

PEREZ ARBELAEZIA

Nº 13 FEBRERO 2002

ISSN 0120-7717



Jardín Botánico de Bogotá
José Celestino Mutis
Bogotá, D.C., Colombia





ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ

1896 – 1972

Fundador del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, dedicada a la memoria de su fundador, el doctor Enrique Pérez Arbeláez, quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y a fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.



Mutisia clematis L.

Planta ornamental nativa tomada como emblema del Jardín Botánico de Bogotá. Debe su nombre a la exaltación que el ilustre botánico Linneo quiso hacer en homenaje a José Celestino Mutis, designado con el nombre de Mutisia.

Es una planta trepadora con zarcillos, hojas tomentosas en tonalidades verde grisáceo y flores pendulares, que con su color rojo vivo atraen insectos y colibríes.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Alcalde Mayor
Antanas Mockus Sivickas

JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ
"JOSÉ CELESTINO MUTIS"

Junta Directiva

Julia Miranda Londoño
María Consuelo Araújo
Alberto Gómez Mejía
Germán Andrade Pérez
Mónica Gómez de Espinosa
Marco Palacio Rozo

Director

Enrique Uribe Botero

Secretaria General

Catalina Nagy Patiño

Jefe de Planeación

Jaime Rudas Ll.

Subdirección Educativa y Cultural

María Margarita Gaitán Uribe

Subdirección Técnica Operativa

Francisco Sánchez Hurtado

Subdirección Científica

Alfonso López Quintero

PEREZ ARBELAEZIA

Número 13 - Febrero de 2002

Publicación anual

PEREZ - ARBELAEZIA es la publicación científica y tecnológica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

PEREZ - ARBELAEZIA publica artículos, originales e inéditos, que cubran temas de investigación en ciencias puras o aplicadas sobre botánica, ecología, conservación, ciencias biológicas, recursos naturales renovables y medio ambiente, al igual que ensayos, revisiones, conferencias y reuniones que contribuyan a la profundización del conocimiento y constituyan aportes significativos al objeto de su temática.

Comité Editorial

Enrique Uribe Botero
Catalina Nagy Patiño
Jaime Rudas Ll.
María Margarita Gaitán Uribe

Editores

César Escallón Estupiñán
Gustavo Morales Liscano

Ilustración Carátula

Miconia squamulosa (Sm.) Tr.

Melastomataceae, típica de los cerros de Bogotá y endémica de la Cordillera Oriental de Colombia. Planta fácilmente reconocible por el tomento con aspecto ceniciento y en forma de escama que recubre el envés de las hojas. El carácter endémico de esta especie exige particular atención sobre su hábitat y sobre sus condiciones de conservación.

PEREZ - ARBELAEZIA

Publicación anual

© Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

ISSN 0120-7717

*La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.
Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas,
tesis y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.*

Coordinación Editorial

Luis Alfonso Cano Ramírez

Canje

Húver Nieto Gómez

Biblioteca Enrique Pérez Arbeláez

Diseño y diagramación

Sanmartín Obregón & Cia.

Impresión

Sanmartín Obregón & Cia.

Ilustración carátula

Miconia squamulosa (Sm.) Tr.

Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de
Granada 1976. Tomo XXX.

Cortés del Instituto Colombiano de Antropología e Historia
ICAN

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Av. (Cll.) 57 No. 61-13 • Tel.: 437 7060 • Fax. 630 5075

