

## **Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque**

Jesús Manuel López-Kramer <sup>(\*)</sup>, Efrén Jaimez-Salgado, Mario Guerra-Oliva, Cristina Escandón-Arbolay, Yolanda Sáenz y Norma M. Borrego-Ojeda

*Instituto de Geofísica y Astronomía calle 212, No. 2906, entre 29 y 31. Rpto La Coronela. La Lisa. La Habana. Cuba. CP 11600.*

Email: [kramer@iga.cu](mailto:kramer@iga.cu), [ejaimenz@iga.cu](mailto:ejaimenz@iga.cu), [puma@iga.cu](mailto:puma@iga.cu), [cristina@iga.cu](mailto:cristina@iga.cu), [yola@iga.cu](mailto:yola@iga.cu), [norma@iga.cu](mailto:norma@iga.cu)

Recibido: enero 25, 2014	Aceptado: diciembre 12, 2014
--------------------------	------------------------------

### **Resumen**

La caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación de materiales para la construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque tuvo como objetivo definir los impactos, proponer las actividades de rehabilitación ambiental y aportar la información que permita a las empresas mineras y a las autoridades regulatorias trabajar en la implementación de un enfoque estandarizado para la elaboración y revisión de los planes de cierre de mina. La metodología integrada permitió la caracterización de cada cantera relacionando el factor tiempo-evolución del entorno, lo cual resultó novedoso al establecer una apropiada correlación entre los factores del medio afectado, las acciones de la actividad minera y su desarrollo espacial-temporal. Se generaron datos para la clasificación y manejo. Las conclusiones y recomendaciones proponen la aplicación de un esquema de cierre progresivo, las posibles soluciones ambientales para mitigar los efectos negativos identificados y se planifique el financiamiento de las actividades de rehabilitación ambiental.

**Palabras clave:** minería, canteras, rehabilitación, cierre progresivo de minas

## **Environmental characterization of 12 operating quarries supply in provinces of La Havana, Artemisa and Mayabeque**

### **Abstract**

Environmental characterization of 12 operating quarries supply's in the provinces of La Habana, Artemisa and Mayabeque aimed to define impacts, propose environmental rehabilitation activities and provide information to allow mining companies and the regulatory authorities on the implementation of a standardized method for preparation and review of plans for mine closure approach. The integrated approach allowed the characterization of each quarry relating the time factor - changing environment, which was new to establish a proper correlation between environmental factors affected the shares of mining and spatial -temporal development. As results for classification and data management generated. The conclusions and recommendations propose the implementation of a scheme of progressive closure and possible environmental solutions to mitigate the identified adverse effects and environmental rehabilitation activities by the company that developed the investment from its geological - stage exploration project plan, ensuring funding for this activity throughout their lives.

**Key Words:** mining, quarries, rehabilitation.

## 1. Introducción

Los Diagnósticos Geoambientales, así como los estudios de Peligro Vulnerabilidad y Riesgos se han convertido en los últimos años en un tema prioritario para nuestro país y la comunidad internacional. En el Departamento de Geología Ambiental, Geofísica y Riesgos del Instituto de Geofísica y Astronomía se han realizado a lo largo de estos años proyectos sobre la temática que abarcaron los municipios urbanos y rurales de las antiguas provincias habaneras, hasta cubrir casi todo el territorio (Campos, 2007). Trabajos relacionados con la Rehabilitación ambiental en zonas degradadas por la minería y las plantas de procesamiento de minerales han sido presentados por López-Kramer et al., (2012), López-Kramer, (2013), y en los talleres organizados por el Instituto de Geofísica y Astronomía - Facultad de Geografía Universidad de La Habana.

Trabajos de diagnóstico en canteras para materiales de la construcción abandonadas en la provincia de La Habana y los Pasivos Ambientales de la Minería a cielo abierto en Cuba, así como propuestas de soluciones, se han ejecutado con Proyectos de investigación y servicios por el Instituto de Geología y Paleontología, (Ponce, 2013), Instituto de Geografía Tropical. Los autores enfatizan la situación actual y los impactos presentes.

Por su parte en (Fuentes-Sardiñas, 2013), en su trabajo de tesis de doctorado recopila la información de 250 canteras abandonadas de materiales para la construcción de la provincia de Matanzas. A partir del diseño de un conjunto de variables de esta base de datos, evalúa el estado de las canteras, las procesa mediante estadística multivariada y las clasifica en grupos. Lo anterior a partir de la mayor o menor complejidad que presentaron las canteras para su posterior manejo, y teniendo en cuenta los problemas ambientales que las mismas ocasionan. Obtiene un conjunto de resultados como: agrupamientos, principales problemas, principales formaciones geológicas que más se explotan, etc. Partiendo del grupo en que se encuentre la cantera confeccionó una Guía para la elaboración de planes de manejo a partir de programas e implementación de usos, seleccionando los objetivos del manejo. El objetivo final es la rehabilitación de las mismas.

En (Hernández Tur, 2013) y colaboradores, basados en la revisión de 75 casos y 31 Licencias Ambientales en el período 2001-2011, destaca el elevado % de las canteras en desuso, se desconoce quién fue el concesionario, y la no existencia de fondos para su restauración ni proyectos con este objetivo.

Por su parte González, (2012) y colaboradores en el Diagnóstico Ambiental a las UEB: Canteras San José, Guanabacoa, Caimito, y Alacranes analizan aspectos socio económicos, los indicadores de productividad, tecnología, higiénicos, el cumplimiento con un grupo de normas, consumo, organización etc., y desarrollan mediciones de ruido, polvo, aguas.

