

# REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA



Jacobo Urbino Rodríguez  
Berthá Díaz Martínez  
Sergio Sigarreta Vilches

ISBN 978-959-312-240-5

CISAT - CEPRONIQUEL - IES  
GEF-PNUD

## **Portada**

*Euphorbia helenae* Urb., arbusto autóctono cubano perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Es conocida con los nombres comunes de “jazmín del pinar o manzanillo”. Se desarrolla principalmente en el bosque de pino sobre cortezas de interperismo ofiolítica.

# **REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA**

## **Editores científicos**

**Jacobo Urbino Rodríguez  
Bertha Díaz Martínez  
Sergio Sigarreta Vilches**

**2016**

# **COLABORADORES**

## **Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín**

Alejandro Fernández  
Yanier Rodríguez  
Pedro González  
Osvaldo Laffita  
Carlos Peña  
Juan Guarch  
Rafael Salazar  
José A. Ramírez  
Ernesto Torres  
Anel Matos  
Roberto Pérez  
Antonio Vega  
Elier Córdova

## **Instituto de Ecología y Sistemática**

Yamir Torres  
María Rodríguez  
Guillermina Hernández  
Bárbara Muñoz  
Ana Socarras  
Grisel Herrero  
Jorge Sánchez  
Ramona Oviedo  
Yamir Torres  
María Rodríguez  
René P. Capote  
José Guzmán  
Leda Menéndez  
Deisy Vilamajó  
Nancy Ricardo

## **Museo Nacional de Historia Natural de Cuba**

Antonio López

## **Instituto de Geofísica y Astronomía**

Efraín Jaime  
Mario Campo

**Empresa Ernesto Che Guevara de Moa**

María I. García  
Josefina Aguirre  
Caridad Reinoso  
Antonio Cutiño

**Empresa de Servicios René Ramos Latour**

Luís R. Castillo  
José L. Castillo  
Francisco Serrano  
Antonio Capote  
Ricardo Rodríguez  
Luis E. Callejas  
Marta Martínez  
Juan C. Gómez  
Néstor Castro

**Servicio Forestal Estatal de Holguín**

Jorge Gutiérrez

**Instituto de Investigaciones Forestales**

Arsenio Renda

**Empresa Nacional de Flora y Fauna**

Nancy Bruzón

**Departamento de Sismología, CITMA, Holguín**

Yamina Ríos  
Nicolás Vega

**Otros**

Ramón Quinta  
Nilson Peña  
Norge Noda  
Luis R. Días  
José M. Cordovéz  
Patricia Lancho  
Juan Yamacho  
Ciro Milian

# AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las entidades y personas que de una forma directa o indirecta han participado o simplemente han servido como inspiración y apoyo para la elaboración de esta obra, entre otros a:

## Entidades

Western Miner Corporation de Australia  
Empresa del níquel Ernesto Ché Guevara de Moa  
Empresa de Servicios René Ramos Latour de Nicaro  
Empresa de Rehabilitación Minera Rosa Elena Simeón  
Compañía minera Moa Nikel S. A.  
Unidad de Medio Ambiente de Holguín  
Delegación del CITMA en Holguín  
UPSA-CITMA de Guantánamo  
Centro Provincial de Meteorología de Holguín  
Departamento de Sismología de Holguín  
Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba  
Agencia de Medio Ambiente del CITMA, Cuba  
Instituto de Ecología y Sistemática de Cuba  
Instituto de Geofísica y Astronomía de Cuba  
Museo de Historia Natural de Cuba  
Servicio Forestal Estatal de Holguín  
Empresa Nacional de Flora y Fauna

## Personas

Germán del Corral  
Lázara Sotolongo  
Pedro Pérez  
Mayra Fernández  
George White  
Gerardo Machado  
Pablo Fernández  
Gisela Alonso  
Maritza García  
Armando Payo

## **A la memoria de:**

Rosa Elena Simeón, Ricardo Herrera, Eduardo Martínez, Onaney Muñiz, Veroslav Samek, María Herrera y Leda Menéndez.

