

Gestión ambiental de canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas, Cuba

Reynaldo Iván Fuentes-Sardiña
Arlene Hernández-Álvarez

Resumen

Las canteras de materiales para la construcción al dejar de ser minadas se usan, a menudo, como rellenos "sanitarios" o basureros, generando un problema ambiental. En la provincia de Matanzas más del 75 % de las canteras se encuentran abandonadas. Ello condujo a una investigación en la que, a partir de la identificación y validación de 16 variables, y su evaluación *in situ* en 250 canteras, pudo obtenerse una base de datos que refleja las características de cada uno de estos espacios. La aplicación del análisis de agrupamiento (método de Ward) a los datos permitió obtener cuatro grupos de manejo ambiental. A cada grupo se le asignó posibles variantes de uso, así como propuestas de objetivos y programas para el manejo, lo cual facilitó la elaboración de un procedimiento para la rehabilitación de estos espacios degradados.

Palabras clave: canteras; rehabilitación ambiental; materiales para la construcción

Environmental administration of quarries of construction materials in the province of Matanzas, Cuba

Abstract

The materials of construction mined out bodies are used as "sanitary" landfills or waste dump sites, thus representing an environmental issue. More than 75% of the mines in the province of Matanzas are abandoned. This situation led to this investigation. Based on the identification and validation of 16 variables and the in situ evaluation of 250 deposits, it was possible to create a data base that shows the characteristics of each of these areas. The application of the cluster analysis (Ward method) on the data allowed obtaining four groups of environmental management. Potential options of use were assigned to each group and proposals were provided for the identification of the objectives and the management programs. This facilitated the development of a rehabilitation procedure to be implemented in the degraded areas.

Keywords: environmental rehabilitation, materials of construction.

1. INTRODUCCION

Cuando los tajos y canteras dejan de ser de interés para la minería, suelen permanecer como oquedades baldías (ECODESA 2008) y se usan sin licencia como basureros, asentamientos de pobladores marginales, receptores de residuales líquidos, entre otros usos, que incrementan los efectos negativos ocasionados al medio.

La persistencia en el tiempo de estos espacios degradados constituye un pilar de su incompatibilidad con el entorno; como asevera Vick (2011), las minas y canteras explotadas por los romanos y vikingos en Italia y Escandinavia, respectivamente, continúan sin rehabilitación hasta hoy.

En todo el mundo existen numerosas áreas mineras abandonadas, que aun no han sido caracterizadas ni remediadas (Arango *et al.* 2012). La inexistencia de normas precisas que regulen el cierre de minas y el no reconocimiento de la minería no metálica como fuente generadora de problemas ambientales, debido a la prioridad de los yacimientos metálicos, son elementos que caracterizan el panorama de la rehabilitación minera en el mundo.

Lo anterior evidencia la importancia de la promoción de foros de discusión e intercambio de experiencias en torno a los pasivos ambientales mineros que contribuyan a encontrar los mecanismos que faciliten la remediación al margen del hecho de que estos sean legados de una práctica minera inadecuada o negligente en el pasado (Yupari 2012).

En Cuba, como respuesta a esta problemática y con el propósito de minimizar la degradación ambiental, la Asamblea Nacional del Poder Popular aprobó, el 23 de enero de 1995, la Ley No. 76: Ley de Minas de la República de Cuba, en armonía con la realidad socio-económica del país, en aras de lograr la elevación del conocimiento geológico, la explotación más eficiente y racional de sus recursos minerales, garantizar la protección del medio ambiente, así como la reducción del impacto ambiental relacionado con el uso del terreno.

Sin embargo, la puesta en vigor de esta ley no ha resuelto la rehabilitación ni ha impedido que los problemas ambientales generados en canteras de materiales para la construcción persistan.

Investigaciones anteriores (Fuentes 2007) han permitido identificar en la provincia de Matanzas numerosas canteras de materiales para la construcción en franco abandono, que ocasionan diversos problemas ambientales, lo que, unido a los elementos aportados por la revisión bibliográfica sobre la rehabilitación minera en otras regiones del

mundo [INTERCONTROL Levante S. A. (2007); ASGMI (2008); Gardner (2011)], condujo al diseño de la presente investigación, cuyo objetivo fue elaborar un procedimiento metodológico, de acuerdo a la legislación vigente en Cuba, que permita manejar estas oquedades artificiales que generan afectaciones ambientales de consideración.

