



SELECCIÓN DEL USO FINAL DEL SUELO EN CANTERAS DE ÁRIDOS EN GIBARA PROVINCIA DE HOLGUÍN, CUBA

Selection of the end use of the soil in aggregate quarries in Gibara provincia Holguín, Cuba

Alexis Montes de Oca^{1}, Mayda Ulloa¹ & Angel Luis Silot²*

¹Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. ²Centro de Proyectos del Níquel, Cuba.

*Autor correspondiente/corresponding author: Correo electrónico/E-mail: amrisco23@gmail.com

RESUMEN

Para que la industria minera en Cuba pueda contribuir eficazmente al desarrollo sostenible, debe adoptar y aplicar rigurosamente prácticas sanas de gestión ambiental, esto significa que tras la explotación debe restaurarse la condición del terreno de manera que su valor ambiental sea igual o mayor al que tenía antes de ser alterado. En Cuba, en el último siglo se han incrementado las construcciones y por ende la demanda de materiales de construcción, principalmente áridos. Este tipo de explotación trae consigo una fuerte afectación al medio ambiente, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo elaborar un procedimiento para la selección del uso final en canteras de áridos con el empleo de un sistema de información geográfica (SIG). A través del método de criterio de expertos se obtuvieron indicadores de degradación ambiental y posteriormente se elaboró una matriz de compatibilidad entre los indicadores y los posibles usos finales de canteras. El procedimiento propuesto hace uso de los SIG para procesar e integrar los datos geocientíficos y obtener el plano de degradación ambiental. Como resultado, se aplicó el procedimiento a la cantera Los Caliches de la provincia Holguín en Cuba y de ese modo se demostró, desde el punto de vista práctico que el procedimiento es útil para determinar el posible uso en canteras de áridos.

Palabras clave: Canteras, uso final del suelo, Evaluación multicriterio, Recuperación ambiental.

ABSTRACT

In order for the mining industry in Cuba to contribute effectively to future sustainable development, healthy environmental management practices must be rigorously adopted and applied throughout the world. This means that after the exploitation, the condition of the land must be restored in such a way that its environmental value is equal to or greater than the one before it was altered. In Cuba, in the last century, constructions have increased in recent years and, therefore, the demand for construction mate-

rials, mainly arid. This type of exploitation brings with it a strong impact on the environment, which is why the present work aims to develop a procedure for the selection of final use in quarries of aggregates with the use of a geographic information system (GIS) for the selection of the final use in aggregate quarries. Through the method of expert criteria, indicators of environmental degradation were obtained and a compatibility matrix between the indicators and the possible final uses of quarries was subsequently elaborated. The proposed procedure makes use of GIS to process and integrate the geoscientific data and obtain the environmental degradation plan. As a result, the procedure was applied to the Los Caliches quarry in the Holguín province of Cuba and thus it was demonstrated, from the practical point of view, that the procedure is useful to determine the possible use in aggregate quarries.

Key word: Quarries, final land use, multicriteria evaluation, Environmental recovery.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con el aumento de la capacidad humana para transformar el entorno natural, se ha originado un desequilibrio entre los deterioros ocasionados y la capacidad de recuperación del medio frente a los mismos. (Montes de Oca & Ulloa 2013). Pero, a la vez, es evidente que no se puede prescindir de la minería porque es la actividad básica dedicada a la obtención de los geo-recursos para el abastecimiento a la sociedad con las materias primas necesarias para mejorar su calidad de vida, su progreso y su destino (Carbonell 2003).

Cuando la extracción de materiales se realiza irracionalmente, sin una planeación de la explotación, se generan problemas que trascienden hasta después del abandono de la actividad (Montes de Oca et al. 2014). Estos son muy graves debido a que los taludes quedan inestables, por lo que se producen deslizamientos, que a su vez pueden generar pérdidas de vidas humanas. Una explotación no planeada también puede generar otros problemas como: la pérdida del suelo superficial, contaminación de las aguas superficiales, emisiones atmosféricas de polvo y la emisión de ruido (Bradshaw 1993).

La extracción de áridos es una de las ac-

tividades que mayor impacto ambiental genera. Los problemas ambientales producidos por esta actividad no cesan al agotarse el yacimiento, momento en el que surge el interrogante de qué hacer con el terreno afectado por las labores de extracción (Montes de Oca 2018).

Para restaurar las áreas más degradadas y adecuar las que han evolucionado de forma natural, existen distintas alternativas que podemos dividir en tres grandes grupos: restauración para uso agrícola, ganadero o forestal, restauración para uso industrial o urbanístico y restauración para uso recreacional. Definir uno de estos usos como el adecuado para la restauración de cada cantera en cuestión, requiere tener en cuenta diversos factores, tales como sus entornos natural, social y económico, las vocaciones tradicionales del territorio y los planes previstos de gestión, urbanismo y desarrollo regional y local del área (Montes de Oca et al. 2014).

Para la recuperación de las áreas degradadas por la minería en diferentes investigaciones, autores tales como (Ávila et al. 2011, Berger & Iams 1996, Botía & Castro 2011, Carcedo & Vadillo 1989, Cedrón 2013, Ferreira et al. 2008, Fidalgo 2003, Guerrero 2003) han utilizado indicadores ambientales que han adquirido relevancia en los últimos

30 años dada su capacidad de generar una imagen sintética de las condiciones ambientales del territorio. Su auge se ha desarrollado de forma paralela a los avances, acuerdos y retos ambientales a nivel global.

