

Criterios de sustentabilidad para la explotación de granito en la provincia de Huila, Angola

Sustainability criteria for exploiting granite in Huila province, Angola

Carnoth Júlio Kambuta-Tchivikwa^{1*}, Mayda Ulloa-Carcassés²

¹Liceo Dr. Antonio Didalewa, Xangongo, Angola

²Universidad de Moa, Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: leocarnoth@gmail.com

Resumen

Empresas nacionales y extranjeras distribuidas en las provincias de Huila, Benguela, Kwanza Sul, Kwanza Norte, Cunene y Namibe explotan canteras de granito en la República de Angola. La inexistencia de criterios de sustentabilidad que tributen a una explotación minera racional y responsable es la principal causa de las afectaciones al medio ambiente que produce esta actividad minera, cada vez más intensa. El objetivo de este trabajo fue establecer criterios de sustentabilidad para la explotación de canteras de granito en la provincia de Huila. Con una metodología en cuatro etapas: análisis bibliográfico, trabajo de campo, consulta a especialistas del sector y la aplicación del método de Delphi, se reveló que la explotación de las canteras de granito de Huila impacta la vegetación, la fauna, el suelo, el agua superficial y subterránea, la atmosfera, la población, economía y paisaje; de ahí que se establecieron quince criterios de sustentabilidad para la explotación de estas canteras, se caracterizó cada criterio y se determinaron sus rangos para la evaluación cualitativa y cuantitativa. Los criterios de sustentabilidad obtenidos se pueden aplicar en otros contextos similares.

Palabras clave: minería sustentable; desarrollo sostenible; canteras; granito.

Abstract

National and foreign companies distributed around Huila, Benguela, Kwanza Sul, Kwanza Norte, Cunene and Namibe provinces exploit granite quarries in the Republic of Angola. The main cause effecting the environment caused by this increasingly intense mining activity is the non-existence of sustainability criteria that contribute to a rational and responsible mining operation. The purpose of this study is to establish sustainability criteria for exploiting granite quarries in Hulla province. It was showed by using a four-stage methodology: bibliographical analysis, field work, consulting to specialists and applying the Delphi method that exploiting Huila granite quarries impact vegetation, fauna, soil, surface and ground water, the atmosphere, population, economy and landscape; therefore fifteen sustainability criteria were established for the exploitation of these quarries, each criterion was characterized and their ranges were determined for qualitative and quantitative evaluation. The sustainability criteria obtained can be applied in other similar contexts.

Keywords: sustainable mining; sustainable development; quarries; granite.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente de rocas ornamentales, como el granito, ha contribuido al incremento de la explotación de estos yacimientos en la República de Angola. En la provincia de Huila operan más de 12 empresas mineras que se dedican a la explotación de los recursos minerales, fundamentalmente a la extracción de granito, y se planifica comenzar próximamente la extracción de oro y hierro. Las principales entidades que explotan granito se encuentran distribuidas en los municipios de Chibia, Chiange (Gambos) y Quipungo. Si bien las empresas mineras cuentan con sus proyectos de explotación, no cumplen con los parámetros de los mismos, y son escasos los trabajos para la recuperación y preservación del medio ambiente. Además, carecen de programas con enfoque social para contribuir al desarrollo local de la comunidad.

En la República de Angola el Ministerio de Geología y Minas está representado en todas las provincias a través de las Direcciones Provinciales de Geología y Mina (DPGM). En el caso de Huila, la DPGM cuenta con un Departamento de Minería, que se encarga de la supervisión y control de las actividades geológicas y mineras.

La DPGM fiscaliza sistemáticamente las minas existentes en el territorio, pero aun así, se identifican irregularidades en la explotación del granito, por incumplimiento de las leyes y normas minero-ambientales. El gobierno local

toma como medida la cancelación del permiso de explotación a las empresas que violan constantemente los acuerdos firmados entre ambas.

La inexistencia de criterios en esta industria como guía para contribuir al desarrollo sustentable de la extracción de granitos ha producido efectos negativos sobre el medio ambiente, notable degradación del suelo, afectación a la flora y la fauna, aguas superficiales y subterráneas, modificación paisajística, contaminación de la atmosfera y otros factores ambientales.

