

Ecotecnologías para la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Moa*

Yamir TORRES-ARIAS**, María E. RODRÍGUEZ**,
Ramona OVIEDO PRIETO** y Ricardo A. HERRERA PERAZA**

ABSTRAC. Ecotechnologies are proposed for the biological rehabilitation of the affected areas by mining work with three prime concepts I- To restore and handle biodiversity in the forests of this zone and make an integral and ordained use of these forest resources before dismantling them, II- To leave small forest islands (biodiversity islands) within the mining areas and III- The community participation in this important task of conservation Moa's natural patrimony. It is proposed a "know-how" with relevant criteria of afforestation and the use of native species to restore diversity in these natural forests.

KEY WORDS. Ecotechnologies, rehabilitation, biodiversity, endemics.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas boscosos de Moa poseen altos valores florísticos, faunísticos y paisajísticos, cuentan además, en su subsuelo con ricos y extensos yacimientos minerales. Congeniar la explotación minera a cielo abierto y el aprovechamiento, restauración y conservación de estas riquezas forestales y su biodiversidad es una tarea de primer orden y única alternativa para lograr un desarrollo sostenible en Moa.

En los bosques de Moa el 63 % de las especies vegetales son endémicas, muchos de ellos endémicos locales y especies raras (muy escasas) (Borhidi 1991, López 1999) y es considerado el mayor centro de diversificación en Cuba, y probablemente en las Antillas (López *et al.* 1994). La reforestación de áreas minadas con el empleo de especies introducidas (práctica actual), no restituye estos ecosistemas originales, simplemente crea otros funcionalmente diferentes, con la pérdida casi total de la rica diversidad vegetal nativa y propicia la reducción del hábitat y/o la extinción de muchas especies vegetales y animales. La utilización desde el inicio de especies autóctonas en la reforestación aplicando los conocimientos sobre sus habilidades competitivas (nueva propuesta) permitirá la recuperación progresiva de estos ecosistemas después de la explotación minera con un funcionamiento y biodiversidad similar a los ecosistemas originales.

El objetivo del presente trabajo es la implementación de ecotecnologías para la rehabilitación biológica de áreas degradadas por la minería en Moa tendientes a lograr la estabilización y recuperación del suelo y la creación de bosques con una alta diversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La ecotecnología propuesta se basa en 4 líneas de investigación fundamentales desarrolladas por el Instituto de Ecología y Sistemática: 1-Habilidades competitivas de especies forestales, 2-Reforestación sucesional, 3-Técnicas de reproducción y aviveramiento de especies forestales y 4-Uso de Biofertilizantes. Como antecedentes se cuentan con los estudios realizados en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario por Herrera *et al.* (1987), quienes elaboraron una propuesta de reforestación sucesional, la clasificación de las especies arbóreas tropicales de acuerdo a sus habilidades competitivas y reproductivas de Torres *et al.* (1990) y los trabajos desarrollados en Ocuja y Pinares de Mayarí para la rehabilitación de áreas minadas (Miranda, 1984 y Milián y Bruzón, 1990). También se consultaron experiencias desarrolladas en Brasil (Kageyama, 1993 y Rodríguez, 1996) y las ecotecnologías propuestas por Herrera-Peraza *et al.* (1997) para el manejo sostenible de la diversidad forestal tropical.

El estudio se realizó en Moa comparando 1-bosques naturales: bosque pluvial submontano y pinares, así como un área de bosque remanente (Vista Alegre) y 2-áreas reforestadas con plantaciones de pinos y de casuarinas. Se analizó el comportamiento de las plantaciones artificiales y los bosques naturales en lo referente al funcionamiento, regeneración natural y la biodiversidad.

Se establecieron parcelas permanentes de 20 x 20 m² en las áreas de estudio y se realizaron cálculos de la composición florística y su distribución, estudio de los estadios sucesionales del ecosistema y % de participación de cada especie en este proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La actividad minera a cielo abierto se inicia con la eliminación y destrucción del bosque, separación, extracción y almacenamiento del suelo no utilizados por la minería (escombreras) y finaliza con la extracción del mineral, produciendo una alteración total de la geomorfología y del paisaje en general. La ecotecnología que se propone para la rehabilitación

*Manuscrito aprobado en octubre de 1998.