En el trabajo de (Montes de Oca-Risco, 2013), y colaboradores estudian 10 yacimientos activos destinados a la producción de materiales para la construcción en la provincia de Santiago de Cuba. En la metodología aplica métodos que permitieron el análisis de los factores que influyen en la elección de los usos de recuperación en áreas minadas. Como resultado propone un procedimiento que consta de cinco etapas principales y 4 grupos de prácticas, entre las que menciona: prácticas edáficas, prácticas topográficas y geotécnicas, prácticas hídricas y prácticas ecológicas.

En (López-Kramer, et al., 2013), en el Diagnóstico para la rehabilitación minera y ambiental de las 12 canteras, destaca la tendencia general observada en los trabajos nacionales consultados (operaciones mineras abandonadas y en plantas de procesamiento de minerales) de argumentar costosas soluciones para la rehabilitación de canteras al final de las operaciones mineras, el uso para múltiples fines fundamentalmente, vertederos clandestinos y en la mayoría de los casos no se conoce el concesionario.

## 2. Materiales y métodos

En el Archipiélago cubano se han acumulado cientos de canteras abandonadas por lo que ante la Ley de Minas no existe un responsable que asuma la reparación del daño causado al medio. Estas canteras por lo general son utilizadas indiscriminadamente como depósitos de residuos de todo tipo.

El diagnóstico ambiental realizado tiene en cuenta en su metodología aspectos analizados por los autores que se relacionan en la introducción, pero incluye en la caracterización actualizada de cada emplazamiento a (frentes de explotación, taludes, escombreras, áreas de almacenaje y expedición de los productos, vías de acceso y plantas de procesamiento), los aspectos legales y ambientales del medio físico como la geología, estabilidad geotécnica, geomorfología, características hidrogeológicas e hidrológicas, edafología, además evalúa aspectos esenciales del medio biótico que incluyen el estado de la vegetación y la fauna, y el impacto ambiental generado por la actividad minera. Todo esto se analiza de forma dinámica y se relaciona con el factor tiempo – evolución del entorno en canteras en operaciones y con un concesionario legalmente reconocido.

El método histórico-lógico permitió el estudio de los antecedentes, la revisión documental, el análisis de la evolución de la temática estudiada y la reseña de aquellos elementos que han marcado hitos en su devenir histórico, aspectos legales. La observación en las expediciones de campo efectuadas permitió el estudio de la situación actual de cada cantera y planta de procesamiento a escala 1: 25 000, evaluar aspectos esenciales de la

geología, geomorfología, edafología, hidrología, hidrogeología, biota, así como su interrelación – evolución con el factor tiempo mediante un procedimiento que podrá generalizarse en el futuro a otras partes del país.

El diagnóstico ambiental realizado a los efectos de proponer medidas adecuadas de prevención y/o mitigación o rehabilitación de las canteras, no contó con datos cuantitativos propios de la situación actual en la línea de base, no obstante, si se dispuso de la información cuantitativa de estudios recientes desarrollados en los mismos objetivos, (González, et al. 2012).

Por las características de los materiales extraídos en las canteras estudiadas no se tuvieron en cuenta los parámetros químicos tales como: metales pesados, nitratos, nitritos, sulfatos, sulfuros, demanda química de oxígeno y otros presentes en los suelos, en el agua y en los laboreos mineros.

Se analizó la relación del agua presente en los laboreos mineros con el agua freática (o sea, se verificó si el agua presente es de origen freático, o bien se trata de agua pluvial o de otro origen (fluvial o de proceso de explotación) confinada localmente a modo de cuenca centrípeta.

Para la determinación de las unidades de vegetación se consultaron tanto los antecedentes bibliográficos afines con el área de estudio como referencias actualizadas e informes de proyectos de investigación, además del levantamiento de la misma a través de expediciones de campo.

## **2.1 Ubicación geográfica**

La caracterización del Medio Físico parte con la descripción de los aspectos generales de la geología de Cuba y la particulariza en cada epígrafe. La figura 1 muestra la ubicación geográfica de las 12 concesiones de explotación que se incluyen en este estudio.

La geología de Cuba se caracteriza en general por contar con dos niveles estructurales: el Cinturón Plegado Cubano y el Neoauctótono. El Cinturón Plegado Cubano, está constituido por terrenos tectónico - estratigráficos continentales y oceánicos representativos de grandes entidades paleogeográficas. De afinidad continental son los terrenos de Cuba SW (Guaniguanico, Pinos y Escambray) y la plataforma de las Bahamas, mientras que de afinidad oceánica son el Cinturón Ofiolítico Septentrional, el Arco Volcánico Insular Cretácico y el Arco Volcánico Insular Paleogénico. La posición original y evolución de los mismos no están relacionadas con la actual área de Cuba y representan, como mínimo, la historia geológica del Caribe Noroccidental. El Neoauctótono está formado por sedimentos poco deformados del Eoceno Medio al Reciente (Iturralde Vinent, 2011). Las canteras objeto de estudio están ubicadas en el nivel estructural del Neoauctótono, aunque en los alrededores (zona de Guanabacoa) afloran rocas del nivel estructural del Cinturón Plegado Cubano.