bogotanico@jbb.gov.co • www.jbb.gov.co

CONTENIDO

Presentación	7
Estrategias de regeneración postquema en áreas de vegetación altoandina tipo matorral William Rodríguez Beltrán y Orlando Vargas Ríos	9
Acercamiento a la ecología de la restauración José Ignacio Barrera Cataño y Héctor Felipe Ríos Alzate	33
Anatomía foliar de cinco especies de árboles ornamentales cultivados en el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis Esmeralda Castebianco Echavarría, Angel David Barba Romero y Hernán Cardozo Gutiérrez	47
Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (<i>Ulex europaeus L.</i>) en los cerros de Bogotá D.C. José Ignacio Barrera Cataño, Héctor Felipe Ríos Alzate y Claudia Alexandra Pinzón Osorio	55
Disturbios, patrones sucesionales y grupos funcionales de especies en la interpretación de matrices de paisaje en los páramos Orlando Vargas Ríos	73
Monitoría de áreas de isocontaminación en la región de influencia de la Central Termoeléctrica Martín del Corral utilizando líquenes como bioindicadores Luis Juan Rubiano Olaya	91
Diagnóstico del estado nutricional de cinco especies de árboles del ornato de Bogotá D.C. Hernán Cardozo Gutiérrez, Esmeralda Castelblanco Echeverri y Angel David Barba Romero	105
Guía para recolectar hongos macromicetos del orden Aphyllophorales s.l. Marcela Zalamea Bustillo	115
Germinación <i>in vitro</i> de embriones aislados de semillas de palma de cera <i>Ceroxylon alpinum subespecie alpinum</i> Steud Luz Amanda Viracacha Muñoz, Claribel Rodríguez Arévalo, Ricardo Pacheco Salamanca y Daniel Galindo Guerra.	133

PRESENTACIÓN

Para la actual administración del Jardín Botánico de Bogotá es motivo de satisfacción y orgullo el poder presentar a la comunidad científica este número de la revista *Perez - Arbelaezia*.

La visión institucional que hemos desarrollado respecto a este tipo de producción documental es la de contar con una herramienta de comunicación directa entre los investigadores, poniendo a su alcance los recientes avances en ciencias puras y aplicadas sobre botánica, ecología, conservación, ciencias biológicas, recursos naturales y medio ambiente, al igual que mantener con ella un espacio disponible para la divulgación de los documentos que resulten de nuestras investigaciones, las que realicen otras entidades y las que se den a conocer en los diferentes eventos científicos que se lleven a cabo alrededor de temas como los indicados.

Dar a conocer la información científica y técnica constituye un compromiso institucional para la tradición y el desarrollo de la cultura científica del país, al tiempo que ello implica cierto grado de responsabilidad con los investigadores, quienes requieren de espacios como éste para poder validar su labor frente a la sociedad que los apoya en su tarea de ampliar las fronteras del conocimiento. La transferencia de este tipo de información tiene la connotación de un deber social, puesto que el saber científico requiere no sólo de legitimar su aporte sino también estar al alcance de quienes lo requieran para el análisis de situaciones particulares, para buscar la solución de algún problema, construir nuevas realidades y aportar elementos de juicio que reduzcan los niveles de incertidumbre en los procesos de decisión.

De una u otra manera, la mayor parte de los artículos incluidos en el presente número se relacionan con temas ecológicos y de conservación del medio ambiente de la ciudad o de sus áreas circunvecinas. Consideramos que entrar a conocer el estado de los recursos naturales asociados a los ambientes capitalinos constituye el punto de partida para afrontar el reto de su conservación y manejo y para definir las pautas que nos lleven a compatibilizar su uso con las necesidades del desarrollo.

Expresamos nuestro sentimiento de gratitud a todas las personas que han contribuido a materializar este esfuerzo del Jardín Botánico y han hecho sus aportes para fortalecer nuestra capacidad divulgativa.

Enrique Uribe Botero
Director Jardín Botánico.

Acercamiento a la ecología de la restauración

Por:

JOSE IGNACIO BARRERA CATANO* Y HÉCTOR FELIPE RÍOS ALZATE*

Resumen

El presente artículo constituye el resultado de una cuidadosa revisión que acopia los elementos conceptuales de mayor relevancia y actualidad relacionados con el tema de la ecología de la restauración y la restauración ecológica. El tema es abordado desde su origen y puntualiza su desarrollo con referencias a aspectos de la ecología de poblaciones, ecología de las comunidades, de ecosistemas y del paisaje.

Se encuentra dirigido a técnicos y estudiosos de las ciencias naturales, en especial a biólogos, ingenieros forestales y ecólogos, pero también a profesionales de otras disciplinas que requieran ampliar su base conceptual para reforzar sus trabajos de investigación.

Debido al avanzado estado de degradación en que se encuentran los ecosistemas urbanos y rurales de Bogotá y a la gran presión que existe sobre los escasos relictos de vegetación nativa, la administración de la ciudad está interesada en encaminar esfuerzos hacia la recuperación del patrimonio natural que se encuentra en el área de su jurisdicción. El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis se une a esta tarea, a través del aporte de sus conocimientos en el manejo de la vegetación como estrategia de restauración, conservación y uso sostenible en dichas áreas. Desde esta perspectiva se hace un aporte al fortalecimiento y desarrollo del tema, se genera un espacio de discusión a nivel local y nacional, y se brindan algunas pautas para la restauración ecológica de las áreas disturbadas.