•Instituto de Ecología y Sistemática, A.P. 8029, C.P. 10800, La Habana, Cuba.

de estas áreas contempla 3 aspectos fundamentales, basados en una concepción ecológica y socioeconómica integrada: I- Aprovechamiento integral de los recursos del bosque antes del desmonte y restituir y manejar la biodiversidad de estos ecosistemas, II- Dejar pequeñas islas de bosques (islas de biodiversidad) dentro del área minada y III- Participación comunitaria.

1-Aprovechamiento integral de los recursos del bosque antes del desmonte y restituir y manejar la biodiversidad de estos ecosistemas. Este primer aspecto contempla la realización de tareas en dos etapas.

Primera etapa. Evaluación y aprovechamiento de los recursos naturales de los bosques previo a su destrucción por la minería y manejo de las escombreras.

1-Manejar los recursos naturales del área ante de iniciar el trabajo minero.

1.1-Realizar un inventario de las especies vegetales presentes en el área a minar. Un inventario rápido y certero de las especies posibilita tener una visión de la composición del bosque original en cada lugar concreto, con vistas a lograr la reforestación del área utilizando las mismas especies o especies afines con iguales estrategias funcionales y permite hacer una valoración general de los recursos naturales para su aprovechamiento.

1.2-Recolección de semillas y plántulas (plantitas silvestres). La colecta de semillas y plantitas silvestres aptas para el trasplante aseguran material plantable de buena calidad, mejor adaptado a las condiciones propias del lugar y disminuyen los costos de recolección, manipulación y traslado desde áreas más distantes.

1.3-Aprovechamiento de los recursos naturales. La ejecución de un programa de aprovechamiento integral garantiza una amplia gama de surtidos, plantas medicinales, plantas ornamentales, maderas con diversas utilidades: industria, carpintería, artesanía, cujes, combustible, etc. La comercialización de estos surtidos proporciona elevadas utilidades que pueden cubrir gran parte de los costos de la rehabilitación y dar solución a necesidades de la población local (principalmente madera como combustible).

2-Manejar las escombreras. La separación y extracción del suelo hasta los yacimientos minerales (roca madre) se realiza con una profundidad variable de 2-7 metros y se almacena hasta su posterior utilización en la rehabilitación tecnológica. En el manejo y almacenamiento de estas escombreras la capa vegetal fértil es mezclada con el resto del suelo y su utilización es a largo plazo.

En la capa vegetal fértil del suelo, con alto contenido de nutrientes, materia orgánica, raicillas, semillas y una asombrosa riqueza y diversidad de microorganismos, se realiza el 90 % de la actividad biológica y es encargada en última instancia del funcionamiento, estabilidad y supervivencia del bosque. Si esta capa fértil de apenas 20-30 cm es mezclada con el resto del suelo (2-7 m) disminuye drásticamente su fertilidad, la actividad biológica y sus potencialidades de uso, además, un tiempo prolongado de almacenamiento propicia la pérdida de nutrientes por lixiviación y otros procesos físicos-químicos y disminuye la viabilidad de los microorganismos, semillas y demás propagulos vegetativos.

Para las escombreras está establecido un tratamiento diferenciado de la capa vegetal fértil y el resto del suelo. Su correcta separación y almacenamiento, y su rápida utilización en la rehabilitación aseguran la calidad del sustrato que recibirá a las plántulas en la rehabilitación biológica, por otra parte, la germinación y establecimiento de las semillas y demás propagulos vegetativos constituyen por sí solo una excelente alternativa de rehabilitación de la diversidad nativa y favorecen la riqueza de la nueva plantación.

Segunda etapa. Rehabilitación.

1-Rehabilitación tecnológica. La conformación del terreno después de la extracción minera debe tener en cuenta las características geomorfológicas y el funcionamiento hidrológico del área, con vistas a lograr la mayor estabilidad del suelo y evitar o reducir al máximo la erosión y propiciar las condiciones mínimas de fertilidad y la actividad biológica del sustrato que recibirá a las plántulas en la repoblación.