**Fig.1. Ubicación geográfica de las 12 concesiones de explotación. Confeccionado por los autores (Kramer 2013).**

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Breve caracterización de las canteras

##### **Canteras de la provincia de Mayabeque. Municipio San José de las Lajas. “Cantera Sur” y municipio Jaruco “Sector Cecilia”.**

La unidad cuenta con tres centros de producción, en el que se obtienen granito, gravilla, polvo, macadam, recebo y material de relleno. El proceso tecnológico de producción es totalmente mecánico, pero existen 2 variantes (seco y con beneficio húmedo), ambos compuestos por áreas de machaqueo, molidas y selección.

Componente Geología. Las rocas de la cobertura Neoaútoctona, cubren gran parte del territorio y están representadas por formaciones carbonatadas neogénicas (Fm. Husillo, Güines y Cojímar) y terrígenas (Fm. Guevara y Villa Roja). Estas rocas presentan una yacencia suave, casi horizontal diferenciándose, por su estilo tectónico, de las rocas del substrato plegado infrayacente. No obstante, tanto las rocas del substrato plegado como de la cobertura están afectadas por diferentes sistemas de dislocaciones disyuntivas (fallas). El sistema de fallas principal posee una dirección NE, destacándose la llamada falla Habana que pasa al Norte del poblado de San José de las Lajas. Otros sistemas, de menor desarrollo, se observan con orientación NW y otro más reciente, dirección NS.

Las rocas del Yacimiento San José Sur, pertenecen a la Fm. Husillo, del Mioceno inferior. Predominan en el área calizas de color crema a gris recristalizadas, calizas margosas, calizas organógenas, y calizas dolomitizadas que se procesan en la planta para su utilización como áridos en la construcción. Predomina la estratificación monoclinial con ángulos que oscilan entre los 10 y los 25 grados.

El carso más desarrollado es de tipo lapies y diente de perro, así como pequeñas cavernas y microcavernas.

##### **Canteras de provincia Habana. Municipio de Guanabacoa. “Victoria dos, Victoria Tres, Victoria Cuatro, Minas, Guido Pérez”**

Son productoras de surtidos de hormigón, granito, gravilla, polvo y recebo. El proceso tecnológico es totalmente mecánico y existen 2 variantes (seco y con beneficio húmedo), ambos compuestos por áreas de machaqueo, molidas y selección.

Componente Geología. Están presentes los dos niveles estructurales: el Cinturón Plegado Cubano representado por el complejo de rocas efusivas - sedimentarias, así como las ofiolíticas y el Neoaútoctono representado por un

complejo terrígeno y terrígeno carbonatado de génesis clástico. Este último representado por calizas, calcarenitas y areniscas asociadas a la Fm Peñalver, Edad. K<sub>2</sub> m sup., que descansan sobre el complejo de rocas efusivas sedimentarias y ofiolíticas, litologías que han dado origen a un relieve diferencial, sobre una estructura geológica compleja que expresa muy bien su modelo geológico y tectónico que lo subyace, lo que la ubica en específico en la unidad morfotectónicas del arco volcánico del cretácico. La tabla No. 1, muestra las principales características de los depósitos de áridos evaluados y explotados para piedra y arena, según datos del Balance Nacional de Reservas y Recursos Minerales.

**Tabla I. Principales características de los yacimientos de áridos para piedra y arena, según datos del Balance Nacional de Reservas y Recursos Minerales**

Nombre	Categoría	Materia Prima	Otros Usos	Explotación
Minas	Yacimiento	Calcarenitas	Sin datos	Si
Guido Pérez	Yacimiento	Calcarenitas	Arena	Si
Victoria II	Yacimiento	Calcarenitas	Arena	Si
Victoria I	Yacimiento	Calcarenitas	Arena	Si
Victoria III	Yacimiento	Calcarenitas	Arena	Si

**Canteras de provincia Artemisa. Municipio Caimito “Sierra de Anafe (sectores oriental - occidental La Cruz)”, Domingo Fernández, municipio Bauta, Cantera Blanca, municipio Mariel La Molina y Quebra Hacha”.**

En los 6 centros de producción, se obtienen surtidos de hormigón, granito, gravilla, polvo, arena y recebo. El proceso tecnológico de producción es totalmente mecánico, existen dos variantes (seco y con beneficio húmedo), ambos compuestos por áreas de machaqueo, molidas y selección.

En la tabla 2, se muestran los yacimientos objeto de este estudio de la provincia Artemisa y algunas características de los mismos.

**Tabla II. Principales características de los yacimientos de áridos para piedra y arena, según datos del Balance Nacional de Reservas y Recursos Minerales**

Nombre	Materia Prima	Uso	Explotación
Cantera Blanca	Caliza	Cal e hidrato de cal, Polvo, Macada	Si
Molina	Piedra	Macada, gravilla, granito, polvo y arena lavada	Si
Sierra Anafe	Piedra	Construcción	Si
Sierra Anafe- Domingo Fernández	Piedra	Construcción	Si
Sierra Anafe - La Cruz	Piedra	Construcción	Si
Quebra Hacha	Piedra	Construcción ¿???	Si

**Sierra de Anafe**

Componente Geología. En la Cantera de Anafe fueron identificadas diferentes variedades litológicas, que algunos autores asignan a la Formación Husillo, del mioceno Inferior, pero que el equipo de trabajo del IGA, consideró “in situ” que las mismas se corresponden por sus características, con calizas de la Fm. Güines, de edad. N 1 inf -b- sup-b. (Calizas duras, compactas, recristalizadas, cavernosas).