Del análisis de estas investigaciones, se desprende que existen dos líneas fundamentales: una de ellas relacionada con los trabajos de revegetación y reforestación y la otra con la recuperación de las áreas degradadas por la minería a través de usos futuros.

En los momentos actuales los estudios medioambientales adquieren paulatinamente una naturaleza más tecnocientífica, con el empleo de técnicas y métodos que han surgido, como es el caso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG).

Sobre estos últimos, en el análisis de la literatura consultada (Ferreira et al. 2008, Fernandes & Jose 2010, Ocampo 2011, Da Silva & Aparecido 2011, Corzo 2012 y Fernández 2012) no se encontró la existencia de un procedimiento que sustentado en ellos permita elegir el uso final de las áreas degradadas por la minería en las canteras de áridos, por lo que se plantea como objetivo general del trabajo: elaborar un procedimiento con el empleo de un SIG para elegir el uso final de las áreas degradadas de las canteras de áridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración de un procedimiento científicamente fundamentado debe responder a premisas y criterios que lo sustenten desde el punto de vista teórico. El procedimiento para la obtención del uso final en canteras de áridos (Montes de Oca 2018) se presenta en la Fig. 1.

Evaluación preliminar de la degradación

Para realizar un plan de recuperación de un área degradada se deben conocer todos los

condicionantes geoecológicos (clima, geología, litología, hidrología, y otros) y culturales (demografía, economía e historia) del entorno a recuperar. También, es importante dominar la problemática del lugar (si ha habido contaminaciones del suelo, del agua, si ha habido compactaciones, edificaciones entre otros) (Rodríguez et al. 2008).

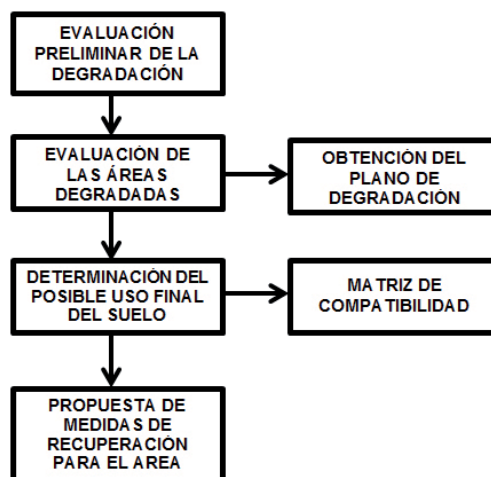


FIGURA 1. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL USO FINAL EN CANTERAS DE ÁRIDOS.

Procedure for obtaining end use in aggregate quarries.

Del mismo modo, se tiene que fijar una “imagen objetivo” del lugar ya recuperado con los usos que tendrá.

Aunque existe una correlación directa entre la mayoría de las degradaciones y las actuaciones o medidas de corrección a acometer, el diseño global de la recuperación debe orientar todas las intervenciones, tanto desde el punto de vista de integración paisajística y ecológica como del uso futuro al que se pretende destinar el espacio (Brollo et al. 2002).

Las bases fundamentales para establecer criterios y modelos de recuperación de explotaciones están relacionadas con los suelos, la vegetación y el clima del área en estudio, así como, con las geometrías finales de huecos y escombreras (Arranz 2004).

Para ello, es necesario el empleo de indicadores ambientales que traduzcan el nivel de la degradación existente.

Evaluación de las áreas degradadas

En cualquier trabajo de recuperación la primera actividad a realizar debe ser la identificación y caracterización de los procesos de degradación actuantes y el análisis de sus consecuencias ambientales a través de técnicas estadísticas. A partir del análisis realizado a las diferentes fuentes bibliográficas estudiadas (Reguant & Torrado 2016, Dalkey & Helmer 1963, Murray & Hammons 1995, Zartha et al. 2015), se estableció que en el proceso de identificación y selección de los indicadores de degradación ambiental en las áreas afectadas por la explotación de canteras de áridos, la metodología a emplear debe ser la consulta a expertos a través del Método Delphi.

Este método pretende obtener una visión colectiva de expertos sobre el tema a partir de rondas repetidas de preguntas. Es un método con el que se puede obtener y depurar los juicios de grupo. Su utilización es verdaderamente efectiva a la hora de recoger información de un grupo que es considerado como un conjunto único para analizar y resolver un problema específico (Linstone & Turoff, 1975).

Determinación de los indicadores de degradación ambiental

En la medida de la aparición de los problemas ambientales y la creciente preocupación del hombre por medir y valorar los daños cau-

sados al ambiente con el fin de establecer las medidas correctoras, la Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en la Agenda 21, capítulo 40, señala la necesidad de crear indicadores de desarrollo sostenible (CNU-MAD 1993).

A partir del análisis realizado a las diferentes fuentes bibliográficas estudiadas (Fernández de Castro 2013, Fidalgo, 2003, Linstone & Turoff 1975), se estableció que en el proceso de identificación y selección de los indicadores de degradación ambiental en las áreas afectadas por la explotación de canteras, la metodología a emplear debe ser la consulta a expertos a través del Método Delphi.

Para la identificación de estos indicadores se aplicó la consulta a expertos a través del Método Delphi, a través de los pasos siguientes: (a) elaboración del cuestionario, (b) determinación del número de expertos, (c) selección de los expertos, (d) realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos, (e) evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis.

Los expertos determinaron, a partir del análisis realizado, que los indicadores que permiten evaluar la degradación en canteras de áridos son los siguientes: relieve del terreno, pendiente del terreno, fertilidad del suelo, presencia de flora y fauna, calidad del agua, calidad del paisaje, erosión del suelo.