El método de terrazas de plataforma constante con criterios geomorfológicos y de funcionamiento hidrológico es uno de los más empleados, se ha utilizado con éxito en algunos planes de reforestación en la Sierra del Rosario y en la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Mina Ocuja, Mayarí, Miranda (1984) y Milián y Bruzón (1990). Sin embargo, la forma de llevar a cabo la rehabilitación tecnológica dependerá de las condiciones concretas y las características del área minada.

Después de la conformación del terreno en terrazas de plataforma constante se adicionan de 2-3 m de escombrera (en algunos casos es necesario la utilización de mayor cantidad) y por último una capa de 20-30 cm de suelo vegetal fértil, este sustrato con buena fertilidad y actividad biológica (ver manejo de las escombreras) aseguran el éxito de la nueva plantación.

En la rehabilitación tecnológica la conformación del terreno con un funcionamiento hidrológico adecuado garantizan una buena infiltración y drenaje del agua, reduciendo el escurrimiento superficial, principal causa de los graves problemas erosivos en estas áreas, y la utilización de un sustrato fresco propician las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de las especies forestales y otras propias de estos ecosistemas, posibilitando una recuperación más integral del medio natural y una restauración más completa de la biodiversidad en la nueva plantación.

2-Rehabilitación biológica. La rehabilitación biológica en Moa debe garantizar la protección del suelo con el restablecimiento de la cobertura vegetal. Los suelos en las zonas donde se realiza la explotación minera a cielo abierto quedan totalmente desnudos y por tanto después de una buena preparación del suelo (rehabilitación tecnológica) es imprescindible la realización inmediata de una plantación densa, que forme rápidamente un techo protector.

En el periodo del 80 al 90 se realizaron grandes esfuerzos reforestadores en las áreas minadas de Mina Ocuja y Moa con la implementación de tecnologías (Milán y Bruzón, 1990) que propiciaron la disminución progresiva de la erosión de estos suelos y la restitución de la cobertura boscosa. Estas plantaciones artificiales si bien han detenido los procesos erosivos y han proporcionado a los suelos desnudos una cobertura vegetal, no han restituido la biodiversidad de la región.

Según del Risco y Sotomayor (1997) las plantaciones artificiales establecidas en el país, por lo general, son plantaciones puras que no responden a las necesidades productivas ni proteccionistas y con su implementación han aumentado la cobertura de los bosques en detrimento de la diversidad de nuestros ecosistemas naturales. En la mayoría de los casos estas plantaciones no mantienen ni mejoran la fertilidad del suelo, principalmente las especies de follaje claro, no aprovechan enteramente el espacio (aéreo y subterráneo) y son más vulnerables al fuego, los ataques de plagas y enfermedades (hongos, insectos) y los efectos del viento, Samek (1974).

La implementación de plantaciones puras en Moa por las Empresas mineras y otras entidades, con un espaciamiento amplio 2 x 2 m hasta 4 x 4 m y la utilización de la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), no ha sido la mejor solución. La realización de estas plantaciones se basan en su aparente factibilidad económica: ejecución y trabajos posteriores más simples, alta supervivencia de la especie y en general, menos costos.

La alta capacidad adaptativa y plasticidad ecológica, pocas exigencias edáficas y climáticas, crecimiento rápido y buena supervivencia, fácil obtención de semillas y crianza en vivero hacen de la casuarina la especie predestinada para la rehabilitación biológica; estas consideraciones economicistas no tienen en cuenta las consecuencias ecológicas de esta tradicional práctica. Las áreas que hoy ocupa la casuarina fueron antaño ocupadas por cientos de especies en su mayoría endémicas, estas plantaciones no restituyen nuestros ecosistemas originales, simplemente crean otro ecosistema funcionalmente diferente donde pocas especies nativas podrán establecerse naturalmente y será a largo plazo.