En toda el área hay un desarrollo significativo de los procesos cársicos, con presencia abundante de material arcilloso relleno de grietas, tanto de las denominadas arcillas Truffin y Matanzas, descarboxatadas, como de la arcilla tipo Terra Rossa (muy carbonatada). Estas arcillas rellenan cavidades y grietas cársicas y están dispuestas prácticamente en toda el área de la Cantera de Anafe. Muy generalizada también está, la mineralización de la calcita que ocupa oquedades, grietas, y fisuras tanto en forma de vetillas de cristales típicos (trigonal – romboédricos), como en forma de drusas cristalinas bien configuradas, de dimensiones variables, tal y como se aprecia en las foto. De manera resumida se describen en el área visitada:

- Calizas arrecifales blanco rosadas, masivas, macro porosas.
- Calizas recristalizadas de color crema con abundantes manchas de óxidos de Fe y drusas de calcita.
- Calizas grises de granulometría media a fina con presencia de abundantes pátinas de bitumen.
- Calcarenitas de coloración rosada de más baja dureza

### **Cantera Blanca**

Componente Geología. La litología del frente de trabajo es homogénea. Génesis Bioquímica compuesto por calizas organogenias puras, porosas, duras, compactas, fragmentarias, recristalizadas, blancas. Fm Güines, Edad. N<sub>1</sub> inf- b- sup-b

El yacimiento en la parte superior del corte está compuesto por calizas masivas de color gris blanco con un espesor estimado en la cantera de unos 10 m. Se observa la presencia de procesos de carsificación con el desarrollo de cavernosidad y procesos sofusivos. Debajo de estas calizas se observan calizas blancas, más blandas con una estructura monoclinial y estratificación con suave buzamiento de 20° al Norte.

### **Quebra Hacha**

Componente Geología. La cantera presenta un pobre desarrollo minero en su primer y único nivel. Los intentos de desarrollo minero en varios frentes han fracasado por la mala calidad de la roca encontrada. Al parecer para estas decisiones no se han tenido en cuenta los informes geológicos de prospección así como los criterios de la geología.

En general está fuera de operaciones toda la operación planta – cantera desde febrero del 2013, por no tener clientes para la comercialización de la producción acumulada (no conforme).

La litología del frente de trabajo es heterogénea, siendo característico de una zona con desarrollo de olistostromas. Se observa en los frentes una mezcla de bloques dispuestos de forma irregular de gravelitas con granos de varios centímetros con diferente composición y color, con una matriz calcárea, además, calizas de grano muy fino de color gris crema compacta, que es la fuente del material de posible interés industrial y calizas de color crema con clivaje que al ponerse en contacto con la intemperie se meteoriza completamente y se desintegra, esto es motivado, posiblemente al intenso tectonismo al que fue sometida (Fm. Manacas ?). Todo este material, al ser procesado en la planta actual, se obtiene una mezcla de productos con diferentes granulometrías, alta arcillosidad y baja dureza.

### **La Molina**

Componente Geología. La roca que se explota es una caliza de color negro, dura, compacta, con vetillas de calcita de color blanco y se observan manchas de asfalto en zonas de fractura. Presenta desarrollo del carso y varias cavernas. Génesis Bioquímica, caliza criptocristalina-arcillosa de color gris oscuro, compactas, masiva, con vetillas y grietas con calcita, órganos detríticos, fragmentados con grietas e impregnaciones ferrosas pelitomórficas. Formación Martin Mesa, Edad. K<sub>1</sub> al- K<sub>2</sub> t

El frente de cantera es alargado con una extensión frontal de unos 200 metros de ancho con una orientación E -W y se mantiene en esta dirección con este tipo de roca, observándose en los flancos el aumento de la presencia de estéril (suelo, rocas menos compactas). Esta situación se documentó en el flanco (Oeste), con una zona de fallas que limita el cuerpo mineral y la operación minera, con la presencia pliegues, estratificación y cambios bruscos del buzamiento, con fuerte esquistosidad.

El frente está desarrollado en 3 niveles de explotación con orientación de Norte – Sur que abarcan las cotas + 104, + 92, + 86 + 80. Recientes estudios geológicos avalan reservas en varias categorías por 7 MM de ton.

La cantera cuenta con 3 modernas plantas de procesamiento que surten al cliente de macada, gravilla, granito, polvo y arena lavada, además de toda la infraestructura (laboratorio, comedores, almacenes, etc.) y se observa un intenso nivel de actividad, laborando las 24 horas. La ubicación de las mismas, cotas elevadas del terreno, hacen que los vientos predominantes de N-S en la región transporten el polvo generado.

Constituye la principal fuente de suministro de varios surtidos de materiales de alta calidad al Proyecto de interés nacional del puerto del Mariel.

### **Cantera de la provincia Matanzas. Municipio Unión de Reyes, “Alacranes”**

Cuenta con un centro de producción, en el que se obtienen granito, gravilla, polvo y material de relleno. El proceso tecnológico de producción es totalmente mecánico, compuestos por áreas de machaqueo, molida y selección.

Componente Geología. La cantera está desarrollada sobre calizas duras que ocupa la parte superior del corte, la roca presenta agrietamiento y cavernosidad en los estratos y un horizonte margoso masivo y agrietado en la parte inferior,

El mineral está compuesto por calizas biogénicas detríticas dolomitizadas de color blanco, con gran cantidad de micro y microfósiles. Génesis Bioquímica, dolomita calcárea de grano fino, color gris claro. Fm. Güines, edad N<sub>1</sub> inf- b- sup-b

## Comunidades vegetales

En las canteras cavernosas de Anafe, San José, La Molina, se evidencia el complejo de vegetación de las alturas cársicas con afectaciones antrópicas debido principalmente a la quema, la tala, y actividades de minería a cielo abierto, con su impacto producido en el paisaje, su modificación topográfica y la pérdida de suelos.

