

PROPUESTA DE DISEÑO SOSTENIBLE DE LAS ESCOMBRERAS PRODUCIDAS POR LA EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE CROMO

Liliana Pineda Wong⁽¹⁾, Diosdanis Guerrero Almeida⁽²⁾

(1) Ingeniero en Minas. Especialista en Proyectos Mineros. Empresa de Ingeniería y Proyecto del Níquel. Carretera Moa Sagua km 1 1/2 S/N. Moa. Holguín. Cuba. CP: 83 300. Teléfono: (53) - 24 - 60 2270. Fax: (53) - 24 - 60 2271. e-mail: negocio@ceproni.moa.minbas.cu

(2) Doctor en Ciencias Técnicas. Ingeniero en Minas. Profesor Auxiliar del Departamento de Minas del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez". Las Coloradas S/N. Moa. Holguín. Cuba. CP: 83329. Telef.: (53) (24) 60-6678. Fax (53) (24) 60-8190. e-mail: dguerrero@ismm.edu.cu; dguerrero2006@yahoo.es

RESUMEN

En el siguiente trabajo se describen los principales resultados obtenidos durante la realización de investigaciones ejecutadas yacimientos de espenelas cromíferas (cromos). Tiene como objetivo diseñar las escombreras producidas por la explotación subterránea del yacimiento Camagüey II, perteneciente a la provincia de Camagüey; a partir de criterios de sostenibilidad.

Los autores, durante la ejecución del mismo, tomaron en consideración las experiencias acumuladas en la explotación subterránea de los yacimientos de espinelas cromíferas, ubicados en litologías ultramafitas serpentinizadas de la faja ofeolítica de la isla de Cuba, con lo que se pudo caracterizar las afectaciones medioambientales producidas por los residuos mineros. De ahí que se propone un diseño encaminado a eliminar estas afectaciones con una integración paisajística ambiental de las escombreras y su explotación sostenible, lo que demuestra su gran aplicabilidad no solo en Cuba, sino en otras partes del mundo donde existan condiciones análogas.

Palabras claves: minería subterránea, escombreras, medio ambiente, desarrollo minero sostenible.

ABSTRACT

In the following work are described the main obtained results during the realization of executed investigations in the orebody of chromium, Camagüey II. It has as objective to design the dumps resulting from the underground exploitation of the Camagüey II orebody, belonging to the Camagüey province; starting from sustainable criterions.

The authors, during it execution, took in consideration, the accumulated experiences in underground exploitation of the chromium orebody, located in the island of Cuba; through it, they could characterize the environmental affectations that took place by the mining residuals. With these results they propose a design guided to eliminate these affectations with environmental landscape integration of the dumps and it sustainable exploitation, what demonstrates it applicability not only in Cuba, but in other parts of the world where similar conditions exist.

Key words: underground mining, dumps, environment, sustainable mining development.

INTRODUCCIÓN

Las actividades mineras tanto a cielo abierto como subterráneas, producen una gran cantidad de escombro que plantean el problema de su almacenamiento en condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración en el entorno. Las rocas estériles procedentes de las operaciones mineras a

cielo abierto o de las labores de apertura, preparación y explotación subterráneas se depositan, generalmente en escombreras ubicadas en la superficie. Estas se convierten con el tiempo en terrenos con pendientes escarpadas inestables provocando grandes afectaciones al medio ambiente local.

La calidad del suelo en estos lugares, es extremadamente pobre, con un alto contenido de metal, baja capacidad para retener el agua y una gran abundancia de elementos de tamaño importante que limitan la penetración de las raíces de las plantas y su crecimiento.