2. METODOLOGÍA

2.1. Identificación de las canteras

Se revisaron los antecedentes de explotaciones mineras realizadas en el área de investigación y se solicitó información a organismos que, por su objeto social, explotan canteras de materiales de construcción, como el Ministerio de la Construcción (MICONS), el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el extinto Ministerio del Azúcar (MINAZ) y el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI), solicitando a estos la información referente a la apertura de canteras en el territorio. Dada la antigüedad de los datos recopilados, y por lo dinámico que resulta el proceso de extracción de materiales para la construcción, se consideró conveniente actualizar la información obtenida, así como revelar la existencia de otras canteras explotadas y no registradas. Para ello se interpretaron imágenes satelitales (Figura 1) del área investigada, utilizando el contraste que aportan las tonalidades claras de las canteras de materiales para la construcción, con los colores oscuros de los suelos y la vegetación. Para el análisis se utilizó con éxito el software GvSIG , que procesa las imágenes de google maps

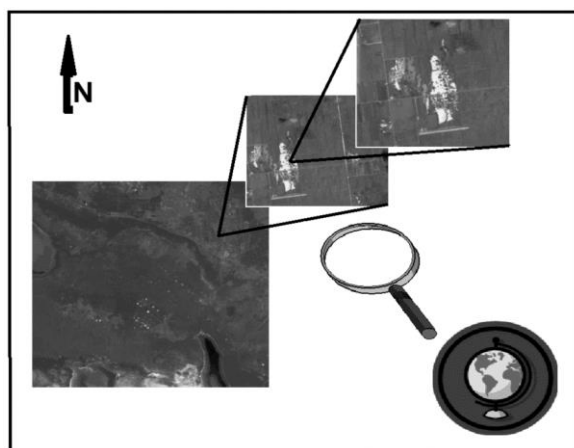


Figura 1. Secuencia de imágenes satelitales, hasta 2 000 pies, de la provincia de Matanzas.

2.2. Caracterización de las canteras

La identificación de variables es una exigencia para la caracterización de las canteras abandonadas de materiales para la construcción. Con

este fin se aplicó el método grupal *Brainstorming* (tormenta de ideas) para obtener una propuesta de variables.

El procesamiento de la información obtenida permitió identificar 19 variables, distribuidas de la siguiente manera: referidas a sus características físicas (8), relaciones que se establecen entre la cantera y el entorno (7) y vinculadas a la explotación (4).

Una vez elaborado el listado de variables se realizó una consulta a expertos, según el método Delphi, dirigido a validar la propuesta de acuerdo con sus conocimientos, experiencias, investigaciones y estudios bibliográficos. Los cálculos y valores de referencia para los intervalos de clasificación de los coeficientes en la aplicación del método se realizaron a través de las recomendaciones ofrecidas por Legrá y Silva (2012), aceptándose un coeficiente de concordancia Cc mayor o igual a 85 %, que permitió seleccionar las variables finales.

$$Cc = (1 - V_n / V_t) 100\%$$

Donde:

Vn: Cantidad de expertos en contra de la variable

Vt: Total de expertos

Variables referidas a las características físicas:

- 1- Formación geológica
- 2- Composición litológica del fondo
- 3- Material extraído
- 4- Tipo de cantera
- 5- Profundidad
- 6- Amplitud
- 7- Disposición.

Variables de la relación cantera – entorno:

- 8- Afloramiento del nivel de las aguas subterráneas
- 9- Erosión
- 10- Tipo de vegetación predominante
- 11- Regeneración vegetal
- 12- Efecto estético-paisajístico
- 13- Existencia de fuentes de abasto aguas abajo
- 14- Valor patrimonial.

Variables vinculadas a la explotación:

- 15- Existencia de reservas de materiales para la construcción.
- 16- Uso actual.

2.3. Recopilación uniforme de datos

Este aspecto contempló la verificación de la existencia de las canteras y su estatus, y la medición *in situ* de las variables a partir de su

evaluación directa en la planilla diseñada; además, se realizó la toma de fotos en cada cantera que avalan la caracterización realizada.