Las canteras de Alacranes (el pediplano cársico) y las zonas más elevadas de Victoria II, Victoria IV, Minas, Guido Pérez y Quebra Hacha mantienen comunidades vegetales sobre calizas arcillosas (margosas) con elementos florísticos y estructurales de los bosques semidecíduos mesófilo secundario. En los farallones y la cima, que tienen una limitada accesibilidad, se obstaculiza el desarrollo de la actividad minera y facilita la recuperación de las comunidades vegetales.

Sobre los suelos de los yacimientos fueron observadas las especies vegetales siguientes: *Cecropia schreberiana* Miq. - (Yagruma), *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook. (Palma real), *Muntingia calabura* L. (Capulí), *Casuarina equisetifolia* Forst (Casuarina), *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua), *Bursera simaruba* (L.) Sargent (Almácigo). Junto a ellas, compitiendo en la colonización de espacios abiertos se encuentran las aloctonas: *Ricinus communis* L. (Higuereta, ricino), *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. & Arn. var. *africana* (Marabú), *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt (ipil-ipil, Aroma boba) y *Bidens alba* (L.) DC. var. *radiata* (Sch. Bip.) Ballard (Romerillo) y *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Hierba de don Carlos) entre otras.

En los matorrales secundarios están se hacen evidentes *Acacia farneciana* y *Dichrostachys cinerea*, plantas espinosas que hacen intransitable el área. Este tipo de matorral es muy abundante, coloniza rápidamente, sitios abandonados que en la mayor parte de los casos son repoblados en poco tiempo por estas especies invasoras.

También fueron observadas en los depósitos de agua, comunidades vegetales acuáticas (aguas dulces) en la cantera de Quebra Hacha, y otras (Guanabacoa), con acumulaciones importantes de agua con especies de plantas que están enraizadas: *Echinochloa colonum* L (Arrocillo). *Fimbristylis spadicea* (L.) Vahl entre otras.

Abundante en los alrededores de las canteras son las áreas cultivadas para el autoconsumo: *Musa paradisiaca* L. (diferentes variedades), *Psidium guajava* L. (Guayaba), *Coffea arabica* L. (café), *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar), *Zea mays*, L. (Maíz) y hortalizas, aledaños a los caminos hay numerosos árboles frutales: *Annona muricata* L. (Guanábana), *Annona squamosa* Delile (Anón), *Cocos nucifera* L. (Coco), *Mangifera indica* (mango), *Persea americana* Mill. (Aguacate) y *Pouteria manomosa* (L.) Cronquist (Mamey colorado), *Tamarindus indica* L. (Tamarindo), etc. además de especies ornamentales que fomentan las áreas verdes de las oficinas de la empresa.

## Especies de fauna

Se comprobó que en épocas geológicas anteriores hubo presencia de moluscos, fueron observados moluscos fósiles en las rocas en las canteras de Alacranes y Sierra de Anafe, lo que evidencia un reservorio de estas especies.

En los reservorios de agua se observaron: Jicoteas (*Trachemys scripta*), Clarias (*Clarias batrachus*), y aves con hábitos acuáticos entre otras especies. En los alrededores se observaron Lepidópteros (*Agraulis vanillae*, *Siproeta stelenes*, *Phoebis sennae*, etc.) y Coleópteros entre otros insectos, además reptiles pequeños como las lagartijas (*Anolis spp.*).

De forma general en todas las canteras estudiadas se identificó la presencia de neoformas producto de la actividad antrópica y la heterogeneidad pedológica, condicionando el desarrollo de una diversidad de comunidades vegetales. El material pedológico se desarrolla a expensas del material parental (rocas y minerales), y se desarrolla en base a su ubicación en las morfologías generadas en: los frentes de explotación, caminos, taludes, escombreras, base de las canteras (con sectores bajos, en ocasiones secos, con saturación temporal o intermitente, con variada cobertura de suelos y de de vegetación), o en depresiones anegadas con profundidades de agua variables, distribuidas de forma irregular con variable deposición de material pelítico como arcillas y limos, arenas finas a medias. Todo esto condicionado con el tiempo de inactividad parcial minera. Figura 2.

Los suelos de clases agroproductivas I y II, se formaron según las observaciones de los autores sobre rocas clasificadas por (Batista, 2003), de origen biogénicas y químicas. Por las visitas al campo realizadas se complementa la relación observada en los suelos de clases agroproductivas I y II con la presencia de abundantes fósiles y un relieve actual tipo meseta - colinoso con pendientes suaves (Alacranes, Cantera Blanca, Sierra de Anafe, San José Sur).

### 3.2 Problemática

Los mayores impactos negativos generados en las 12 canteras lo constituyen las emisiones de polvo a la atmósfera, los cambios en la topografía, la remoción de los suelos y la eliminación de la vegetación por deforestación.

Desde el punto de vista paisajístico (geoecológico), el paisaje original de las canteras ha sido modificado de manera negativa, particularmente durante la explotación, y las afectaciones al recurso agua.

Las partículas atmosféricas provienen de la voladura, excavación y movimiento de tierras, transporte, transferencia de materiales, erosión eólica del material removido durante las labores de destape.