Moore (1997) considera que la minería debe adoptar la filosofía de la sustentabilidad como objetivo principal para su planeamiento estratégico a corto, mediano y largo plazo. Para ello, es importante tener criterios que sirvan de guía para alcanzarla. En este sentido, Montero (2002) propone indicadores de sustentabilidad para la minería y planteó que el concepto "desarrollo sustentable" promueve la necesidad inmediata de conocer los impactos que una determinada actividad económica ocasiona sobre el medio ambiente, a través del establecimiento previo de indicadores que se puedan expresar en cifras.

Por otra parte, Guerrero-Almeida y Blanco-Torrens (2002), a partir de visitas de trabajo realizadas a diferentes minas de América Latina y del mundo, han considerado de importancia teórica y metodológica la elaboración de criterios e indicadores de sustentabilidad en la minería como una forma adecuada para responder al reto planteado. Asimismo, González-Martínez y Carvajal-Gómez (2002) realizan una evaluación cuantitativa de los indicadores de sostenibilidad, a través de un test, que sirve para evaluar los parámetros que deben cumplir las labores mineras para ser sustentables. Posteriormente, Cisneros (2012) plantea que los criterios e indicadores de sustentabilidad son herramientas sumamente útiles en la toma de decisiones.

En 2004 se funda la iniciativa "Hacia una minería sostenible" (HMS), la cual propone un conjunto de herramientas e indicadores para impulsar el desempeño y asegurar que los principales riesgos de la minería se gestionen de manera responsable (Asociación Minera de Canadá, AMC 2018).

Otra contribución ha sido la de la *Global Reporting Initiative* (GRI, por sus siglas en inglés), reconocida por diferentes instituciones, como la Comisión Europea y Organización de las Naciones Unidas. Su tarea es promover la elaboración de memorias o informes de sostenibilidad que integren las dimensiones del desarrollo sustentable, y que contengan la medición, divulgación y rendición de cuentas de una organización, frente a grupos de interés internos y externos (Asociación Española para la Calidad, AEC 2018).

Los macizos más antiguos están formados por rocas sedimentarias o eruptivas altamente metamorfozadas del complejo de base, tales como gneises y esquistos en la provincia de Cunene.

El clima predominante es tropical con una estación de lluvias y otra seca. El periodo de lluvias es más intenso entre los meses de diciembre y abril, con precipitaciones de 150 mm a 200 mm que exigen preparativos para garantizar las actividades mineras en esta época.

La región está atravesada por líneas de aguas temporales, la mayoría superficiales y aluviales. Los ríos y arroyos del área no poseen un régimen permanente y solo en la época de lluvias presentan una cierta utilidad.

La vegetación de Huila es muy variable, en dependencia de los factores climáticos, el tipo de suelo y la acción del hombre. Se presentan bosques abiertos (*Brachystegia* y *Julbernardia*), bosque denso (vegetación xerofítica), balsados y vegetación esteparia.

Predominan diferentes animales, entre las que se destacan los elefantes, leones, sables, olongos, guelengues, búfalos, entre otros.

1.2. Caracterización de la explotación de granito en Huila

Las etapas del proceso minero para la extracción del granito en Huila son las siguientes:

- a) Exploración, prospección.
- b) Desarrollo del proyecto: desarrollo de la ingeniería de detalle del proyecto y de los servicios (infraestructura técnica); desarrollo de la explotación de la mina; preparación de los residuos mineros y construcción de caminos; tratamiento del sistema de agua para abastecer las instalaciones y preparación de la infraestructura social.
- c) Operación de la mina: extracción, carga y transporte del mineral.

La explotación se realiza a cielo abierto (Figura 2), con el arranque del material con tecnología combinada, con hilo diamantado, perforadoras (bloqueadores), martillos de cuña y otros. Estas operaciones permiten obtener los bloques de granito que se transportan mediante cargadoras frontales de múltiples funciones para el depósito, donde en función de su calidad se clasifican como de primera, segunda y tercera y, posteriormente, se trasladan al mercado como materia prima o a los talleres de preparación para su comercialización en forma de producto terminado.



Figura 2. Cantera de granitos en Huila.

2. METODOLOGÍA

2.1. Etapas de la investigación

Etapa I. Identificación preliminar de los criterios de sustentabilidad para la explotación de canteras de granito

Se revisaron diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con el tema, tesis doctorales, de maestría y pregrado, normas e informes sobre los criterios de sustentabilidad en la industria extractiva mineral y, específicamente, para la explotación de canteras de granito; se aplicó el método grupal *Brainstorming* para obtener una propuesta inicial de los criterios de sustentabilidad para la explotación de granitos a partir de que estos cumplieran con los requisitos siguientes:

- a) Pertinente: relevante para la valoración de las canteras.
- b) Medible: factible de medir o asignar un valor que expresa una cualidad.
- c) Discriminante: que adquiera diversos valores y deben ser relacionables con otras.
- d) Disponible: que exista la posibilidad de encontrar la información que permita su valoración.
- e) Eficiente: el costo de obtención de la información no ha de ser mayor que la importancia de la variable para la evaluación del criterio.