Determinación del peso de los indicadores

El algoritmo definido para el cálculo y obtención del plano de degradación ambiental requiere la ponderación de los diferentes indicadores involucrados, por lo tanto se eligió el método AHP (Analytic Hierarchy Process - Proceso de Jerarquía Analítica), dentro de la técnica estadística de Evaluación Multicriterio (EMC), para la determinación objetiva de los pesos asignados a los criterios que intervienen en la degradación de canteras.

El método AHP descompone una situación compleja y no estructurada, ordena en una jerarquía, realiza comparaciones binarias (dentro del mismo nivel jerárquico) y atribuye valores numéricos a juicios de valor subjetivos, respecto a la importancia relativa de cada variable. Es un método bastante intuitivo en su aplicación, difícilmente manipulable y probablemente sea el método más difundido en las investigaciones medio ambientales (Beramendi 2013). El peso de los indicadores de degradación ambiental se muestra en la Tabla 1.

Indicadores	Peso de los indicadores
Relieve del terreno	0,18
Pendiente del terreno	0,05
Fertilidad del suelo	0,08
Presencia de flora y fauna	0,32
Calidad del agua	0,22
Calidad del paisaje	0,11
Erosión del suelo	0,04

TABLA 1. PESO DE LOS INDICADORES.

Weight of indicators.

Obtención del plano de degradación ambiental

Una vez seleccionados los indicadores y calculados los pesos se procede a obtener la base de datos en el campo.

La forma de obtención de los datos es por medio de uso del GPS (Sistema de Posicionamiento Global) como recurso para complementar la localización de los puntos de muestreo. La base de datos se introduce en el programa ArcGIS y se obtienen los planos

temáticos para cada uno de los indicadores de degradación ambiental.

Finalmente, para la generación del plano de degradación ambiental del área, se utiliza el análisis multicriterio a través del método denominado «sumatoria lineal ponderada» (Saaty 1990). Este proceso sistemático permite la combinación de varios factores a través de una suma lineal ponderada (Malczewski 2006).

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j * v_{ij} \quad (1)$$

Donde: r_i : nivel de adecuación de la alternativa i , w_j : peso del criterio j , v_{ij} : valor ponderado de la alternativa i en el criterio j .

Los pasos para la obtención del plano de degradación ambiental se presenta en la Fig. 2.

Determinación del posible uso final del suelo

Según la práctica minera nacional e internacional, los usos posibles a que pueden destinarse los terrenos afectados por las explotaciones mineras pueden dividirse en: urbanístico e industrial, recreativo, agrícola, forestal, conservación de la naturaleza y refugio ecológico, depósitos de agua y abastecimiento a poblaciones y vertederos de estériles y basuras (Carcedo & Vadillo 1989).

Matriz de compatibilidad para la determinación del uso final del suelo

Para la determinación del uso futuro de las áreas degradadas se elaboró la matriz de compatibilidad de uso, en función de los indicadores de degradación ambiental. Para la obtención del uso final de la cantera se programó en Excel la tabla de compatibilidad (Tabla 2) que permite obtener el resultado, agregando la información de la base de datos