En las labores de preparación en las minas subterráneas por ejemplo, el escombreo representa un proceso trabajoso. De la calidad de éste depende en amplio margen el ritmo y el rendimiento económico del trabajo de las minas. De ahí que muchos autores consideren oportuno que durante la planificación y proyección de las escombreras se deben considerar los siguientes factores:

- Garantizar una geometría estable. Para ello se definieron los parámetros técnicos de diseño.
- Capacidad del almacenamiento suficiente, ubicación a una mínima distancia de la mina, estar situadas en áreas sin mineral útil, que no obstaculicen el desarrollo de los trabajos mineros y que faciliten la creación de las condiciones de seguridad del trabajo.
- Que el método de escombreo y los medios de mecanización garanticen el almacenamiento continuo de material, la capacidad de recibimiento, los gastos mínimos y la productividad máxima de los trabajadores.
- Proporcionar un sistema de drenaje eficaz que impida las acumulaciones e infiltraciones en las escombreras.
- Mínima afectación al entorno paisajístico, ciñéndolas lo más posible al relieve original.
- Uso de criterios de escala: tamaño de la escombrera y entorno donde se ubica.
- Ubicación en lugares ocultos, aprovechando obstáculos naturales del terreno y alejamiento de focos principales de observación, no tapando vistas panorámicas, etc.

Según (Montero, 2006), la integración de los recursos a su medio es la columna vertebral de la compensación que la sociedad puede lograr en su desarrollo con relación a la explotación de los recursos minerales. El problema en cuestión se constituye, en primer lugar, cómo lograr la reinserción de los residuales al entorno, esto no se trata de la ubicación de los mismos en las escombreras, sino de la reintegración gradual y sistemática al medio de donde proceden. Lógicamente, esta integración es artificial teniendo en cuenta que después de ser procesados, los minerales pierden un alto porcentaje de sus características iniciales, sin embargo, estas transformaciones no se pueden considerar tan profundas como para no permitir la reinserción al medio (Espí, 1999).

Pero la cuestión más importante no sería la integración del recurso como tal de forma aislada, sino la reinserción de este a un sistema donde interactuaba con otros elementos que desaparecieron como consecuencia de las actividades mineras. La integración de los recursos a su medio no se puede producir de forma total. Es incompleta porque aún, cuando pueda devolverse un determinado porcentaje de las características iniciales del medio ambiente donde se ubica la mina, sería necesario recomponer determinadas características especiales que facilitarían la vida de las especies que vivían en esas áreas lo cual no es posible en las condiciones actuales. Sin embargo, con la integración de los recursos a su medio se crean condiciones para restablecer las características del entorno. En segundo lugar, necesariamente, contemplaría la integración a su medio de las especies que habitaban en las áreas desmontadas por la minería, a partir del inicio de la rehabilitación de los terrenos. Para eso las empresas deben conocer previamente las características de la flora y la fauna

que habita en la zona para luego, cuando se concluyan las labores de rehabilitación, devolver a su medio las que puedan encontrar allí condiciones para sobrevivir, adaptarse y multiplicarse.

Esta reintegración se puede realizar directamente con las mismas especies que habitaban en estas áreas o combinándolas con otras que contribuyan a introducir transformaciones positivas en el medio y que no constituyan un peligro para las autóctonas sino, por el contrario, que puedan crear condiciones para mejorar la sobrevivencia de estas. Este tipo de enfoque es de vital importancia porque la minería no solamente impacta ecosistemas, también sus actividades ocasionan impactos negativos sobre sociosistemas situados directamente en la zona donde se ubica la mina o indirectamente. Por dos razones básicas, porque desaparecen los medios que garantizaban su subsistencia o porque se alteran sus estilos de vida por la introducción de nuevas prácticas sociales. Entonces se está abocado a encarar, en tercer lugar, la reinserción de las comunidades afectadas por las actividades mineras y por el cierre de minas.

En la intención de reintegrar los recursos a su medio se puede plantear que las empresas en sus políticas de gestión deben tener en cuenta los espacios libres que deja la minería para ser utilizados como depósitos de residuales. Esto coincide perfectamente con los objetivos planteados en este proceso, considerando que estos se reubiquen en los espacios de los cuales fueron extraídos, creándose condiciones para protegerlos de los agentes erosivos naturales y aptos para desarrollar en ellos actividades alternativas. Estas pueden ser las que se realizaban antes de producirse el minado de la zona, o nuevas actividades de acuerdo con las propiedades que se les puedan devolver a estas áreas.

