

ALGUNAS CONSIDERACIONES DE REHABILITACIÓN MINERA EN LA MINERÍA DEL NÍQUEL: MUNICIPIO DE MOA, CUBA

Alina Chaviano Beitra^{1*}
Yosbanis Cervantes Guerra^{2*}
Allan Pierra Conde^{3*}

* Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, Cuba
achaviano@ismm.edu.cu
ycervantes@ismm.edu.cu
apierre@ismm.edu.cu

RESUMEN

En el municipio de Moa desde el 1939, la Compañía Madereras Moa comenzó la tala extensiva de los bosques en el territorio, derivando esta situación a una explotación indiscriminada de los recursos forestales. Unido a esto, el territorio cuenta con grandes reservas minerales que comenzaron a explotarse en la década de los cincuenta, incrementándose la tala de los bosques. Todo esto, a lo largo de los años produjo un impacto notable sobre el ambiente. Esto significa que el paradigma de sustentabilidad debe ser parte del proyecto minero de las empresas productoras del níquel a lo largo de los procesos de exploración, apertura, funcionamiento y cierre de un yacimiento. En este trabajo se realiza una valoración de las experiencias alcanzadas en la rehabilitación en las empresas productoras del níquel en el municipio minero metalúrgico de Moa, Holguín (Cuba) y se hacen recomendaciones para mejorar la rehabilitación técnica y biológica en la minería, contribuyendo así a la mitigación de los impactos negativos que esta produce, en aras de conjugar el desarrollo económico y social, elementos claves que propician el desarrollo sostenible.

Palabras claves: restauración - rehabilitación técnica - rehabilitación biológica - mitigación de impactos negativos - sistemas de tratamientos para el terreno

SUMMARY

The cutting down of trees of the forests at Moa's territory began at 1939 by the Moa's Woods Company, deriving this situation to an indiscriminate exploitation of the forest resources. Furthermore, the territory also has an evident mining vocation that began with the exploitation of the nickel ores on 50's increasing the felling of trees. Both, exploitation of the forestal resources and mining activities, increased environmental problems at Moa's territory. According to this, it is necessary to include the sustainability paradigms in the mining projects of the nickel's producers companies along the exploration, opening, extraction and closing process of deposits. In this work, an assessment of the experiences attained in the rehabilitation by nickel's producers companies at Moa's territory, is carried out. Also, some recommendations to improve the technical and biological rehabilitation in mining

¹ Licenciada en Ciencias Biológicas. Profesora Asistente del Centro de Estudios del Medio Ambiente. Instituto Superior Minero Metalúrgico.

² Ingeniero en Minas. Master en Minería. Profesor Asistente del Centro de Estudios del Medio Ambiente. Instituto Superior Minero Metalúrgico.

³ Licenciado en Física. Doctor en Ciencias en las especialidades de Geoquímica ambiental y Espectroquímica. Profesor Titular. Vicerrector de Investigaciones y Posgrado del Instituto Superior Minero Metalúrgico.

projects are given, contributing this to the mitigation of the negative impacts that mining activities produce, for the sake of reach a sustainable development.

Keys words: restauration - technical rehabilitation - biological rehabilitation - mitigation of the negative impacts - systems of treatments for the land

1. INTRODUCCIÓN

Cuba desde la década de los noventa conjuga el desarrollo económico y social sobre la base ética de propiciar el desarrollo sostenible en aras de conservar y proteger el medio ambiente; a raíz de la crisis ambiental mundial el país incorporó y enfatizó los acuerdos de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, al expresar y reiterar el carácter estatal de la protección del medio ambiente, en la Constitución de la República en 1992. La investigación parte de una valoración de las experiencias alcanzadas en la rehabilitación de las áreas mineras explotadas⁴ en las empresas productoras del níquel en la región minera de Moa, Holguín (Cuba) y se hacen recomendaciones para mejorar la rehabilitación técnica y biológica en la minería, contribuyendo así a la mitigación de los impactos negativos que esta produce.

