

REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA



Jacobo Urbino Rodríguez
Berthá Díaz Martínez
Sergio Sigarreta Vilches

ISBN 978-950-312-240-5

CISAT - CEPRONIQUEL - IES
GEF-PNUD

CAPÍTULO I

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA.

Autores: Jacobo Urbino.

RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL.

Fundamentación de los conceptos.

Para llegar a la definición de Rehabilitación Ambiental, es necesario analizar varios conceptos vinculados entre sí, como son la Ecología, el Medio Ambiente, la Restauración Ecológica y la Rehabilitación Ecológica.

Ecología.

Según Barrera et al. (2010) “Ecología” es una ciencia integradora, dinámica e importante ya que permite describir, interpretar y predecir los fenómenos que ocurren en los ecosistemas, reconociendo que los mismos son espacios o áreas en el que interactúan los componentes bióticos entre sí (vegetación, flora, fauna, hongos y bacterias) y los sistemas biótico – abióticos (vegetación – fauna – precipitación – temperatura – suelo y otros).

Historia de la Ecología.

Sería curioso preguntarnos ¿cuándo podemos considerar que se inician los procesos ecológicos en la Tierra?, a lo que responderíamos “con el inicio de la vida en la Tierra hace más de 400 000 millones de años”, al comenzar las interacciones entre los primeros seres vivos y el medio abiótico de aquel entonces, lo que nos dice que los “procesos ecológicos” son independientes y se iniciaron mucho antes de la aparición de la especie humana en el África, lo cual ocurrió hace aproximadamente tan solo 1 millón de años.

Por otra parte, los primeros impactos negativos a los primitivos ecosistemas, seguramente fueron ocasionados por terremotos, tsunamis, huracanes, fuegos naturales, caída de meteoritos, etc., y con estos impactos, la propia naturaleza iniciaba y terminaba una y otra vez “el restablecimiento ecológico” de dichos ecosistemas o espacios y con ello se favorecía la evolución de las especies.

Medio Ambiente

Según la Norma NC-ISO 14001, está definido como: “es el entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones”, donde “el entorno en este contexto se extiende desde el interior de una organización hasta el sistema global”. Otra definición dice que Medio Ambiente “es el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades” (Ley de Medio Ambiente, Cuba, 1997).

Ambas definiciones coinciden en que el medio ambiente está formado por recursos abióticos, bióticos y socioeconómicos, este último recurso indisolublemente unido y determinado por el actuar del hombre, por lo cual se puede considerar que el medio ambiente surge a partir de las primeras transformaciones que realiza el hombre sobre los recursos naturales.

Restauración Ecológica (SER, 2004).

Según la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER, 2004), el término Restauración Ecológica está definido como: “es el proceso de asistir el restablecimiento de los ecosistemas cuando han sido dañados, degradados o destruidos por causa de diferentes disturbios naturales o antrópicos.

En esta definición está implícita la participación del hombre en el proceso de restablecimiento al emplear la palabra “asistir”, y reconoce tres estados de intervención o afectación de los ecosistemas, o sea, (1) ecosistemas dañados, (2) ecosistemas degradados y (3) ecosistemas destruidos por disturbios naturales o de origen antrópico (SER, 2004).

¿Cuándo se ha dañado un ecosistema?



Fig. I.1. Bosque de pino dañado. Es un ecosistema afectado, donde se eliminaron los árboles de pino para uso forestal. (Fernández, 2015)

Cuando ha perdido, por lo menos, algunos de sus elementos fundamentales que no le permite funcionar de manera eficaz. El término dañado es muy utilizado cuando se hace referencia a los ecosistemas naturales que han sido talados o quemados (Fig. I.1.), los cuales pueden recuperarse de manera espontánea, pero dependiendo de su condición y localización de dicho proceso que puede ser más o menos lento (SER, 2004).

¿Cuándo se ha degradado un ecosistema?

Cuando ha perdido elementos fundamentales por causa de los disturbios, que le impiden recuperarse de manera espontánea hasta su estado anterior. Por lo general, los sistemas degradados pueden tomar trayectorias diferentes o similares en la sucesión al sistema parental original. El sistema degradado puede incluso seguirse degradando. “El término de sistema degradado se utiliza bastante en terrenos que son utilizados en agricultura y ganadería (Fig. I.2.), sobre todo cuando han sido mal gestionados” (Eswaran et al. 2001).



Fig. I.2. Área convertida en pastos para la ganadería vacuna en Pinares de Mayarí, Sierra de Nipe, Cuba. Fue un ecosistema de pino que fue fuertemente degradado a un ecosistema de reemplazo. (Pinares S.A. 1998)

¿Cuándo se ha destruido un ecosistema?