Etapa II. Aplicación del método Delphi para la determinación de los criterios de sustentabilidad

En esta etapa se desarrolló el procedimiento establecido para la aplicación del método:

- 1) Elaboración del cuestionario
- 2) Determinación del número de expertos
- 3) Selección de los expertos
- 4) Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos
- 5) Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis.

En la elaboración del cuestionario se tuvieron en cuenta las reglas de la comunicación como se establece en el método. El número de expertos n se determinó mediante la expresión (1) (Legrá-Lobaina y Silva-Diéguéz 2011)

$$n = p q \left(\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d} \right)^2 \quad (1)$$

Donde:

d : es el error admisible (cuando d tiende a 0, el número n aumenta).

p : es la proporción o probabilidad de fallo al escoger el experto (su valor está entre 0 y 1); $q=1-p$. Cuando $p=0,5$ se obtiene el mayor valor de n para α y d conocidos.

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$: constante cuyo valor está asociado con el nivel de confianza seleccionado.

Para la selección de los expertos se evaluaron especialistas mediante una escala cualitativa que los calificó de alto, medio y bajo en función de los conocimientos sobre el tema obtenido de análisis teóricos, su experiencia, de trabajos de autores nacionales y extranjeros, conocimientos propios sobre el estado del tema y su propia intuición.

La competencia de los expertos se determinó por el coeficiente de competencia (K_{comp}), calculado (ecuación 2) de acuerdo con la opinión de cada experto sobre su nivel de conocimiento acerca del problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios.

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_c + K_a) \quad (2)$$

Donde:

K_c - es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0,1.

Ka- es el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto.

Para determinar la competencia del candidato se usaron los siguientes criterios:

Competencia ALTA	$K_{comp} > 0,8$
Competencia MEDIA	$0,5 < K_{comp} \leq 0,8$
Competencia BAJA	$K_{comp} \leq 0,5$

Se realizaron tres rondas para obtener el consenso de los expertos. En la primera, se presentó a los expertos el listado preliminar de los criterios con el fin de que los mismos decidieran si estos criterios bastaban para conformar el sistema, o si era necesario adicionar o modificar algunos. En la segunda se procedió a listar y presentar a los expertos los criterios resultantes de la ronda anterior y, en la tercera ronda, se realizó la selección final de los criterios y se evaluó la concordancia de los expertos. En esta última ronda se obtuvo la influencia de cada criterio seleccionado. Para resolver esto se calculó el coeficiente de concordancia de Kendall, **K** (ecuación 3):

$$K = \frac{12 \sum_{i=1}^p (S_i - S_{med})^2}{M^2 (P^3 - P)} \quad (3)$$

Donde:

P: número de criterios que se valoran.

M: cantidad de expertos encuestados.

S_i: suma de los valores asignados por los expertos a cada criterio *i*.

S_{med}: valor medio de (*S_i*) con respecto al número de criterio *P*.

Se realizó la prueba de significación para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos. Legrá (2014) plantea que se acepta la concordancia de los expertos cuando $K > 0,7$ y que se asume discordancia cuando $K < 0,4$.

Etapas III. Evaluación cualitativa y cuantitativa de los criterios de sustentabilidad de la explotación de granitos en Huila, República de Angola

La viabilidad de los criterios se realizó mediante tormenta de ideas con expertos. Se determinó establecer una evaluación cualitativa y cuantitativa

para cada criterio. Se le atribuyeron categorías y un rango de valores (Tabla 1) entre 0 y 1.

Para determinar la sustentabilidad de la explotación de granitos en la provincia de Huila se suman los valores obtenidos en cada uno de los criterios, según la ecuación 4.

$$R = \sum_{i=1}^{j=n} (C1 + C2 + C3 \dots + C15) \quad (4)$$

Donde:

R: es la sumatoria de todos los criterios.

C_j: es el valor obtenido en cada criterio.

Sobre la base de los parámetros establecidos, tormenta de ideas con expertos y especialistas de las empresas se determinaron los rangos de valores de cada categoría.