2. CASO DE ESTUDIO DEL MUNICIPIO MOA

En el municipio de Moa desde el 1939, la Compañía Maderera Moa (firma norteamericana) comenzó la tala extensiva de los bosques en el territorio, derivando esta situación a una explotación indiscriminada de los recursos forestales. Unido a esto, el territorio cuenta con grandes reservas minerales que comenzaron a explotarse en la década de los cincuenta, incrementándose la tala de los bosques en las áreas mineras explotadas. Todo esto, a lo largo de los años ha venido produciendo un impacto notable sobre el ambiente, el cual es reconocido por la presencia de numerosas especies endémicas ubicadas en cuatro tipos de formaciones vegetales. Precisamente la alta concentración de níquel (Ni), cromo (Cr) y cobalto (Co) en el suelo laterítico es el efecto ecológico de la serpentina que induce el alto endemismo de las plantas (BORHIDI, 1996), y a la vez es la fuente de materia prima para la industria niquelífera.

En la industria la recuperación del níquel (Ni) y el cobalto (Co) contenido en el recurso mineral se realiza a través de dos tipos de tecnología: lixiviación carbonato – amoniacal de menas lateríticas reducidas (proceso Caron) y el proceso de Lixiviación Ácida a Presión; las actividades mineras asociadas a estas tecnologías se encuentran entre las principales causas de los impactos ambientales de la localidad y precisamente entre estos se encuentra la deforestación y pérdida de biodiversidad, existiendo el riesgo evidente que en estos ecosistemas establecidos durante el largo proceso evolutivo las especies más sensibles en sus requerimientos biológicos y ecológicos van reduciendo sus poblaciones hasta desaparecer en la medida que el impacto en el medio y la fragmentación del hábitat se van acentuando (CHAVIANO, 2007).

La rehabilitación es el procedimiento que se utiliza para subsanar los efectos de la explotación minera. Sus objetivos a largo plazo pueden variar, y abarcar desde la simple transformación de la zona para lograr un lugar estable y seguro, hasta el restablecimiento de la condición original, o lo más semejante posible a la situación previa a la explotación minera, con todos los valores ambientales intactos (STEWART, 1997).

Los Complejos Mineros Metalúrgicos de Moa cuentan con Sistemas de Gestión Ambiental, en los cuales se plantea el uso racional y sostenible de los recursos; dentro de los componentes de estos se encuentran identificados los impactos negativos al medio y la rehabilitación. También de acuerdo al marco legal establecido en la política ambiental de Cuba, se aplica como instrumentos de gestión de la empresa los Estudios de Impacto Ambiental (EsiA) y las Auditorías Ambientales para controlar y fiscalizar el cumplimiento de la legislación sobre la protección al medio ambiente.

⁴ Áreas que forman parte de una concesión minera y en las cuales ha sido explotado el mineral que ofrece interés económico, en la Ley de Minas de Cuba No. 76 (1994) se refiere este término como áreas explotadas (Cap. VII, Artículo 43, inciso g) o superficies afectadas (Cap. XI, Artículo 66, inciso g).

<http://www.parlamentocubano.cu/espanol/leyes/Ley%20N%BA%2076%20MINAS.htm>

El Estudio de Impacto Ambiental que se realiza en cada yacimiento que se va a explotar, incluye una línea base del medio (relieve, hidrología, vegetación, fauna, suelos y medio socioeconómico)⁵, la cual sirve a los especialistas que elaboran el Plan de Minería, incorporándose en el mismo de forma planificada (realizando los cálculos pertinentes) el sistema de drenaje del yacimiento, de manera que las aguas superficiales y subterráneas no afecten las labores de minería, la ley del mineral y a la vez las labores de rehabilitación del medio que ha sido alterado. En esta planificación, la rehabilitación se tiene en cuenta desde el proceso de destape, siendo responsable la empresa de su ejecución con la máxima seriedad, garantizando así la efectividad de la rehabilitación. En este sentido, la planificación de la rehabilitación desde el inicio de la explotación de los yacimientos tiene como primer objetivo evitar la erosión y arrastre de azolves a los cuerpos de agua superficiales, pero a su vez permite la recuperación del suelo para garantizar las condiciones necesarias para el crecimiento de especies vegetales de mayores requerimientos biológicos.

La rehabilitación minera se realiza en dos fases:

- Preparación técnica del terreno
- Recultivación biológica

En la preparación técnica del terreno para mitigar los procesos erosivos de las áreas afectadas por la minería, el método que más se ha utilizado es el de terrazas de plataforma constante, lo cual está sustentado en que este método además de ser utilizado internacionalmente es el que más se ha experimentado en Cuba, específicamente en planes de reforestación en la Sierra del Rosario (TORRES *et al.*, 2002) y en la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Ocuja, Mayarí (MIRANDA, 1984; MILIÁN & BRUZÓN, 1990). En Moa (Figura 1), este método ha garantizado el aumento de la infiltración del agua en el suelo, la reducción de la escorrentía superficial, la disminución de la velocidad de las lluvias y la retención de los sedimentos transportados por el flujo hídrico; resultando apropiado en las laderas de pendiente moderadas con erosión del tipo laminar y lineal incipiente.