Cuando ha perdido todos sus elementos esenciales como el relieve, el suelo, la hidrología, la vegetación y flora, la fauna y han cambiado las condiciones microclimáticas drásticamente (Fig. I.3.). Cuando un sistema ha sido destruido y luego abandonado es muy posible que nunca vuelva a tener características similares a las del ecosistema predisturbio, no obstante, después de mucho tiempo (puede ser cientos de años) podría parecerse a dicho ecosistema. Es probable que se genere un sistema diferente e igualmente complejo (SER, 2004).

Tomando como válida la conceptualización de Restauración Ecológica vemos en esta una generalización que no permite visualizar diferencias intrínsecas en la propia definición. La misma afirma la existencia de ecosistemas dañados, degradados y destruidos, sin embargo, hay una diferencia sustancial entre las dos primeras y la tercera clase en cuanto a la magnitud de los impactos que han provocado la existencia como tal de estos tres tipos de ecosistemas. En los dañados y degradados los impactos son parciales y solo alcanzan una parte de los componentes que forman un ecosistema como se vio anteriormente, sin embargo en los destruidos dichos impactos son totales en la práctica y han provocado una devastación casi de todo el ecosistema.



Fig. I.3. Ecosistema de pino destruido por la actividad minera en Mina Martí, Sierra Cristal, Cuba. (Urbino, 2014)

Al analizar las formas de restablecimiento ecológico de las áreas disturbadas se observa que para los ecosistemas dañados y degradados las metodologías o tecnologías para su restablecimiento son muy similares pues las magnitudes y calidad de los impactos no afectan a todo el ecosistema, por ejemplo el suelo solo es dañado o degradado, así como su relieve no cambia y en cierta medida su hidrología cambia poco. En estos dos casos también las condiciones microclimáticas han cambiado, pues no es lo mismo el comportamiento de la temperatura promedio diaria debajo de un bosque que en una sabana – pasto o en un terreno disturbado por el fuego.

En el tercer caso, el ecosistema destruido o devastado, efectivamente, todo ha cambiado, hay una devastación total de la vegetación, la flora y la fauna, de los microorganismos, hay pérdida considerable del volumen y calidad del suelo, hay cambios profundos en la circulación, volumen y calidad del agua de todo el sistema, hay cambios profundos en el nano y meso relieve (topoformas) e inclusive hay profundos cambios en el microclima, por lo cual, los métodos o tecnologías que se deben aplicar para el restablecimiento del ecosistema son más extremas, más complejas, más largas en el tiempo y mucho más costosa que en los dos casos anteriores.

Por las diferencias notables de envergadura, complejidad, costos y finalidad de los métodos y tecnologías de restablecimiento de ecosistemas se podrían proponer cuatro definiciones; una para la Restauración Ecológica y otra para la Rehabilitación Ecológica, así como una para la Restauración Ambiental y otra para la Rehabilitación Ambiental, partiendo todas de la causa y no del efecto.

Definiciones.

Restauración Ecológica (RSE). Es el proceso de restablecimiento de un ecosistema cuando ha sido dañado o degradado por causa de diferentes disturbios, en el cual de forma espontánea o asistida por el hombre se restablece la diversidad de especies de la flora y la fauna, así como se conforma la estructura y cobertura de la vegetación y se recuperan los procesos ecológicos vitales, de forma tal que el ecosistema resultante sea capaz de autosostenerse”. Los ecosistemas resultantes pueden ser similares o no al ecosistema original, pero compatibles con las condiciones ecológicas posteriores al daño o degradación o a los ecosistemas adyacentes, así como con el Uso de la Tierra que se le pretenda dar al terreno.

Rehabilitación Ecológica (RHE). Es el proceso de restablecimiento de un ecosistema cuando ha sido destruido o devastado por causa de diferentes disturbios extremos, en el cual se restablece el relieve, la hidrología y el suelo, así como se desarrolla de forma espontánea o asistida por el hombre la diversidad de especies de la flora y la fauna y se recuperan los procesos ecológicos vitales, de tal forma que el ecosistema resultante sea capaz de autosostenerse”. Los ecosistemas resultantes pueden ser similares al ecosistema original o de reemplazo, pero compatibles con las condiciones ecológicas resultantes de la rehabilitación físico-química del terreno y con el Uso de la Tierra que se le pretenda dar al terreno.