Para realizar las visitas se planificaron recorridos de forma tal que pudieran ser visitadas la mayor cantidad de canteras por itinerarios. La ubicación de cada cantera se obtuvo con un GPS de la serie LEICA (SR 20) y basado en las hojas del mapa topográfico de la provincia de Matanzas a escala 1:50000.

Cada cantera posee una carpeta con la planilla que la caracteriza y otra con fotos tomadas de la misma (Figura 2).

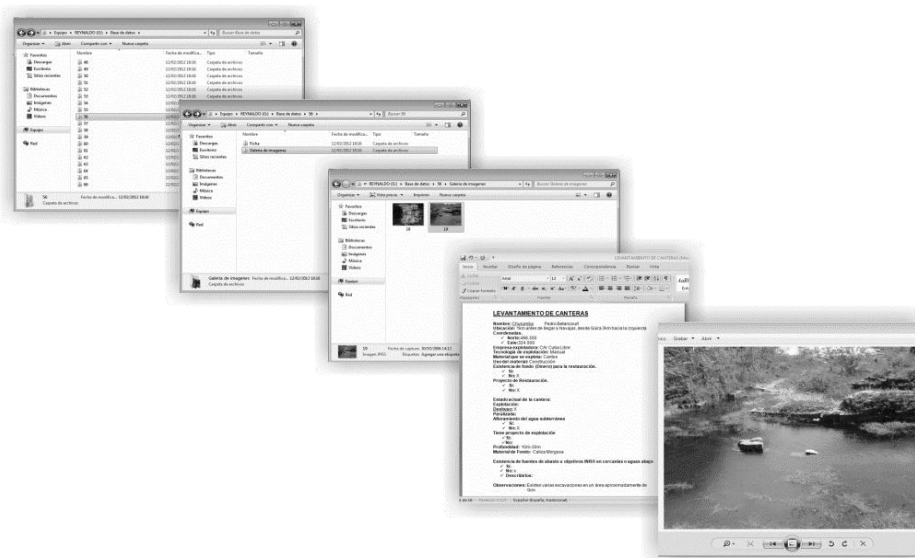


Figura 2. Base de datos de canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas.

2.4. Confección de la matriz de información

La digitalización de las bases de datos primarias fue concebida a partir de la creación de una carpeta que contiene la información resultante de las observaciones y mediciones de campo. De tal manera, a cada cantera se le asigna un número consecutivo y la carpeta correspondiente está integrada por la planilla, en formato de *Microsoft Word 2007*, y una galería de imágenes. Luego, en un archivo de *Microsoft Excel 2007*, se registran las características de las variables de cada una de ellas de forma binaria (uno si la posee y cero en caso contrario).

Esto hace que una variable con k niveles, al hacerla binaria tendrá k nuevas variables de presencia-ausencia. En el propio *Microsoft Excel 2007* fue diseñada una tabla en forma de matriz, en una hoja de cálculo adicional, la cual recoge, de forma automatizada, los datos de las hojas antes descritas mediante la asignación de las canteras a las

filas y las características de la evaluación de las variables a las columnas (incluye todas las características posibles para el universo observado de las variables, evaluadas según el sistema binario), estableciéndose vínculos activos entre las planillas de las diferentes canteras y la matriz de información.

Lo anterior garantiza una actualización consecutiva y simultánea de ambas bases de datos y una mayor homogeneidad de los mismos, facilita los métodos de agrupamiento y permite, en un documento único, realizar la evaluación de todas las canteras.

2.5. Procesamiento estadístico multivariado

Para el procesamiento de los datos fueron utilizados métodos estadísticos multivariados (análisis de agrupamiento o taxonomía numérica), que se fundamentan en el cálculo de una matriz de semejanza entre los individuos (Everitt 1980). Estos son utilizados para establecer grupos de individuos, en los que se unifica dentro de un mismo grupo a aquellos elementos que tengan características similares. Específicamente fue utilizado el método de Ward (Miranda 1997).

Los datos procesados fueron los referidos a las variables registradas en la matriz de información binaria para las canteras abandonadas. El método ofrece como salida un dendrograma.

Con el dendrograma y sobre la base de que una buena solución *cluster* es aquella que considera un salto repentino (hueco) en el coeficiente de distancia, la distancia euclidiana que se elija debe cumplir con la condición de que las canteras se agrupen en una cantidad de grupos suficientes (4-6) y que cada uno de estos sea el reflejo de las similitudes que existen entre las características de las variables más distintivas.