Palabras claves

Ecología de la restauración, restauración ecológica, sucesión vegetal, atributos vitales, tensionante, disturbio, potenciadores de restauración.

* Investigadores Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis
jibces@uoie.com y felipe_rios1@starmedia.com

INTRODUCCIÓN

La ecología es una disciplina científica que se nutre de otras ciencias, tiene su propio objeto de estudio en los ecosistemas, sus componentes, la interacción entre ellos y su relación con otros ecosistemas (Odum, 1971; Margalef, 1995; Stiling, 1996; Bus, 1997; Begon *et al.*, 1999).

La Ecología de la Restauración, por su parte, es una ciencia reciente, heurística, cuyos orígenes se remontan hacia finales de los años 80. Nace como una rama paralela a la ecología básica y tiene como objetivo estudiar, analizar e interpretar los fenómenos que ocurren durante el restablecimiento en las áreas disturbadas.

Unida a la ecología de la restauración nace la restauración ecológica cuyo propósito es la aplicación de técnicas y estrategias para la restauración de áreas disturbadas, como punto de referencia se utiliza el estado de los ecosistemas predisturbio (Bradshaw, 1993; Cairns Jr., 1993; Clewell, 1993; Woodwell, 1994). La restauración ecológica de un área disturbada se realiza tanto en la escala de las poblaciones, como en la de comunidades, ecosistemas y paisaje.

LA ECOLOGÍA BÁSICA Y LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

Todos los conceptos de la ecología básica son aplicables dentro de la ecología de la restauración, la diferencia entre la ecología básica y la ecología de la restauración, radica exclusivamente en que esta última se dedica a la interpretación de los procesos presentados en el restablecimiento de las áreas disturbadas.

Uno de los aspectos más relevantes en el seguimiento de la restauración ecológica de un área disturbada es la definición de la escala, ya que ello permite tener claridad de las variables que deben ser consideradas durante su proceso de seguimiento. Obviamente, lo que marca la definición de dicha escala es el tipo de disturbio presentado.

Al nivel de la restauración ecológica de poblaciones (fauna y flora) se consideran aspectos como el tamaño de las mismas, los tipos de dispersión, los patrones de distribución, las interacciones entre los individuos de la misma especie, los atributos vitales e historias de vida, etc. (Noble & Slatyer, 1980; Parker, 1997; Montalvo *et al.* 1997).

La restauración ecológica de comunidades analiza los tipos de interacción entre las especies (simbiosis, comensalismo, parasitismo, herbivoría, depredación), riqueza y diversidad de especies (estructura), los patrones de distribución horizontal y vertical de las especies, la posición de las especies en la red trófica, etc. (Palmer *et al.*, 1997; Parker, 1997; Holmes & Richardson, 1999).

En la restauración ecológica de ecosistemas son claves variables tales como: la estructura (estado de los compartimientos, diversidad, riqueza), la función (producción de biomasa,

productividad primaria y secundaria) y el flujo de energía y nutrientes entre ecosistemas (Ehrenfeld & Toth, 1997; Ehrenfeld, 2000).

En la restauración ecológica de paisajes son fundamentales aspectos como: homogeneidad y heterogeneidad, las escalas temporales y espaciales, las historias de disturbio (transformación o alteración), los gradientes de transformación, el ordenamiento del territorio y los planes de desarrollo (Bell *et al.*, 1997; Huxel & Hastings, 1999).

Hoy por hoy, en los proyectos de restauración ecológica se considera fundamental tener en cuenta los servicios ambientales que son prestados por los ecosistemas al hombre, tales como: la producción y regulación hídrica, recreación, producción de oxígeno, consumo de CO₂, producción de alimento y el componente paisajístico (Ehrenfeld, 2000).