Restauración Ambiental (RsA). Conceptualmente “es el proceso por el cual se garantiza el restablecimiento eficaz y eficiente de un ecosistema en un espacio afectado o degradado (sobre todo biótico y socioeconómico) por causas naturales o antrópica y que permite la obtención de un sistema ambientalmente sostenible.

Rehabilitación Ambiental (RA). Conceptualmente “es el proceso por el cual se garantiza el restablecimiento eficaz y eficiente de todos los componentes del medio ambiente (abióticos, bióticos y socioeconómicos) en un espacio destruido o devastado por causas naturales o antrópicas y que permite la obtención de un sistema ambientalmente autosostenible”.

REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA (RAM).

En qué consiste la RAM.

En el tiempo, RAM comienza durante el diseño y ejecución de la Exploración Geológica de un yacimiento, continúa con el Ordenamiento Minero Ambiental y los estudios de Impacto Ambiental, así como con la ejecución de las diferentes actividades mineras, como la Construcción de Infraestructura, la Explotación del Mineral y los Cierres de Mina y culmina con el restablecimiento de los procesos ecológicos vitales de las áreas devastadas.

En el espacio, RAM actúa siguiendo el criterio de la unidad geográfica, donde los componentes y procesos ambientales están interrelacionados unos con otros y conforman una unidad funcional, siendo esta unidad preferiblemente la microcuenca.

En su estructura, RAM consta de tres programas fundamentales: (1) el Programa de Cultura Ambiental – Tecnológica, (2) el Programa de Investigación Aplicada, (3) el Programa de Investigación Geólogo - Minero y (4) los Programas para la elaboración y aplicación de los Proyectos Ejecutivos de la Rehabilitación Ecológica.

En sus temáticas, RAM asume el conocimiento de los recursos Fisicogeográficos, los Biogeográficos y los Socioeconómicos de las áreas a rehabilitar.

En su funcionamiento, RAM toma como filosofía el holismo ambientalista y actúa bajo los principios del Desarrollo Sostenibles identificados para la Industria Minera.

En lo científico, RAM se sustenta en la recuperación y mejora continua del comportamiento humano ante el medio ambiente que lo rodea, así como en la conservación de las interacciones biológicas y su posterior reutilización prioritaria en el proceso de Rehabilitación Ecológica.

Su novedad radica en los siguientes aspectos:

- Enfoque holístico donde todos los factores y componentes forman un sistema único, de forma integrada e interdisciplinaria, tanto en lo teórico como en lo práctico, así como los problemas ambientales de la minería y la solución de los mismos son tratados como fenómenos altamente complejos.
- La restauración de la actitud del hombre minero ante el medio ambiente está indisolublemente unida a la propia tecnología de rehabilitación ambiental (Urbino et al., 2015)
- Para la restauración de la actitud del hombre ante el medio ambiente se unen por vez primera dos aspectos conocidos; las Técnicas de Formación de Conciencia Ambiental (, 1997) y las Técnicas de Interpretación Ambiental (FAO, 1992), las cuales dan una sinergia que produce efectos positivos y perdurables en la formación del comportamiento ambiental, aplicando para ello el modelo conocimiento-conducta-concientización (Urbino et al., 2015).
- Se redefinen los conceptos de restauración ecológica, rehabilitación ecológica, restauración ambiental y rehabilitación ambiental, planteando que las definiciones son por la causa que lo

produce y no por el efecto (Urbino, 2011).

- Se establecen dos nuevos términos; Tiempo Minero y Tiempo Ecológico, siendo el primero el tiempo de responsabilidad de las empresas mineras en cuanto a la rehabilitación y el segundo el tiempo mínimo indispensable para el restablecimiento del ecosistema, el cual es mayor que el primero (Urbino, 2011)
- Se hace énfasis que sin una gestión ambiental minera de excelencia no hay una rehabilitación ecológica efectiva.
- Se elaboran y proponen un grupo de Normativas Ambientales en función de la rehabilitación ecológica (Urbino et al., 2009)
- Se demuestra la factibilidad del uso de la capa vegetal en las labores de rehabilitación cuando esta conserva las interacciones biológicas para el caso de las lateritas cubanas (Urbino, 2005)
- Se pone énfasis para las plantaciones forestales el empleo de semillas rústicas obtenidas de ecosistemas ecológicamente tensionados para la rehabilitación de sitios también ecológicamente extremos.
- Se establece una nueva formación vegetal no reportada para Cuba, el bosque tropical mixto, compuesto por dos especies, una aciculifolia y otra latifolia, cada una respondiendo a factores ecológicos diferentes y bien definidos (Urbino et al., 2016).
- Se describe una matriz ecohidro-topográfica que explica la distribución de casi todas las formaciones vegetales naturales de la región (Urbino inédito)

En resumen RAM es **Rehabilitación** porque va al restablecimiento de ecosistemas totalmente destruidos o devastados, es **Ambiental**, porque incluye el actuar sobre los tres recursos fundamentales del Medio Ambiente y es **Minera** pues su objeto de actuación son las áreas devastadas por la minería a cielo abierto.