# Índice

|   |         |
|---|---------|
| <b>PROLOGO</b>  |         |
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....   | 1 - 4   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 5 - 10  |
| <b>CAPITULO I.</b>  |         |
| <b>CONCEPTOS Y TÉRMINOS PARA LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.</b>  |         |
| <b>RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL.</b>   |         |
| Fundamentación, Ecología, Historia de la Ecología, Medio Ambiente, Restauración y Rehabilitación Ecológica; Restauración y Rehabilitación Ambiental. .... | 11 - 15 |
| <b>REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA (RAM)</b>  |         |
| En que consiste la RAM. ....  | 16 - 17 |
| <b>TIPOS DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA.</b>   |         |
| La Rehabilitación Ecológica Conservativa, la Rehabilitación Ecológica Productiva y la Rehabilitación Ecológica Especial. ....                             | 18      |
| <b>ECOLOGÍA Y ECOSISTEMA</b>  |         |
| Consideraciones, Ecología, ecosistema, componentes del ecosistema, funciones de los compartimentos del ecosistema .....                                   | 19 - 20 |
| <b>ATRIBUTOS DE LOS ECOSISTEMAS.</b>  |         |
| Atributos de los ecosistemas. Nivel de resistencia. Nivel de resiliencia. Relación resistencia – resiliencia. ....  | 21      |
| <b>SUCESIÓN ECOLÓGICA</b>   |         |
| La sucesión como proceso de desarrollo de los ecosistemas y el agrupamiento de especies. Sucesión primaria y secundaria .....                             | 22 - 24 |
| <b>FILTROS ECOLÓGICOS</b>   |         |
| ¿Qué son los filtros ecológicos?. Filtros abióticos, filtros bióticos y filtros socioeconómicos. ....   | 25      |

|  |         |
|--|---------|
| <b>TEORIA DEL DISTURBIO</b>  |         |
| ¿Qué son los disturbios?. Disturbios naturales, disturbios antrópicos, estrategia de manejo de los disturbios, régimen de los disturbios. Historia Ambiental. -----    | 26 - 27 |
| <b>CAPITULO II.<br/>RESTAURACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HUMANO ANTE EL MEDIO AMBIENTE.</b>   |         |
| <b>“LA MEJOR FORMA DE HACER LAS COSAS ES LA MEJOR PRÁCTICA AMBIENTAL”</b>  |         |
| Fundamentación. -----  | 28      |
| Comportamiento Ambiental y modelo teórico. -----   | 29 - 30 |
| <b>PROGRAMA DE CULTURA AMBIENTAL Y TECNOLÓGICA (PCAT).</b>   |         |
| ¿Qué es un Programa de Cultura Ambiental y Tecnológica? Objetivo de un PCAT. Fines de PCAT. Direcciones estratégicas de un PCAT. Etapas de ejecución de un PCAT. ----- | 31 - 32 |
| <b>PLANIFICACIÓN DE UN PCAT.</b>   |         |
| Evaluación de la efectividad de formación de cultural ambiental empresarial. Conocimiento, Conducta y formación de la Conciencia Ambiental. -----                      | 33      |
| Dirección 1. El Conocimiento. -----  | 34 - 36 |
| Dirección 2. La Conducta. -----  | 37 - 38 |
| Dirección 3. La Conciencia. -----  | 39 - 48 |
| <b>PROGRAMA DE INTERPRETACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL</b>  |         |
| Implementación de un Programa de Interpretación Ambiental Empresarial (IAE). ¿Qué es la Interpretación Ambiental (IA). Objetivo general de la IA. -----                | 49 - 50 |
| Planificación de la Interpretación Ambiental Empresarial (PIAE). -----   | 51 - 53 |
| Niveles de la Planificación de la Interpretación Ambiental Empresarial. -----  | 54      |
| Fases de la Planificación Interpretativa Ambiental Empresarial. -----  | 54 - 58 |
| <b>BENEFICOS Y LIMITACIONES DE UN PCAT.</b>  |         |