Posteriormente de la conformación del terreno, se termina la preparación del suelo adicionando de 2-3 m de escombro estéril y por último una capa de 20-30 cm de suelo vegetal fértil (TORRES *et al.*, 2002).

⁵ Según lo dispuesto en el Artículo 28 de la Ley 81 del Medio Ambiente, en Cuba es obligatorio que todo nuevo proyecto de actividad minera debe someterse al Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, este está regulado a nivel nacional por un Reglamento (Resolución No. 132/2009).

La Resolución No. 132/2009, en el Capítulo III, Artículos 17 define que el titular de una obra o actividad minera debe presentar con carácter previo a su ejecución, la correspondiente solicitud de licencia ambiental ante la autoridad responsable. En el Artículo 18 se desglosa detalladamente desde el inciso a) hasta el u) la información que debe contener la solicitud de la licencia ambiental, específicamente en los incisos i), j), k), l), m), t), u) se detalla la descripción del medio natural y socioeconómico (CITMA, 2009). <http://www.gacetaoficial.cu/codedicante/php>



Figura 1. Método de Terraza (Foto: Fuente propia).

En la fase de recultivación biológica las plantas utilizadas por las empresas mineras de Moa son: *Casuarina equisetifolia* (Casuarina), *Calophyllum antillanum* (Ocuje), *Albizia lebbek* (algarrobo de olor), *Pithecellobium dulce* (Tamarindo chino), *Eucalyptus spp.* (Eucalipto), *Pinus caribaea* (Pino macho), *Pinus cubensis* (Pino), *Anacardium occidentale* (Marañón), *Psidium guajaba* (Guayaba). Las especies *Pinus cubensis* y *Casuarina equisetifolia* han sido las más usadas y las de mayor capacidad de supervivencia y adaptación (Figura 2).



Figura 2. Áreas sembradas con *Pinus cubensis* (1) y *Casuarina equisetifolia* (2) (Fotos: Fuente propia).

Los problemas en la rehabilitación de las zonas minadas están dados en:

- Formación de cárcavas
- Erosión por escorrentía
- Baja implementación de las técnicas desarrolladas e introducidas en otras partes del mundo en cuanto a la preparación técnica del terreno
- Uso de especies no idóneas en la rehabilitación biológica



Figura 3. Área rehabilitada con *Casuarina equisetifolia*, donde se observa la formación de cárcavas (Foto: Fuente propia).

En este último punto, tenemos que referirnos a la siembra con la Casuarina, que aunque algunos autores (GEIGEL, 1980; NODA, 1990; HERRERO, 1995; BRUZÓN *et al.*, 2000, 2004) refieren el uso de esta especie en la rehabilitación debido a que es conocida por sus propiedades como mejoradora de suelo y su plasticidad ecológica, en ninguna de las áreas rehabilitadas por las empresas mineras de Moa ha contribuido a la formación de una capa de suelo enriquecida u óptima para sembrar otras especies de mayor requerimiento biológico, tampoco evita de una forma efectiva la erosión y por ende la formación de cárcavas (Figura 3); lo cual difiere con lo planteado por TORRES *et al.*(2002) de que las plantaciones artificiales utilizadas en la reforestación de las áreas mineras explotadas de Moa, en particular el caso de *Casuarina equisetifolia* , contribuyen a detener los procesos erosivos.

Otro elemento desfavorable que se debe tener en cuenta para el uso de esta especie en la reforestación y rehabilitación biológica de áreas mineras explotadas es que es introducida en Cuba y considerada como invasora según CRONK & FULLER (2001); por lo tanto, de acuerdo con lo referido por TORRES *et al.* (2002), las plantaciones artificiales de Casuarina no restituyen los ecosistemas originales, simplemente crean otro ecosistema funcionalmente diferente donde pocas especies nativas podrán establecerse naturalmente a largo plazo.