En sentido general, las acciones a desarrollar tendrían que partir de una primera pregunta en la que se analizará el conocimiento, por parte de las empresas, de las posibilidades de reintegración del recurso para lo cual tiene que utilizarse toda la información que aportan los indicadores que se establezcan para medir la sustentabilidad. Este análisis puede concluir que no es posible la integración del recurso a su medio, caso en el cual tendría la empresa que sugerir variables más adecuadas para minimizar los efectos de su ubicación en otros espacios artificiales. Otra pregunta estaría dirigida al análisis de las compensaciones a los recursos socio - culturales que se impactan negativamente como consecuencia de la actividad minera, es decir; cómo las empresas han considerado sus obligaciones de integrar a espacios naturales o artificiales a los diferentes grupos humanos que residen en las zonas mineras o que son desplazados como consecuencia de la práctica de las actividades propias de estos proyectos. En esta pregunta, se incluyen a los recursos humanos, precisamente, por la visión que se posee acerca del análisis de las relaciones ambientales como resultado de interacciones entre elementos pertenecientes a sociosistemas y ecosistemas.

Este indicador reclama la existencia de una pregunta en la cual se analicen las tecnologías disponibles para realizar la integración de los recursos a su medio y los costos de dichas operaciones. La integración, a la larga, es una necesidad para las empresas mineras porque reduce los costos de la rehabilitación de los terrenos y devuelve algunas propiedades al paisaje destruido por las actividades de la minería. Es decir, que no es necesario mover las grandes cantidades de materiales para depositar en las oquedades que resultan como consecuencia del minado, su relleno profundo se realiza con materiales procedentes de los propios terrenos, situación esta que facilita una rehabilitación más natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Indicadores de sostenibilidad para el diseño de las escombreras

Teniendo en cuenta que los lentes cromáticos de esta zona, se explotarán a través del modo subterráneo, dada su profundidad de yacencia, (40 m), así como que se espera la extracción de gran cantidad de volúmenes de estériles, como consecuencia de los trabajos de apertura y preparación subterránea del campo de mina; es necesario planificar desde el punto de vista sostenible un modelo de escombrera, (Guerrero, 2003). A continuación se explican algunos elementos que se deben tener en consideración para cumplir este propósito.

Lugar de emplazamiento

La elección del emplazamiento de una escombrera se debe basar en indicadores sostenibles; es decir aquellos que recojan aspectos técnicos, económicos, ambientales y socioeconómicos, (Guerrero, 2002). En los indicadores específicos más importantes se encuentra la distancia de transporte desde la explotación hasta la escombrera, que afecta al costo total de la operación; la capacidad de almacenamiento necesaria, que viene impuesta por el volumen de estériles a mover; las alteraciones potenciales que pueden producirse sobre el medio natural y las restricciones ecológicas existentes en el área de implementación.

Por la tecnología de mecanización se construirá la escombrera con buldózers y compactadores, debido a que el escombro será transportado por camiones. La tecnología de construcción es clásica en estos tipos de entornos de montaña; los camiones vierten el estéril y con buldózer se esparce el material en el área. El laboreo de escombreras con buldózers incluyen los siguientes trabajos:

- Descarga del escombro en la plazoleta de descarga.
- Traslado del escombro por el talud con los buldózers (nivelación del borde).
- Trabajos viales y de nivelación.

Como método de laboreo de las escombreras se propone el de plazoleta; donde el escombro se descarga sobre toda el área de la escombrera, después se nivela con los buldózers quedando lista para la segunda capa. La distancia de transportación del escombro por los buldózers no sobrepasará los 5.0 -15.0 m. En este método primeramente se ocupa toda el área de la escombrera y luego se va ganando altura poco a poco, por capas.

Conformación del área de emplazamiento

Antes de iniciar el depósito del escombro se debe realizar la preparación y conformación del área con la finalidad de garantizar las condiciones óptimas para la operación y asegurar una construcción estable y segura.

Para la conformación del área se proponen las siguientes labores:

- Acceso temporal con la finalidad de realizar la tala y el desbroce.
- Tala y desbroce.
- Nivelación de la zona hasta donde sea posible: relleno de las cárcavas, suavizamiento de zonas abruptas, conformación de canales de drenaje, etc.
- Construcción del acceso permanente.