Los nitratos emitidos por la voladura y los productos de la combustión que producen los equipos a diesel gases de combustión (CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), están presentes en las canteras, (González, 2012).

Los edificios socio administrativos, edificios de viviendas, pequeños así como algunos asentamientos urbanos están enclavados en el mismo lugar que las plantas de procesamiento o en las cercanías del trasiego de los equipos de transporte, por lo que reciben la influencia directa de las partículas de polvo en suspensión que genera el proceso productivo y el trasiego de los camiones, principalmente en la época de seca.

El análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos, así como la calidad microbiológica del agua almacenada en los depósitos y en el camión cisterna y las fuentes de suministro (pozos), reportando por González, (2012) y colaboradores en el Diagnóstico Ambiental a las UEB, que todos los parámetros físicos – químicos y microbiológicos analizados en los pozos se encuentran por debajo del Límite Máximo Permissible. Existiendo problemas generales con la contaminación por bacterias Coliformes Termo tolerantes y Totales en las muestras tomadas en los camiones cisterna y los depósitos de almacenamiento.

El agua industrial se extrae de las presas ubicadas en las cercanías (La Escuelita, La Guayaba, El Mosquito, etc.).

La tecnología instalada (sistema de decantación y recirculación) en las plantas de lavado de áridos facilita reutilizar al proceso el 70 – 75 % del agua (clarificadores - sistema de Floculación y control de bombeo). En algunas plantas, por no existir este sistema, el residual resultante del proceso productivo no se recicla y se vierte hacia los ríos, cañadas o presas, causando el deterioro del recurso agua.

En varias canteras aflora el agua subterránea porque sus niveles de fondo han ido más allá de los límites y regulaciones permisibles, constituyendo tajos abiertos en el recurso agua subterránea y una zona de entrada de la contaminación al acuífero.

El aporte freático, junto con el pluvial, confinan aguas en las oquedades resultantes de la explotación que no tienen posibilidades de fluir, formando lagunas que dan paso al inicio de un proceso de sucesión ecológica secundaria y que conducen a la transformación del ecosistema terrestre original a un conjunto de ecosistemas diversos secundarios (ecosistemas sinantrópicos). Fig. 4.

#### Otros problemas detectados

Falta de control técnico, mal manejo de los pasaportes de perforación-voladura, de la minería en general, que generan grandes volúmenes de roca sobre medidas y mala ubicación de las escombreras, inutilizando parte de las reservas y generando pérdidas económicas a la empresa:

- Acumulación de pasivos ambientales.
- Afectaciones a la morfología y el paisaje debido a una explotación desorganizada generándose una mayor cantidad de huecos y escombreras, condicionado por la no existencia de proyectos de explotación.
- Se generan fuertes pendientes en los taludes o paredes de la cantera, con un inminente peligro de desprendimiento de bloques gravitacionales, Fig. 3.
- Los niveles de piso de las canteras llegaron a profundidades tales que permitieron aflorar el agua subterránea, creando una vía directa de contaminación a este recurso.
- Aumento de la erosión por las operaciones de arranque del material y alteración.
- Producción de fuentes de polvo que suelen incorporarse como sólidos en suspensión al agua y al aire.



**Fig. 2.** Situación actual en un frente abandonado. Obsérvese la presencia de las neoformas en el relieve originada por la actividad minera con zonas inundadas, zonas secas y la variedad de especies de la vegetación asociada



**Fig. 3.** Inadecuado almacenamiento del material sobre medidas que no permite su recuperación ocasionando una pérdida económica para la empresa y un potencial daño al medio



Fig. 4. Bloques colgantes con peligro de deslizamiento gravitacional

### 3.3. Propuestas de esquema general para la rehabilitación

La rehabilitación minera es un proceso que se debe contemplar en todas las fases del proyecto minero con el objetivo de prevenir (estudio de impacto ambiental (EIA)). El proceso se mantiene activo durante toda la vida útil de la empresa minera. Culmina con un plan de monitoreo y no se debe limitar o confundir con reforestación, es más amplio y su objetivo final es restablecer la Biodiversidad. Esta política preventiva como parte indisoluble de la evaluación de estudio de impacto ambiental, se corresponde plenamente con la Ley 81 (Ley Marco Ambiental) de julio de 1987, aprobada por la sexta legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular.

Teniendo en cuenta que:

- Las canteras estudiadas se encuentran en diferentes niveles de operaciones-desarrollo o están paralizadas temporalmente, por lo que no se corresponde proponer medidas para el cierre permanente, y las recomendaciones están encaminadas a la mitigación.
- La explotación ha sido planificada sin tener en cuenta acciones preventivas para la preservación de los componentes estudiados en el diagnóstico.
- Se conoce el concesionario de las canteras estudiadas pero no está clara la obligación de garantizar los fondos para su restauración, que pudiera ser un incumplimiento del artículo 41 de la Ley 76, inciso e.

Por tales motivos se propone la aplicación del cierre progresivo de minas, teniendo en cuenta el esquema modificado de Metal Mining sustainable development North America (Global Mining Initiative)

- **Cierre inicial.** Es desarrollado durante el proceso de compatibilización ambiental para proyectos mineros nuevos y según disponga la Autoridad Ambiental para las operaciones existentes, forma parte de la licencia ambiental otorgada por el CICA, basada en el EIA y la compatibilización ambiental con empresas y organismos.

