



# Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná, Antioquia<sup>1</sup>

Harold Cardona Trujillo<sup>2</sup>; Uriel Fabián Carmona García<sup>3</sup>

*Analysis of life cycle of coal exploitation in Sinifaná basin, Antioquia*

*Análise do ciclo de vida da exploração do carvão na bacia do Sinifaná, Antioquia*

## RESUMEN

**Introducción.** Parte de la economía de la cuenca del Sinifaná, en el suroeste antioqueño, se basa en la extracción del carbón térmico tipo B que se suministra a clientes locales y regionales. Los impactos ambientales asociados a la extracción y producción del carbón en bruto (ROM)<sup>4</sup> varían a partir de los métodos de extracción que se usan en la minería subterránea. **Objetivo.** Mostrar los escenarios de extracción de carbón adecuados en cuanto a aspectos ambientales y económicos para generar propuestas que conduzcan a una extracción más limpia del recurso. **Materiales y métodos.** Para ello, se implementa la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), basado en la norma ISO 14040, y con un enfoque de la cuna a la puerta, aplicado para cada una de las técnicas extractivas identificadas en la cuenca, haciendo uso del software SimaPro 8.0.4 Faculty, método Eco-indicador 99 HV2.06/ Europe El 99 H/A. **Resultados.** Es sabido que el método de barroteo manual es el menos contaminante; también es el menos productivo. El martillo percutor, por su parte, reportó una mayor producción, pero solo 1,08 veces más que la realizada con dinamita y no en la proporción de 3,6 veces más, como es el caso de su impacto de ciclo de vida con respecto al barroteo con dinamita. El barroteo con dinamita se muestra como el más viable en términos de productividad contra impacto. **Conclusión.** Se pueden reducir hasta en un 79 % los ICV generados en la extracción artesanal del carbón.

**Palabras clave:** análisis del ciclo de vida, producción más limpia, extracción artesanal del carbón, desempeño ambiental.

1 Este artículo original es uno de los productos del proyecto de investigación “Evaluación del impacto ambiental de la explotación carbonífera en la cuenca del Sinifaná, a partir del análisis de ciclo de vida”, financiado por Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) y la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Antioquia.

2 Administrador del Medio Ambiente, magíster en Desarrollo Rural y docente del programa de Economía de la Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia). ORCID: 0000-0002-9260-8798

3 Administrador del Medio Ambiente, especialista en Ingeniería Sanitaria y Candidato a doctorado en Ingeniería Universidad del Valle, Cali (Colombia). ORCID: 0000-0002-5352-6300

4 ROM: Run of Mine por sus siglas en inglés.

## ABSTRACT

**Introduction.** Part of the economy of Sinifaná basin, at Antioquian southwest is based on the extraction of type B thermal coal, which is provided to local and regional clients. Environmental impacts associated to extraction or production of coal (ROM) vary from the extraction methods used in underlining mining. **Objective.** To show scenarios of appropriate coal extraction in relation to economic and environmental aspects in order to generate proposals which lead to a cleaner extraction of the resource. **Materials and methods.** With this purpose, evaluation of the life cycle impact is implemented, based on ISO 14040 norm, and with an approach from the basin to the door applied to each one of extraction techniques

identified in the basin using SimaPro 8.0.4 Faculty software, Eco-indicator 99 H V2.06/ Europe EI 99 H/A method. **Results.** It is known that manual BARRETO method is the least pollutant one; but it is also the least productive one. Hammer drill, on its part, reported a higher production, but only 1.08 more times than the one carried out with dynamite and not in the proportion of 3.6 more times, as it is the of its life cycle impact respect to the crowbar with dynamite. Crowbar with dynamite is shown as the most viable one in terms of productivity against impact. **Conclusion.** As far as 79 % can reduce ICV generated in the artisan extraction of coal.