TIPOS DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA.

La Rehabilitación Ecológica Conservativa, la Rehabilitación Ecológica Productiva y la Rehabilitación Ecológica Especial.

En la actual contribución se definen tres tipos de Rehabilitación Ecológica, las cuales están definidas por su objetivo final.

a) Rehabilitación Ecológica Conservativa.

El objetivo final de este tipo de rehabilitación consiste en restablecer en buena medida la biodiversidad autóctona de un área o región determinada, siendo su punto de partida la conservación máxima de los recursos naturales de un área que será fuertemente disturbada, entendiéndose la misma como la protección y reutilización de las interacciones biológicas del ecosistema original. Esta se debe emplear para regiones con un alto número de especies endémicas y exclusivas, tanto de la flora, la fauna y microorganismos, así como para zonas cercanas a Áreas Protegidas de diferentes categorías de conservación o para zonas que se consideren parte del patrimonio natural de una región.

b) Rehabilitación Ecológica Productiva.

El objetivo final de este tipo de rehabilitación consiste en la obtención de un ecosistema de reemplazo productivo, o sea, un ecosistema que sea capaz de producir bienes de consumo o servicios para las comunidades o entidades de servicios o productivas, por ejemplo bosques forestales, bosques frutales, sabanas, pastos, zonas agrícolas y bosques para actividades turísticas entre otras. Para este caso no será imprescindible la conservación total de las interacciones biológicas del ecosistema natural, pero si se debe seguir buena parte de los procedimientos de la Rehabilitación Ecológica Conservativa, poniendo énfasis en la eficiencia del proyecto.

c) Rehabilitación Ecológica Especial.

Corresponde al empleo de técnicas de rehabilitación encaminadas a la protección de pequeñas áreas contra determinados procesos naturales o artificiales, por ejemplo como la aplicación de técnicas para evitar la erosión, la recuperación del drenaje, proporción de sombras a orillas de carreteras y caminos entre otras. Tres ejemplos son la revegetación de taludes con alto peligro de erosión, la construcción de barreras antierosivas para rectificar cárcavas y la plantación de árboles a orillas de caminos y carreteras.

En las áreas lateríticas de Cuba, debe priorizarse el empleo de la Rehabilitación Ecológica Conservativa, debido a que los yacimientos niquelíferos están en las regiones de la diversidad biológica más alta y significativa, de Cuba y el Caribe.

ECOLOGÍA Y ECOSISTEMA.

Consideraciones.

Para la elaboración e implementación de un proyecto de restauración o rehabilitación ecológica es fundamental que todo el personal profesional que participe en el mismo tengan un conocimiento de lo que es la Ecología, así como de lo que “es un ecosistema; de cuáles son sus componentes; cómo interactúan entre ellos; cómo responden a las tensiones generadas por los diferentes factores tensionantes, a los disturbios y a las limitaciones generadas por los factores limitantes” (Barrera et. al. 2010). Es importante señalar que el personal profesional líder de la restauración o rehabilitación ecológica (o ambiental) debe tener conocimiento mínimo indispensable afín a todas las especialidades necesarias, o sea, que se sienta o funcione como un Ecólogo Ambiental.

Otros aspectos claves que deben ser considerados por los profesionales de la restauración y rehabilitación ecológica para la elaboración y ejecución de un proyecto son: “el funcionamiento o biología de las especies, sobre todo de las nativas, las épocas de formación de flores, frutos, su maduración y caída; las formas de propagación de las especies de interés, su tasa de crecimiento, tipos de asociaciones entre especies, periodos de asociaciones de las especies; así como los requerimientos de nutrientes, de agua y de luz”. “El conocimiento de todos estos aspectos le permitirá al restaurador - rehabilitador manejar en tiempo y forma eficaz todos los elementos necesarios para el éxito” (Ward, 1997).

Ecología.

La definición de este término se vio en epígrafe anterior.

Ecosistema.

Los ecosistemas son entendidos como espacios o áreas en el que interactúan los componentes bióticos entre sí (vegetación, flora, fauna, hongos y bacterias) y los sistemas biótico – abióticos (vegetación – fauna – precipitación – temperatura, y otros) (Barrera et. al. 2010).