|   |           |
|---|-----------|
| Beneficios y limitaciones .....   | 59        |
| <b>ESTUDIO DE CASO</b>  |           |
| Estudio de Caso No.1. Elaboración y aplicación de la IAE en la Compañía Minera Pinares S. A. Exploración Geológica. ....                          | 60 - 72   |
| <b>CAPITULO III.<br/>HISTORIA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES ASOCIADOS A LAS LATERITAS NORORIENTALES DE CUBA.</b>                    |           |
| <b>RECURSOS NATURALES MINEROS.</b>  |           |
| Fundamentación. Las lateritas niquelíferas en el mundo. Yacimientos niquelíferos cubanos. Ubicación de los yacimientos niquelíferos cubanos. .... | 73 - 74   |
| <b>HISTORIA NATURAL Y AMBIENTAL DE LA REGIÓN.</b>   |           |
| Historia Natural. Origen probable de la flora cubana .....  | 75 - 77   |
| Vegetación original y su mapa vinculado al área de influencia de lateritas niquelíferas. ....   | 78 - 82   |
| Los asentamientos aborígenes y la llegada de Cristóbal Colon a la región. ....  | 83        |
| Historia Ambiental de la región niquelífera de Cuba nororiental. ....   | 84 - 89   |
| <b>CARACTERÍSTICAS FISICOGEOGRÁFICAS Y BIOGEOGRÁFICAS.</b>  |           |
| <b>CARACTERIZACIÓN FISICOGEOGRÁFICA.</b>  |           |
| Geología. Suelos. Clima. Hidrología. ....   | 90 - 102  |
| <b>CARACTERIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA.</b>   |           |
| Vegetación y Flora. ....  | 103 - 115 |
| Ecología del paisaje. Distribución Hidro- Topográfica de la vegetación.....   | 116 - 118 |
| Unidades del Paisaje. ....  | 119 - 120 |
| <b>BREVE HISTORIA AMBIENTAL DE LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS MINADAS.</b>  |           |

|  |           |
|--|-----------|
| Rehabilitación Ecológica en el contexto internacional. -----   | 121 - 122 |
| Restablecimiento natural de un área devastada a principios del Siglo XX por la minería a cielo abierto en Pinares de Mayarí, Cuba. ----- | 123       |
| Desempeño Ambiental del proceso de rehabilitación ecológica de áreas minadas por la industria niquelífera cubana. -----                  | 124 - 129 |
| <b>CAPÍTULO IV.</b>  |           |
| <b>GESTIÓN, NORMATIVAS Y LEGISLACIÓN AMBIENTAL VINCULADA A LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA.</b>  |           |
| <b>GESTIÓN, NORMATIVAS Y LEGISLACIÓN AMBIENTAL.</b>  |           |
| Fundamentación. -----  | 130       |
| <b>GESTIÓN AMBIENTAL.</b>  |           |
| Definición de Gestión Ambiental. Medio Ambiente y minería a cielo abierto, Tiempo Minero y Tiempo Ecológico -----                        | 131       |
| Modelo de Gestión Ambiental para la minería. -----   | 132       |
| Principios generales de la Gestión Ambiental Minera. -----   | 133       |
| Actividades de la Gestión Ambiental Minera. -----  | 134       |
| Descripción de las actividades de la Gestión Ambiental. -----  | 135 - 140 |
| Impactos negativos de la Gestión Forestal en territorios mineros a cielo abierto. -----  | 141 - 142 |
| <b>NORMATIVAS AMBIENTALES.</b>   |           |
| Definición de Normativas Ambientales. -----  | 143       |
| Fines y principios generales de la RAM. Principios específicos. -----  | 144 - 146 |
| Normativas Ambientales para las actividades mineras a cielo abierto.<br>Aspectos generales para la Explotación Minera. -----             | 147       |
| Manejo de impactos específicos.<br>Caminos y trochas de acceso. Apertura y reapertura. -----   | 148 - 152 |
| Exploración Geológica. Actividades de topografía. Actividades de Geoquímica y  |           |