Determinación del ángulo del talud de la escombrera y el factor de seguridad

Para la determinación del ángulo del talud que garantice la estabilidad del mismo se parte del criterio de usar un factor de seguridad (FS) mayor de 1.25 suponiendo que no existen riesgos para personas y propiedades en las zonas de emplazamiento de la escombrera. Este FS es recomendado también por otros autores como Juan Herrera Herbert, (2007), en el libro Elementos de Minería, versión actualizada y revisada para el curso académico 2006-2007 para la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas en la Universidad Politécnica de Madrid.

En la construcción de los ábacos se tomaron como referencia los trabajos desarrollados HOEK y BRAY (1977), así como los datos del tipo de material a depositar. A partir de estos elementos, se estimó el ángulo del talud y se consideró el efecto de las presiones intersticiales debido a la presencia de un nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada. Se ha supuesto además que la línea de saturación coincide con la superficie superior del talud, supuesta horizontal, a una distancia determinada del pie del mismo, definida por comparación con la altura del talud. De igual manera, la línea de saturación está determinada por las ecuaciones propuestas por Casagrande (1934) y citado por Guerrero, (2003), suponiendo la existencia en el terreno de una red de filtración en régimen estacionario. Además de estas consideraciones, se han asumido las siguientes simplificaciones: el material se considera homogéneo en toda la constitución del mismo, el círculo de rotura se hace pasar siempre por el pie del talud, y se considera la existencia de una grieta de tracción que puede estar situada por encima o por debajo de la cresta del talud. A partir de estos elementos, se estimaron como datos de partida los siguientes, (ver **Tabla 1**):

Tabla I.- Datos de partida para determinar el ángulo del talud de la escombrera y factor de seguridad

Altura del talud, H,	45.0 m (considerando 9 pisos)
Cohesión efectiva del terreno, C,	3.7 t/m ² (0.37 Kg/cm ²)
Ángulo de fricción interna efectivo, ϕ,	40°
Densidad del material, γ,	2.01 t/m ³ (promedio entre OICP y OISP)
Factor de seguridad, FS,	1.25
Talud ligeramente saturado (Ábaco Nº 2 del Manual de Ingeniería de Taludes)	

Diseño y monitoreo de la escombrera

El diseño de la escombrera fue realizado usando como base, el plano topográfico de la zona y los parámetros técnicos establecidos teniendo en cuenta el tipo y características del material a depositar y la garantía de la estabilidad y seguridad de la misma. Los resultados obtenidos se reflejan en la siguiente **Tabla 2**:

Tabla II.- Resultados de los cálculos sobre los parámetros de la escombrera principales de la escombrera.

• Altura para cada piso	5.0 m
• Ángulo del talud	1V:1.5H
• Berma de seguridad	5.0 m (permite transitar por ella)
• Ancho de la rampa de acceso	12.0 m
• Pendiente máxima de la rampa de acceso	10.0 %
• Tipo de cuneta de desagüe para rampa de acceso	en forma de "V"
• Tipo cuneta para las bermas de seguridad	en forma de "V"
• Ancho y alto de la cuneta	30.0 cm
• Talud de la cuneta	1:1
• Pendiente para bombeo hacia el interior del talud	- 2.0 %

De igual manera, en las Figuras 1 y 2, se muestran los parámetros de diseño de la escombrera.

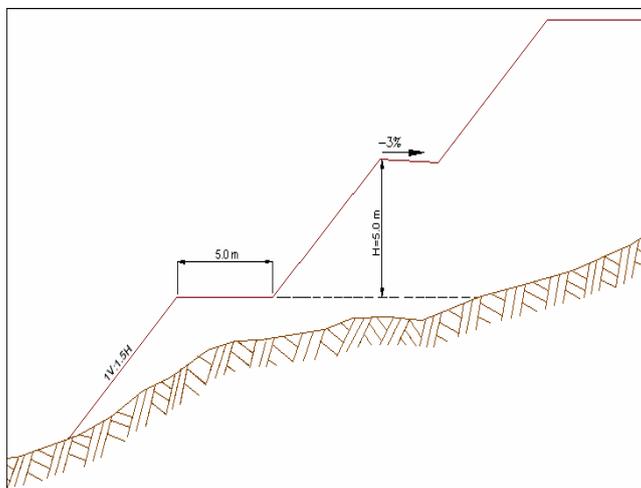


Figura 1.- Parámetros de diseño de la escombrera.