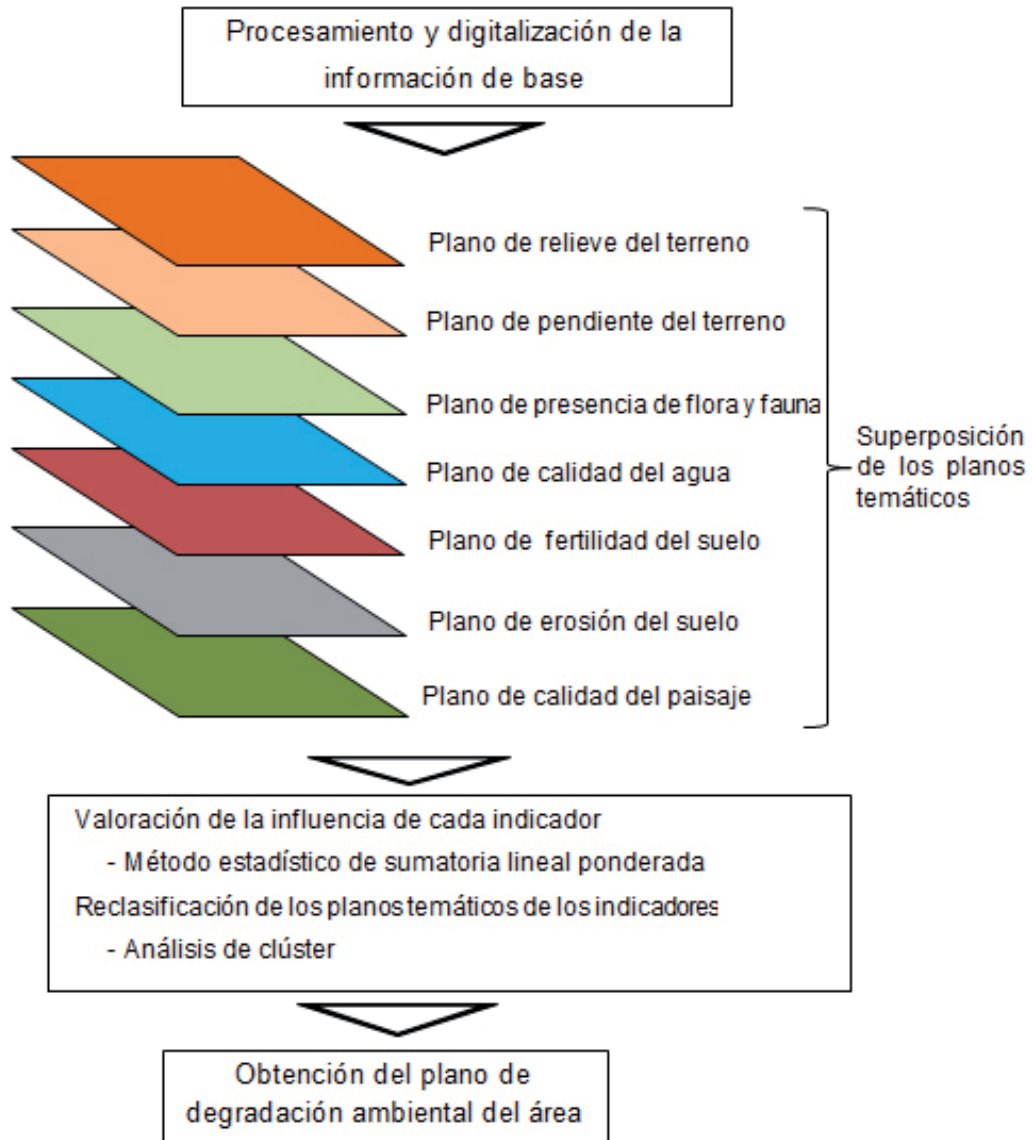


FIGURA 2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL PLANO DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL.

Methodology for obtaining the environmental degradation plan.

obtenida en el campo y que también está registrada en el plano de degradación ambiental de la cantera.

Propuesta de medidas de recuperación

El programa de recuperación de áreas degradadas en las canteras de áridos debe contener, entre otras informaciones, las medidas que

	Flora y fauna	Relieve	Paisaje	Fertilidad	Pendiente	Agua	Erosión
Urbanístico e industrial	1,2,3	1,2	1,2	1,2,3	1,2	1	1,2
Recreativo	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Agrícola	1,2,3	1,2	1,2	1,2	1	1	1
Forestal	1,2,3	1,2	1,2,3	1,2	1,2	1	1
Conservación	1,2,3	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1	1,2
Depósito de agua	1,2,3	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2	1,2	1,2
Vertedero	1,2,3	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2	1,2	1,2

TABLA 2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE POSIBLES USOS DEL SUELO.

Criteria for the evaluation of possible land uses.

serán implementadas durante el desarrollo de la actividad extractiva y las propuestas de posibles usos pos-minería para las áreas degradadas. Este programa tendrá dos objetivos fundamentales: primero, la estabilización de las áreas degradadas por medio de medidas ejecutadas a corto y mediano plazo y segundo, el establecimiento del uso final del área a largo plazo.

La implantación de las medidas de recuperación incluyen trabajos que pueden ser clasificados en cuatro grupos: prácticas edáficas, prácticas topográficas y geotécnicas, prácticas hídricas y prácticas ecológicas (Neri & Sánchez 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Implementación del procedimiento en el caso de estudio cantera Los Caliches

Partiendo del procedimiento elaborado, a continuación se presenta la secuencia de actividades que deben componer un plan básico para las áreas degradadas que tienen como

objetivo preliminar asegurar la estabilidad del medio ambiente de la zona y que dependan de una vinculación con un proyecto de recuperación futuro.

Ubicación y caracterización de la cantera Los Caliches.

Se encuentra ubicado en el municipio de Gibara provincia de Holguín, Cuba. Está situado a unos 10 km al suroeste de dicho pueblo y a unos 3,5 km. de la carretera Holguín – Gibara (Fig. 3). Las coordenadas UTM de la cantera son las siguientes: X=563850-564400 y Y=269100- 269800.

Relieve, hidrografía y clima. La zona de los trabajos está formada por elevaciones calcáreas pertenecientes a las llamadas Alturas de Candelaria, las cuales forman parte del cinturón Catuco cuya cota oscilan desde 0 hasta 250 msm. En el área de la cantera las cotas varían desde 24 hasta 153 m de altura. Al norte se encuentran las cotas más altas y en el sur el gradiente del terreno es más abrupto (Fig. 4).