Dado este paso se procedió a determinar las características que distinguen a cada grupo con el siguiente orden: tamaño de la cantera; profundidad; aislada o en grupo; disposición (en fosos o pie de talud); permeabilidad del fondo; presencia de aguas subterráneas; fenómenos erosivos y de qué tipo y efecto estético paisajístico.

Descritos los grupos, se ordenan de menor a mayor complejidad para el manejo.

3. RESULTADOS

3.1. Clasificación de las canteras en Matanzas

La provincia de Matanzas posee un marcado desarrollo de la actividad de explotación de canteras para la extracción de materiales para la

construcción, entre los que se encuentran: arcilla, rocoso, cantos, serpentinita (roca azul, en el lenguaje popular), caliza para áridos, arena de sabana, material de mejoramiento, entre otros.

A partir de los trabajos realizados pudieron ser identificadas en Matanzas 377 canteras de materiales para la construcción, de las cuales 250 (66,3 %) se encuentran abandonadas y constituyeron el campo de acción de la investigación. Estas cifras expresan que en Matanzas, por cada cantera que se explota, existen dos abandonadas, sin que se hayan realizado en ellas acciones de rehabilitación.

A partir de la evaluación *in situ* de las variables en cada cantera pudieron ser caracterizadas las mismas, desde el punto de vista de sus características físicas, de la relación cantera-entorno y de explotación.

3.2. Formación geológica

La formación Güines es la más representada en la provincia y en la que más canteras se han explotado (32 %). De ella se extrae, mayoritariamente, rocoso, pero además caliza en bloques para relleno, arcillas de su cobertura, cantos, caliza para la elaboración de áridos y otros. La segunda más explotada es la formación Canimar (16 %) de la cual se extrae rocoso como material fundamental, además de caliza en bloques para relleno, cantos, arcilla, caliza para la elaboración de áridos y material de mejoramiento (Figura 3).

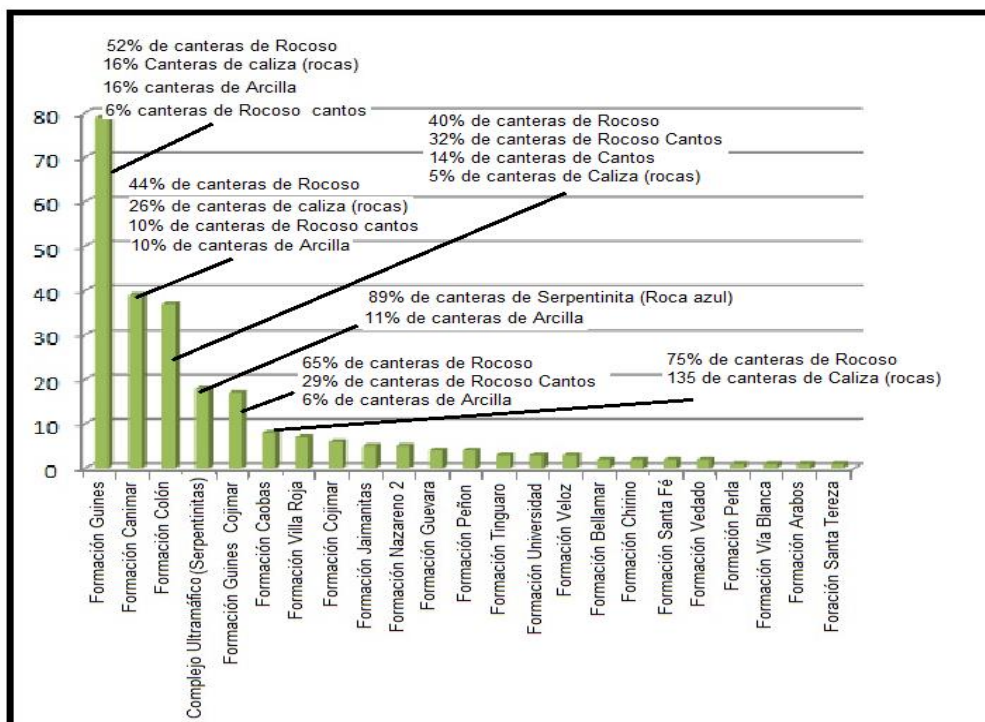


Figura 3. Distribución de canteras por formaciones geológicas y materiales explotados.

