

COMBINACIÓN DE LOS TRABAJOS MINEROS CON LOS DE REHABILITACIÓN EN ÁREAS DEGRADAS POR LA MINERÍA EN YACIMIENTOS LATERÍTICOS DE MOA, CUBA.

**Mayda Ulloa Carcassés⁽¹⁾, Ana Caridad Che Viera⁽²⁾, Xiomara Sevilla Rodríguez⁽³⁾
Sunilda Lopez Hinojosa⁽⁴⁾**

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Las Coloradas S/N, Moa, Holguín, Cuba, CP; 83329. Email; imulloac@ismm.edu.cu

(2) Instituto Superior Minero Metalúrgico "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Las Coloradas S/N, Moa, Holguín, Cuba, CP; 83329. Email; ache@ismm.edu.cu

(3) Empresa Cmdte Ernesto Che Guevara, Moa, Holguín, Cuba. E-mail; Xsevilla@ecg.moa.minbas.cu

(4) Empresa Cromo Moa. Moa Holguín Cuba.

RESUMEN

En los últimos años las empresas mineras y los centros de educación superior e investigación están estudiando de manera especial, los principales problemas que plantea la rehabilitación de las zonas dañadas por la actividad minera, desde el punto de vista económico, ambiental, científico. Este trabajo es el resultado de la investigación y el estudio conjunto por especialistas Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, de la mina de la Empresa Cdte. Ernesto Che y de la Empresa Cromo Moa, de las mejores prácticas mineras mundiales aplicadas en el contexto de los yacimiento lateríticos, cromíticos, de rocas ornamentales y en la docencia minera de pre y pos grado.

El resultado de la investigación consiste en la implementación de un método de trabajo que permite simultanear la explotación minera con la recuperación de las áreas afectadas y se fundamenta en la aplicación de una minería selectiva y de transferencia, combinada con el proyecto de rehabilitación, lo cual permite minimizar los impactos negativos y disminuir los costos de explotación sobre la base de una mínima ocupación de áreas externas por depósitos de estéril y costos mínimos de rehabilitación.

Con la aplicación del método se logra armonizar las labores mineras con la conservación del medio ambiente.

ABSTRACT

"SIMULTANEATION THE MINING WITH REHABILITATION IN AREAS DEGRADED BY MINING IN NIKEL LATERITI DEPOSITS."

In the last years the mining companies and the centres of higher education and investigation are studying in a special way, the main problems that outlines the rehabilitation of the areas damaged by the mining activity, from the economic, environmental, scientific point of view. This work is the result of the investigation and the combined study of specialist from Instituto Superior Minero Metalurgico of Moa, of the mine Company Cdte. Ernesto Che Guevara and of the Company Cromo Moa, for the best mining practises applied to the context of laterite, crome, and the training of under graduates and post graduates.

It consists of the implementation of a method that allows simultaneition of mining with the recovery of the affected areas and it is based in the application of a selective mining and of transfer combined with the rehabilitation project that allows to minimize the negative impacts and to diminish the costs of exploitation on the base of a minimum occupation of external areas for deposits of gangue and minimum costs of rehabilitation.

With the application of the method it is possible to harmonize the mining works with the conservation of the environment.

INTRODUCCIÓN

Los principales yacimientos lateríticos se encuentran situado en el municipio de Moa, al noreste de la provincia de Holguín, Cuba, ubicándose dentro de los límites del macizo montañoso Moa – Baracoa; constituyen las reservas minerales de mayor importancia en nuestro país y son considerados como uno de los mayores del mundo para este tipo de mineral (Grupo Internacional de estudio del Níquel, 2003). Se explotan por el método a cielo abierto y la tecnología que tradicionalmente se emplea contamina el aire, el agua y los suelos, afecta el paisaje y rompe el equilibrio natural de la zona (Ulloa M. 1999).

Este proyecto constituye la materialización de la determinación de los investigadores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) en colaboración con especialistas de las empresas productoras, de minimizar los efectos nocivos de la explotación a cielo abierto de estos depósitos de mineral. Sobre la base de las mejores experiencias de la práctica minera mundial, aplicando de forma creadora y con criterios científicos, las experiencias más avanzadas, a las condiciones específicas de esta minería, en los últimos años han desarrollado investigaciones para lograr minimizar o/y mitigar los impactos negativos de este tipo de producción, que ha dado como resultado la obtención de un método de explotación, para el yacimiento Punta Gorda, amigable con el medio ambiente acorde a las normativas legales cubanas e internacionales

La metodología considera simultanear los trabajos mineros con la rehabilitación de las zonas minadas, lo cual proporciona al entorno una adecuada calidad ambiental, disminuye los costos y permite a la empresa avanzar hacia una minería sostenible desde el punto de vista técnico, económico y ecológico.