**Key words:** analysis of life cycle, cleaner production, artisan extraction of coal, environmental performance.

## RESUMO

**Introdução.** Parte da economia da bacia do Sinifaná, no sudoeste antioqueño, se baseia na extração do carvão térmico tipo B que se subministra a clientes locais e regionais. Os impactos ambientais associados à extração e produção do carvão em bruto (ROM)<sup>5</sup> variam a partir dos métodos de extração que se usam na mineração subterrânea. **Objetivo.** Mostrar os cenários de extração do carvão adequados em quanto a aspectos ambientais e económicos para gerar propostas que conduzem a uma extração mais limpa do recurso. **Materiais e métodos.** Para isto, se implementa a avaliação do impacto do ciclo de vida (EICV), baseado na norma ISO 14040, e com um enfoque do berço à porta, aplicado para cada uma das técnicas extrativas identificadas na bacia, fazendo

uso do software SimaPro 8.0.4 Faculty, método Eco-indicador 99 HV2.06/ Europe EI 99 H/A. **Resultados.** Se sabe que o método de extração do carvão da pedra manual é o menos contaminante; também é o menos produtivo. O martelo percutor, por sua parte, reportou uma maior produção, mas só 1,08 vezes mais que a realizada com dinamite e não na proporção de 3,6 vezes mais, como é o caso do seu impacto de ciclo de vida com respeito à extração do carvão da pedra com dinamite. A extração do carvão da pedra com dinamite se mostra como o mais viável em termos de produtividade contra impacto. **Conclusão.** Se pode reduzir até num 79 % os ICV gerados na extração artesanal do carvão.

**Palavras chave:** análise do ciclo de vida, produção mais limpa, extração artesanal do carvão, desempenho ambiental.

5 ROM: Run of Mine por suas siglas em inglês.

## INTRODUCCIÓN

El carbón es generador de divisas y empleo en nuestro país. Un ejemplo de esto es que en el año 2013 se recaudaron, por concepto de regalías de carbón, \$1,35 billones de pesos (Agencia Nacional Minera, 2014). Concentra el 47 % de la actividad minera nacional, y en los años 2011 y 2012 aportó el 1,8 % del PIB nacional (Contraloría General de la República, 2013). Aunque el carbón es un recurso no renovable, Colombia, por razones macroeconómicas, no puede dejar de extraer este mineral para tratar de garantizar su uso futuro. Además, en el ámbito mundial, el carbón seguirá

siendo una fuente importante de energía a precios asequibles en el futuro inmediato ( United Nations Environment Programme, 2011 ). Por ello es necesario evaluar técnicas de extracción de bajo impacto que permitan desarrollar una minería responsable (Franks, Brereton y Moran, 2010; Goodland, 2012b; He-ping, Jin-hua, Bao-hong, Jian-zhong, Peng-fei, Hong-wei, Gang, 2012).

Parte de la economía de la cuenca del Sinifaná en el suroeste antioqueño se basa en la extracción del carbón; de manera específica, carbón térmico tipo B que se suministra en tamaños a clientes locales y

regionales. Los impactos ambientales asociados a la extracción y producción del carbón en bruto<sup>6</sup>, varían a partir de los métodos de extracción que se usan en la minería subterránea. El propósito de esta investigación fue evidenciar los escenarios de extracción de carbón adecuados en cuanto a aspectos ambientales y económicos para generar propuestas que conduzcan a una extracción más limpia del recurso. Se parte de una Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) basado en la norma ISO 14040, con un enfoque de la cuna a la puerta, aplicado para cada una de las técnicas extractivas identificadas en la cuenca, haciendo uso del software SimaPro 8.0.4 Faculty, método Eco-indicador 99 H V2.06/ Europe El 99 H/A, que cuantifica la valoración del daño medioambiental en función de una normalización expresada en puntaje, relacionada con las diversas categorías de "Evaluación del Daño": salud humana, calidad del ecosistema, y recursos (Goedkoop y Spriensma, 2001).