Por estas razones prácticas en el municipio de Moa en los últimos cinco años se han buscado otras variantes de rehabilitación donde los territorios minados recuperen el suelo de la forma más rápida posible evitando la erosión, para esto se han combinado métodos de preparación del terreno con la utilización de especies de porte herbáceo que crecen rápido y en pocos años crean una capa de humus adecuada para incorporar otras especies de mayor requerimiento.

Específicamente, en el terreno minado se construyeron diques combinados con postes de madera y rocas para el control de cárcavas y barreras de ramas para el control de la erosión superficial en terrenos de fuertes pendientes (Figura 4). Los diques tienen como función resistir la socavación del lecho de las cárcavas ante el flujo hídrico regular conteniendo los sedimentos transportados, así como la estabilización de las pendientes del lecho en las cárcavas, para su posterior siembra. Mientras que las barreras de ramas contribuyen a la captación de los sedimentos, disipación del escurrimiento superficial y el establecimiento de estructuras aptas para la siembra; además es válido destacar que la aplicación de este método ha sido efectiva en terrenos de pendientes abruptas, en taludes de tamaño variable y de gran pendiente.



Figura 4. Obra de ingeniería: Dique combinado con postes de madera y rocas (1) y Método de Barreras de ramas (2) (Fotos: Fuente propia).

La experimentación con las especies de porte herbáceo en pequeñas áreas de las zonas minadas, resultó una rehabilitación efectiva a corto plazo, garantizando la fijación del suelo a través del recubrimiento total de la superficie con cobertura vegetal; para lo cual se sembraron gramíneas en laderas y taludes (Figura 5) y barreras vivas con otras especies herbáceas (Figura 6). Las coberturas de gramíneas disminuyeron la erosión superficial en terrenos de pendiente variable al disipar la escorrentía superficial en los taludes, reducir la velocidad del flujo hídrico y capturar el material erosionado; por lo que esta variante resultó eficaz para estabilizar los suelos y lograr un impacto significativo en el paisaje a corto plazo.



Figura 5. Método de Coberturas de gramíneas en laderas y taludes (Foto: Fuente propia).

El uso de las Barreras vivas tuvo la misma función que la Cobertura de gramíneas pero con la diferencia que se aplicó en taludes y suelos de pendientes moderadas y fueron efectivas a mediano plazo ya que a medida que pasa el tiempo se van acumulando los sedimentos frente a las barreras de las especies herbáceas sembradas, permitiendo esta acumulación la formación de terrazas.



Figura 6. Método de Barreras vivas (Foto: Fuente propia).

3. ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA LOGRAR UNA REHABILITACIÓN MINERA EFECTIVA

STEWART (1997) plantea que entre los métodos que se utilizan para restaurar laderas, terrenos de minas abiertas y márgenes de cursos de agua se encuentran; el recubrimiento de cárcavas y laderas mediante sistemas de tratamientos del suelo y la vegetación, los diques de contención y otras obras de ingeniería. En concordancia con lo señalado por este autor y lo abordado anteriormente en cuanto a la rehabilitación biológica recomendamos algunos aspectos para la restauración de laderas y cárcavas (preparación del terreno) y la recultivación biológica, de todas las áreas mineras explotadas del territorio y las áreas de Cuba que presenten características similares.

3.1. Preparación técnica del terreno

En la preparación técnica del terreno para minimizar la erosión por escorrentía y la aparición de cárcavas por la alta humedad del suelo producto a las cuencas hidrográficas y la alta pluviosidad presentes en el territorio, es necesario la implementación de técnicas usadas internacionalmente desde hace más de 15 años, específicamente los sistemas de tratamientos de suelo y vegetación publicados en las Guías FAO de Conservación (FAO, 1986).

Métodos de estabilización de laderas:

- Recubrimiento de laderas con vegetación mediante la protección de la superficie con materiales vivos

Los tipos de recubrimientos utilizados internacionalmente tienen como objetivos proporcionar una cubierta inmediata de gran extensión y proteger contra la erosión de corrientes de aguas debido a que el empleo de materiales vivos cubre totalmente la capa superficial de suelo con vegetación y a la vez va contribuyendo a la formación de suelo. Los más utilizados en este tipo de tratamiento son: construcción de colchones de ramas; recubrimiento con césped; siembra de semillas con agua (hidráulica) o sin agua con la utilización de fertilizantes y materiales mejoradores de suelo (Figura 8).