Se han probado, además, otras especies en áreas pequeñas: pino macho (*Pinus caribaea*), ocuje (*Calophyllum antillanum*), majagua (*Hibiscus elatus*), algarrobo (*Samanea saman*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), tamarindo chino (*Pithecellobium dulce*), marañón (*Anacardium occidentale*), guayaba (*Psidium guajaba*), entre otras, con resultados poco alentadores. En los bosques de Moa estas especies no crecen naturalmente ya que son otros sus requerimientos, además, su introducción es injustificada en estos ecosistemas naturales máxime si estos cuentan con un alto endémismo y árboles maderables nativos de indiscutible valor como el pino (*Pinus cubensis*), ocuje (*Calophyllum utile*), azulejos (*Talauma* spp.), sabinas (*Podocarpus* spp.), robles (*Tabebuia* spp.), azufre (*Spirotecoma apiculata*), roble de sabana (*S. holguinensis*), dracena (*Dracena cubensis*), canelones (*Ocotea bucherii*), (*O. moaensis*) entre otros, que pueden ser utilizados en la repoblación.

Restituir los ecosistemas originales de Moa con su diversidad y lograr la estabilización y recuperación del suelo es el propósito fundamental de nuestra propuesta ecotecnológica. Es necesario comenzar una labor de rehabilitación con nuevos criterios que garanticen la recuperación de la cobertura boscosa y su biodiversidad. La nueva plantación tiene que ser capaz de formar un techo protector en el menor tiempo posible y proporcionar a su vez un grueso colchón de hojas estableciendo la mayor cantidad de árboles y otras especies nativas y endémicas de la zona, con diferentes habilidades competitivas, capaces en su conjunto de estabilizar, recuperar y mejorar la fertilidad del suelo, en este sentido, la preparación del suelo, el espaciamiento de la plantación y la selección de las especies a utilizar son determinantes.

2.1-Preparación del suelo. Mientras mejor preparado este el suelo, más segura es la plantación, y más rápido el crecimiento inicial de los árboles, para lograr este objetivo es necesario cumplir las indicaciones propuestas en la rehabilitación tecnológica. Los trabajos de rehabilitación tecnológica y de plantación deben estar bien sincronizados, mediando poco tiempo entre ambas actividades para evitar la erosión de estos suelos ya preparados pero desnudos y garantizar el éxito de la nueva plantación.

2.2-Espaciamiento. El espaciamiento inicial depende del objetivo de la nueva plantación, en suelos desnudos, un espaciamiento denso cumple su función protectora, son conveniente plantaciones de 1 x 1m hasta 1.5 x 1.5 m, para que el techo de la plantación cierre lo más rápido posible, con una distribución regular en triángulos equiláteros (tresbolillo) que permita un desarrollo regular de las copas y al mismo tiempo cubran más el suelo.

2.3-Plantaciones heterogéneas. Al establecer plantaciones heterogéneas, ricas en especies, la alta densidad y las diferentes estrategias de funcionamiento de las especies condicionan en sus inicios relaciones de cooperación muy provechosas para el establecimiento y buen desarrollo de la joven plantación, por ejemplo, las especies heliófilas de crecimiento rápido proporcionan la sombra adecuada a las especies esciófilas, comúnmente de crecimiento más lento.

En los primeros años se establece, además, una intensa competencia, la poda natural de las ramas laterales, la continua caída de hojas y la muerte de algunos árboles proporcionan un colchón de hojarasca y abundante materia orgánica que protegen el suelo, mejoran su fertilidad, aumentan la humedad, la actividad de los microorganismos y de la fauna en general. Con las plantaciones heterogéneas, se crean bosques más complejos y funcionalmente más eficientes, capaces de restablecer en breve tiempo una mejor aproximación a los ecosistemas originales.

2.4- Selección de especies. La selección de las especies para integrar las plantaciones heterogéneas se basan en criterios biológicos y de funcionamiento (estrategias competitivas) así como en los procesos sucesionales que se desarrollan en los bosques tropicales.

naturalmente en estos ecosistemas no es la mejor solución, su introducción implica la pérdida de la biodiversidad de estos bosques naturales, además de otros riesgos dañinos a la naturaleza.