La red hidrográfica de la zona está com-

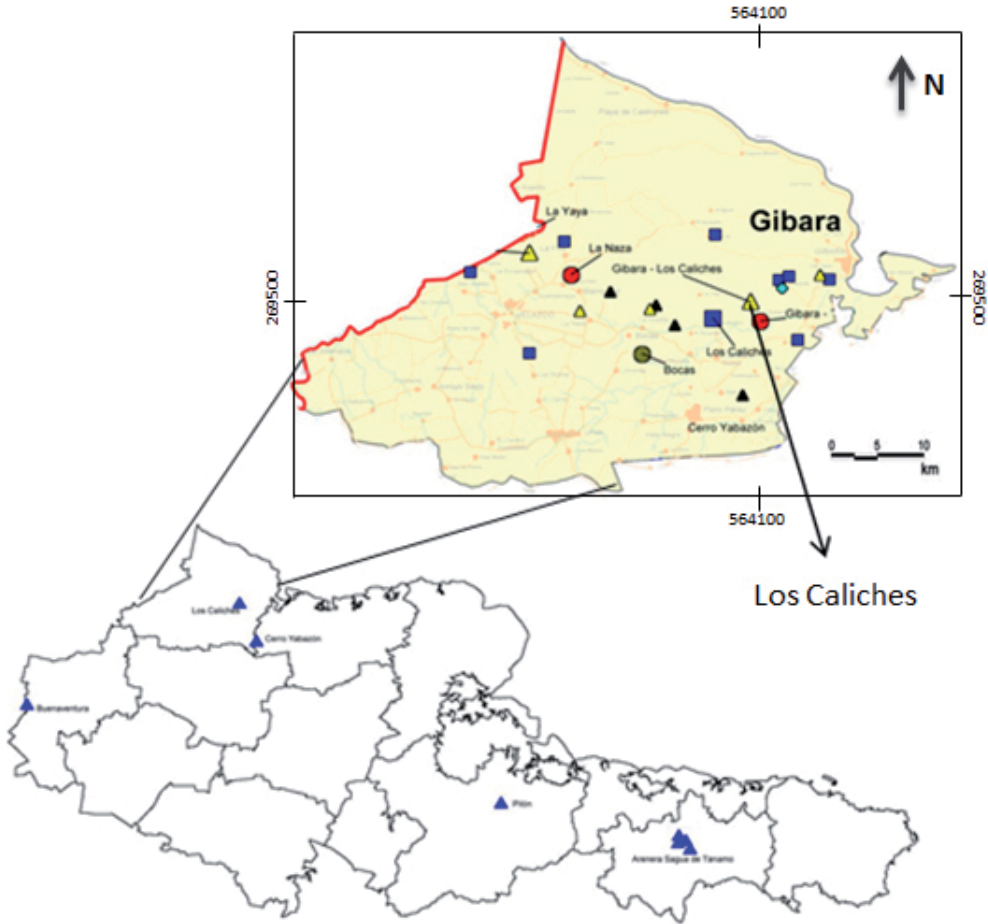


FIGURA 3. UBICACIÓN DE LA CANTERA LOS CALICHES.

Location of the «Los Caliches» quarry.

puesta por los ríos Cacoyuguín, Yabazón y Gibara, el primero corre a unos dos km paralelos al flanco sur de la cantera. La zona se caracteriza por un clima seco en líneas generales, siendo los meses de mayo a noviembre los de mayores precipitaciones. La zona no tiene ningún arroyo que atraviese la cantera. Los valores de temperaturas registradas en la zona son de 16° C como mínimo y 34° C como máximo (Naluziath 2016).

Geología del yacimiento. La cantera Los Caliches está enmarcado en la porción sur de la formación Gibara, limita al oeste con la bahía de Gibara, al sur con la línea Cacoyuguín – La Púa - Velasco a lo largo de una escarpa abrupta. Al norte no tiene límite definido, desapareciendo gradualmente debajo de las formaciones del Neógeno (Naluziath 2016).

Descripción del medio biológico. Para la evaluación del estado de conservación de la