- Métodos de estabilización de laderas mediante el empleo de materiales vivos

La estabilización del suelo se realiza cuando existe la amenaza de que se desarrollen en el terreno fuerzas mecánicas peligrosas de tracción o comprensión, se estabiliza a fondo el suelo y la eficacia es máxima a largo plazo, pues el uso de ramas vivas que se entierran en el suelo posibilita el desarrollo de raíces (enraizamiento), aumento del crecimiento de las plantas y este se intensifica con el desarrollo de nuevas raíces y brotes. Entre los métodos utilizados en este tipo de estabilización podemos mencionar los siguientes:

- Construcción de cordones mediante el sistema Couturier
- Empalizadas trenzadas de vegetación o fajinas de ladera
- Construcción de surcos
- Construcción de lechos de setos vivos, entre otros

Los técnicas para estabilizar el suelo con la utilización de materiales vivos también se pueden combinar con otros materiales no vivos, dando lugar a otros métodos de estabilización de laderas utilizados en la actualidad, entre éstos: Construcción de muros de sostenimiento con lechos de ramas, Muros de piedra y montones de piedra recubiertos de vegetación, Gaviones rígidos con vegetación, Emparrillados vivos de laderas, Construcción de enrejados, Construcción de empalizadas cubiertas de vegetación y postes, Lechos de ramas vivas en las cárcavas.