3.3. Profundidad

Más de la mitad de las canteras existentes en Matanzas tienen una profundidad menor o igual a cinco metros (127, 51 %) y clasifican como poco profundas; le siguen, en orden de prevalencia, las que poseen profundidades entre los cinco y diez metros (73, 29 %), correspondiendo con canteras medianamente profundas; y 50 canteras que fueron evaluadas como muy profundas. Además de las 250 canteras abandonadas incluidas en este estudio, 213 están dispuestas de forma aislada y 37 forman parte de un grupo. Excavadas en forma de fosos existen 229 canteras, distribuidas por todo el territorio matancero.

3.4. Afloramiento de las aguas subterráneas

En el 18 % de las canteras estudiadas (44) aflora el agua subterránea, o sea, que sus niveles de fondo han sido llevados más allá de los límites y regulaciones permisibles y constituyen vías abiertas que conectan la superficie con las aguas subterráneas. Lo anterior es debido a que sus límites de explotación respondían únicamente a factores tales como: dureza de la roca, posibilidades tecnológicas de explotación, demanda del material, entre otras. En ningún caso el proceso respondió a un proyecto basado en los factores geológicos y medioambientales.

3.5. Existencia de reservas

De las 250 canteras abandonadas de materiales para la construcción que existen en Matanzas, 82 aún poseen reservas de determinado tipo de material, que no necesariamente coincide con el material para el cual fue explotada inicialmente la cantera.

Lo anterior constituye una fortaleza aunque parezca contradictorio, por cuanto estas canteras pueden tener una segunda vida de explotación, asignándosele un nuevo concesionario que tendría a su cargo la rehabilitación de la misma.

3.6. Principales problemas ambientales generados por estos espacios

Del análisis de las variables vinculadas a la relación cantera-entorno fueron identificados los principales problemas ambientales generados por las canteras abandonadas de materiales para la construcción que incluyen:

- (1) La aparición de agua subterránea en el fondo de canteras abandonadas, por cuanto constituyen una vía directa de contaminación de este recurso.

- (2) Deterioro paisajístico, a partir de lo agresivo que resulta el contraste de los colores claros de las canteras de cantos (caliza margosa), calizas y otros, con el verde del paisaje.
- (3) Peligro de desprendimientos de bloques y partes de las paredes de las canteras.
- (4) Los cambios en las pautas del comportamiento de la fauna.
- (5) El incremento de las áreas afectadas por los efectos de la erosión.
- (6) Peligro de caída hacia las oquedades de personas y animales.

3.7. Obtención de los grupos de manejo

A partir de los resultados de la evaluación de las variables en cada una de las canteras estudiadas fueron identificados y caracterizados en Matanzas cuatro grupos de canteras abandonadas de materiales para la construcción; los cuales, a partir del análisis de sus características, fueron congregados en cuatro grupos, dependiendo de su mayor o menor complejidad para el manejo:

Grupo I: Canteras mayormente pequeñas, poco profundas, aisladas, dispuestas en fosos, de fondo principalmente impermeable, en las cuales no se observan afloramientos de las aguas subterráneas; existen evidencias en ellas de erosión relacionadas con el arrastre de material suelto. La regeneración vegetal es de mediana a no regenerada y el efecto estético paisajístico es bajo.

Grupo II: Canteras de amplitud grande a mediana, de profundidad media, de fondo impermeable y en las cuales no se observan afloramientos de aguas subterráneas; las evidencias de erosión están relacionadas con el arrastre de material suelto. La regeneración vegetal es de poca a media y el efecto estético paisajístico es de intensidad media.

Grupo III: Canteras medianas, muy profundas, aisladas, dispuestas en fosos en las que es frecuente encontrar afloramientos de aguas subterráneas en su fondo, además, en las mismas las evidencias de erosión están relacionadas fundamentalmente con el arrastre de material suelto, sin embargo, pueden existir canteras en las que se evidencien desprendimientos de bloques y taludes. La no regeneración natural de la vegetación es otra de las características distintivas del grupo, así como un bajo efecto estético paisajístico.