|   |           |
|---|-----------|
| Geofísica. Actividades de perforación. Excavación de pozos. Restauración ecológica del terreno. -----   | 153 - 155 |
| Extracción del Mineral. Aspectos Generales. Preparación del yacimiento. Recomendaciones. -----  | 156 - 159 |
| Rehabilitación Ecológica de áreas minadas. Aspecto general. Rehabilitación ecológica del terreno. -----   | 160 - 164 |
| <b>LEGISLACIÓN AMBIENTAL MINERÍA.</b>   |           |
| Relación entre Legislación Ambiental cubana y Rehabilitación Ambiental Minera. Ley 81 de Medio Ambiente. Ley No. 76. Ley de Minas. Decreto Ley No. 79. Ministerio de la Agricultura. Protección, usos y conservación de los Suelos y sus contravenciones. Ley 85. Ley Forestal. Propuesta de inclusión en la legislación cubana ----- | 165 - 173 |
| <b>CAPITULO V.<br/>PROCEDIMIENTOS DE LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.</b>  |           |
| <b>REAHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.</b>  |           |
| Concepto, particularidades y objetivo del capítulo -----  | 174       |
| <b>COMPONENTES DE UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA MINERA.</b>   |           |
| Componentes y modelo -----  | 175 - 177 |
| <b>PROCEDIMIENTOS.</b>  |           |
| <b>INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (IC).</b>   |           |
| Fundamentación.-----  | 178       |
| Monitoreo Ecológico. -----  | 179 - 188 |
| Historia Medioambiental. -----  | 189 - 190 |
| Diagnóstico Ambiental. -----  | 191 - 200 |
| Pronóstico Ecológico. -----   | 201 - 208 |
| Estudio de Caso No. 2. (IC). Mina de níquel, Compañía Pinares S. A. Experimento de Revegetación Espontánea. -----   | 209 - 211 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INVESTIGACIÓN GEOLOGO-MINERA (IGM).</b>   |           |
| Pormenores de la IGM. -----  | 212       |
| La Exploración Geológica. -----  | 213 - 214 |
| El Ordenamiento Minero Ambiental. -----  | 215 - 216 |
| <b>PROYECTO EJECUTIVO.</b>   |           |
| Premisas de un Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación Ecológica. -----   | 217       |
| Deforestación del yacimiento. -----  | 218 - 219 |
| Destape. -----   | 221 - 223 |
| Extracción del mineral. -----  | 224       |
| Rehabilitación física del terreno. Restablecimiento del Relieve / Drenaje.<br>Distribución del escombros estéril y subsolación del terreno. Distribución de<br>la capa vegetal conservada. -----                               | 225 - 228 |
| Rehabilitación biológica del terreno. Restauración de la flora. Restauración de la<br>fauna (faunización). Mantenimiento.-----   | 229 - 233 |
| <b>CRITERIOS DE RENDIMIENTO Y MEDIDAS DE CONTROL PARA LA<br/>REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.</b>  |           |
| Criterios de Rendimiento. -----  | 234       |
| Evaluación del Desempeño Ambiental de la Rehabilitación Ecológica. Evaluación<br>Fisicogeográfica y Biogeográfica. Indicadores Ecológicos. Calidad Ecológica. -----  | 235 - 237 |
| Indicador de Calidad Ecológica. Matriz de evaluación de la Calidad Ecológica de un<br>sitio en proceso de rehabilitación. -----  | 238 - 239 |
| Procedimiento para aplicar la Matriz de Evaluación de Calidad Ecológica. -----   | 240 - 243 |
| Rehabilitación Socioeconómica. Evaluación del Uso Público y Empresarial<br>de las zonas rehabilitadas. Uso del Suelo posterior a la Explotación Minera.<br>Asentamientos establecidos. Red de accesos. -----                   | 244 - 245 |
| <b>MEDIDAS DE CONTROL E INSPECCIÓN AMBIENTAL.</b>  |           |
| Inspección y Control Ambiental de las áreas rehabilitadas o en proceso de<br>rehabilitación. Monitoreos Ambientales. Auditorías Ambientales Internas.<br>Auditorías Ambientales Externas. Inspecciones Ambientales Operativas. |           |