Esta experiencia se ha consolidado e implementado en otras empresas mineras del país y como práctica de avanzada se ha incorporado a los planes de estudio de pre y posgrado del ISMM de Moa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El fundamento legal de este trabajo lo constituyen la Ley No 76 Ley de Minas, el Decreto 222 Reglamento de la Ley de Mina, la Ley 81 del Medio Ambiente y la Resolución 77/99 del CITMA, Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

La Ley No 76 Ley de Minas promulgada en 1994, constituye el instrumento jurídico más importante en cuanto a la gestión de los recursos minerales y en este sentido es la base fundamental que sustenta este proyecto. (Gaceta Oficial, Julio 1997)

La Ley 81 dispone de forma que la obligación que asume el concesionario de rehabilitar el área afectada por la actividad minera se extiende además a los ecosistemas vinculados con las áreas en cuestión y que puede realizarse cualquier otra actividad relacionada con la protección del medio ambiente según dispongan los organismos correspondientes como forma de compensación del daño causado.

Descripción general de la zona de estudio

El área del yacimiento se caracteriza por tener un relieve montañoso, con cotas absolutas desde 200-500 m y valles profundos de los ríos. En los límites de las divisorias de las aguas se observan formas planas del relieve.

El territorio posee un alto volumen de escurrimiento superficial, determinado por tres factores fundamentales: una litología impermeable, con una limitada capacidad de retención de agua, un intenso y continuo régimen de precipitaciones y un sistema orográfico accidentado y de alta energía hipsométrica.

El clima es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27°C, siendo en el verano de 30 a 34°C y en el invierno de 22 a 26°C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses de Mayo- Junio y Octubre-Diciembre, y dos períodos de seca, Febrero-Abril y Julio-Septiembre. La precipitación media anual es de 1 700 – 1 800 mm.

En la zona del yacimiento se encuentran 4 formaciones vegetales que se disponen, de manera general, desde el mar hacia la tierra en el siguiente orden: manglar, matorral xeromorfo subespinoso (charrascal), pinar y pluvisilvas.

La flora de Moa tienen un nivel excepcionalmente elevado de endemidad: El endemismo general es del 65%, repartido de la siguiente manera: endémicos de Cuba 5%, endémicos de Cuba Oriental 32% y endémicos locales (Moa) 18%. La gestión de este patrimonio depende básicamente de las medidas de protección que adopten las empresas mineras en relación con la vegetación.

La región presenta una mediana densidad de animales endémicos y dentro de la distribución se encuentran algunas especies notables como el murciélago mariposa (*Natalus Lepidus*)

Las principales características ingeniero-ecológicas de la región están determinadas por cuatro elementos fundamentales; en primer lugar por el desarrollo explosivo del nudo industrial de Moa en el cual sobresalen las empresas minero-metalúrgicas encargadas de la explotación de los yacimientos minerales y por la industria de la construcción de las obras que demanda el proceso de urbanización inducido por el primer factor determinante mencionado.

En segundo lugar se destacan las particularidades de los yacimientos citados en forma de extenso manto de rocas intemperizadas cuya potencia industrial oscila entre un metro y pocas decenas de metros, el carácter ácido de sus horizontes superiores y básicos el de los inferiores, lo que regula el endemismo de las distintas especies vegetales que pueblan la región, la coloración carmelitosa-oscura y verdosa-clara respectivamente, en esos horizontes lo que hace que absorban las radiaciones solar en distinta medida e influyan con ello en el caldeo del aire que circula en contacto con la superficie desguarnecidas de vegetación.

En tercer lugar, como se expresó con anterioridad, la región se caracteriza por una pluviosidad relativamente elevada con dos períodos de lluvia y dos de seca al año, así como por una gran permeabilidad sobre todo en los horizontes lateríticos.

En cuarto lugar, el predominio de los vientos procedentes del este y noreste por el día y el terral por la noche, aunque cuando el anticiclón del atlántico se haya bien estructurado y su centro de altas presiones se localiza cerca del territorio estudiado, las brisas marinas y los vientos alisios se imponen también de noche. Las velocidades de los vientos diurnos usualmente sobrepasan los 30 Km/h .

La combinación de los factores tercero y cuarto ha provocado el surgimiento de una flora caracterizada por su alto grado endemismo ya mencionado, con particularidades propias de las

zonas semidesérticas, pluvisilvas y humedales; según se localicen en las zonas altas, en los valles o en zonas costeras bajas, o al abrigo del viento.