Tabla 1. Rango de valores para evaluación cuantitativa de la sustentabilidad de una cantera

Criterios	Categoría	Rangos de valores Evaluación cuantitativa
1	Categoría I	(0,75 - 1)
	Categoría II	(0,5 - 0,74)
	Categoría III	(0,25 - 0,49)
	Categoría IV	(0 - 0,24)

Posteriormente, en función del resultado de la sumatoria de los valores de cada categoría, se compararon con los valores establecidos en la Tabla 2 y se determinó la sustentabilidad de la explotación de granito en Huila.

Tabla 2. Rango de valores para determinar el cumplimiento de sustentabilidad de la explotación de granitos en Huila

N/0	Rango de valores	Nivel de sustentabilidad
1	De (10 - 15)	Alto
2	De (5 - 9,9)	Medio
3	De (0 - 4,9)	Bajo

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por primera vez en la República de Angola se realiza una investigación sobre criterios de sustentabilidad para la explotación de canteras de granito. Se identificó preliminarmente un listado de 34 criterios de sustentabilidad. Con la aplicación del método Delphi se determinaron los 14 expertos con mayores coeficientes de competencia.

Para obtener los criterios de sostenibilidad se realizaron tres rondas de expertos. Se presentó a los expertos, en la primera ronda, el listado preliminar de 34 criterios y, en la segunda, los criterios resultantes de la ronda anterior. Como resultado se eliminaron 21 criterios, se añadieron nueve y se modificaron seis. En la tercera ronda se seleccionaron finalmente 15 criterios.

Posteriormente, se evaluó la concordancia de los expertos y la influencia de cada criterio seleccionado. Se obtuvo el coeficiente de concordancia de Kendall = 0,76, lo que confirmó la existencia de elevada concordancia entre los expertos.

Seguidamente se realizó la prueba de significación para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos. Al respecto, se definieron las hipótesis con un nivel de significación de 0,05:

Hipótesis nula: (H0): No existe consenso entre los expertos con relación a los criterios emitidos (K=0).

Hipótesis alternativa: (H1): Los expertos están de acuerdo, hay consenso entre ellos (K≠0).

$$\chi^2 \text{ calculada} = 148,96$$

$$\chi^2 \text{ tabulada} = 23,68$$

$$148,96 > 23,68$$

De esta manera se confirmó que existe concordancia entre los expertos.

Finalmente, se establecieron los 15 criterios de sustentabilidad y sus categorías para la explotación de canteras granito en la provincia Huila de la República de Angola (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios de sustentabilidad y sus rangos de valores para la evaluación cualitativa-cuantitativa para la explotación de canteras granito en la provincia de Huila, República de Angola

<p>Criterio 1: Cumplimiento del código minero y la legislación ambiental del país</p> <p>Categoría I. La empresa o el concesionario cumplen la regulación ambiental, existen proyectos de mitigación y/o rehabilitación ambiental y se cumple el código minero en un entorno del 100 % al 75 %</p> <p>Categoría II. Se cumple parcialmente con código minero y la Ley de Medio Ambiente, durante la ejecución del proyecto de explotación</p> <p>Categoría III. Cumple con código minero, pero no en los términos requeridos; su aplicación es limitada</p> <p>Categoría IV. No se implementan las normas minero-ambientales, no se protegen los trabajadores, los habitantes de la región, ni el medio ambiente</p>
<p>Criterio 2. Inventarios de las especies para la protección de los ecosistemas naturales</p> <p>Categoría I. Existen inventarios que contemplan las especies animales y vegetales para la protección de los ecosistemas naturales</p> <p>Categoría II. Solo se protegen especies predominantes en la región</p> <p>Categoría III. No existe inventario y se protegen de forma espontánea algunas especies de la región sin un plan determinado</p> <p>Categoría IV. No existe inventario ni plan de protección para las especies de los ecosistemas naturales</p>
<p>Criterio 3. Creación de programas con enfoques sociales que contribuyan al desarrollo local</p> <p>Categoría I. Existen infraestructuras con fines sociales, se cumple con los aspectos establecidos jurídicamente</p> <p>Categoría II. Se construyen, parcialmente, infraestructuras con fines sociales</p> <p>Categoría III. Hay carencias de infraestructuras con fines sociales para los trabajadores y habitantes de la región</p> <p>Categoría IV. No hay infraestructuras con fines sociales para los trabajadores habitantes locales</p>
<p>Criterio 4. Utilización de tecnologías adecuadas a las condiciones de las canteras para minimizar los impactos ambientales negativos</p> <p>Categoría I. Se emplean tecnologías adecuadas a las condiciones de la cantera, los trabajadores y habitantes la asimilan con facilidad</p> <p>Categoría II. No se aplica correctamente la tecnología, lo que dificulta su asimilación por parte de los trabajadores y habitantes</p> <p>Categoría III. Se utilizan tecnologías adecuadas para la explotación de granito, pero los impactos negativos son notables</p> <p>Categoría IV. No existe tecnología apropiada</p>