En nuestro caso. Por diferentes razones, no se ejecutó el cierre inicial, quedando un grupo de impactos relacionados con la exploración geológica y el diseño-construcción sin rehabilitar.

Los inspectores estatales de la ONRM, durante años han visitado las canteras y reflejado un conjunto de medidas que se corresponden con el cierre progresivo

- **Cierre progresivo.** Conjunto de actividades que son implementadas en forma progresiva, durante la etapa de operación del proyecto minero. Las actividades de cierre progresivo constituyen el mecanismo más importante para minimizar la cantidad de esfuerzo necesario para la implementación de medidas de cierre final y optimizar los resultados del cierre.

El cierre progresivo es un escenario que ocurre durante la etapa de operación de los proyectos mineros cuando, como resultado de las condiciones operacionales del proyecto, un componente o parte de un componente del proyecto es sometido a actividades de cierre tales como desmantelamiento, re contorno o revegetación.

- **Cierre final.** Actividades relacionadas con el cierre, que deben implementarse durante la etapa de cierre del proyecto minero. Algunas de estas actividades deberán ser iniciadas antes de la paralización de las operaciones. En tal sentido, los planes de cierre deberán incluir el cronograma de ejecución de las actividades de cierre final.

Sobre la base de lo determinado en los puntos anteriores, se establece un orden de prelación, en función del riesgo ambiental inherente a cada caso. De ese modo, sin caer en clasificaciones complejas, se podrían clasificar los casos, como:

1. **Mantenimiento general de la infraestructura relacionada con el proyecto:** Limpieza y mejoramiento de accesos desde la vía pública y en el interior de las instalaciones, pintura e incorporación de paneles informativos, recogida de partes de equipos y estructuras metálicas abandonadas, eliminación de los bloques con peligros de deslizamientos gravitacionales, eliminación de los bloques sobre medidas.
2. **Mantenimiento hidrológico.** Desarrollo, limpieza y mejoramiento de los drenajes.
3. **Mantenimiento biológico.**
4. En las canteras estudiadas no existe vinculación de la capa de agua subterránea (freática) con la presencia de elementos contaminantes según la legislación cubana. Por lo que no se debe ejercer acciones de mitigación y control posterior de evolución de variables. No obstante, resultaría prudente, llevar a cabo análisis de algún analito empleado como referencia general, por ejemplo, nitratos, azufre, hidrocarburos de petróleo, en un período extendido (anual o cada dos años).

## Conclusiones

- Los mayores impactos negativos detectados en las canteras estudiadas son los generados por las emisiones de polvo a la atmósfera, los cambios en la topografía, la remoción de los suelos, las afectaciones al recurso hídrico y a la vegetación por deforestación.
- Teniendo en cuenta que las canteras se encuentran en diferentes niveles de operaciones-desarrollo o están paralizadas temporalmente no se corresponden proponer medidas para el cierre permanente, por lo que las recomendaciones están encaminadas a la mitigación.
- Planificar las actividades de rehabilitación ambiental por la empresa minera desde la etapa de exploración geológica, dando continuidad durante el proyecto y desarrollo, asegurando las fuentes de financiamiento para esta actividad, con el desarrollo de una actitud gerencial moderna que permita la educación, su control y el compromiso del colectivo durante todo el tiempo de vida de la operación minera.

## Recomendaciones

- Iniciar la rehabilitación ambiental de las canteras de forma que propicie la rentabilidad con:
  - a) La venta a las empresas de Recuperación de Materias Primas de los metales (restos de equipos mineros abandonados, estructuras metálicas, etc.).
  - b) Depositar cerca de las plantas el mineral sobre medidas y pasarlo a proceso en casos de interrupción de la minería (ciclones, fuertes lluvias, etc.).
  - c) Eliminar el peligro de los posibles deslizamientos de bloques gravitacionales.
- Confeccionar un Plan de rehabilitación Ambiental para cada cantera con la asignación de un presupuesto por la empresa.
- Sobre el futuro de esos lugares:
  - a) Se recomienda utilizarse para las prácticas docentes de los alumnos de geografía, geología, geofísica, museos. Son un libro abierto para estudiar los suelos, las formaciones geológicas, para la colecciones de muestras paleontológicas. Otras opciones son el campismo de naturaleza, de escaladas, senderismos.
  - b) En los lugares con agua permanente evaluar si se pueden sembrar peces, ranas u otras especies de valor comercial.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar la valiosa contribución por la lectura del borrador, sugerencias, precisiones y datos aportados a la dirección de la Empresa de Canteras, en especial a Alfredo Pichel Colmenero Especialista en Gestión de la Calidad, al Instituto de Geología y Paleontología a Nyls G. Ponce-Seoane, J L. Díaz-Comesañas. En el Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jiménez, Moa, a Alexis Montes de Oca-Risco, Mayda Ulloa-Carcassés, a Reynaldo I Fuentes Sardiñas de la Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería de Matanzas, al profesor Rubén Gaillardou y al grupo de instituciones que permitieron la utilización de sus datos y resultados en valiosas investigaciones.