Teniendo presente lo anterior, el objetivo de esta investigación es mostrar los escenarios de extracción de carbón adecuados, en cuanto a aspectos ambientales y económicos, para generar propuestas que propicien a una extracción más limpia del recurso. En consecuencia, en las pequeñas empresas mineras de carbón en la cuenca del Sinifaná se identificaron, cuantificaron y esquematizaron los siguientes procesos unitarios, los cuales son definidos, *grosso modo*, como:

- **Barroteo.** Es la acción de extraer el carbón del manto que, a su vez, puede ser ejecutada de tres formas: manual, con dinamita o con martillo percutor.
- **Arrastre.** Se refiere a la acción de llevar el carbón desde el frente de trabajo hasta una vía principal dentro de la mina, que esté dotada de rieles y a la cual pueda acceder el coche o carro transportador. Esta actividad se realiza utilizando uno de tres diferentes elementos: estopa, caneca plástica o caneca plástica con recubrimiento de PVC en la base.
- **Cocheo y malacateo.** En este, se procede a llenar el coche o carro transportador con el carbón que ha sido trasladado desde el frente de trabajo; una vez lleno, se procede a sacar el coche del interior de la mina con la ayuda de un malacate, el cual consiste en un motor eléctrico que recoge un cable metálico que está sujeto al coche.

- **Selección.** Una vez extraído el carbón del interior de la mina, se procede a seleccionarlo según su diámetro

Las anteriores prácticas de extracción recurrentes en las minas artesanales de carbón en la cuenca del Sinifaná se combinan en procesos unitarios (escenarios), para realizar la evaluación del impacto del ciclo de vida (en adelante, EICV):

**Escenario 1.** Barroteo manual, arrastre con estopa, malacate, zaranda manual

**Escenario 2.** Barroteo manual, arrastre con caneca, malacate, zaranda mecánica

**Escenario 3.** Barroteo con dinamita, arrastre con caneca, malacate, zaranda manual

**Escenario 4.** Barroteo con dinamita, arrastre con caneca y patín, malacate, zaranda mecánica

**Escenario 5.** Barroteo con martillo percutor, arrastre con caneca y patín, malacate, zaranda mecánica

## MATERIALES Y MÉTODOS

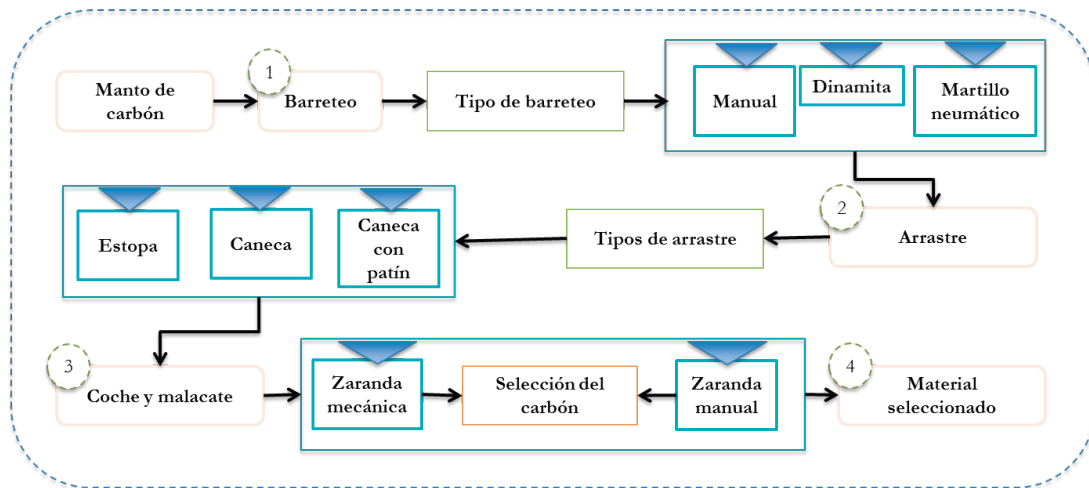
### Ciclos de vida de los procesos unitarios en tres minas de carbón

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto, a partir del enfoque de la «cuna a la tumba» (Durucan, Korre, y Muñoz-Melendez, 2006; Feijoo, Hospido, y Moreira, 2007; Sáenz y Zúfia, 1996; United Nations Environment Programme, 2011). Sin embargo, este trabajo no considera el ciclo de vida completo, tal como reza la cita anterior, ya que los límites del sistema estarán dados por los procesos unitarios que se presenten desde la extracción del material hasta su selección, según el tamaño del material en el exterior de la mina, Run of Mine (ROM), según aparece en la figura 1.