Grupo IV: Canteras grandes, muy profundas, aisladas y en fosos, con fondos mayormente permeables donde, generalmente, no se observan afloramientos de las aguas subterráneas. Las evidencias de erosión están relacionadas con el arrastre de material suelto, la regeneración

natural de la vegetación es de mediana a poca y el efecto estético paisajístico es de medio a fuerte.

Sobre la base de conocer las características que personifican a cada uno de los grupos, así como los principales problemas ambientales que pueden ocasionar y los elementos naturales que más impactan, se diseñó el procedimiento para la rehabilitación de las canteras a través de planes de manejo, el cual pretende, mediante diferentes usos, implementar programas que permitan lograr el manejo de estos espacios, transformándolos en zonas sostenibles en el entorno donde se ubican.

4. PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LA REHABILITACIÓN

La estructura del procedimiento se diseñó en cinco capítulos, de manera que resultara sencilla y de fácil aplicación, y que fuera posible iniciar el análisis de la problemática de la rehabilitación de una cantera, desde los aspectos más generales, hasta particularizar en los problemas ambientales específicos que la misma genera, así como la identificación del marco legal vigente y que aplica en cada caso (Figura 4).

El procedimiento fue concebido para dar respuesta a los diversos casos que se puedan presentar en el proceso de rehabilitación de áreas degradadas por la actividad de explotación de materiales para la construcción; lo cual se logró a partir de la identificación de los grupos de manejo, que, una vez realizado el diagnóstico de la cantera, se proponen los objetivos del manejo, y estos se enfocarán, además, en función de la posible variante de uso a implementar (Tabla 1).