Componentes de los ecosistemas.

Otro aspecto importante a considerar es que “los ecosistemas están compuestos de organismos productores (plantas), organismos consumidores (fauna) y organismos descomponedores (fauna, hongos y bacterias), que a través de dichos organismos fluye y se almacena la energía y también, circula, se transforma y se almacena la materia (Barrera et al. 2010).

Compartimentos del Ecosistema.

Los sitios del ecosistema donde se almacena la energía y la materia son llamados compartimentos (Stiling, 1996; Begon et al. 1999)

De forma general se puede decir que un ecosistema tiene tres compartimentos esenciales que cumplen importantes funciones en el medio (Tabla I.1), estos compartimentos son:

1. La vegetación (productores)
2. La fauna (consumidores)
3. El suelo (consumidores y descomponedores).

Funciones de los compartimentos.

Tabla I.1. Funciones de los compartimentos del ecosistema.

FUNCIONES DE LA VEGETACIÓN	FUNCIONES DE LA FAUNA	FUNCIONES DEL SUELO
Fotosíntesis: producción de carbohidratos por fijación de CO ₂ , producción de O ₂ , transformación de energía lumínica en química.	Respiración: producción de CO ₂ y consumo de O ₂ .	Soporte: para la vegetación, la fauna y los microorganismos
Respiración: producción de CO ₂ .	Regulación del ciclo: del C, N ₂ , P, O ₂ , Na, Fe, entre otros.	Hábitat: para la mesofauna edáfica y microorganismos del suelo que además forman el suelo. En ocasiones también para la fauna.
Regulación climática: disminuye la velocidad y fuerza del viento, regula la temperatura, la entrada de luz al suelo y conserva la humedad.	Transformación: de materia orgánica e inorgánica.	Medio: para la descomposición de la materia orgánica
Regulación hídrica: regula la velocidad de la caída y escurrimiento del agua, así como del proceso de infiltración.	Dispersión: de semillas.	Regulación del sistema hidrológico: de una región.
Hábitat de la fauna: Mamíferos, Reptiles, Aves, Invertebrados, Insectos, entre otros.	Polinización: por Insectos y Mamíferos realizan la polinización.	Almacén: de la materia orgánica.
Regulación del ciclo de elementos químicos: C, P, K, N ₂ , O ₂ .	Descomposición: de materia orgánica.	Sitio de redistribución: de la materia orgánica y demás elementos y nutrientes del suelo.
-----	Depredación: muchos animales se alimentan de otros animales.	-----
-----	Fabricación de suelo: fragmentan y mezclan la materia orgánica.	-----

ATRIBUTOS DE LOS ECOSISTEMAS

Atributos de los sistemas.

Los principales atributos de un ecosistema son:

1. El nivel de resistencia a los disturbios.

Los sistemas son más resistentes a los disturbios cuando se encuentran mejor desarrollados, es decir, cuando pueden autorregularse. Por lo general, los ecosistemas que presentan estados avanzados de autorregulación solo son alterados por disturbios de gran magnitud, por el contrario, cuando los ecosistemas se encuentran en estadios incipientes de autorregulación, es decir, se encuentran en los primeros estados sucesionales y aún intermedios de la sucesión, pueden ser alterados por disturbios cuya magnitud sea baja (Beeby, 1993; White & Jentsch, 2001).

2. El nivel de resiliencia.

Este concepto debe entenderse, como la capacidad que tiene el ecosistema de restablecerse después de un disturbio. Es decir, que aquellos ecosistemas que mejor responden, después de un disturbio, en su regeneración espontánea son los que presentan una mayor resiliencia (Barrera et al. 2010).

3. Relación resistencia – resiliencia.

Un sistema, con niveles altos de resistencia y resiliencia, presentan generalmente una estabilidad alta (Beeby, 1993).

SUCESIÓN ECOLÓGICA.

La sucesión ecológica es entendida como el proceso a través del cual se reemplazan las especies y las comunidades a lo largo del tiempo y del espacio (Barrera et al. 2010).

En dicho proceso el sistema gana en complejidad hasta llegar al estado de máxima autorregulación, o sea, el clímax (Clements, 1916; Luken, 1990; Glenn - Lewin et al. 1992; Begon et al. 1999).

Un ecosistema tiene un origen, un crecimiento y un final. Por otra parte, para llegar a su estado final, en la medida que avanza la sucesión, el ecosistema va ganando en complejidad, y sus especies y comunidades van siendo reemplazadas por otras hasta llegar a la autorregulación del mismo. Se conoce hoy en día, que con el tiempo, el ecosistema va almacenando más materia y energía y se va haciendo menos vulnerable a las tensiones y a los disturbios, es decir, va ganando en estabilidad (Margalef, 1963, 1968; Odum, 1969; Holling, 1973).