Las plantaciones a establecer estarán integradas por especies nativas perteneciente a los cuatro grupos de estrategias sucesionales (Pioneras, Colonizadoras, Estabilizadoras y Rezagadas), en mezclas individuales uniformes y su porcentaje de participación está condicionado al papel de cada grupo en el funcionamiento y los procesos sucesionales que estas mezclas implican.

La proporción inicial de especies según sus habilidades competitivas y estrategias de funcionamiento sería: Pioneras 40 %, Colonizadoras 30 %, Estabilizadoras 25 % y Rezagadas 5%. Algunas de las especies a utilizar son *Cecropia schreberiana* (yagruma), *Pinus cubensis** (pino), *Guarea guara* (yamao), *Jacaranda arborea* (abey), *Tabebuia* sp. div. (robles), *Andira inermis* (yaba), *Beilschmiedia péndula* (aceitunillo), *Guibortia hymenifolia** (caguairán), *Magnolia cubensis** (mantequero), entre otras.

La selección y propuesta de estas especies se fundamenta en el conocimiento que sobre ellas se tienen de sus requerimientos y manejo (semillas, viveros y plantación), Forst (1967, 1975); Samek (1974); CUPR (1983); Sablón (1984); Betancourt (1987); Bisse (1988) y por su presencia natural en estas áreas Borhidi (1991), López *et al.* (1994), Mayáns (1998), Oviedo. (1999). La selección y el porcentaje de participación de cada especie puede variar en dependencia de las condiciones concretas del área a repoblar (sombras topográficas, altura, humedad, etc.).

De los estudios que se han realizando recientemente en Moa se conoce la zona de colecta y época de recolección de las semillas de otras especies autóctonas y se hacen investigaciones sobre germinación, emergencia, desarrollo inicial de las plántulas, entre otros aspectos, para su rápida inclusión y utilización en la reforestación (Torres *et al.* 1999). Varias de las especies en estudio son *Calophyllum utile** (ocuje), *Coccoloba costata** (uvilla), *Dipholis cubensis* (almendro), *Erythoxylum longipes** (arabo), *Mettenia acutifolia**, *Ocotea buchuri** (canelón) *Rauwolfia salicifolia** (corazón de paloma), *Trema lamarckiana* (capulí), *Zanthoxylum cubense**.

(*) endémicos.

A medida que avancen los estudios ecológicos y de comportamiento de las especies (requerimientos germinativos, crianza en viveros y estrategias de funcionamiento) se irán incorporando mayor número de éstas (incluyendo palmas, especies arbustivas y herbáceas), hasta lograr una diversidad y funcionamiento semejante a la diversidad y funcionamiento de los bosques originales.

Se establecerán parcelas de monitoreo con variantes de esta ecotecnología (tipos de mezclas, especies a utilizar, % de participación, etc.) para evaluar y definir las mejores variantes y contar, además, con áreas demostrativas en las cuales se puedan entrenar a estudiantes, mineros, técnicos y profesionales dedicados a esta actividad o interesados en problemas de conservación y manejo de la diversidad biológica.

2.5-Vivero. Las ecotecnologías propuestas requieren la creación de un vivero permanente, con las condiciones óptimas para la reproducción de las especies seleccionadas, que garanticen un abastecimiento continuo de plántulas para la reforestación.

2.6-Biofertilizantes. El empleo de biofertilizantes en viveros forestales es una biotecnología muy novedosa, disminuye substancialmente el empleo de fertilizantes químicos y preparan mejor a la plántulas (más saludables y eficientes) para enfrentar las condiciones edafoclimáticas del área donde serán plantadas (Herrera *et al.* 1992). Recientes estudios sobre la presencia y distribución del orden *Glomales* en Moa muestran la alta especialización de las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en estos ecosistemas, reportándose un 94 % de especies desconocidas, probablemente endémicos locales (Herrera-Peraza *et al.* 1999), estos resultados demuestran la necesidad del uso y manejo de estos biofertilizantes adaptados y eficientes en los viveros forestales.