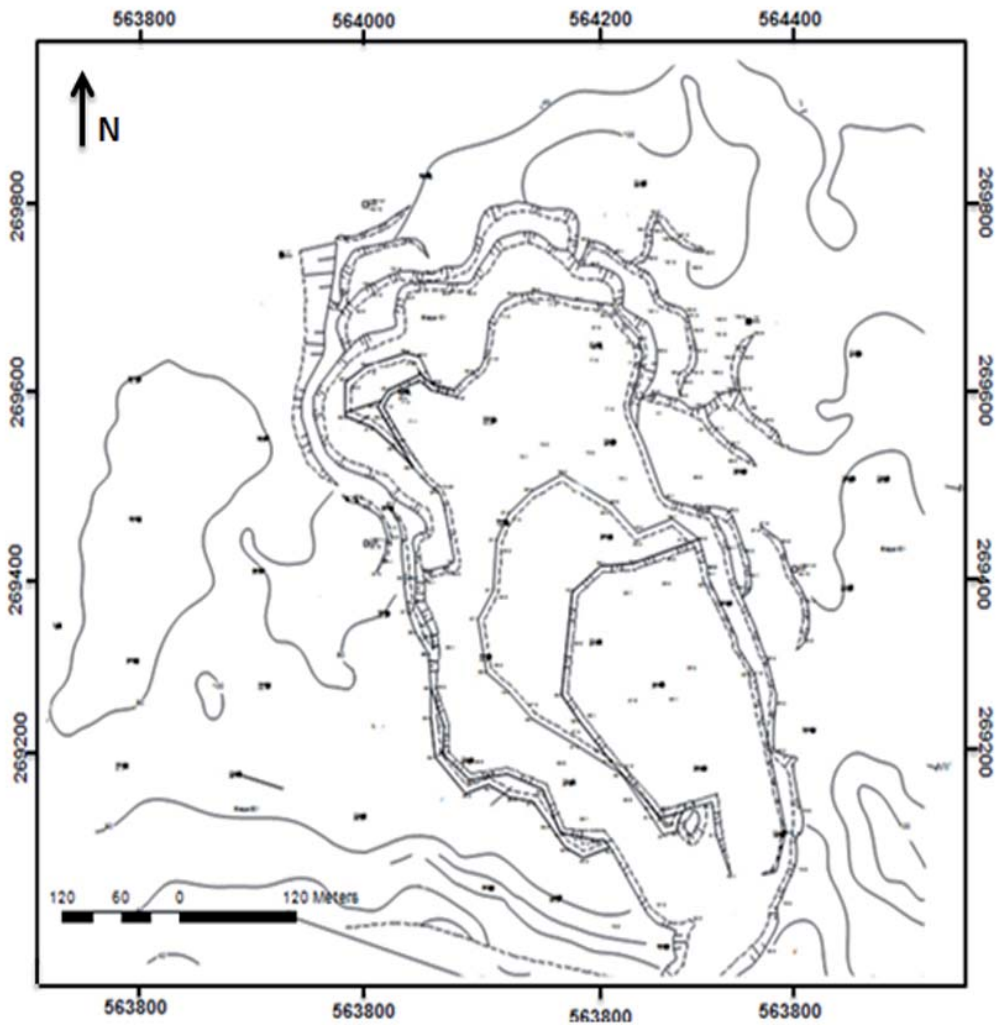


FIGURA 4. PLANO TOPOGRÁFICO DE LA CANTERA LOS CALICHES.
opographic plan of the Los Caliches quarry.

flora se tuvo en cuenta la metodología propuesta por la (UICN 2012).

La vegetación del área de estudio (Fig.5) está representada por especies como la *Clusia rosea* y otras del género *Picus*, además de la palma real (*Roystonea regia*), abundan las lianas y sotobosque está poblado por un elevado

número de especies de helechos de los géneros *Nephrolepis*, *Hemionites*, *Thelypteris* y *Macrotelypteris*. Abundando el *Rhynchospora cassutha* que vive sobre plantas o rocas. También ocupan un lugar importante los musgos. Las plantas epífitas están representadas por la promeliáceas y aparecen también especies de



FIGURA 5. FLORA Y FAUNA PRESENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Flora and fauna present in the study area.

orquídeas hacia el este y en la base del mogote de la parte sur de la cantera se desarrolla un charrascal, formación vegetal característica de la región oriental de Cuba y precisamente en esta zona es donde mejor representado está. Esta formación vegetal presenta un elevado endemismo.

La vegetación existente originalmente en el área de estudio sostenía comunidades de faunas hidrófilas de bosques semicaducifolios a los que eventualmente se le sumaban elementos (especies) de comunidades xerófilas provenientes de los carrascales aledaños y las formaciones cavernosas albergaban una rica y diversa fauna, correspondiente a este tipo de hábitat. Predominan especies tales como: Paloma Rabiche (*Columba junoniae*), Tojosa (*Columbina passerina*), Gorrión (Passeridae), Chichinguaco (*Quiscalus niger*), Aura Tiñosa (*Cathartes aura*) (Fig.5), Sinsonte (*Mimus polyglottos*), Araña (Araneae), Lagartija común (*Podarcis hispanica*) y moluscos (Mollusca) (Naluziath 2016).

Determinación de plano de degradación ambiental y clasificación de las áreas degradadas

Determinados los indicadores de degradación ambiental a través de la metodología propuesta en la Fig.1, se elaboran los planos de cada uno de los indicadores propuestos y finalmente el plano de degradación ambiental (Fig. 5).

Determinación del uso final del suelo para el área

Con la aplicación de la tabla programa en Excel (Tabla 2), se determinó el uso final para el suelo para la cantera Los Caliches (Tabla 3).

Propuesta de medidas de recuperación para las diferentes áreas según el uso propuesto

Según el uso propuesto se proponen las siguientes medidas:

Prácticas edáficas: (a) La capa superior del suelo se debe retirar por separado del ma-

Nivel de los indicadores de degradación							
Presencia de flora y fauna	Relieve del terreno	Calidad del paisaje	Fertilidad del suelo	Pendiente del terreno	Calidad del agua	Erosión del suelo	Posibles usos del área
2	2	2	2	3	1	2	Conservación de la Naturaleza

TABLA 3. DETERMINACIÓN DEL USO FINAL DEL SUELO PARA LA CANTERA LOS CALICHES.

Determination of the final use of the ground for the Los Caliches quarry.

terial subyacente (estéril o mineral). (b) La capa superficial de suelo debe estar dispuesta sobre las superficies a ser recuperadas. (c) El suelo de los talleres mecánicos, de las áreas de suministro y del lavado de equipos debe ser impermeabilizado y equipado con un sistema de recogida de líquido, conectado a los sistemas de tratamiento y separación. (d) Las vías de acceso o rutas de tránsito internas deben tener sistemas de drenaje.

Prácticas topográficas y geotécnicas: (a) Se debe implementar un sistema de drenaje de aguas pluviales en los taludes del terreno. (b) Cuando sea posible, una vez agotado el yacimiento, los huecos deben ser rellenados con material estéril. (c) Las escombreras se pueden utilizar como barrera visual. (d) Las bermas deben tener inclinación transversal y longitudinal para el drenaje de las aguas superficiales.

Prácticas hídricas: (a) El área de lavado de los equipos de minería debe tener su sistema de tratamiento del drenaje. (b) Los efluentes aceitosos deben ser recogidos y dirigidos al sistema de tratamiento. (c) Se debe retener los sedimentos arrastrados por la escorrentía con la implantación de presas de cola, filtros agregados u otros dispositivos antes de que el agua se libere a las zonas exteriores a la cantera.

Prácticas ecológicas: (a) La eliminación de la vegetación debe ser realizada de manera concatenada con el plan de desarrollo minero. (b) Las especies vegetales de valor paisajístico significativo deben ser identificadas y trasplantadas. (c) Para las barreras vegetales, se deben elegir las plantas que tengan rápido crecimiento. (d) La cantera debe mantener un vivero con especies nativas. (e) En los taludes se deben plantar especies de rápido crecimiento para la protección contra la erosión.