También, en la medida que el ecosistema gana en complejidad, disminuyen las exportaciones de materia y de energía hacia los ecosistemas vecinos, se generan mejores condiciones microclimáticas, se mejora las condiciones hídricas y se disminuyen los procesos erosivos (Barrera et al. 2010).

La sucesión como proceso de desarrollo de los ecosistemas y el agrupamiento de especies.

Para que se produzca un proceso sucesional deben ocurrir varias causales (Barrera et al. 2010):

- 1) Que suceda u ocurra un disturbio para que genere un claro, parche o espacio libre de cobertura vegetal.
- 2) Que haya oferta de nutrientes, agua y luz adecuadas a las necesidades de las especies (atributos vitales) en las diferentes etapas sucesionales.
- 3) Que exista oferta variada de propágulos (semillas, partes de tallos y raíces).
- 4) Que las especies tengan o presenten comportamientos diferenciales.
- 5) Que existan interacciones de tipo intraespecífico e interespecífico (facilitación, inhibición, tolerancia).

La sucesión ecológica de acuerdo a las características iniciales del sitio (ejemplo después de la rehabilitación física de un terreno) pueden ser definida como:

1) Sucesión primaria.

En este tipo de sucesión no se cuenta con un legado genético previo, es decir, no existen semillas, partes de tallos ni raíces en el área disturbada, por lo que el éxito de la sucesión dependerá de la oferta de propágulos que puedan arribar desde áreas vecinas de forma natural o antrópica, así como de las características del sustrato y de las condiciones mesoclimáticas y microclimáticas.

Sucesión primaria de un bosque de pino

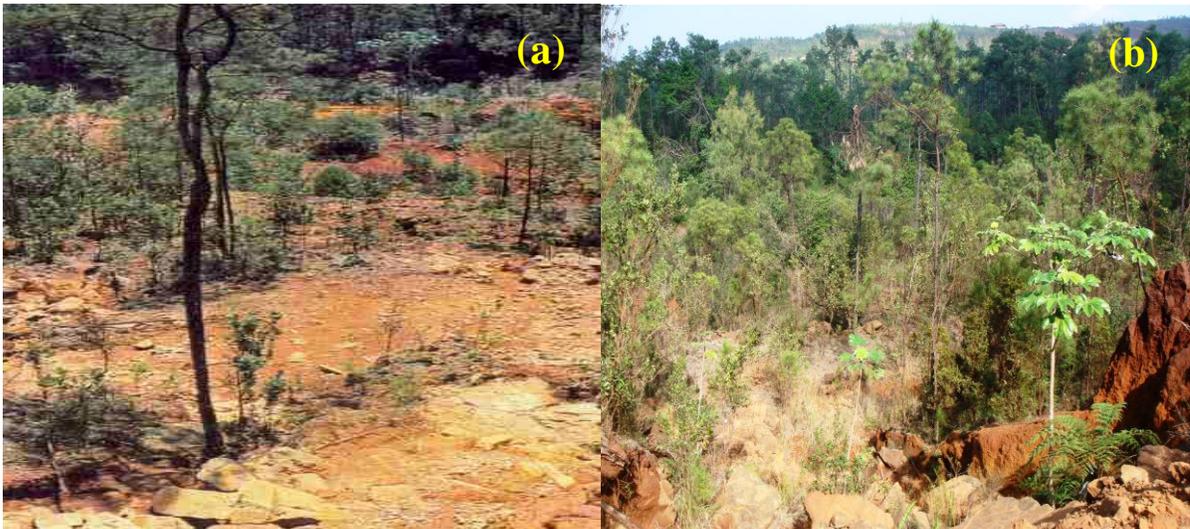


Fig. I.4. Área minada en 1915 en proceso de rehabilitación natural. (a) Estado de la vegetación en 1998 y (b) estado de la vegetación en 2015. (Urbino 1998 y 2015)

Las minas a cielo abierto después de su explotación y abandono son un buen ejemplo debido entre otras cosas, a las drásticas condiciones microclimáticas, la ausencia de nutrientes, ausencia de propágulos de la vegetación en el suelo, al lavado de semillas por el agua de escorrentía y la baja oferta de propágulos desde áreas adyacentes.