En este orden de ideas, los procesos unitarios a estudiar serán los de barroteo, arrastre, cocheo y malacate, y selección. Visto así, la actual investigación de ACV implementa el enfoque de *la cuna a la puerta*, cuya unidad de análisis, o unidad funcional (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, n. d.), será una tonelada de carbón puesta en la entrada de la mina; también se incluyen en los límites del ciclo de vida analizados, el agua y la electricidad, como recursos usados para la producción de carbón.

<sup>6</sup> Denominado Run of Mine o ROM por sus siglas en inglés

**Figura 1. Procesos básicos de extracción de carbón (ROM) de las empresas pequeñas y artesanales en la cuenca del Sinifaná.**



Fuente: elaborado por los autores

### Evaluación del impacto del ciclo de Vida (EICV) para valorar el desempeño ambiental

La EICV se desarrolló con el software SimaPro 8.0.4 Faculty, que en su versión de licencia libre cuenta con limitaciones en la disponibilidad de la totalidad de los métodos de EICV, razón por la cual se usó el método Eco-indicador 99 HV2.06/ Europe EI 99 H/A, el cual muestra el impacto ambiental de un material, un producto, un consumo energético o un desecho de material (Goedkoop y Spriensma, 2001; Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco - IHOBE, 2010), en una misma unidad de medida, permitiendo compararlas entre sí, siempre y cuando se utilice la misma cantidad de los materiales a comparar. La unidad de medida usada en este método es Eco-indicador point (Pt), en el que el valor de un punto es representativo a una centésima parte de la carga ambiental anual de un habitante promedio europeo (IHOBE, 2010).

El inventario del ciclo de vida fue levantado en campo y se contrastó con datos de consumos energéticos de motores eléctricos trifásicos y monofásicos, y motores alimentados con combustible diésel con sus correspondientes fichas técnicas. Los datos de campo se lograron en minas de carbón, en donde la

extracción se realiza en socavón y de forma artesanal. Para el caso de la extracción de carbón con dinamita se tomaron muestras de calidad del aire, antes y después de las detonaciones, teniendo en cuenta los valores límite permisibles (VLP), establecidos por el Decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015 que reglamenta la seguridad en las labores mineras subterráneas (Ministerio de Minas y Energía, 2015), para los gases: CH<sub>4</sub> (metano), H<sub>2</sub>S (ácido sulfhídrico); CO (monóxido de carbono); CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono); O<sub>2</sub> (oxígeno); NO + NO<sub>2</sub>. Asimismo, para incluir en la EICV las herramientas usadas en el proceso de extracción minero —como palas, picos, estopas, canecas plásticas, vagones, rieles, cables, malacates y zarandas— se tuvo en cuenta el material empleado en su fabricación, así como su vida útil, según el tipo de minería realizada y sus respectivos volúmenes medios de producción.

### RESULTADOS

El análisis se realiza comparando el impacto ambiental de una tonelada de carbón extraída para cada uno de los escenarios identificados en campo. Los resultados de la EICV se presentan en ecopuntos (Pt) para las tres categorías de impacto final (endpoint indicators) provistos por el Europe EI 99 H/A (tabla 1).

Tabla 1. Puntajes (Pt) de EICV según escenario y categoría de impacto

Categorías de daño	Escenarios				
	1	2	3	4	5
Human Health (Pt)	0,01582704	0,01781656	0,15298397	0,18711253	0,57711306
Ecosystem Quality (Pt)	0,00813689	0,00859032	0,03078857	0,03167435	0,07975851
Resources (Pt)	0,01118693	0,0180085	0,13221412	0,14738537	0,41037913

Fuente: elaborado por los autores

El escenario más impactante es aquel que usa como método de barroteo el martillo percutor (escenario 5); los menos impactantes son los que usan, como método de barroteo, la minería manual; es decir, solo pico y pala, sin ayuda de ningún elemento mecánico (escenarios 1 y 2); y con impactos intermedios se tienen los escenarios donde el barroteo se desarrolla con dinamita (escenarios 3 y 4). A pesar de que, en términos de ACV, el barroteo con martillo percutor es 195 veces más impactante que el barroteo manual, y 3,6 veces más impactante que el barroteo con dinamita, no basta con tener en cuenta el impacto del tipo de barroteo utilizado para proponer el método más conveniente en una minería responsable<sup>7</sup>. También es necesario tener en cuenta las cantidades de producción lograda con cada uno de los métodos. Según datos suministrados por los empresarios mineros, la producción mensual promedio de la minería manual es de 245,71 toneladas; de la minería