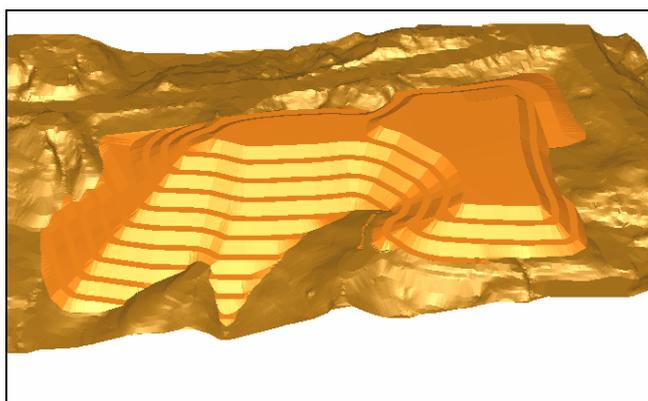


Figura 2.- Vista tridimensional de la escombrera.

Volumen de almacenamiento

El volumen de almacenamiento posible para la escombrera fue estimado usando las herramientas de Gemcom, basado en un modelo de bloques y en el uso del método de las agujas. A partir del diseño final de la escombrera se estiman los siguientes volúmenes, (ver **Tabla 3**).

Tabla III.- Volúmenes estimados de material almacenado en la escombrera diseñada.

Estado del material	Volumen (m³)
Compactado	528,086.41
Suelto	686,598.0

Procedimientos para conformación de la escombrera

Una vez realizada la tala y el desbroce, construido el acceso y conformación del área de emplazamiento, se procederá a depositar el material de abajo hacia arriba. Se conformarán niveles de 5.0m, por capas de 40-50 cm. Cada 0.50m se realizará la nivelación y compactación. Una vez alcanzada la altura y el talud 1V:1.5H, se dejarán los 5.0 m de berma de seguridad y replanteará el pie del próximo nivel.

La berma se le dará una ligera inclinación (-2.0 %) hacia el interior del talud para evitar el escurrimiento superficial hacia el talud del nivel inferior. A partir del pie se conformará el segundo nivel de igual manera, al terminar el mismo se procederá a conformar la cuneta en el nivel inferior para facilitar el drenaje, ésta se revestirá de rocoso. Por los laterales de los niveles erigidos se irán creando canales de desagüe para evitar la erosión de la escombrera.

Replanteo de la escombrera

Los límites de la escombrera deben ser ubicados topográficamente y señalizadas por elementos identificables (estacas, balizas, banderolas, etc.) de manera que se puedan ejecutar con facilidad y siguiendo los parámetros de diseño los trabajos de construcción de la escombrera. El replanteo de los pies y bordes de los taludes es importante para garantizar los parámetros establecidos en el diseño y asegurar la seguridad y estabilidad de la escombrera.

Monitoreo de escombreras

A fin de lograr una seguridad operativa, se debe realizar el monitoreo de las escombreras como una parte integral del desarrollo de éstas, de alturas considerables. La experiencia operativa ha demostrado que las fallas de los diques no ocurren sin un previo aviso.

A menudo, se anteponen intervalos que van de varias horas a unos pocos días, durante los cuales se produce un desplazamiento en la región de la escombrera que avanza con celeridad. Así es que algunos registros de los índices de desplazamiento que muestran un avance progresivo suministran un claro aviso de probable inestabilidad, de manera que el personal y los equipos puedan ser desalojados del lugar antes de que ocurra una catástrofe. Un monitoreo de calidad realizado mediante la observación por parte del personal operativo que trabaja en la superficie de la escombrera, a menudo, es de gran importancia.

Tales observaciones, como por ejemplo los lugares e índices de desarrollo de fisuras en la superficie de la escombrera y los patrones de deformación en la base de la escombrera son indicadores valiosos de mecanismos de fallas y factores que rigen la estabilidad de una escombrera individual.

Como dispositivo de monitoreo se pueden usar puntos topográficos de referencia o dispositivos de medición de movimientos que permiten registrar los desplazamientos de la cresta y la hora y fecha de observación, a partir de lo cual se pueden calcular los índices de desplazamiento, (ver **Tabla 4**). Los desplazamientos de la cresta indican futuras fallas. Los diseños de los índices de desplazamiento frente al tiempo transcurrido advertirán la inminente inestabilidad de la estructura, con un tiempo más que suficiente para desalojar al personal y equipos de la plataforma de la escombrera o de la base antes de que ocurra la falla.