|  |           |
|--|-----------|
| Supervisión Ambiental Operativa. -----   | 240 - 241 |
| GLOSARIO. -----  | 248 - 257 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. -----  | 258 - 265 |
| ANEXOS.  |           |
| Tablas de evaluación -----   | 266 - 274 |
| Fundamentación. Ejemplo de planificación de la Explotación - Rehabilitación. ----- | 275 - 290 |
| Árboles, palmas, arbustos autóctonos. Plantas introducidas y pioneras. -----       | 291 - 295 |

*“La Mejor Práctica Ambiental es., la mejor forma de hacer las cosas”.*

*Este libro es el resultado de la experiencia teórica y práctica de un grupo de profesionales que por más de 20 años han estado vinculados directa o indirectamente a investigaciones ecológicas y a actividades mineras.*

*En especial está dirigido a los gerentes, trabajadores y contratistas que día a día enfrentan las diferentes actividades mineras, como lo son la Exploración Geológica, la Construcción de Infraestructura, la Extracción del Mineral y la Rehabilitación Ecológica de las áreas minadas, aunque también servirá como material de consulta y estudio a profesores y alumnos, así como al personal dedicado a realizar el control y la supervisión en materia de medio ambiente a la industria minera, por lo cual está redactado con un lenguaje lo más sencillo y a la vez profesional posible.*

*El objetivo general de esta obra es sobre todo contribuir a la rehabilitación ecológica efectiva de las áreas devastadas por la minería a cielo abierto en regiones de alto valor de flora y fauna exclusiva de Cuba, lo cual se logrará mediante la aplicación de la tecnología aquí descrita.*

*Seguro estamos mineros, que tú conoces que la industria del níquel le proporciona a Cuba altos ingresos para el desarrollo, el cual se revierte*

*en obras sociales de beneficio al pueblo; como la construcción de hospitales, escuelas, obras deportivas, círculos sociales, carreteras y otras actividades sociales y productivas. Sin embargo...*

*¿Sabías que las regiones niquelíferas cubanas están ubicadas en las áreas de mayor riqueza florística y faunística de Cuba y las Antillas?*

*¿Sabías que los yacimientos niquelíferos de Cuba coinciden con el área de mayor potencial hidráulico del país?*

*¿Sabías que tus impactos negativos sobre el medio ambiente son los más devastadores del país?*

*Este libro te dará la oportunidad de saber todo lo necesario para explotar de forma racional los recursos mineros y lo más sabio..., te dará la oportunidad de conocer la mejor forma de hacer las cosas para afectar lo menos posible el medio ambiente así como su restablecimiento de forma eficaz.*

*Antes de realizar cualquier actividad minera debes tomar en cuenta cinco principios fundamentales para garantizar el éxito total de la Rehabilitación Ambiental Minera, estos son:*

- 1. Garantizar la restauración de la actitud del hombre minero ante el medio ambiente, lo cual se logrará mediante la obtención de un efectivo Conocimiento, una correcta Conducta y una positiva y perdurable Concientización hacia el medioambiente.*

2. *Realizar un correcto Ordenamiento Minero Ambiental del yacimiento, lo cual proporcionará una racional explotación del mineral y a la vez la minimización de los impactos negativos a los ecosistemas naturales o de reemplazo implicados en dicha explotación.*
3. *Conservar y reutilizar al máximo las interacciones biológicas presentes en la parte aérea de los ecosistemas, así como el potencial biológico contenido en la capa vegetal del suelo.*
4. *Considerar la protección del medio ambiente como parte importante de la actividad comercial de la empresa.*
5. *Concebir el Proyecto de Rehabilitación Ambiental Minera como un sistema altamente complejo, donde los problemas ambientales y sus soluciones son también altamente complejos, donde el enfoque del todo y la integralidad son sus elementos esenciales de su actuar.*

*Solo así querido minero, tomando estos cinco principios muy en serio y con una alta responsabilidad lograras alcanzar un total éxito en la actividad de Rehabilitación Ecológica de una mina a cielo abierto.*