Un ejemplo lo tenemos en un tajo de mina en Pinares de Mayarí explotado y abandonado en 1915, en el cual al cabo de más de 100 años solo se ha desarrollado una vegetación muy precaria, producto de la llegada al sitio de semillas de un bosque aledaño de pino en lo fundamental (Fig. I.4.), en este caso se está produciendo una rehabilitación ecológica espontánea o natural.

2) Sucesión secundaria

En este caso, los sitios degradados y abandonados se caracterizan por presentar un banco de semillas (legado genético), que unido a los nutrientes del suelo y a los propágulos que arriban desde las áreas adyacentes permiten un restablecimiento o regeneración espontánea mucho más rápida.

Las actividades de Exploración Geológica, donde solo hacen trochas y plataformas de perforación sin hacer movimientos de tierra extremos son un buen ejemplo de sucesión secundaria, donde quedó en el suelo un legado de semillas y otros propágulos de la vegetación, así como está garantizada la llegada de dichos propágulos de áreas adyacente muy cercana. En estos casos se produce una restauración ecológica espontánea (Fig. I.5. a y b).

Sucesión secundaria de vegetación secundaria

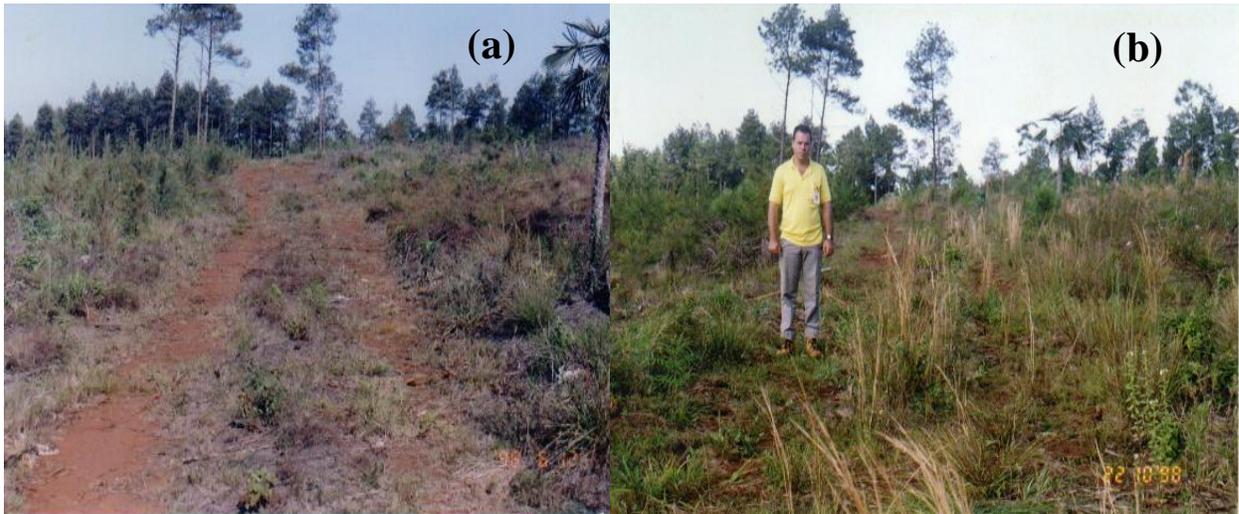


Fig. I.5. Yacimiento niquelífero Pinares Oeste, localizado en altiplanicie Pinares de Mayarí, Cuba. (a) Trocha de Exploración Geológica recién construida. (b) La misma trocha 6 meses después, obsérvese como se ha recuperado la vegetación. (Pinares S. A., 1998)

FILTROS ECOLÓGICOS.

¿Qué son los filtros ecológicos?

Los filtros ecológicos son considerados como las condiciones bióticas y abióticas que permiten el establecimiento o no, de una especie en una comunidad (Temperton et al., 2004).

Para proyectos de restauración y rehabilitación ecológica se pueden considerar los siguientes filtros:

Filtros abióticos.

- Clima: gradientes de lluvia, luz, viento y temperatura.
- Sustrato: localización (mayor o menor pendiente, forma de la pendiente), fertilidad, disponibilidad de agua en el suelo, toxicidad del suelo.
- Estructura del paisaje: posición del paisaje, uso previo de la tierra, tamaño del parche y nivel de aislamiento.

Filtros bióticos.