Criterio 5. Cierre adecuado de las canteras

Categoría I. Hay proyecto de explotación que contemple el cierre de minas y la rehabilitación de áreas dañadas

Categoría II. Existen proyectos de cierres, pero no se realizan progresivamente en áreas afectadas

Categoría III. Se realizan algunas acciones de cierre; pero no en los términos requeridos, no se cumplen las leyes de minas y medio ambiente

Categoría IV. No hay proyecto de cierre de minas, no se protege el medio ambiente ni sus componentes

Criterio 6. Determinación de actividades alternativas en la región

Categoría I. Existen proyectos para la ejecución de actividades alternativas

Categoría II. Se ejecutan adecuadamente para fines sociales

Categoría III. Las actividades alternativas carecen de proyectos para su implementación

Categoría IV. No se desarrollan proyectos para actividades alternativas en la región

Criterio 7. Reducción de peligros geo-ambientales y geodinámicos

Categoría I. Se toman medidas para prevenir los riesgos inducidos y residuales

Categoría II. Las medidas de protección no se ejecutan en su totalidad

Categoría III. Se cumplen algunas medidas, existen proyectos de control de riesgo; pero no se aplican adecuadamente

Categoría IV. No hay medidas de protección contra peligros geo-ambientales y geodinámicos

Criterio 8. Conservación de recursos hídricos

Categoría I. Existe el mapa hidrogeológico y el proyecto de conservación de los acuíferos superficial y subterráneo de la región

Categoría II. Aunque existen planes de prevención en los períodos de inundación se puede producir contaminación

Categoría III. Aunque existen planes, no se ejecutan

Categoría IV. No existe planes y se trabaja sin prevención

Criterio 9. Aprovechamiento integral y utilización eficiente de las reservas minerales

Categoría I. Aunque existen proyectos de explotación, no se utilizan de manera racional los recursos y reservas naturales

Categoría II. Los proyectos de explotación carecen de planes de conservación de los recursos y reservas

Categoría III. No hay proyectos ni se conservan los recursos y reservas

Categoría IV. Aunque existen proyectos de explotación, no se utilizan de manera racional los recursos y reservas naturales

Criterio 10. Educación ambiental de los miembros de la comunidad y los trabajadores empleados

Categoría I. Se realizan conferencias y seminarios de manera parcial

Categoría II. Los programas establecidos no recogen todas las medidas medio-ambientales necesarias

Categoría III. No se transmiten conocimientos sobre protección del ambiente a los trabajadores y a los habitantes locales

Categoría IV. Se realizan conferencias y seminarios de manera parcial

Criterio 11. Operación minera rentable y una restauración económicamente viable

Categoría I. Existe proyecto que contempla el plan de restauración post-explotación

Categoría II. El plan de restauración no abarca las áreas afectadas por la actividad minera

Categoría III. No cumple adecuadamente con las acciones recogidas en el plan de restauración

Categoría IV. No hay plan de restauración

Criterio 12. Topografía final estructuralmente estable con mínimo riesgos de deslizamiento o colapso de los taludes y garantía del drenaje natural de las aguas superficiales

Categoría I. Se cumple con algunas medidas de protección de las áreas minadas y su configuración final

Categoría II. La topografía final no es estable, por lo que existe probabilidad de fallos, deslizamientos y colapso de taludes; así como, obstrucción del drenaje natural

Categoría III. No existen medidas de protección, ni configuración final del relieve

Categoría IV. Se cumple con algunas medidas de protección de las áreas minadas y su configuración final

Criterio 13. Perfeccionamiento de la planificación y gestión de los usos futuros del suelo

Categoría I. Existen y se ejecutan proyectos de planeación de los usos futuros del suelo post explotación

Categoría II. Existen proyectos parciales y su aplicación es escasas

Categoría III. Se realizan acciones para el uso del suelo sin un proyecto guía

Categoría IV. No hay proyectos ni se ejecutan acciones

Criterio 14. Minimizar los efectos de las explosiones en el medio circundante

Categoría I. Se emplean métodos de prevención de accidentes y control de pérdidas en las operaciones mineras