El plano de degradación ambiental de la cantera, permitió clasificar en tres las áreas, las cuales son: degradación alta con 98 075,76 m², degradación media con 4 086,17 m² y degradación baja con 135 851,97 m², además se definió para el área el uso final de conservación de la naturaleza debido fundamental a las características singulares en cuanto a geomorfología, suelo, riqueza biológica, potencial turístico e investigativo del sitio por lo que se hace necesario efectuar previamente estudios encaminados a identificar y evaluar las diferentes especies de animales, plantas e insectos que se hayan instalado y refugiado allí, pues suelen aparecer especies endémicas o protegidas de alto valor ecológico.

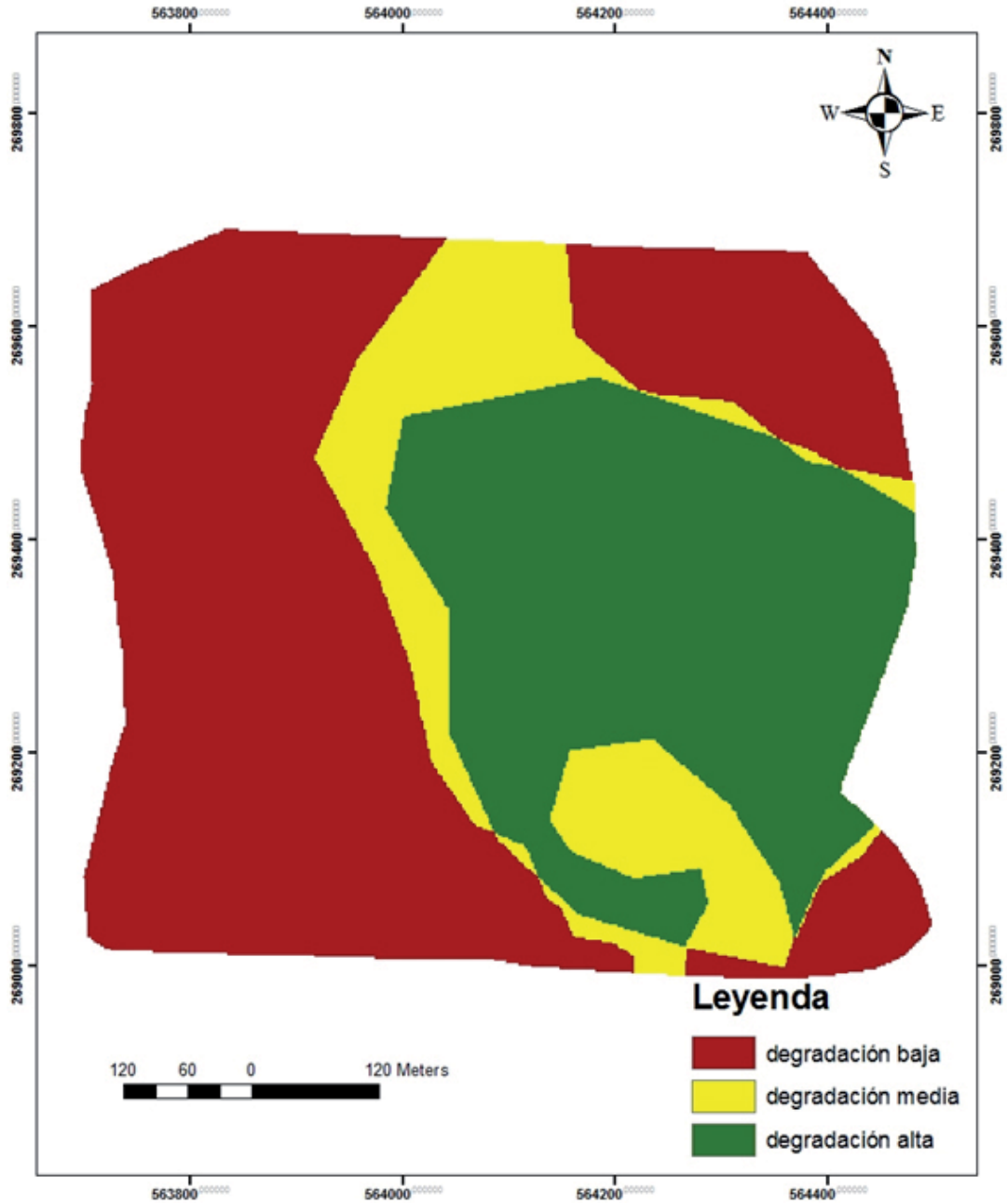


FIGURA 6. PLANO DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LA CANTERA LOS CALICHES.

Environmental degradation plan for the Los Caliches quarry.

CONCLUSIONES

Con la aplicación de los SIG se obtuvo el plano de degradación ambiental de la cantera Los Caliches, lo que permitió clasificar por tipos las áreas degradadas y obtener el posible uso final para el suelo según las características ambientales de esta cantera.

La aplicación del procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en la cantera Los Caliches permitió obtener la variante de uso: Conservación de la Naturaleza; lo cual representa una solución viable a una problemática del territorio.

El procedimiento para recuperar las áreas dañadas por la explotación en canteras de áridos, con el empleo de un S.I.G, permitirá obtener las áreas con mayor degradación y de esta forma mitigar y eliminar los impactos ambientales negativos generados por la actividad minera.