*Quizás la tecnología aquí descrita te parezca extremadamente compleja, pero minero, haz un esfuerzo, léela con detenimiento, paciencia e inteligencia y así te darás cuenta que no es tan difícil su aplicación y la tomarás inclusive como parte importante de tu propia vida.*

# *Carta a los mineros*

*Un día del mes de este año*

*Amigo minero.*

*Todo cuanto veas y leas a continuación sobre la vegetación, la flora, la fauna, el agua y el suelo, están siendo severamente afectados por las actividades mineras que tú realizas a diario.*

*Por favor, esfuérzate al máximo por disminuir tus impactos negativos sobre estos recursos que yo te doy y al final, haz todo lo posible por hacer regresar a estas áreas afectadas, precisamente la flora, la fauna, la calidad del agua y el restablecimiento del suelo..., en fin, la vida.*

*Gracias.*

*La Naturaleza...*

# REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.

**Autores:** Jacobo Urbino Rodríguez, Bertha Díaz Martínez y Sergio Sigarreta Vilches

## INTRODUCCIÓN.



Environment Australia, 1997.

“La conservación de la vida en la Tierra y la gestión de los recursos naturales bajo un punto de vista global, se ha convertido en un reto inaplazable para la perpetuación de la propia especie humana, sin embargo, esto no impide la extinción de especies, la pérdida de hábitat, la fragmentación de los ecosistemas, la contaminación de cuencas hidrográficas y en general la pérdida de la diversidad biológica” (Vilamajó et al., 2002).

La protección del medio ambiente es una de las prioridades más importantes de la sociedad en la actualidad, por ello, ha sido una de las preocupaciones primordiales de numerosos gobiernos del mundo definir, implementar y velar por el cumplimiento de leyes y normas ambientales, tanto a nivel comunitario y empresarial, como individual, de tal forma que garanticen una gestión positiva y efectiva en todos los aspectos ambientales.

Uno de los sectores económicos que más ha incidido históricamente en el deterioro del medio ambiente y en particular en la diversidad biológica, ha sido el sector industrial y en especial el dedicado a la explotación de los recursos no renovables, como es el caso de la minería a cielo abierto.

Es por ello, que para minimizar y mitigar los impactos negativos que esta actividad provoca, la industria minera en muchas partes del mundo ha adoptado de forma prioritaria el concepto de Desarrollo Sostenible (Ward, 1997), el cual está definido en la Ley 81 de Medio Ambiente de Cuba (1997) como el “proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfacen las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”.

Como todo sistema social, el Desarrollo Sostenible tiene sus propios “principios”. Entre estos, aplicables a la actividad minera, se pueden citar los siguientes: (1) “respetar y cuidar la comunidad de los seres vivos”; (2) “mejorar la calidad de vida humana”; (3) “conservar la vitalidad y diversidad de la Tierra”; (4) “reducir al mínimo el agotamiento de los recursos no renovables” y (5) “modificar las actitudes y prácticas personales referentes al medio ambiente” (UICN, PNUMA y el WWF, 1991).

Una etapa importante donde deben cumplirse los principios del Desarrollo Sostenible aplicables a la minería es durante todo el proceso de rehabilitación ecológica de las áreas devastadas, siendo este proceso parte esencial de todo proyecto minero.

Las compañías explotadoras de recursos mineros, sobre todo a cielo abierto, deben procurar la protección del Medio Ambiente, lo que incluye la conservación de la biodiversidad, tomando como propia la protección y manejo de la misma (Ward, 1997).

Vilamajó et al. (2002) afirman: “la conservación de la diversidad biológica es hoy reconocida como uno de los problemas más apremiantes de la humanidad, relacionado estrechamente con el necesario desarrollo económico y social de las naciones”, considerando además que, “es por la aparente contradicción entre conservación y desarrollo que los pueblos se preguntan cuánto y cómo pueden utilizar sus recursos sin que disminuya la capacidad de renovarse a sí mismo”, a lo que podemos responder “sólo a partir de estrategias cuyos objetivos se centren en lograr el Desarrollo Sostenible”.