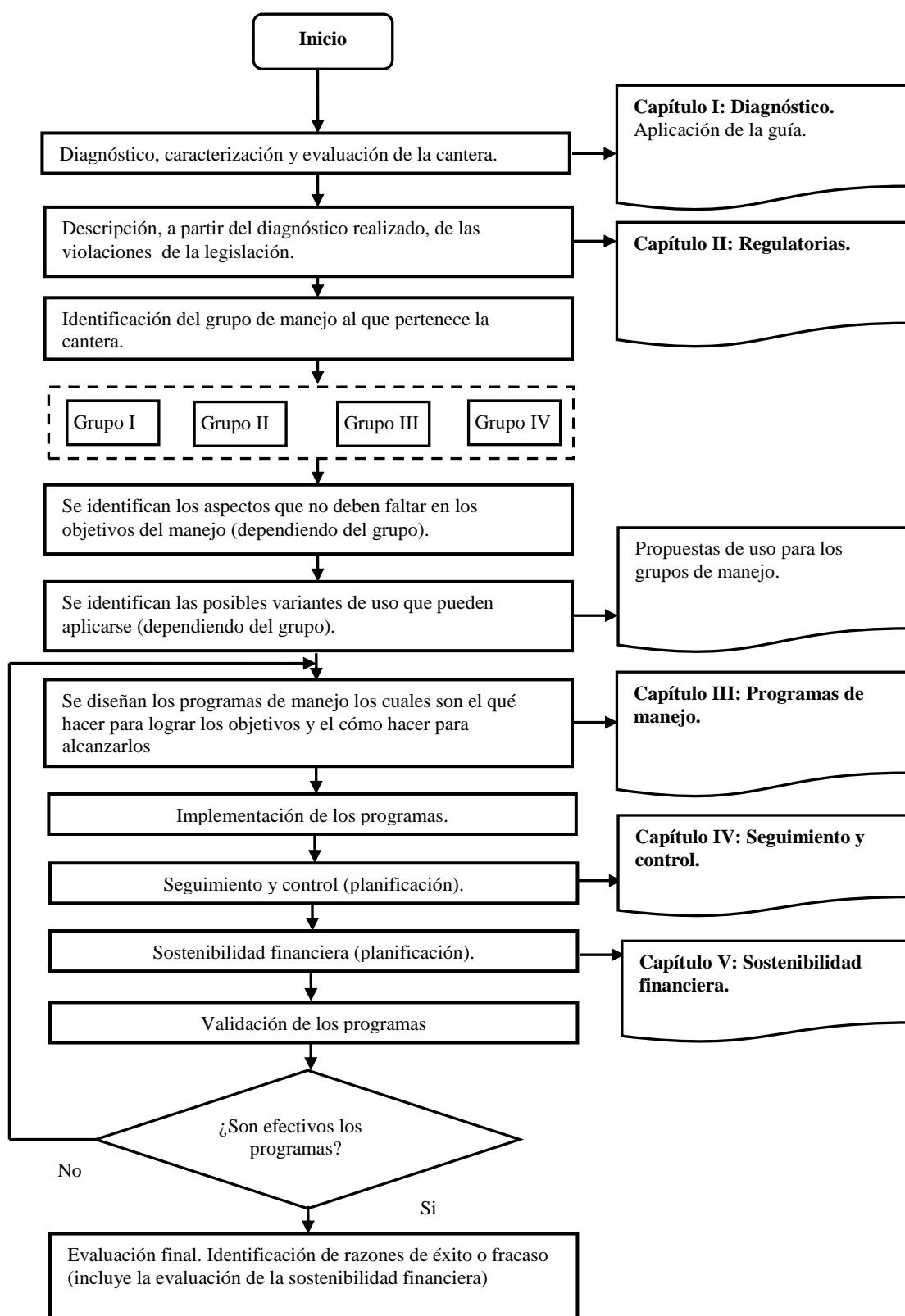


Figura 4. Esquema general del procedimiento para la confección de planes de manejo para canteras de materiales para la construcción.

Tabla 1. Propuestas de uso para las canteras abandonadas de materiales para la construcción

No	Propuestas de uso	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
1	Campo de tiro	X	X		X
2	Vertedero	X	X		X
3	Área de parqueos colectivos		X	X	X
4	Depósito de agua		X	X	X
5	Discoteca (paredes amortiguan el ruido)		X		X
6	Área de concierto al aire libre		X	X	X
7	Área de ensayo de bandas musicales		X	X	X
8	Área para la práctica de tenis, pelota Vasca u otros deportes similares (paredes altas y rectas, evitan el uso de grandes mayas)		X	X	X
9	Área para entrenamiento de escaladas (Rocódromos)			X	X
10	Pista de motocrós		X	X	X
11	Área de acampada (pioneros exploradores u otros)	X	X		X
12	Cría intensiva de peces		X	X	X
13	Cría intensiva de aves con fines comerciales (solo maya superior)		X		X
14	Cría de especies protegidas o en peligro de extinción (ejemplo: la cotorra cubana)		X	X	X
15	Laguna de oxidación	X	X		
16	Área de organopónico u otras variantes de siembra concentrada de la agricultura urbana y suburbana (incluye el cultivo de flores)	X	X		
17	Viveros forestales (las paredes protegen las posturas de los fuertes vientos)		X		X
18	Área de descanso al aire libre	X	X	X	X
19	Área de apreciación geológica	X	X	X	X
20	Área didáctica para el aprendizaje de las técnicas de cantería	X	X	X	X
21	Construcción de túneles de uso militar		X		X
22	Sitios incluidos en itinerarios turísticos para apreciar la tradición en cantería y formaciones geológicas de Cuba	X	X	X	X

Una vez concebidos los objetivos y seleccionada la variante de uso a implementar se diseñan, a través de planes o programas, los procesos futuros que mitiguen los problemas ambientales diagnosticados en la cantera.

Los programas contendrán la relación detallada y el fundamento de las actividades a desarrollar, así como su plazo de ejecución, en función de resolver algunos de los problemas detectados. Entre los planes o programas que pueden ser diseñados se encuentran aquellos que abordan aspectos como: administración, señalización, seguridad y protección, protección contra incendios, mitigación de riesgos geológicos naturales o inducidos, manejo estético-paisajístico, manejo forestal, manejo de especies y hábitat, orientación laboral, educación, información e interpretación de fenómenos geológicos, recreación y ecoturismo, monitoreo, relaciones públicas e inversiones.

La aplicación del procedimiento propuesto resulta una variante de solución generalizadora a aplicar, que eliminaría o contribuiría a mitigar los problemas ambientales generados por estos espacios y que favorece la rehabilitación de las áreas degradadas por la minería de materiales para la construcción.