Tabla IV.- Ejemplo de un Plan de Monitoreo para la escombrera diseñada.

INDICADORES	MES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Chequeo visual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Piso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Taludes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Periferia de la escombrera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bermas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monitoreo de puntos topográficos						1						1

Nota: Se tomarán varios puntos topográficos de muestreo en la base y cresta de la escombrera.

Drenaje en la escombrera

El drenaje de la escombrera se garantizará por el escurrimiento superficial a través de cada plataforma, drenado hasta una zanja perimetral que bordeará en forma de herradura la parte Norte de la escombrera hasta el arroyo que se encuentra próxima a la zona de emplazamiento.

La zanja será de 1.0 m de ancho y 0.5 m de profundidad en forma de "V", la cual irá profundizándose en el transcurso del tiempo, el talud será 1V:2H, la pendiente mínima será de -2.0 % y se adecuará a la topografía del lugar. La zanja debe estar ubicada a una distancia mayor de 5.0 m del pie del talud para no provocar su socavación y que posibilite su derrumbe.

Las bermas de seguridad se conformarán con una inclinación de - 2.0 % hacia el interior, de manera que las aguas pluviales sean evacuadas a través de cunetas en el pie del talud de cada piso que tendrán, a su vez, forma de "V" y con pendientes de - 2.0 % hacia la salida exterior de las escombreras para unirse al drenaje periférico. Debido a la erosión, estas cunetas pueden ser afectadas grandemente, por esta razón se recomienda revestirlas de material rocoso y darle mantenimiento siempre que se necesite, mediante la colocación de rellenos y nivelación y reconfiguración de éstas. Se debe impedir la evacuación del agua a través de los taludes. Una vez reforestados los taludes, se minimiza su erosión.

Proceso de integración de la escombrera con el medio

Es conocido que el material estéril procedente de la minería subterránea, una vez depositado en las escombreras, destruye el equilibrio original del suelo, la biodiversidad y la comunidad microbiana. La acumulación de estos materiales en los alrededores de la mina provoca la degradación del ecosistema inmediato. Esos suelos carecen de capacidad nutritiva para el desarrollo de la biomasa y de los procesos microbianos.

De estudios en yacimientos análogos se conoce que los ciclos de nitrógeno y carbono, la humedad y la cohesión del suelo desaparecen prácticamente. No existe en absoluto un suelo orgánico que sirva de lecho para que las plantas echen raíces y que pueda ser soporte para la biomasa, de ahí que la restauración de los ecosistemas que son afectados por este proceso minero, sea de gran importancia para la comunidad y la sociedad en general. Para garantizar la integración al medio de la escombrera antes diseñada es preciso:

- Revestir los taludes con especies vegetales de la zona suficientemente resistente como para formar una masa de reforestación, pero que no deterioren la calidad del estéril el cual podrá ser utilizado en un futuro.

- Realizar monitoreo anual, teniendo en cuenta que se pasarán varios años hasta que puede ser utilizado el material estéril.
- Utilización de materiales orgánicos apropiados para la mejora de la revegetación de la escombrera.

Una vez aplicadas las acciones anteriormente propuestas, se esperan obtener los siguientes resultados:

1. El desarrollo de la cubierta forestal con la restauración de la biodiversidad que evidentemente será destruida por la actividad minera, lo cual posibilitará alcanzar un índice de biodiversidad del 3'2, comparable con el de la vegetación natural.
2. Funcionamiento y estabilización de los ciclos biogeoquímicos. Esto se ha observado a través de estudios que sirven de indicadores de la restauración de la actividad microbiana en estas áreas.
3. Aumentado de la supervivencia de las plantas.
4. Rápida recuperación de los ecosistemas degradados, dando lugar a pulmones de dióxido de carbono, formando suelo fértil y generando madera y frutas.