De inóculos nativos de áreas naturales, se seleccionan las MVA mejor adaptada y se reproducen, este biofertilizante (MicoFert) es adicionado a razón de 10g/plántula bajo el nido de siembra de la semilla en la bolsa, esta dosis es útil para semillas de hasta 1 cm de tamaño; para semillas mayores será necesario aumentar la cantidad de MicoFert en la proporción de 10 g por cada cm de tamaño (Herrera *et al.* 1992). Estas plántulas con las micorrizas y demás microorganismos asociados a sus raíces, están mejor preparadas para resistir la sequía y los patógenos del suelo, captan mejor los nutrientes y son, en general, plántulas funcionalmente más eficientes, con mayores posibilidades de supervivencia en la nueva plantación.

2.7-Fertilización. Milián y Bruzón (1990) han obtenido buenos resultados en la fertilización de las nuevas plantaciones en áreas rehabilitadas en Mina Ocuja, de las variantes de fertilización empleadas la más adecuada es el suministro de 1kg de cachaza bien descompuesta/planta en el hoyo de plantación y NPK (8-10-10) 200 g/planta después de la plantación a 10-12 cm de distancia de las plántulas cuando las condiciones de humedad son óptimas.

Por otra parte, las plantaciones heterogéneas, densas y rica en especies proporcionan abundante materia orgánica y constituyen por si sola una importante fuente de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo y el reciclaje de los mismos.

2.8-Mantenimiento inicial de las plantaciones. Es una cuestión axiomática entre los silvicultores que si se plantan árboles y no se atienden debidamente, es preferible no plantar (Betancourt, 1987). Para el establecimiento y desarrollo de la nueva plantación es de suma importancia la reposición de fallas y otras atenciones culturales.

En las plantaciones mixtas que proponemos puede ser que una o varias especies utilizadas presenten deficiencias en su crecimiento, es necesario su reposición por otras que demostraron ser las más convenientes. La reposición se debe hacer lo

II-Islas de bosques (Islas de biodiversidad). Se recomienda dejar pequeñas islas de bosques dentro de las áreas que van a ser minadas en zonas menos valiosas para la minería (áreas con mineral de baja ley) y/o zonas de difícil acceso donde los trabajos mineros son muy costosos (grandes cañadas, laderas abruptas, etc.). Las islas de biodiversidad están incluidas en la concepción del funcionamiento global del área rehabilitada, el número y tamaño de las mismas será valorado por los mineros con la asesoría de un especialista y preliminarmente se puede recomendar entre el 2-3 % del área a minar (2 ha en 1 km²).

Estas islas son fragmentos del bosque original con toda su riqueza florística y faunística a escala reducida y centros de dispersión de la biodiversidad (corredores biológicos) con un aporte importante en la rehabilitación de la diversidad y el éxito de la repoblación.

Significación de las islas de bosques en la concepción del funcionamiento global del área rehabilitada.

- Las aves y murciélagos, principales agentes dispersores, encuentran alimentos (frutos y semillas) y perchas donde alimentarse, descansar y/o pernoctar, en estas actividades transportan y dispersan gran cantidad de semillas.
- Si en un área minada con varias de estas islas se realiza una rápida plantación se establece un flujo de elementos de la flora y la fauna desde las islas hacia la nueva plantación vitales para el incremento de la biodiversidad de estos bosques artificiales.
- Garantiza la entrada de especies maderables que no han sido plantadas por no disponer de semillas o por su difícil colecta.
- Posibilita la recolonización de las áreas plantadas por especies de sotobosque, arbustivas, orquídeas, lianas, etc., poco factibles de reproducir en viveros y manejarlas en la repoblación.
- Las posibles fallas en la plantación son cubiertas por los especies provenientes de las islas, que logren germinar y establecerse.
- Por regla general, en el talud de las terrazas no se planta, quedando el suelo desnudo expuestos a la erosión, la llegada constante de semillas desde las islas y su germinación cubrirán progresivamente el talud propiciando mayor conservación del suelo y aumento de la diversidad de especies en la nueva plantación.
- La llegada de semillas a áreas minadas no recultivadas y su germinación y establecimiento posibilita la formación de pequeños cayos de bosques.
- Proporciona refugio y abrigo para elementos de la fauna, evitando su total destrucción y/o migración.
- La fauna de estas islas se trasladan a las áreas plantadas en breve tiempo mejorando el funcionamiento en general de la nueva plantación.
- Resultan parcelas testigos, para comparar en el seguimiento de la rehabilitación en las áreas afectadas.