Categoría II. Aunque existen métodos de prevención, su aplicación es limitada

Categoría III. Se utiliza el método de prevención en algunos casos

Categoría IV. No existen métodos de control de efectos de las explosiones en el medio circundante

Criterio 15. Reducción de emisiones y residuos sólidos

Categoría I. Existe un plan de reducción de emisiones y reutilización y reciclado de residuos sólidos

Categoría II. Se implementa parcialmente el plan y se mantienen limpios los frentes de trabajo

Categoría III. Se programan medidas de reducción de emisiones y reutilización y reciclado de residuos sólidos, pero no se cumple adecuadamente

Categoría IV. No existe plan de reducción de emisiones y reutilización y reciclado de residuos sólidos

4. CONCLUSIONES

- La aplicación del método Delphi permitió la identificación y determinación de 15 criterios de sustentabilidad para la explotación de canteras de granito en la provincia de Huila, República de Angola.
- Se establecen categorías y rangos de valores para la evaluación cuantitativa y cualitativa de los criterios de sustentabilidad en las canteras de granito de la provincia de Huila, República de Angola.

5. REFERENCIAS

- Afonso-Bambi, A. y Montero-Peña, J. M. 2019a: Indicadores de sostenibilidad para la industria minera extractiva en Uige, Angola. *Minería y Geología*, 35(2): 233-251.
- Afonso-Bambi, A. y Montero-Peña, J. M. 2019b: La relación transferencia de tecnología-desarrollo sustentable en la explotación de materiales para la construcción: una propuesta para el cambio. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1): 3-10.
- Afonso-Bambi, A. 2020: *Sistema de indicadores para el desarrollo sostenible en la industria extractiva de los materiales para la construcción en Uige*. Tesis doctoral. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Asociación Española para la Calidad. AEC. 2018: Global Reporting Initiative (GRI). Consulta: 4/04/2018. Disponible en: (<https://www.aec.es/>)
- Asociación Minera de Canadá. AMC. 2018: Hacia una minería sostenible. Consulta: 4/04/2018. Disponible en: (<http://mining.ca/sites/default/files/documents/TSM-101-Primer-Spanish.pdf>).
- Centro Africano de Desarrollo del Sector Minero. AMDC. 2018: Estrategia para la implementación de la minería en África. Consulta: 2/01/2018. Disponible en: (<https://www.org/es/matrix/centro.africano-de-desarrollo-del-sector-minero>).
- Cisneros, G. 2012: Criterios e indicadores de sustentabilidad. Consulta: 25/10/2017. Disponible en: <http://www.es.slideshare.net/Nekoko/criterios-de-sustentabilidad>.

- Gómez-Contreras, J. L. 2014: Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Investigación y Reflexión*, XXII(1): 115-136.
- González-Martínez, A.; Carvajal-Gómez, D. 2002: Indicadores de la sostenibilidad de la industria extractiva española. En: Villas-Bôas, R. C. y Beinhoff, Ch. (Eds.). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*. Brasil: Carajás, Amazônia Oriental.
- Guerrero-Almeida, D. y Blanco-Torrens, R. 2002: Criterios generales de sostenibilidad para la actividad. En: Villas-Bôas, R. C. y Beinhoff, Ch. (Eds.). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*. Brasil: Carajás, Amazônia Oriental.
- Consulta: 4/06/2018. Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/global-reporting-initiative>).
- Legrá-Lobaina, A. y Silva-Diéguez, O. 2011. *La Investigación Científica: Conceptos y Reflexiones*. La Habana: Editorial Félix Varela. ISBN 978-959-07-1631-7.
- Legrá-Lobaina, A. 2014. Elementos teóricos y prácticos de la investigación científico-tecnológica. Registro CENDA 1709-6-2014 10 de Junio del 2014.
- Montero-Peña, J. M. 2002: Los indicadores de sustentabilidad en la minería. En: Villas-Bôas, R. C. y Beinhoff, Ch. (Eds.). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*. Brasil: Carajás, Amazônia Oriental.
- Moore, P. 1997: *Hard choices for environmentalists and the mining industry*. Toronto: PDAC.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Ambos autores colaboraron por igual

ORCID

CJKT, <https://orcid.org/0000-0002-8055-3902>

MUC, <https://orcid.org/0000-0003-2932-9785>

Recibido: 20/11/2019

Aceptado: 24/06/2020