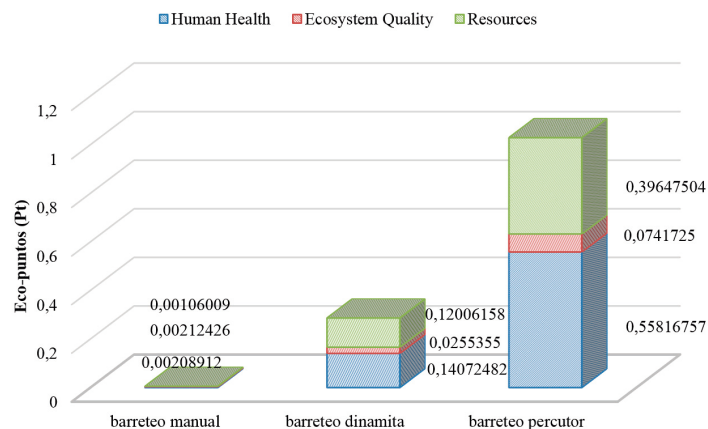
con uso de explosivos es de 317,81 toneladas, y de la minería que hace uso del martillo percutor es de 345 toneladas.

A partir de lo anterior, se entiende que, no obstante el método de barroteo manual sea el menos contaminante, también es el menos productivo; por lo tanto, proponer su implementación en la totalidad de las minas supondría una pérdida de competitividad, ya que disminuye la capacidad de respuesta de los mineros ante posibles pedidos de grandes volúmenes de material. El martillo percutor, por su parte, reportó una mayor producción, pero solo 1,08 veces más que la realizada con dinamita, y no en la proporción de 3,6 veces más, como es el caso de su impacto de ciclo de vida respecto al barroteo con dinamita.

En cuanto a la extracción del material o barroteo con dinamita, podría esperarse que esta fuera la de mayor aporte de cargas contaminantes al realizar la detonación y generar gases nocivos como el ácido sulfhídrico, monóxidos y dióxidos de carbono y nitrógeno. No obstante, si bien estos elementos son generados y emitidos a la atmósfera, esta emisión es realizada una sola vez en el día en un lapso de tiempo corto, mientras que la emisión de gases invernadero y consumo de combustible en la extracción de carbón con martillo percutor es constante (figura 2).

7 La minería responsable incluye una serie de prácticas orientadas a controlar, minimizar, eliminar y compensar los impactos sobre el ambiente y las comunidades donde se desarrollan las prácticas de extracción minera, asegurando el cumplimiento de leyes, garantizando una extracción racional de los recursos naturales, buscando la eficiencia de costos de producción y trabajando en la reducción de riesgos futuros y pasivos sociales y ambientales derivados de la actividad extractiva (Goodland, 2012a).

Figura 2. Comparación entre métodos de barroteo (manual, dinamita y percutor)



Fuente: elaborado por los autores

El barroteo con dinamita se muestra como el más viable en términos de productividad contra impacto. Su impacto de ciclo de vida (ICV) puede mejorar, ya que el explosivo usado por los mineros de la cuenca del Sinifaná es artesanal y causa un mayor ICV, que la dinamita comercial<sup>8</sup>, de modo que si este último tipo de explosivo pudiera ser usado por los mineros artesanales, el desempeño ambiental en términos de impacto de ciclo de vida mejoraría, al menos, un 16 %.

<sup>8</sup> Para el cálculo del ICV de la dinamita comercial se usó la información disponible en la base de datos ETH-ESU 96 Unit Processes.

## DISCUSIÓN

Realizando unos pocos cambios en algunos de los procesos unitarios identificados en las actividades de extracción artesanal del carbón en la cuenca del Sinifaná, pueden lograrse reducciones sustanciales de los ICV. Para el logro de estas disminuciones, se propuso que la extracción artesanal del carbón fuera realizada bajo los siguientes escenarios (tabla 2).