Una adecuada gestión ambiental durante todo el ciclo de vida de una mina reducirá al mínimo el efecto negativo de la Explotación Minera sobre el medio ambiente y en especial proporcionará la conservación de la biodiversidad. “Esto será particularmente importante cuando hubiere efectos negativos en especies exclusivas de la flora y la fauna, o en vías de extinción” (Ward, 1997).

El libro de Rehabilitación Ambiental Minera (RAM) que se presenta tiene por objetivo principal dotar a las empresas mineras de un instrumento para lograr de forma efectiva el restablecimiento de los ecosistemas devastados por la minería a cielo abierto, o lo que es lo mismo “el restablecimiento de la conectividad en ecosistemas devastados”, entendiéndose que RAM “es el proceso de carácter holístico que da soluciones teórico – práctica al proceso que potencia el

restablecimiento ecológico y socioambiental de sitios y/o zonas que han sido devastadas o afectadas por la actividad minera a cielo abierto” (Urbino, inédito).

“Ante la degradación natural como antrópica de los ecosistemas, la restauración y rehabilitación ecológica, parecieran ser la última opción para la sobrevivencia de la especie humana y de la vida en general en el planeta” (Barrera et al., 2010).

Para poderla llevar a cabo el hombre debería cambiar de actuar, darle el verdadero valor a la vida y entender que cada vez son menos las opciones para las generaciones futuras.

“De alguna manera, se debería desacelerar la tasa de degradación de los ecosistemas, aunque para lograrlo se deba replantear el modelo económico del consumismo, lo cual pareciera algo imposible, pero a los sistemas no se les puede pedir más de lo que no pueden dar, ya que de poco sirve hacer restauración o rehabilitación si sigue avanzando el deterioro” (Barrera et al. 2010).

El trabajo actual toma como base parte de la experiencia de compañías mineras australiana, así como los resultados de las “buenas prácticas” de la industria niquelífera cubana, tomando esta última como referencia debido a que el proceso de rehabilitación ecológica de sus áreas minadas es uno de los más complejos a escala internacional, no obstante sus procedimientos y metodologías aquí presentados son aplicables a la gestión ambiental minera en cualquier tipo de yacimiento minero a cielo abierto.

Desde el punto de vista medioambiental, las regiones niquelíferas cubanas son altamente complejas, debido a que coinciden en espacio y tiempo importantes recursos minerales a cielo abierto con la mayor biodiversidad del área de las Antillas (Vales et al. 1998) y el potencial hidráulico más importante de Cuba, lo que representa un enorme reto ambiental que hay que asumir con suma inteligencia y decisión. Dar solución a la minería niquelífera cubana equivale a proporcionar la solución ambiental a cualquier otro tipo de minería a cielo abierto en el mundo.

Los impactos negativos más significativos de la actividad minera a cielo abierto en las regiones niquelíferas cubanas provocan de forma sinérgica y en cadena los siguientes acontecimientos:

- Se produce por las diferentes actividades mineras la afectación y posterior devastación de los hábitats en importantes áreas naturales, ocupadas por diferentes tipos de ecosistemas, los cuales contienen altos números de especies exclusivas (endémicas), tanto de la flora, de la fauna y de microorganismos, así como se ocasiona un desequilibrio ecológico prácticamente irreversible en todo el territorio minero.
- Tanto la devastación de los hábitats, como los movimientos de tierra propios de la actividad minera, provocan un alto grado de afectación a los suelos, en especial ocasiona una alta erosión, que se intensifica por el régimen de lluvia más intenso del país (1500 - 4 000 mm / promedio anual).
- La devastación de la vegetación, la pérdida de suelo por su uso minero y la erosión provocan la contaminación y cambios negativos en la dinámica de importantes recursos hídricos del territorio, como lo son arroyos, ríos y embalses de agua, que afectan drásticamente a la flora y fauna natural dulceacuícola, así como influyen en la salud de la población y comunidades residente en estas regiones por el empleo de esta agua que posee altos contenidos de metales

pesados y de sólidos en suspensión en general.