III-Participación comunitaria. La participación de la población local en tareas específicas de la rehabilitación áreas afectadas por la minería en Moa es un aspecto esencial de nuestra propuesta ecotecnológica. La participación eficaz de la comunidad refuerza la sostenibilidad social, ambiental y financiera de la propuesta ecotecnológica.

Para la implementación de este objetivo se trazan dos líneas fundamentales de trabajo:

1 - Educación Ambiental.

- Impartir clases, conferencias, dirigir trabajos de diploma, maestrías, realizar encuentros, conversatorios en escuelas, fábricas y con la población en general, así como organizar mesas redondas, talleres, concursos estudiantiles, y otras.
- Brindar asesoría técnica y bibliográfica a los técnicos y obreros encargados de la rehabilitación (recolecta de semillas, organización de viveros, plantaciones, etc.)
- Disponibilidad, distribución y libre acceso a toda la información del proyecto de rehabilitación.

2- Acciones concretas en el proyecto de rehabilitación.

- Participación de la comunidad en la identificación de las ideas y objetivos de proyecto, ejecución de actividades y en el seguimiento y evaluación del proyecto
- Establecer pequeños viveros en las escuelas para que profesores y alumnos se relacionen con esta actividad y por otra parte, contribuyan a garantizar parte de las plántulas necesarias para la reforestación.
- Movilización en los trabajos de vivero y en la plantación de las áreas a rehabilitar cuando las condiciones lo requieran.
- Selección de áreas de monitoreo para la recolección de semillas, estudios fenológicos de especies autóctonas de interés ecológico y forestal y parcelas de monitoreo para el seguimiento de variantes ecotecnológicas de rehabilitación.

Para alcanzar un desarrollo sostenible es necesario mantener un equilibrio entre el desarrollo económico y el medio ambiente, con la participación activa de la comunidad. Esta participación permite mejorar el desempeño de la propuesta ecotecnológica y compartir la responsabilidad acerca de sus resultados, significa además, una reducción sensible del costo de esta actividad.

CONCLUSIONES

Las ecotecnologías propuestas insertan por primera vez, en una sola estrategia, concepciones ecológicas en especial la biodiversidad y socio-económicas con la participación y concientización popular. La aplicación de estos resultados en la reforestación de áreas devastadas por la minería es un punto de partida para lograr la restauración medioambiental, con el objetivo de contener la erosión del suelo, disminuir la contaminación del aire y de las aguas y reconstruir los bosques con toda su diversidad y posibilidades de uso.

Agradecimientos. Los autores agradecen a los profesores de la escuela secundaria José Martí, a la Sra. Esdelmis Gómez y a la profesora Aurelia Ramírez el apoyo brindado para el desarrollo del trabajo sobre educación ambiental que se lleva a cabo en Moa.