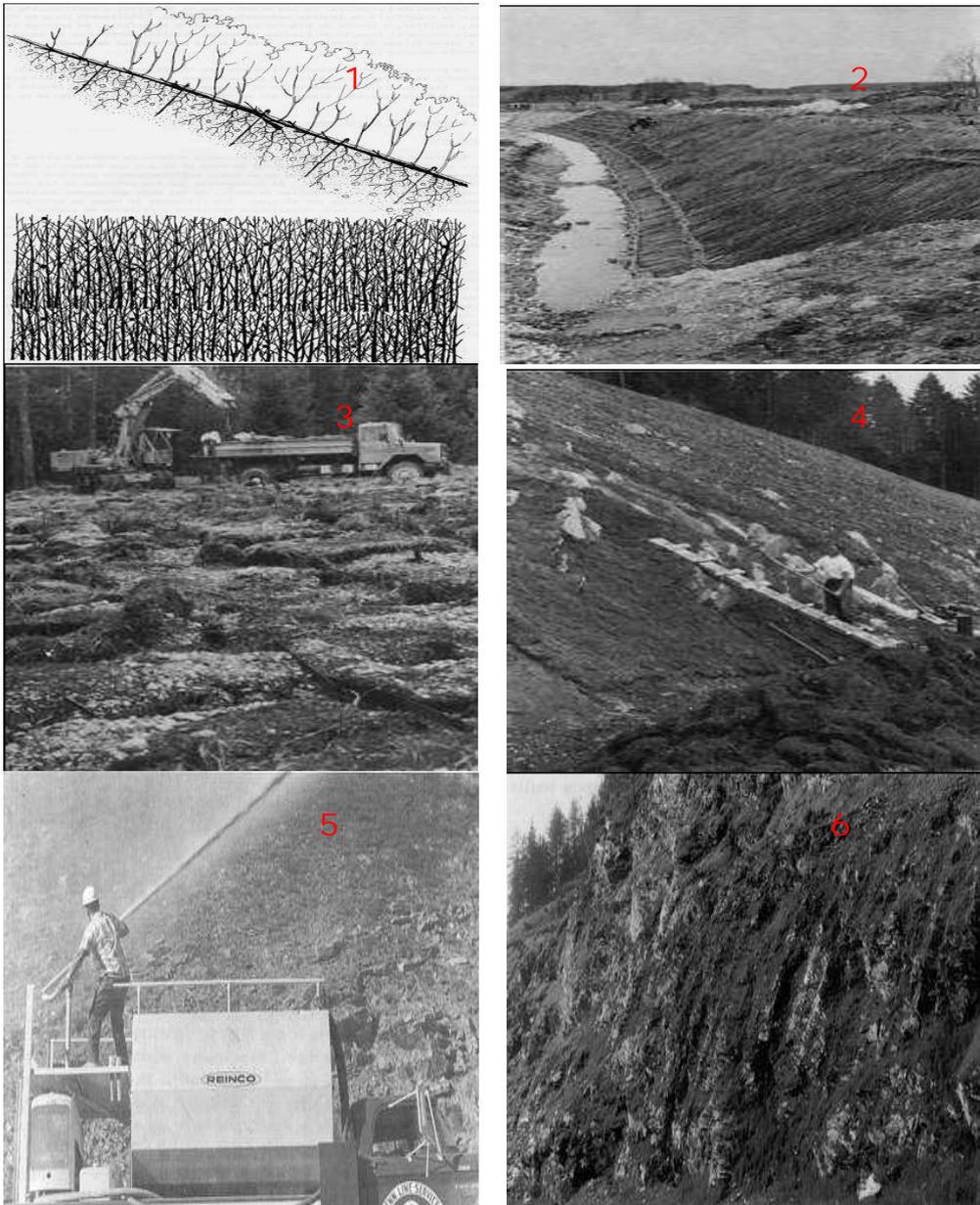


Figura 8. Construcción de un colchón de ramas (1 y 2). Corte mecánico de planchas de césped de pastizal natural (3) y a la derecha se observa la protección de una ladera mediante el recubrimiento con las planchas del pastizal natural (4). Siembra mediante sistema hidráulico (hidrosiembra) (5). Vista de una ladera rocosa e inclinada, al cabo de tres años de haber sido recubierta de vegetación a través de la siembra hidráulica (6). Fuente de fotos: Manual de Ordenación de cuencas hidrográficas. Guías FAO Conservación No 13. Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación (FAO, 1986).

3.2. Rehabilitación biológica

La rehabilitación biológica debe realizarse en dos fases:

Primera fase:

En esta será utilizada para la recultivación plantas de porte herbáceo que crezcan rápidamente y en pocos años crean una capa de humus adecuada para incorporar otras especies de mayor requerimiento, además lo más acertado es utilizar especies herbáceas propias de la vegetación que existen en las formaciones vegetales presentes en las concesiones mineras de Moa, como son:

- Plantas de porte herbáceas: *Andropogon* spp, *Rhyncospora* spp, *Vernonia* spp.
- Helechos que crecen a poca altura del suelo y se propagan rápidamente, entre ellos: *Anemia coriacea* Griseb. ssp. *moaensis* Borhidi, *Pteridium aquilinum* (L.) Kunt.

Esta primera parte de la rehabilitación es efectiva, a corto plazo y constituye el primer eslabón de una rehabilitación sucesional.

Segunda fase:

Una vez recuperado el perfil del suelo y con la aparición de humus aportado por las especies herbáceas se incorporarán árboles y arbustos propios de la localidad teniendo en cuenta la formación vegetal presente antes del destape minero:

Árboles: *Pinus cubensis* (Pino), *Callophylum utile* Bisse (Ocuje), *Jacaranda arborea* Urban (Abey) y *Clusia moensis* Borhidri & Muñiz (Copey), *Tabebuia* sp. (Roble), *Zanthoxylum cubense* (Ayúa), *Didimopanax morototoni* (Yagruma macho) (Figura 10).