- Interacciones (facilitación, inhibición, tolerancia). Competencia por el alimento y por el espacio (la luz). Interacciones tróficas (predador – presa). Mutualismo.
- Disponibilidad de propágulos.
- Disturbio. Presencia de regímenes preexistentes y nuevos.
- Orden de arribo de las especies y modelo sucesional.
- Composición y estructura de especies actual y pasada (legado biológico)

Filtros socioeconómicos: (para el caso de Cuba)

- Lo que quiere la comunidad.
- Lo que quieren los ministerios.
- Lo que las empresas quieren rehabilitar, pero no pueden realizarlo con la calidad requerida.
- Lo que quieren las autoridades de control ambiental local, municipal y nacional.
- Lo que quieren los gobiernos locales, municipales y nacionales.

TEORÍA DEL DISTURBIO.

¿Qué son los disturbios?

Los disturbios fueron definidos como eventos relativamente discretos en el tiempo, que rompen la estructura y la función de un sistema (población, comunidad, ecosistema, paisaje). Como consecuencia principal cambian la disponibilidad de recursos, así como las condiciones microclimáticas (White & Jentsch, 2001).

Por el origen de los disturbios se pueden clasificar en naturales y antrópicos.

Disturbios naturales.

- Las inundaciones que afectan tanto a las plantas como a la fauna.
- Los incendios naturales, generalmente provocados por descargas eléctricas, que dañan a la vegetación, a la fauna que no alcanza a huir hacia los sistemas vecinos, a la hojarasca y capa vegetal del suelo.
- Los huracanes y otros eventos extremos del clima (vientos fuertes y precipitaciones fuertes) que arrancan o tumban árboles y arbustos y generan inundaciones terrestres o marinas, así como aumentos de la erosión.
- Las erupciones volcánicas que mediante la lava y las cenizas afectan a las especies de la flora y la fauna, así como a todo el sistema del suelo.
- Tsunamis con importantes avances de aguas del mar sobre la tierra que afectan o cambian bruscamente las cualidades del suelo provocando la salinización inmediata de los mismos.

Disturbios antrópicos.

- La tala de árboles, que puede ser rasa o selectiva y que adicionalmente afecta la vegetación y el suelo.
- Los incendios provocados por el hombre, que es lo más común, bien sean no intencionales o provocados y con la intención de transformar la vegetación natural, seminatural o artificial en áreas de pastos o zonas agrícolas.
- Las descargas orgánicas e inorgánicas de compuestos químicos en los cuerpos de agua dulce o marina y en el suelo.
- El uso pecuario (pastoreo) en el cual es posible evidenciar varios disturbios como la compactación de los suelos que genera el pisoteo del ganado.
- El uso agrícola, que de igual manera desencadena toda una serie de disturbios antes mencionados, complementados por la utilización de abonos, plaguicidas y herbicidas.

- La actividad minera a cielo abierto, la cual afecta todos los compartimentos de un ecosistema (vegetación, flora, fauna, microorganismos y mesofauna edáfica y el suelo como tal), e igualmente afecta los acuíferos superficiales y subterráneos.

Estrategia de manejo de los disturbios.

Antes de realizar la restauración o rehabilitación de un ecosistema determinado, es importante considerar la historia medioambiental, o lo que es lo mismo, el régimen de disturbio que ha ocasionado su afectación, degradación o destrucción, con el ánimo de tomar las mejores decisiones al momento de elaborar e implementar estrategias de restauración - rehabilitación.

Régimen de Disturbio.

El total de disturbios que afectan un sistema o área se les denomina Régimen de Disturbio (Barrera et al, 2010).

El régimen de disturbio se caracteriza por:

1. La clase o tipos de disturbio, que se refiere a si el disturbio es natural o antrópico.
2. Características espaciales que consideran la localización del disturbio, como; extensión, pendiente, exposición, altitud, latitud, los tipos de sistemas adyacentes.
3. Características temporales que consideran la duración del disturbio, la frecuencia y el intervalo de retorno, entre otros.
4. La magnitud del disturbio, que considera la intensidad y severidad que tienen que ver con el área afectada y con el total de elementos del sistema que fueron afectados respectivamente.
5. El sinergismo de los disturbios, que consideran las interacciones entre disturbios, hay disturbios que siempre se presentan asociados.

Historia Ambiental.

La historia medioambiental tiene que ver con todos los disturbios que han ocurrido sobre un sistema y que han afectado su dinámica. Reconstruir la historia reciente o pasada de los disturbios de un sistema que ha sido disturbado es en muchas ocasiones bastante complicado, sobre todo si la información escrita o verbal de las comunidades humanas asentadas en dichas zonas disturbadas no han tenido presente de cómo ha sido el proceso de alteración, no obstante, reconstruir la historia de los disturbios, o la historia medioambiental de un área determinada, es un proceso indispensable para orientar los procesos de restauración y rehabilitación ecológica de forma adecuada.