REFERENCIAS

- Betancourt, A. 1987. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 427 p.
- Bisse, J. 1988. *Arboles de Cuba*. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 384 p.
- Borghidi, A. 1991. *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akadémiai Kiado, Budapest. 857 p.
- Capote, R. A., L. Menéndez, E. E. García y R. A. Herrera. 1988. Sucesión vegetal. En: *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario. Proyecto MAB No 1, 1974-1987*. Eds. Herrera, R. A., L. Menéndez, M. E. Rodríguez y E. E. García. Rostlac-Montevideo-Uruguay. 760 p.
- Centro Universitario de Pinar del Río. 1983. *Manual de semillas forestales*. Facultad de Ingeniería Forestal, Pinar del Río, Cuba. 92 p.
- Forst, A. 1967. *Manual de Silvicultura*. INDAF, La Habana. Cuba. 252 p.
- Forst, A. 1975. *Maderas cubanas*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 165 p.
- Herrera, R. A., L. Menéndez y D. Vilamajó. 1988. Las estrategias regenerativas, competitivas y sucesionales en los bosques siempreverdes de Sierra del Rosario. En: *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario. Proyecto MAB No 1 1974-1987*. Eds. Herrera, L. Menéndez, M. E. Rodríguez y E. García. Rostlac-Montevideo-Uruguay. 770 p.
- Herrera, R. A., Y. Torres, A. R. Valdés, R. L. Ferrer, A. Ferrer y M. Ruiz. 1992. *Producción y uso de MicoFert para la biofertilización de viveros forestales. Instructivo Técnico*, IES. 10 p.
- Herrera, R. A., D. R. Ulloa, O. Valdés-Lafont, A. G. Priego y A. R. Valdés. 1997. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nature & Resources*, 33(1): 2-17.
- Herrera-Peraza, R. A., Y. Torres, M. E. Rodríguez y E. Furrázola. 1999. *Presencia y distribución del orden GLOMALES en la región de Moa, Cuba*. Informe final del proyecto "Influencia de la actividad minera sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas de bosque de Moa" IES. 14 p.
- Kageyama, P. Y. 1993. Recomposicao da vegetacao com espécies arbóreas nativas em reservatórios da usinas hidrelétricas da CESP. *Serie Técnica IPEF*. Sao Paulo. 8: 1-43.
- López, A., M. Rodríguez y A. Cárdenas. 1994. El endemismo vegetal en Moa-Baracoa, Cuba Oriental. *Fontqueria* 39: 433-473.
- López A. 1999. Diversidad de los endemismos en Cuba Oriental: Distribución de endemismos multidistritales. Programa/ Resúmenes. *II Congreso de Conservación y Manejo de la Diversidad Biológica*.
- Mayáns, Y. 1998. *Plantas encontradas en áreas degradadas por la minería en Moa y su posible uso en la rehabilitación de zonas afectadas*. Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río, Facultad Agronomía-Forestal. 35 p.
- Milián, C. y N. Bruzón, N. 1990. *Tecnologías para la reforestación en suelos degradados por la minería*. Informe final, IIF. 10 p.
- Miranda, R.M. 1984. *Conformación de terrazas de plataforma constante en Mina Ocuja, Mayarí*. Trabajo de diploma ISMN, Moa. 60 p.
- Oviedo, R. 1999. *Caracterización de flora y vegetación de áreas estudiadas en Moa*. Informe final del proyecto "Influencia de la actividad minera sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas de bosque de Moa", IES. 15 p.
- Risco del, E. y A.I. Sotomayor. 1997. Los recursos boscosos de Cuba. *Flora y Fauna*. Año 1, no. 1. 45-47.
- Rodrigues, R. R. 1996. *Metodología para recuperacao de áreas degradadas pela agricultura: um estudo de caso do Rio Brilhante, Jaciara, MT. Cuiabá, IBAMA*. 46 p.
- Sablón, A. M. 1984. *Dendrología*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 200p.
- Samek, V. 1974. *Elementos de silvicultura de los bosques latifolios*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 292 p.
- Torres, Y., Herrera, R. A., Cañizares, E. G., Valdés-Lafont O., Capote, R. P. y Herrera, P. 1990. *Bases ecotecnológicas para la silvicultura tropical en Cuba*. IV- Habilidades competitivas y reproductivas en especies arbóreas tropicales. Instituto de Ecología y Sistemática. 11 p.
- Torres-Arias, Y., M. E. Rodríguez, R. Oviedo y L. Hernández. 1999. *Estrategias reproductivas de algunas especies arbóreas de Moa con posibilidades de uso en la rehabilitación de áreas degradadas por la minería*. Informe final del proyecto "Influencia de la actividad minera sobre la biodiversidad y el funcionamiento, de los ecosistemas de bosque de Moa" IES. 10 p.