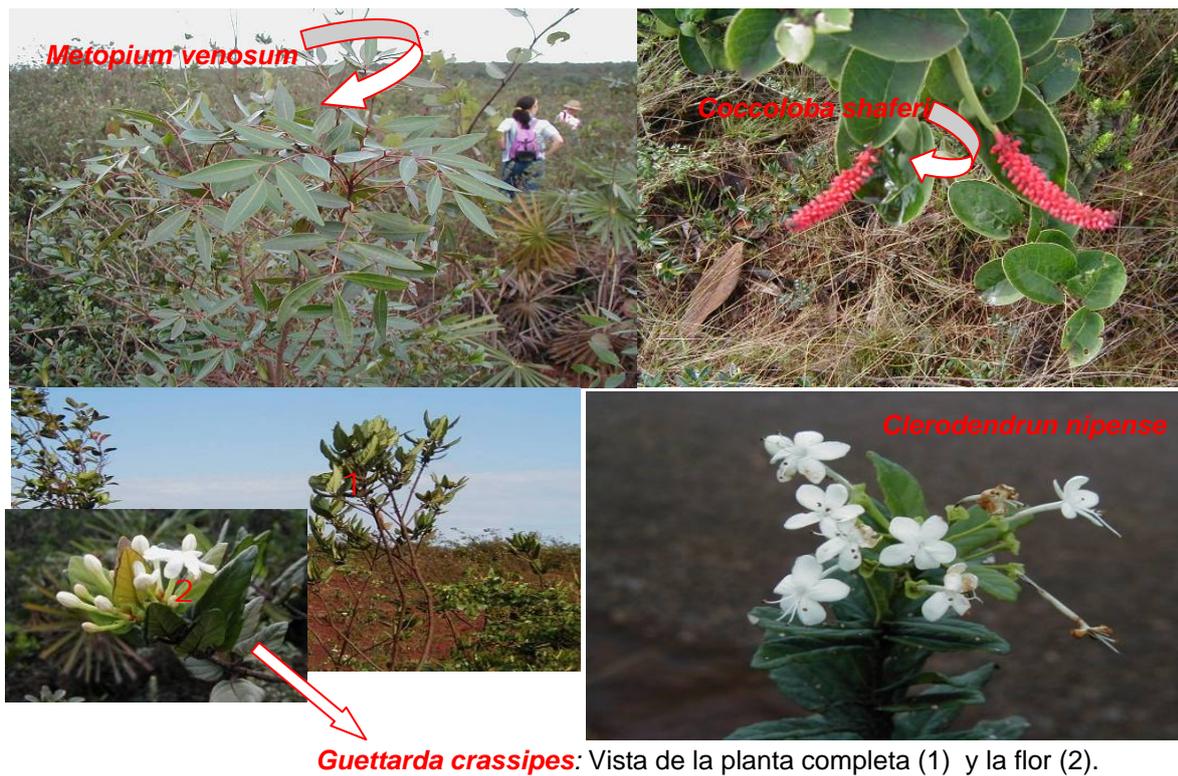
Arbustos: *Plumeria clusioides* Griseb. (Lirio), *Neobracea valenzuelana* (A.Rich) Urb. (Meloncillo), *Metopium venosum* (Griseb.) Engler (Guao del peladero), *Dracaena cubensis* Victorin (Guiñapo), *Chrysophyllum oliviforme* L. (Caimitillo), *Coccoloba* spp. (Uvillas), *Guettarda crassipes* Britton (Cuero), *Guettarda ferruginea* Wright ex Griseb (Cuero peludo), *Clerodendrum nipense* Urb. var *nipense* (Turquesa) (Figura 11).

En las márgenes de los afluentes y arroyos se recomienda la repoblación de la vegetación con las siguientes especies *Callophylum utile* Bisse (Ocuje), *Spathelia wrightii* Victorin, *Cyrilla* sp (Barril, Llorona), *Blettia purpurea* (Lam.) Dc (Orquídea terrestre), *Anemia coriacea* Griseb. ssp. *moensis* Borhidi (Helecho de porte herbáceo).

Las especies recomendadas persisten en zonas altamente afectadas por la minería (camino mineros, trochas, perforaciones geológicas, extracción de madera, entre otras), y a la vez, la introducción de éstas garantizaría una rehabilitación heterogénea y rica en especies propias del lugar.



Figura 10. *Pinus cubensis* y *Jacaranda arborea*, especies arbóreas que se recomiendan para la recultivación biológica (Fotos: Fuente propia).



Guettarda crassipes: Vista de la planta completa (1) y la flor (2).

Figura 11. Imágenes de algunas de las especies arbustivas recomendadas para la recultivación biológica de las áreas mineras explotadas en el territorio (Fotos: Fuente propia).

4. CONCLUSIONES

- La inclusión de las labores de rehabilitación (técnica y biológica) en el proyecto de explotación de los yacimientos mineros desde las primeras etapas contribuye a la reducción de costos y a la reducción del tiempo en que se establece un nuevo ecosistema funcional debido fundamentalmente a la optimización de los recursos disponibles y a la recuperación de la capa activa de suelo que es retirada durante el destape de los yacimientos.
- En ninguna de las áreas rehabilitadas por la empresas mineras de Moa se ha podido comprobar la contribución de la *Casuarina equisetifolia* en la formación de una capa de suelo enriquecida u óptima para sembrar otras especies de mayor requerimiento biológico, además de que por ser una especie invasora en nuestro país, sus plantaciones artificiales no han contribuido a la restitución de los ecosistemas originales creando otros funcionalmente diferentes donde pocas especies nativas han podido establecerse naturalmente a largo plazo.
- La utilización de la rehabilitación biológica en dos fases se muestra como una estrategia acertada en la recuperación de los ecosistemas originales en tanto toma en cuenta los procesos de sucesión biológica naturales y está basada en la combinación de poblaciones de especies locales ampliamente adaptadas a las condiciones y características propias de la región. En este sentido, las especies recomendadas persisten en zonas altamente afectadas por la minería (caminos mineros, trochas, perforaciones geológicas, extracción de madera, entre otras), demostrando su amplia adaptabilidad y su capacidad de supervivencia en condiciones adversas.