Para el caso de los análisis comparativos entre los escenarios encontrados y las propuestas para el

**Tabla 2. Propuestas de combinación de procesos unitarios para la disminución de los ICV en la extracción de carbón artesanal en la cuenca del Sinifaná.**

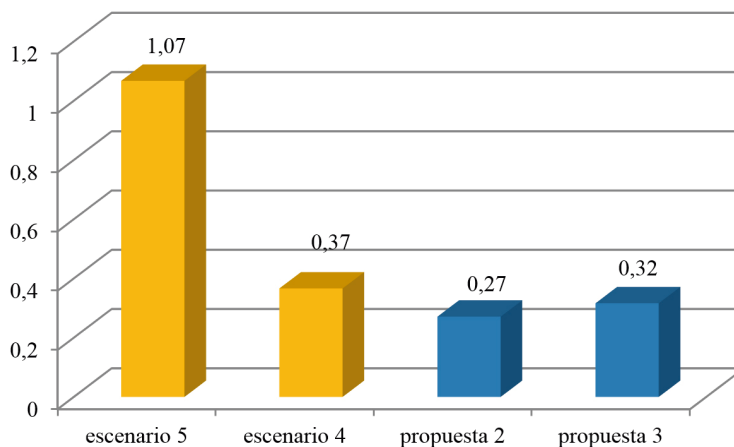
Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
barroteo dinamita comercial	barroteo dinamita comercial	barroteo dinamita artesanal	barroteo dinamita artesanal
arrastre con estopa	arrastre con solo caneca	arrastre con solo caneca	arrastre con estopa
malacate	malacate	Malacate	malacate
zaranda mecánica	zaranda mecánica	zaranda mecánica	zaranda mecánica

Fuente: elaborado por los autores

logro de una minería más limpia, se usaron como referencia los escenarios 4 y 5, por ser estos los más representativos, ya fuera por recurrencia de su uso en la zona de estudio (escenario 4) o por su impacto

(escenario 5). Los escenarios 1 y 2 no fueron tenidos en cuenta, debido a las razones explicadas acerca de la relación de productividad contra impacto del método de barroteo manual (Figura 3).

**Figura 3. Comparación de ICV entre escenarios de minería más frecuentes en la cuenca del Sinifaná, y las propuestas de minería más limpia con uso de dinamita, tanto comercial como artesanal (Pt)**



Fuente: elaborado por los autores



Se infiere que en el caso del cambio de minería realizada bajo la combinación de procesos unitarios del escenario 5, por los de las propuestas 2 y 3, podrían lograrse disminuciones del ICV de 79 % y 75 %, respectivamente; caso contrario, si se procede con el cambio de la minería bajo la combinación de procesos unitarios del escenario 4, por los de las propuestas 2 y 3, podrían lograrse disminuciones del ICV de 26 % y 14 %.

Los cambios a realizar en los procesos unitarios de los escenarios 4 y 5, para lograr lo planteado en las propuestas 2 y 3, parecen relativamente sencillos. Valga anotar que consisten en hacer uso de la dinamita comercial -es decir, la comercializada por la Industria Militar Colombiana (Indumil)- y de canecas plásticas sin recubrimiento de PVC en la base. No obstante, la dinamita comercial es la menos contaminante y la más recomendable; no solo por razones ambientales, sino también de seguridad es necesario consentir una propuesta de minería más limpia, en la que se involucre el uso de la dinamita artesanal. Lo anterior por cuanto en Colombia la compra de dinamita para usos no militares, como el caso de la minería, es restringida, y sus costos pueden ser cinco veces mayores a los de la dinamita artesanal.

En este orden ideas, se tiene en cuenta el uso de este elemento en el proceso de barreteo planteado en la propuesta 3, con el fin de no ignorar la realidad minera y proponer alternativas alcanzables.