LITERATURA CITADA

- ARRANZ J (2004) Alteración de la cobertura de suelos por la explotación de rocas industriales en Camargo (Cantabria). *Tecnología y Desarrollo. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente* 2: 4-22.
- ÁVILA B, M CONTRERAS & W MIRANDA (2011) Propuesta de un sistema de indicadores para evaluar la calidad visual del paisaje urbano. *Ecodiseño y Sostenibilidad*. 3: 65-104.
- BERAMENDI B (2013) Criterios económicos y medioambientales de la gestión de rutas transpirenaicas en el transporte de mercancías a través de Guipúzcoa. Tesis de grado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Pamplona. 125 pp.
- BERGER A & W IAMS (1996) *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems*. Rotterdam: Balkema, pp. 466. Disponible en: <http://www.lgt.lt/geoin/topic.php?tid=checkboxlist>. Acceso el 7 de noviembre de 2014.
- BOTÍA C & L CASTRO (2011) Sistema de indicadores para el seguimiento de proyectos ambientales aplicado a procesos de recuperación y restauración ambiental de predios mineros. *Revista de Topografía Azimut* 3: 16-30.
- BRADSHAW D (1993) Restoration of mined Lands-Using Natural Processes. *Ecological Engineering* 8: 255-269.
- BROLLO J, J BARBOSA & F ROCHA (2002) Programa comum de pesquisa em caracterização e recuperação de áreas degradadas. CINP/SMA, Reunião Anual sobre Pesquisa Ambiental a Pesquisa Científica e Tecnológica e a Gestão Ambiental. São Paulo, 74-82.
- CARBONELL V (2003) Evaluación del impacto ambiental que se genera durante la explotación del yacimiento la Yaya y en el proceso industrial de la Calera. Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 65 pp.
- CARCEDO A & F VADILLO (1989) Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Geológico y Minero de España, ITGE/MTE. Madrid. 321 pp.
- CEDRÓN L (2013) Elaboración de criterios para la transformación de pasivos mineros en activos socio - ambientales sostenibles. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú, 124 pp.
- COMISIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (CNU-MAD) (1993). *Agenda 21*.
- CORZO R (2012) La potencialidad del territorio en la restauración ecológica. *Gestión y Ambiente* 15 (3): 39-50.
- DA SILVA G & C APARECIDO (2011) Paisagem e fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço. *Caminhos de Geografia* 12 (39): 151-166.
- DALKEY N & O HELMER (1963) An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science* 9(3): 458-467.
- FERNANDES N & G JOSE (2010) Avaliação de três diferentes métodos de análise para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Corumbataí. *Revista Brasileira de Cartografia*. 62(2): 169-179.

- FERNÁNDEZ B (2012) Restauración de una cantera de áridos mediante cambios de uso: extractivo-vertedero de residuos de construcción y demolición (RCD)-forestal.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO F & P LÓPEZ (2013) Validación mediante método Delphi de un sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto sobre el desarrollo local de los proyectos de investigación en el sector agropecuario. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria* 22: 4-60.
- FERREIRA C, M BROLLO & U EICHEMBERGER (2008) Indicadores e quantificação da degradação ambiental em áreas mineradas, Ubatuba (SP). *Revista Brasileira de Geociências* 38(1): 141-152.
- FIDALGO C (2003) Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, Brasil. 239 pp.
- GUERRERO A (2003) Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los recursos minerales. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa. 118 pp.
- LINSTONE H & M TUROFF (1975) *The Delphi method: Techniques and applications*. Reading, MA: Addison Wesley Publishing.
- MALCZEWSKI J (2006) Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8: 270-277.
- MONTES DE OCA R & C ULLOA (2013) Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera Los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul* 37: 74-88.
- MONTES DE OCA R (2018) Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 101 pp.
- MONTES DE OCA R, C ULLOA & C GARCÍA (2014) Procedimiento para la recuperación del área minada en el yacimiento grava-arena Río Sagua, Holguín. Cuba. *Boletín de Ciencias de la Tierra* 36: 18-25.
- MURRAY J & J HAMMONS (1995) Delphi: A Versatile Methodology for Conducting Qualitative Research. *The Review of Higher Education* 18(4): 423-436.
- NALUZIATH G (2016) Diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos Los Caliches en la provincia de Holguín. *Ciencia & Futuro* 6:1-19.
- NERI C & E SÁNCHEZ (2012) Guia de boas práticas de recuperação ambiental em pedreiras e minas de calcário. ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo. 235 pp.
- OCAMPO M (2011) Relevamiento preliminar del estado ambiental actual de las canteras de áridos en Comodoro Rivadavia. *Párrafos Geográficos* 10(1): 615-626.
- REGUANT M & F TORRADO (2016) El método Delphi. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació* 9(1): 87-102. DOI: 10.1344/reire2016.9.1916.
- RODRÍGUEZ E, P OVIEDO & A SOCARRÁS (2008) Biodiversidad del suelo: importancia para la rehabilitación de zonas degradadas por la minería. *Acta Botánica Cubana* 201: 31-36.
- SAATY T (1990) *Decision making for Leaders. The Analytic Hierarchy Process for decision in a complex World*. University of Pittsburgh. RWS Publications, Pittsburgh, 292 pp.
- UICN (2012) *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, Versión 3.1, Segunda edición, 34 pp.
- ZARTHA S, H MONTES, M VARGAS, LARIAS & C HOYOS (2015) El método delphi modificado. Un acercamiento desde la Metodología de Sistemas Suaves. *Espacios* 36(17): 1-19.

Recibido 09/08/2017; aceptado 08/08/2018