5. RECOMENDACIONES

- Aplicar en la recuperación de las zonas minadas las etapas consecutivas que hasta ahora han sido implementadas en los proyectos de rehabilitación técnica y biológica como parte del sistema de gestión ambiental implantado en los Complejos Mineros Metalúrgicos del municipio Moa.
- Incluir en los proyectos de rehabilitación técnica y biológica de todas las empresas mineras del territorio las nuevas técnicas o sistemas de tratamientos desarrollados a nivel internacional en la rehabilitación técnica.
- En función de los usos definidos para cada uno de los territorios minados, se deben sustituir gradualmente las especies primarias, por otras especies características de las formaciones vegetales que estaban presentes en el área y tienen una alta tasa de recuperación en poblaciones bajo regeneración natural.

6. REFERENCIAS

- BORHIDI, Atila (1996) Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba. Akademiai Kiado. Budapest, 923 p.
- BRUZÓN, Nancy; HERRERO, G. & MATOS, A. (2004) Determinación de las dosis adecuadas de fertilizantes para la reforestación de áreas minadas en Pinares de Mayarí, Cuba. Revista Minería y Geología. Nos. 1-2: 102- 107p. ISSN 0258 5979. Moa.
- BRUZÓN, Nancy; MATOS, A. & REYES, E. (2000) Tecnología para la reforestación en suelos degradados por la minería. CITMA. Holguín, 70 p.
- CHAVIANO, Alina (2007) Importancia de los estudios de flora-vegetación en el desarrollo de la minería. Caso de estudio: Moa. Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable. Vol 5, No. 19. ISSN 1913-6196. Consultado 4 septiembre/2009. Disponible en: http://www.revistafuturos.info/futuros19/mineria_moa1.htm
- CITMA (2009) Resolución No. 132/2009: Reglamento del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Gaceta Oficial de la República de Cuba. ISSN 1682 – 7511. Consultado 5 julio/2010. Disponible en: <http://www.gacetaoficial.cu/codedicante.php>
- CRONK, Q. & FULLER, J. L. (2001) Plantas invasoras: la amenaza para los ecosistemas naturales. Manual de la serie "Pueblos y Plantas". Ed. Nordan – Comunidad. Vol 2: 1 y 2 p. ISBN: 9974 – 42 - 074 – 1.
- FAO (1986) Manual de la FAO de ordenación de cuencas hidrográficas. Guía FAO Conservación No. 13/1. Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación. Consultado 27 enero/2010. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD081S.htm>
- GEIGEL, Félix (1980) Restauración de la vegetación en terrenos explotados por la minería en Ocuja de Mayarí. Agrotecnia de Cuba. 13 (2): 155-162 p. La Habana.
- HERRERO, Grisel (1995) Informe final sobre recultivación de áreas minadas a cielo abierto en Holguín. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana, 15 p.
- LEY DE MINAS No. 76 (1994). Consultado 16 septiembre/2010. Disponible en: <http://www.parlamentocubano.cu/espanol/leyes/Ley%20N%BA%2076%20MINAS.htm>
- MILIÁN, C. & BRUZÓN, N. (1990). Tecnologías para la reforestación en suelos degradados por la minería. Informe Final. IIF. La Habana, 10p.
- MIRANDA, R. M. (1984) Conformación de terrazas de plataforma constante en Mina Ocuja, Mayarí. Tesis de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 60p.
- NODA, N. (1990) Rehabilitación de áreas degradadas por la minería a cielo abierto. IIF. La Habana, 12 p.
- STEWART, B. (1997) Repoblación y repoblación forestal, en la mejor práctica de gestión ambiental en la minería. Ed. Environment Australia. Australia, 16 p.
- TORRES, Yamir; RODRÍGUEZ, M.E.; HERRERA, R. E. & OVIEDO, R. (2002) Ecotecnologías para la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Moa. Acta Botánica Cubana. Número especial: No 163 – 167. Instituto de ecología y Sistemática. ISSN 0138 – 6824. La Habana.