## Referencias

- Campos Dueñas M, Oliva, Guerra M, Hernandez I. 2007. Evaluación Geólogo Ambiental de las provincias Habaneras. En CD-R. Biblioteca IGA.
- Fuentes, R. 2013, *Propuesta de planes de manejo como instrumento para la Rehabilitación de canteras. Estudio de Casos: Cantera La Zamora, Matanzas*. Doctorado curricular de Minería. Universidad de Pinar del Rio.
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas R, González Castellanos Z. M, Martínez Santos I, Juan Suárez M. E., et al. 2012. Diagnóstico Ambiental UEB Cantera Guanabacoa. Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción GEOCUBA UCT. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey, Ciego de Ávila. Pág. 55
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas R, González Castellanos Z. M, Martínez Santos I, Juan Suárez M. E., et al. 2012. Diagnóstico Ambiental UEB San José. Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción GEOCUBA UCT. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey, Ciego de Ávila. Pág. 47.
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas R, González Castellanos Z. M, Martínez Santos I, Juan Suárez M. E., et al. 2012. Diagnóstico Ambiental UEB Caimito. Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción GEOCUBA UCT. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey, Ciego de Ávila. Pág. 54
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas R, González Castellanos Z. M, Martínez Santos I, Juan Suárez M. E., et al. 2012. Diagnóstico Ambiental UEB Alacranes. Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción GEOCUBA UCT. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey, Ciego de Ávila. Pág. 36
- Hernández-Tur, A. 2013. Impacto Ambiental sobre las aguas subterráneas de la explotación de canteras para la construcción. Taller Sociedad Económica Amigos del País. La Habana, Cuba. Pág.38.
- Iturralde – Vinent Manuel. A. 2011. Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. DVD
- López-Kramer J, Rocamora, E, Jaimez-Salgado, E, Valdez-Hernández, G, Campos-Dueñas, M. (2012). Rehabilitación ambiental en zonas degradadas por la minería. Edición 15 de la *Revista Informativa Nuestro Pórtico de Calvista Gold Corporation*, mes de agosto 2012, Pág. 10-11, ISBN 1-896664-36-9 <http://www.boletinformativonuestroportico.com/>
- López-Kramer, J. 2013. Rehabilitación Ambiental en zonas degradadas por la minera y las plantas de procesamiento de minerales. Pág.12. Taller. Instituto de Geofísica y Astronomía - Facultad de Geografía Universidad de La Habana. <http://www.iga.cu/noticias/taller-iga-uh.html>
- López-Kramer, J, Jaimez Salgado E, Mendez D, Guerra M, Acosta Águila F, Núñez Lafitté M, Escandón Arbolay C, Sáenz Y, Metauten I. 2013. Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo Diagnóstico para la rehabilitación minera y ambiental de las 12 canteras pertenecientes a la Empresa de Canteras del MICONS. Informe Final. Departamento GAGYR. En CD. Instituto de Geofísica y Astronomía. Pp. 142. (Inédito)
- Luis-Del Rio, J, De Marco S. 2012. *Minería en áreas periurbanas. Una aproximación multidimensional* (Centro de Estudios Universidad Tecnológica Nacional. *EdUTecNe ed.*) Mar del Plata, Buenos Aires. Pág.316.
- Metal Mining Sustainable development North America (Global Mining Initiative)
- Montes de Oca-Risco, A, Ulloa-Carcassés M. 2013. Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera Los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul* (37), Pág.74-78. Recuperado de <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=846>
- Ponce-Seoane N, Díaz-Comesañas J. 2013. Impactos y Pasivos Ambientales de la Minería a cielo abierto en Cuba y propuestas de soluciones, IGP. Taller. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. <http://www.iga.cu/noticias/taller-iga-uh.html>.

**Acerca de los autores:**

**Jesús Manuel López Kramer:** Doctor en Ciencias Geólogo Mineralógicas desde 1988, obtenido en el Instituto de los Yacimientos Minerales, Mineralogía, Petrografía y Geoquímica, IGEM, de Moscú, Academia de Ciencias de la antigua URSS. Investigador Titular en el departamento de Geología Ambiental Geofísica y Riesgos del IGA, AMA y del departamento de Yacimientos Minerales del IGP, MINEM. Profesor Asistente de la Universidad Agraria de San José de las Lajas. Miembro del Consejo Científico del IGA, Grupo de Expertos del MINEN y del Comité Técnico del Ámbito de la Información Geográfica de la ONEI.

**Efrén Jaimez-Salgado:** Licenciado en Geografía, Universidad de la Habana. Experto en *Geografía de los Suelos y Edafología*. Obtuvo el grado científico de doctor en ciencias geográficas, ostenta la categoría científica de Investigador Auxiliar. Es profesor adjunto de la *Escuela de Hotelería y Turismo de La Habana*. En 2013, otorgada la categoría docente de Profesor Auxiliar de la Universidad de la Habana. Actualmente tiene más de 60 publicaciones científicas; es coordinador institucional del proyecto BASAL y jefe del proyecto *Caracterización de Escenarios de Peligros Geológicos por desarrollo del Carso en la provincia de La Habana*

**Mario Guerra Oliva:** Técnico en geología Aplicada, Especialista en Geomorfología Aplicada y Ambiental, Geomorfología Cársica, Levantamiento Hidrogeológico e Interpretación de datos de Hidrogeología, labora en el Departamento de Geología Ambiental, Geofísica y Riesgos del Instituto de Geofísica y Astronomía, con 40 años de experiencia en esta rama. Ha participado en trabajos de hidrogeología e geomorfología en diferentes países.

**Maria Cristina Escandon Arbolay:** Ingeniera agrónoma e Investigador Auxiliar en ecosistemas terrestres. Secretaria del Consejo científico y jefa del departamento de Geología Ambiental Geofísica y Riesgos, del Instituto de Geofísica y Astronomía.