Particularidades del proceso minero

Las acciones del proceso minero son las causa que desencadenan impactos, los cuales se miden cuantitativamente de acuerdo a su magnitud y flujo. En este caso comienza y se mantienen durante y después de la explotación minera.

La actividad minera se inicia con la realización de las redes viales que facilitan el acceso de los medios de trabajo a las distintas áreas del yacimiento. La etapa siguiente consiste en la preparación del yacimiento para la extracción del mineral útil, para lo cual se completa el desbroce y se incluye el destape (retirada del estéril) y el escombreo (formación de escombreras) y la fase final son los trabajos de extracción y transporte.

Los trabajos de preparación minera están encaminados a garantizar las condiciones favorables, con el objetivo de lograr la extracción con mayor calidad y lo mas racional posible.

El desbroce consiste en eliminar toda la vegetación en la zona de futura minería que en el yacimiento laterítico está representado fundamentalmente por el Pino Cubensis. Los árboles, raíces y vegetación menor que son arrancadas durante esta operación son depositadas en áreas marginales de la zona en preparación (taludes, cañadas) y en otras ocasiones en áreas no minadas. Esta operación se realiza con buldózer, de acuerdo al orden de explotación de cada zona.

En el destape se extrae la capa laterítica niquelífera pobre en níquel ($ni < 0.9\%$) que generalmente esta presente en la zona superior del yacimiento. La etapa se considera terminada una vez que se alcanza la cota del techo del mineral. El material de destape se deposita en escombreras, de forma que permita su futura utilización. Esta operación ocasiona uno de los principales volúmenes de trabajo en la actividad minera y se realizan con antelación a los trabajos de arranque. El destape provoca efectos negativos para el medio ambiente incrementados por los agentes atmosféricos (lluvia, temperatura y aire).

Debido a las condiciones hidrogeológicas difíciles de este yacimiento, es necesario realizar una serie de trabajos de drenaje para reducir la humedad del mineral y evitar las perdidas de mineral. La efectividad del drenaje depende de factores naturales como la permeabilidad del cuerpo mineral, relieve, características de la zona de alimentación y régimen de lluvia , así como la configuración del fondo del mineral .

La actividad de Extracción y Transporte es la mas importante que se realiza en la mina, y consiste en la extracción de mineral y su traslado hacia la planta de recepción y trituración o hasta depósitos interiores que se hacen con el fin de mantener reservas extraídas del mineral.

Producto de la actividad minera tienen lugar diferentes tipos de procesos en el medio estudiado. En las superficies denudadas por el destape se presentan los procesos de erosión eólica y por tanto de contaminación eólica, así como también en ellas ocurren procesos erosivos de arrastres de partículas que contaminan las aguas superficiales. Estos procesos negativos evidencian un carácter temporal.

Los cortes mineros son superficies donde se crea un nuevo relieve. El escurrimiento y la red de drenaje natural se alteran generalmente, provocándose un intenso arrastre de partículas por erosión desde estas superficies que contaminan las aguas superficiales , formándose nuevos

cauces en la zona circundante. También se produce en ellas el proceso de erosión eólica que provoca la contaminación coneótica. La compactación en estos casos actúa de forma positiva .

En las escombreras se evidencian procesos erosivos intensos, con formación de surcos, cárcavas y deslizamientos provocando la contaminación de las aguas y el aire hasta que logran compactarse y presentarse la forma incipiente de la coraza laterítica con el tiempo.

La principal fuente de erosión eólica y por tanto de contaminación coneótica lo constituye la red vial.

Antecedentes

En el yacimiento Punta Gorda se comenzaron los trabajos de preparación minera en el año 1975. Una parte del material de destape se utilizó en la construcción de la carretera Moa-Punta Gorda y en los diques de la presa de cola de la fábrica.

Los trabajos de extracción de mineral comenzaron en 1985 sobre áreas del yacimiento fuertemente antropizada. Ya se presentaban con fuerza, debido a la deforestación, los procesos erosivos y una alta degradación del paisaje unido a la pérdida total de la vegetación.

La reforestación no se comenzó hasta mediado el año 1996 debido a diferentes causas, existiendo un impacto acumulativo significativo sobre los principales factores ambientales.

En esta primera fase de rehabilitación se preparó un área experimental de 4 ha, con diferentes especies para comprobar su adaptabilidad a las nuevas condiciones. Se adoptó como práctica de recuperación de los terrenos afectados la formación de depósito de agua freática y del escurrimiento superficial para evitar la contaminación de los ríos, donde las condiciones topográficas lo permitían y la reforestación con las especies escogidas.