- Los arrastres, producto de la erosión del suelo, llegan a los ecuatorios marinos de las regiones costeras aledañas a dichos recursos mineros, provocando la pérdida casi total de la vida normal en dichos ecuatorios, así como el cambio drástico de sus fondos marinos, causado por la deposición en el mar de los arrastres terrestres.

Si queremos resolver el problema de los impactos negativos ocasionados a los ecuatorios marinos, así como a los arroyos, ríos, embalses y a los hábitats, debemos, primero que todo, buscar las formas más efectivas de restablecer los ecosistemas que fueron o están siendo devastados por dichas actividades mineras.

García, A. et al., (2011) reconocen tres tipos de problemas fundamentales que afectan decisivamente la rehabilitación ecológica de áreas minadas por la industria niquelífera cubana; problemas de orden conceptual, problemas de orden legal-administrativo y problemas de orden práctico-operativos.

Para resolver parte de la problemática planteada, se propone a la industria minera asumir la RAM como solución eficaz al deterioro ambiental que provoca, así como que esta no debe contemplarse solamente durante o justo antes de la clausura de la mina. Por el contrario, ella deberá formar parte de un eficaz programa de gestión ambiental que abarque todas las fases del desarrollo de las actividades mineras, como son: la Exploración, la Construcción de Infraestructura, la Explotación Mineral, la Rehabilitación Ecológica y el Cierre Final de Mina” (Ward, 1997). Se podría decir inclusive, que para una rehabilitación ambiental de excelencia en áreas devastadas, se debería tomar en cuenta otras actividades económicas previas y posteriores a la actividad minera, como lo son las actividades forestales, agrícolas, pecuarias y turísticas.

La RAM es una tecnología que garantiza el cumplimiento de los principios del Desarrollo Sostenible aplicables a la actividad minera e incluye la restauración de la actitud del hombre (minero) hacia el medio ambiente, así como la rehabilitación de la actividad socioeconómica y concluye en la rehabilitación ecológica de los ecosistemas devastados, considerando todas estas partes como un solo sistema.

Más que una tecnología, RAM es también una guía para buscar soluciones a la problemática de la gestión ambiental en cualquier yacimiento minero a cielo abierto. RAM responde además al proyecto del Fondo Mundial de Medioambiente (Global Environment Fond) “Conectando paisajes”, el cual tiene entre sus propósitos dar respuesta a la Gestión Ambiental Minera en montañas cubanas con alto valor de diversidad biológica.

RAM es sobre todo **Gestión Ambiental**, dirigida en lo fundamental a los **mineros**, en segundo término está dirigida a **profesores y estudiantes** de carreras técnicas vinculados a la actividad minera y en tercer lugar al **personal de control e inspección ambiental**.

Debemos considerar que esta tecnología nos da diferentes opciones o vías para alcanzar el restablecimiento ecológico y socioambiental deseado de áreas devastadas, pero siempre será posible la aplicación de otras técnicas o procedimientos que no están contenidas en la actual contribución. Esta se ha diseñado tomando muy en cuenta el modelo teórico del Comportamiento Ambiental expresado en el Capítulo II, por ello en sus inicios se plantean dos cuestiones

fundamentales en función del conocimiento; los conceptos y términos de la ecología, el medio ambiente, la restauración y rehabilitación ambiental, así como la descripción de los recursos naturales de la región nororiental niquelífera de Cuba.

Es muy justo, antes de comenzar esta obra, destacar el enorme esfuerzo que ha realizado la industria minería cubana del níquel que a partir de los años 1970 que dedicó día tras día a lograr el restablecimiento de las áreas devastadas que como herencia ambiental había quedado desde 1943, así como reconocer los esfuerzos que hasta fechas actuales ha realizado dicha industria en la mejora continua del trabajo de rehabilitar ecológica de las áreas impactadas.

Fig. 1. Esquema general de la Rehabilitación Ambiental Minera (RAM).