5. CONCLUSIONES

- 1- Se elaboró un procedimiento para la rehabilitación de canteras de materiales para la construcción que contempla el diagnóstico, las leyes regulatorias, los programas de manejo, el seguimiento y control y la sostenibilidad financiera.
- 2- Al vincular los objetivos del manejo en función de mitigar y/o eliminar los problemas ambientales, y el consiguiente establecimiento de programas de rehabilitación con variantes de uso, el procedimiento reporta índices de aplicabilidad y generalización orientando tanto a los concesionarios como a los decisores en el proceso de rehabilitación de estos espacios degradados.
- 3- La existencia de 377 canteras de materiales para la construcción en Matanzas, condicionado por la estructura geológica del territorio, evidencia el papel que su explotación ha jugado en la economía regional. Sin embargo, al no cumplirse la legislación vigente, resultó en la existencia de 250 canteras abandonadas cuyos diversos usos han generado múltiples problemas ambientales que se deben encarar para proceder a su reducción paulatina.
- 4- Las características fundamentales que distinguen a las canteras de materiales para la construcción en Matanzas son: predominio de explotaciones de rocosos de la formación Güines, fondos

constituidos por materiales impermeables, profundidades variables con predominio de las poco y medianamente profundas (hasta diez metros, 80 % de las canteras), dispuestas de forma aislada, excavadas en fosos, y con afloramiento de las aguas subterráneas en el 18 % de ellas.

6. REFERENCIAS

- ARANGO, M. A. & OLAYA, I. 2012: Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. *Gestión y Ambiente* 15(3): 125-133.
- ASGMI. 2008: Evaluación y Recuperación Ambiental de Espacios Mineros. Pasivos Ambientales Mineros. Acta de Conclusiones y Acuerdos del Seminario de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15 p.
- CAPOTE, R. 1984: Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista Jardín Botánico* 5(2).
- ECODESA. 2008: Manual de buenas prácticas para canteras (Minería no metálica). Equipo de Consultores en Proyectos de Desarrollo Ecológicos Sostenibles, S. A. Consulta: 20 jun 2013. Disponible en: <http://www.conap.gob.gt/Members/admin/documentos/tramites-planificacion/manuales-de-buenas-practicas/MANU-EHA.pdf>
- EVERITT, B. 1980: *Cluster analysis*. 2th edition. McGraw-Hill Book Company, New York, 63-98 p.
- FUENTES, R. 2007: *Principales impactos ambientales generados por tajos y canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas*. Tesis de maestría. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- HERRERO, E. 2005: Criterios de indicadores de manejo forestal sostenible. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
- INTERCONTROL LEVANTE S. A. 2007: Manual para actuaciones y usos posibles en canteras agotadas [en línea]. Consulta: 5 marzo 2012. Disponible en: http://www.rafaelnarbona.com/wp-content/imagenes/canteras-agotadas_texto.pdf
- LEGRÁ, A. A. & SILVA, O. R. 2012: *La Investigación Científica: Conceptos y Reflexiones*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Versión digital para el Pregrado y Postgrado.
- LOMTADZE, V. D. 1983: *Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería*. Editorial Vneshtorgizdat, Moscú, 250 p.
- VICK, S. 2011: Stability aspects of long-term closure for sulfide tailing. [en línea]. Consulta: 19 mayo 2012. Disponible en: [http://www.eclac.org/drni/noticias/seminarios/4/13604/Informe%](http://www.eclac.org/drni/noticias/seminarios/4/13604/Informe%20de%20Cierre%20de%20Cierre%20de%20Cierre.pdf)

[20Pasivos%20Ambientales%20Mineros%20en%20Sudam%C3%A9rica.pdf](#).

YUPARI, A. 2012: Pasivos ambientales mineros en Sudamérica. Informe elaborado para la CEPAL, el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, BGR, y el Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN. Consulta: 24 junio 2013. Disponible en: <http://www.eclac.org/drni/noticias/seminarios/4/13604/Informe%20Pasivos%20Ambientales%20Mineros%20en%20Sudam%C3%A9rica.pdf>

Reynaldo Iván Fuentes-Sardiña produccion@eipi.mtz.hidro.cu
Máster en Gestión Ambiental y Protección de los Recursos
Naturales. Empresa de Investigaciones,
Proyectos e Ingeniería de Matanzas, Cuba.

Arlene Hernández-Álvarez arlene@uebcolon.hidro.cu
Máster en Gestión Ambiental
y Protección de los Recursos Naturales. Empresa de Investigaciones,
Proyectos e Ingeniería de Matanzas, Cuba.