Resulta muy difícil regenerar la vegetación destruida por este tipo de minería, debido a que el suelo resultante es muy infecundo, posee grandes concentraciones de elementos tóxicos (níquel, magnesio) y es vulnerable a la erosión. Al cambiar sus propiedades primitivas el proceso de regeneración de las especies degradadas es extremadamente lento y muchas veces no se produce.

Los resultados obtenidos con estas prácticas no satisfacían las políticas ambientales de la empresa ni las exigencias de la legislación cubana al respecto, por lo que cual se hizo necesario la búsqueda de nuevos métodos más respetuosos con la naturaleza y de mayor efectividad.

Metodología de rehabilitación

Sobre la base de las mejores experiencias de la práctica minera mundial, aplicando de forma creadora y con criterios científicos las experiencias más avanzadas, a las condiciones específicas de esta minería, en los últimos años un grupo de especialistas han desarrollado investigaciones para lograr minimizar o/ y mitigar los impactos negativos de este tipo de producción, que ha dado como resultado la obtención de un método de explotación amigable con el medio ambiente acorde a las normativas legales cubanas e internacionales.

El método consiste en la implementación de un sistema de laboreo selectivo y de transferencia. La selectividad está dada por la extracción independiente del suelo, el escombros y el mineral, lo cual garantiza una mejor organización para su uso futuro, y lo transferencial radica en la

excavación de un área inicial que permite realizar posteriormente el vertido directo del escombro en los espacios minados.

Con este sistema se consigue:

- Una mínima ocupación de terrenos exteriores a la mina para escombrera.
- La realización de la rehabilitación de los terrenos afectados simultáneamente con la explotación de la mina.
- Menor costo de los procesos de rehabilitación.

Con este método, el estudio y los planes generales del terreno se contemplan desde la etapa de elaboración del proyecto de explotación de la mina, considerándolos como parte integrante de las labores mineras, de manera que tanto el sistema de explotación por minería de transferencia, como la ejecución de las escombreras, permiten y facilitan la utilización posterior del área minada, una vez extraídas las reservas útiles.

La explotación y la rehabilitación se planifican y ejecutan como un conjunto inseparable, en lo que están implicados tanto los responsables de la propia explotación como los de rehabilitación de los terrenos. Esta integración no sólo permite conseguir un alto grado de eficacia y rapidez en los resultados ambientales, sino también obtenerlos a un costo razonable. La falta de planificación puede influir negativamente en el éxito de la rehabilitación, así como la falta de mantenimiento y de cuidados posteriores.

El plan de rehabilitación hace uso de todas las técnicas preventivas y correctivas necesarias para hacer mínimo el impacto ambiental considerando los costos mínimos que permitan la realización de la rehabilitación dentro de la rentabilidad de extracción del recurso minero.

El objetivo de la rehabilitación no es sólo impedir el proceso de deterioro y degradación de la vegetación y el paisaje que se venía produciendo con el tiempo, sino también obtener una regeneración total de los terrenos afectados por la minería, de manera que puedan ser objeto de un uso posterior acorde con las necesidades de la zona.

La metodología de trabajo desarrollada se puede resumir en las siguientes fases:

- Rehabilitación minero técnica del terreno.
- Rehabilitación biológica.

El objetivo de la primera fase es conseguir un suelo estable, lo más regular posible para su uso posterior. Como parte del estudio, se han establecido criterios para alcanzar los objetivos de esta etapa que se exponen a continuación:

1. Modelar la superficie minada de manera que alcance formas similares al relieve natural.
2. Proteger con cobertura herbácea todos los taludes de las zonas minadas.
3. Utilizar los espacios minados con acumulaciones de agua como sedimentadores naturales y para el riego de las áreas reforestadas.
4. Diseñar las escombreras de manera que se logre una mayor integración con el paisaje
5. Emplear en la revegetación especies endémicas de la zona con el fin de recuperar la diversidad biológica

En esta fase se acometen los siguiente trabajos:

- Extracción del escombro y vertido del mismo en escombreras exteriores o los espacios minados. En la última capa se procura verter estériles con una textura y pH adecuada (el primer horizonte de los frentes de destape) para facilitar la penetración en profundidad de las raíces de la cubierta vegetal que se pretende obtener .
- Perfilado de taludes, para evitar los efectos de la erosión, facilitar las labores de reforestación y mejorar la implantación de la cubierta vegetal.
- Extendido del suelo vegetal sobre las plataformas y taludes de escombreras, en capas de 0,30 a 0,60 metro. Este suelo se obtiene mediante la excavación selectiva de la tierra vegetal que existe en el área de excavación y su posterior conservación.

Los trabajos de preparación y conformación del terreno se realizan con el equipamiento propio de la actividad minera.