RESULTADOS

Sostenibilidad Ambiental

- Regeneración de la actividad microbiana en las escombreras.
- Recuperación de los ecosistemas degradados, dando lugar a pulmones de dióxido de carbono, formando suelo fértil.
- Control de la erosión del suelo permitiendo la acumulación de humus y de suelo orgánico.
- La plantación de especies vegetales de las zonas en las escombreras mejoran las propiedades fisicoquímicas y nutritivas del suelo.

Sostenibilidad Social y Económica

- En dependencia de los árboles que se planten, estos pueden producir: frutas, madera para la construcción o para ser utilizada como materia prima en la industria y, por otro lado, la nueva masa vegetal sirve como lugar para la recreación.
- Las condiciones de vida de la población mejora al proporcionarles un entorno limpio y sano.
- Genera ingresos directos e indirectos en la región.
- Demanda mano de obra local y regional.

Sostenibilidad Cultural

- Los terrenos descampados de las escombreras se pueden convertir en un lugar de ocio con un importante valor estético.
- Se produce un cambio en la imagen de la población que vive en torno a las minas y esto ha facilitado su integración social.
- Implementación de programas de desarrollo incluidos en el concepto de "Responsabilidad Social".

CONCLUSIONES

- 1- Desde el punto de vista sostenible se pueden ejecutar el diseño de escombreras producto de la explotación minera, en distintos lugares, una vez que se conozcan los condicionantes específicos

de cada lugar. Sin embargo, el método solo puede ser transferido si se tienen en cuenta las condiciones de cada lugar. Su aplicación sería muy aceptada por la población cercana a las minas donde se aplique, debido a sus ventajas estéticas, ambientales, de ocio, de conservación del bosque y de generación de empleo.

- 2- Con la aplicación de un diseño sostenible de las escombreras generadas por la extracción de recursos minerales, se tienen las pautas principales para alcanzar un desarrollo sostenible, y constituyen una herramienta básica para la búsqueda de soluciones en las políticas de desarrollo ambiental.
- 3- Constituyen una herramienta sumamente importante porque muestran distintos aspectos: *económico, social, cultural y ambiental*.
- 4- La plantación de distintas especies vegetales en las tierras estériles mejora las propiedades fisicoquímicas y nutritivas del suelo. El ámbito de colaboración que se creó en la región, estaba dirigido a la utilización de tecnología específica para esos ecosistemas y a la reforestación de las escombreras.

BIBLIOGRAFÍA

- ESPÍ, J. Los minerales como recurso natural. *Tecno Ambiente* (España), Año IX, No.89, 1999, p.37-41.
- GONZÁLEZ P. R. Y OTROS. "Informe Final de la Búsqueda Detallada de cromita (1983-1987) en 20 Km²". 1989. O.N.R.M. No. De Inventario 3731.
- GONZÁLEZ P. R; CHANG R. A. "Banco de datos geológicos sobre las cromitas de la provincia de Camagüey. O.N.R.M. 1998. No. De inventario 4817.
- GUERRERO ALMEIDA D. Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los yacimientos minerales. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Geología y Minería del ISMMM. Centro de Información Científico Técnica, 2003. 257 P.
- GUERRERO ALMEIDA D. Y R. BLANCO TORRENS. General Criteria of the Sustainability for Mining Activity. En *Indicators of Sustainability for the mineral extraction industry*. [ISBN: 857227-164-3]. Río de Janeiro: CNPq/CYTED, 2002, p. 89-110
- HOEK y BRAY. Manual de Ingeniería de Taludes. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, (ITGME). Ministerio de Industria y Energía. Madrid, España, 1977 300 Pág.
- MONTERO, J. Tesis en Opción al Grado de Doctor en Ciencias Filosóficas. Universidad de la Habana: Facultad de Filosofía, La Habana. 2006 120 p.
- MONTERO, J. J. The indicators of sustainable in mining. In: Villas Boas, R., Beinhoff, C. Indicators of sustainability for the Mineral extraction industry. Río de Janeiro: CNPq/CYTeD. 2002. p.23-46.
- OFICINA NACIONAL DE RECURSOS MINERALES, (ONRM). COLECTIVO DE AUTORES. "Informe sobre los resultados del Levantamiento Geológico complejo del polígono Camagüey". Búsquedas Acompañantes. Tomos VI, VII y VIII. 1988. No. De Inventario 3539.