## CONCLUSIONES

Si bien el término *sostenible* no puede ser usado en una actividad encargada de la extracción de un recurso natural no renovable, sí es posible referirse a «prácticas de producción más limpia». El presente estudio muestra las diferentes alternativas para lograr la disminución -hasta un 70 % de los ICV generados en la extracción artesanal del carbón en la cuenca del Sinifaná- que dependen de los procesos unitarios utilizados. Proponer el fin de las prácticas mineras, sobre todo en aquellas zonas reconocidas por llevar a cabo estas prácticas de forma ancestral, como es el caso de los municipios ubicados en la cuenca carbonífera del Sinifaná, no es consecuente ni con la realidad social y económica de estos municipios, ni también con la capacidad productiva y competitiva del país, y el nivel de desarrollo de la sociedad actual.

Se requiere, entonces, que se respeten y amplíen las zonas de exclusión o restricción minera en aquellas áreas en donde se presentan condiciones ambientales

vulnerables o estratégicas; se mejore y complemente el sistema de compensaciones ambientales; se realice un seguimiento minucioso a los Planes de Manejo Ambiental (PMA), y, por último, se incorporen e implementen técnicas de producción más limpia.

## AGRADECIMIENTOS

El equipo investigador agradece al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) y la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Antioquia por la financiación y apoyo, y a los directivos y socios de la Asociación de Mineros de la Cuenca del Sinifaná (Asomicsi), quienes con su gestión y apoyo permitieron el levantamiento de la información de campo, necesaria para el logro de la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional Minera. (2014). *Informe rendición de cuentas 2013-2014*. Bogotá, D. C.: Colombia. Retrieved from [http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/informe\\_rendicion\\_de\\_cuentas\\_2014\\_0.pdf](http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/informe_rendicion_de_cuentas_2014_0.pdf)
- Contraloría General de la República. (2013). *Minería en Colombia, Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos*. Bogotá, D. C.: Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.contraloriagen.gov.co/documents/10136/182119332/MineriaEnColombia-Vol2.pdf/6cc33e0c-29e9-4a65-8561-1215fa8d07a0>
- Durucan, S.; Korre, A. y Munoz-Meléndez, G. (2006). Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(12-13), 1057-1070. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.021>
- Feijoo, G.; Hospido, A. y Moreira, M. (2007). *Análisis de ciclo de vida (I) Desarrollo sostenible y ACV*.
- Franks, D.; Brereton, D. y Moran, C. (2010). Managing the cumulative impacts of coal mining on regional communities and environments in Australia. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 28(4), 299-312. doi:10.3152/146155110X12838715793129
- Goedkoop, M. y Spriensma, R. (2001). *The Eco-indicator99: a damage oriented method for life*

- cycle impact assessment: methodology report*. 3821 BB Amersfoort, NL. Retrieved from citeulike-article-id:11785193
- Goodland, R. (2012a). Minería responsable ¿Qué se entiende por Minería responsable? *Foro Nacional Ambiental*, 8. Retrieved from <http://s.shr.lc/1cotpNQ>
- Goodland, R. (2012b). Responsible Mining: The Key to Profitable Resource Development. *Sustainability*, 4(9), 2099–2126. doi:10.3390/su4092099
- He-ping, X.; Jin-hua, W.; Bao-hong, S.; Jian-zhong, L.; Peng-fei, J.; Hong-wei, Z. y Gang, W. (2012). New idea of coal mining: scientific mining and sustainable mining capacity. *Journal of the China Coal Society / Mei Tan Xue Bao*, 37(7), 1069–1079. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9hy&AN=82752314&lang=es&site=ehost-live>
- Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco - IHOBE. (2010). *Guía de evaluación de aspectos ambientales de producto. Desarrollo de la norma certificable de ecodiseño UNE 150301*. (Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Ed.) (3rd ed.). Bilbao: IHOBE.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto número 1886 del 21 de septiembre de 2015. Reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas, 53, 82. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Sáenz, B. y Zúfia, J. (1996). Análisis de ciclo de vida para la reducción de impactos medio ambientales generados por el sector agroalimentario Vasco. *Rev. Agroalimentaria*, 49, 48-50.
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (N.D.). Life cycle assessment. Retrieved August 3, 2014, from <http://www.setac.org/>
- United Nations Environment Programme. (2011). *Global Guidance principles for life cycle assessment databases*. (B. V. (SETAC) Guido Sonnemann (UNEP), Ed.) Science. Imprimerie Escourbiac.