Teniendo en cuenta la baja cantidad de nutrientes y materia orgánica de estos suelos, es necesario la rehabilitación biológica con el fin de aplicar en los huecos para la siembra, una dosis de nutrientes por plantas para garantizar los elementos necesarios para el correcto desarrollo de las mismas.

La selección de especies se fundamenta en los resultados obtenidos en el área experimental de la mina con plantas de fácil adaptación a las difíciles condiciones y algunas endémicas de la zona. Se han utilizado tres tipos fundamentales de especies: la Casuarina, el Pino Cubensi y diferentes tipos de frutales.

El Pino Cubensis se planta con preferencia en las zonas con relieve suave donde la erosión es menos intensa y la Casuarina por sus características se ha adaptado a cualquier lugar del área. Los frutales se intercalan en hileras con el Pino y la Casuarina.

Con el objetivo de conservar la biodiversidad de la región y de manera especial, se han tomado una serie de medidas que deben tenerse en cuenta en esta fase de la rehabilitación:

- Mantener islas de vegetación virgen en las zonas de baja mineralización que actuaran como bancos biogenético y ayudaran a la propagación de la flora endémica.
- Obtener por moteo otras plantas endémicas para incorporarlas paulatinamente en las zonas a rehabilitar

De las 332 ha afectadas por la extracción del mineral, 192.5 han sido rehabilitadas hasta noviembre del año 2004 con gran efectividad, y en línea general, se pueden mostrar resultados positivos, lo cual ha sido reconocido por los organismos correspondientes. (Cmdte. Ernesto Che Guevara, 2000).

Con la implementación de esa metodología, durante la etapa de cierre y abandono de la mina, solamente será necesario mantener un sistema de monitoreo y control ambiental de las áreas rehabilitadas.

La empresa explotadora ha asimilado paulatinamente el método de trabajo y se esfuerza por hacer compatible la actividad minera y el mantenimiento del equilibrio natural buscando el desarrollo y el bienestar social de la zona sin dañar el entorno.

Esta experiencia se ha generalizado en los yacimientos, Los Naranjos de la Empresa Cromo Moa, Rosado del Río de la Empresa Mármol Bayamo y se ha introducido en la docencia minera de pre y posgrado del ISMM, a través del estudio de casos y de temas específicos en las asignaturas del plan de estudio y de las maestrías y especialidades.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología de rehabilitación en los yacimientos lateríticos y cromíticos de Moa pone de manifiesto que es posible conciliar la explotación minera a cielo abierto con la protección del paisaje, el acondicionamiento y mejora de la superficie del terreno, eliminando los efectos negativos que este tipo de labor ha producido en otras áreas.
- Los beneficios derivados de la implementación del método de trabajo son los siguientes :
 - a) Ecológicos: En la medida que se mejora la estabilidad de los suelos, rocas y minerales expuestos a los agentes erosivos, el control y regulación del escurrimiento superficial y la protección y desarrollo de la vegetación, calidad del aire, de las aguas , etc.
 - b) Sociales: Por la creación de plazas para trabajadores con nuevos perfiles ocupacionales, la superación y recalificación de los cuadros. Se mejora el aspecto estético del paisaje y la calidad de vida de la población y en general del medio ambiente.
 - c) Económicos: Se evidencian en la obtención de menores costos de rehabilitación y se expresan en externalidades positivas derivadas de la conservación y uso racional de los recursos naturales y la reducción de la pérdida de minerales valiosos.

BIBLIOGRAFÍA

- Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara. (2000). Proyecto de Rehabilitación. Informe Técnico.
Gaceta Oficial (1997). Ley No. 81 Del Medio Ambiente. Edición extraordinaria, La Habana.
Gaceta Oficial (1997). Ley No. 77 Ley de Minas. La Habana.
International Nickel Study Group. 2003. Current statistics on nickel. [http:// www.insg.org](http://www.insg.org)
Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería.(1998). Instituto Tecnológico Geominero de España.
Mine Rehabilitation Handbook. (1999) Australian Mining Industry Council.
Pous A. (1985) Recuperación de zonas devastadas por los trabajos minero. Revista Tecnológica. Serie Geología No 1 , Vol. XV. Pág. 69-76.
Ulloa M. 1999. Influencia sobre el medio ambiente de la explotación de los yacimientos níquelíferos de Moa. 35 p
Ulloa M. , X. Sevilla, S. Lopez, A. Che Viera. 2004. Aplicación de tecnologías amigables con el medio ambiente en la explotación de yacimientos lateríticos. Ponencia Forum Nacional de Ciencia y Técnica; 10 p.