chilena Sernageomin.

Conclusiones

- Uno de los sectores económicos de mayor crecimiento durante las últimas décadas, con el auge del modelo extractivista, fue la minería, siendo el carbón una de las fuentes de dicho crecimiento.
- A pesar del severo deterioro ambiental causado por la explotación minera, la legislación colombiana se ha quedado rezagada. Sin embargo, el Gobierno Nacional

ha venido planteando algunos lineamientos conducentes a la formulación de una política ambiental para la actividad extractiva, tal como se registra en el Plan Nacional de Desarrollo.

- Dentro de las dificultades para dar una respuesta adecuada a los pasivos ambientales mineros (PAM), se observa la falta de una precisa definición que sea adoptada por las diferentes entidades gubernamentales.
- En Colombia no existe un inventario de los PAM ni de las minas cerradas, situación que hace más complejo un tratamiento acorde con la magnitud y alcance de la problemática socioambiental.
- A pesar de existir varias metodologías para el análisis de riesgos ambientales, no se dispone de una que se refiera, específicamente, a la minería. En este documento se propone una matriz de administración de riesgo para esta actividad económica, cuyos componentes principales provienen de la metodología de administración de riesgos adoptada por la DAFP.
- De lo anterior se concluye que la matriz de prevención y mitigación de riesgos, debe fundamentarse en la evaluación de las actividades de control existentes en la minería, al igual que la identificación de sus responsables a fin de emprender acciones que arrojen resultados concretos, superando así la situación encontrada.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Notas

1. El concepto de desarrollo sostenible se remonta a 1987 y está asociado al reporte de la Comisión de Brundtland ("Nuestro Futuro Común"). Su definición más extendida es "aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para satisfacer sus propias necesidades". (Fedesarrollo, 2014, p.6)
2. Según el Punto de Atención Regional de la Agencia Nacional de Minería (ANM) en Nobsa, los títulos mineros vigentes en Boyacá son 1.525. El cálculo reportado por esta dependencia para Colombia fue de 9.067. Resulta revelador de la escasa información sobre la minería regional que esta oficina –según oficio enviado a las autoras del presente trabajo– no posea datos sobre el inventario de minas en el Departamento de Boyacá.
3. No se encontró información acerca de la justificación para el archivo de este proyecto.
4. Se define como aquel al que se enfrenta una entidad en ausencia de acciones por parte de la dirección para modificar su probabilidad o impacto.

Referencias bibliográficas

1. ASOCIACIÓN DE SERVICIOS DE GEOLOGÍA Y MINERÍA IBEROAMERICANOS. Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas. Barquisimeto. 2010
2. BANCO DE LA REPÚBLICA. Estadísticas. [Citado 02 de agosto de 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.banrep.gov.co/es/-estadisticas>
3. CABRERA, Mauricio y FIERRO, Julio. Implicaciones ambientales y sociales del modelo extractivista en Colombia, en Minería en Colombia: Derechos, políticas públicas y gobernanza. Contraloría General de la República, Bogotá, 2013. P. 89-124
4. CEPAL. Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable. La problemática en torno a los pasivos ambientales mineros en Australia, el Canadá, Chile, Colombia, los Estados Unidos, México y el Perú. Santiago de Chile: Naciones Unidas. 2014. 54 p.
5. CLAVIJO, Sergio; VERA, Alejandro y FANDIÑO, Alejandro. La desindustrialización en Colombia. Análisis cuantitativo de sus determinantes. Centro de Estudios ANIF. Bogotá: Impresiones C., 2012. 102 p. ISBN: 978-958-57042-2-0
6. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Proyecto de Ley 135. (10 de septiembre de 2012).
7. CONSEJO INTERNACIONAL DE MINERÍA Y METALES. Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad. 2006
8. CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA. Minería en Colombia, Fundamentos para superar el modelo extractivista. Bogotá D.C. 2013.
9. DELGADILLO, Elizabeth. Metodología para el análisis de riesgos ambientales. Impacto social en la población del municipio de Ecatepec, Estado de México. (Tesis de maestría Instituto Politécnico Nacional). 2008. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3507/1/METODOLOGIAPARA.pdf>
10. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA, DAFP. Guía para la administración del riesgo. Bogotá. 2011.
11. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA (2015). Ley 1753 de 2015 (junio 9) por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país". Diario oficial 2015. No. 49538. p. 1- 105
12. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidance on assessing and costing environmental liabilities. Wexford, Ireland. 2014
13. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidance on Environmental Liability Risk Assessment, Residuals Management Plans and Financial Provision. Wexford, Ireland. 2006
14. FEDESARROLLO. Minería y medio ambiente en Colombia. Minería de gran escala, Astrid Martínez, Directora. Bogotá D. C. 2014.
15. FUNDACIÓN CHILE. Evaluación de riesgos. Disponible en: <http://www.collahuasi.cl/pdf/aguas-acidas/Parte%20III/Evaluaci%C3%B3n-Riesgo.pdf>
16. GARAY, Luis Jorge. Minería en Colombia. Fundamentos para superar el modelo extractivista, Contraloría General de la República, Bogotá D. C. 2013. 210 p.
17. GARCIA, César Augusto; GARCIA, María Camila y AGUDELO, Carlos Fernando. Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. En: Tecnura [online]. 2014, vol.18, n.42, p.90-102. ISSN 0123-921X
18. MINISTERIO DE AMBIENTE-INNOVA Diseño de una Estrategia Integral para la Gestión de los Pasivos Ambientales en Colombia. Diseño de instrumentos específicos de la estrategia, Bogotá D.C. 2015
19. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Política minera de Colombia. Bases para la minería del futuro, Bogotá D. C. 2016
20. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía Minero Ambiental de Explotación. Bogotá. 2002.
21. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Dimensionamiento de los pasivos ambientales en Colombia. Una visión nacional y regional hacia el futuro. Dirección General Ambiental Sectorial, Bogotá D.C. 2000
22. MOLINA, Jorge Martín y OSPINA, Esteban. Legislación colombiana de cierre de minas ¿es realmente necesaria? *En: Boletín Ciencias de la Tierra*. Diciembre 2013. vol 34, p. 51-64.
23. OBLASSER, Ángela y CHAPARRO, Eduardo. Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No.131. 2008. 84 p.
24. SAADE HAZIN, Miryam. Buenas prácticas que favorezcan una minería sustentable. CEPAL, Serie Macroeconomía del Desarrollo No. 157. 2014. 54 p.
25. SERNAGEOMIN – BGR y Golder Associates. Manual de evaluación de riesgos de faenas mineras abandonadas o paralizadas. Santiago de Chile. 2008. 501 p.
26. SERNAGEOMIN – BGR y Golder Associates. Manual de remediación de pasivos ambientales mineros (PAM). Santiago de Chile. 2006. 181 p.
27. SISTEMA DE INFORMACIÓN MINERO DE COLOMBIA, SIMCO. Producción y exportación de carbón en Colombia 2015, Ministerio de Minas y Energía, Bogotá D. C. 2016.
28. UPME. Indicadores de la minería en Colombia. Unidad de Planeación Minera, Ministerio de Minas, Bogotá D. C. 2014
29. YURUPARI, Anida. Informe "Pasivos Ambientales Mineros en Suramérica". Informe elaborado para la Cepal y el Instituto de Geociencias y Recursos naturales BGR, y el Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN. 2004. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/minam/1685/BIV01456.pdf?sequence=1>