Un aspecto fundamental dentro de la ecología de la restauración es la **restauración ecológica** que tiene como objetivo el restablecimiento de los atributos perdidos de un área disturbada, en términos de función y estructura y utiliza como marco de referencia los ecosistemas predisturbio y la teoría ecológica. La restauración ecológica es una sucesión asistida que busca acelerar al máximo (escala humana) el proceso de restablecimiento del ecosistema o del área degradada. La restauración ecológica es denominada la práctica dentro de la ecología de la restauración; es decir, quien provee la verificación experimental de la teoría sinecológica de construcción o desarrollo de los ecosistemas (Bradshaw, Op. cit.; Cairns Jr., Op. cit.; Clewell, Op. cit.; Woodwell, Op. cit.).

En la restauración ecológica de las áreas disturbadas el diagnóstico es uno de los elementos claves ya que permite, entre otras cosas, el conocimiento de la historia y tipo de disturbios presentados, el tipo o tipos de tensionantes, los factores potenciadores y las técnicas y estrategias (tratamientos) por emplear en el proceso de restablecimiento.

LOS TENSIONANTES COMO AGENTES PROMOTORES DE DISTURBIO Y SU CLASIFICACIÓN

Además de los procesos (sucesión) y de los eventos (disturbios) que tienen incidencia en el desarrollo de los ecosistemas existe otra serie de factores que lo afectan, es el caso de los tensionantes y los condicionantes. Mientras los factores condicionantes son fuerzas negativas permanentes que limitan el desarrollo de los ecosistemas, los tensionantes son estímulos que aparecen ocasionalmente con más o menos frecuencia (Brown & Lugo, 1994; Salamanca & Camargo, 2000).

Los tensionantes son definidos como estímulos negativos generadores de disturbio en el proceso de desarrollo de los ecosistemas, pueden afectar a parte de un compartimiento, a

un compartimiento completo o a todos los compartimientos del ecosistema. De acuerdo con el sitio de intervención en el ecosistema (compartimiento) se pueden clasificar en graves, intermedios o leves (Brown & Lugo, Op. cit.).

Los tensionantes graves actúan a nivel de fuente de energía o entre la fuente de energía y el compartimiento de los productores (por ejemplo cuando se le quita la fuente de agua a un humedal, se desvía una quebrada o río, hace erupción un volcán, cae un gran meteorito o se producen grandes emisiones de gases). Los tensionantes intermedios actúan al nivel del compartimiento de los productores y descomponedores (la emanación constante de agentes contaminantes, la invasión de una especie exótica o una plaga, la utilización de herbicidas). Los tensionantes suaves actúan a nivel del compartimiento de los consumidores (la proliferación de plagas, la aplicación de plaguicidas, el derrame de un contaminante) (Figura 1).

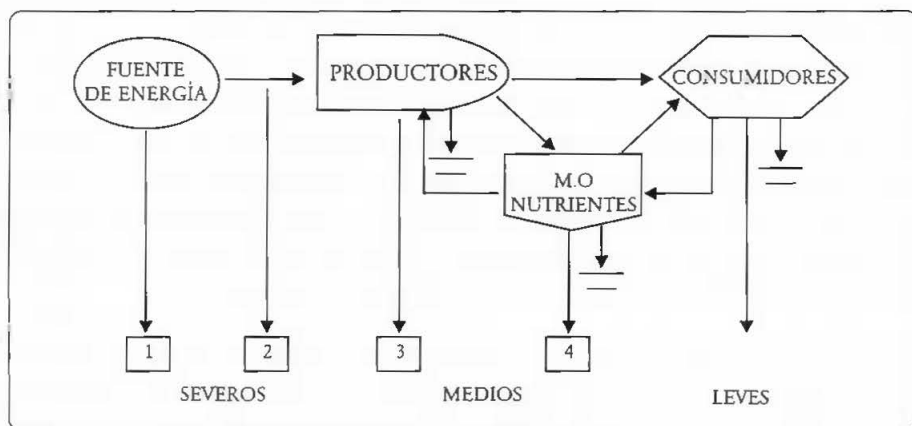


Figura 1. Modelo simple de un ecosistema y tipos de tensionantes que pueden afectar su proceso de desarrollo.
Fuente: Brown y Lugo 1994.

Cuando se lleva a cabo una restauración ecológica, en el desarrollo del diagnóstico, tanto los agentes tensionantes como los condicionantes que afectan el restablecimiento del área disturbada deben ser claramente identificados.

EL DESARROLLO DE LOS ECOSISTEMAS (entre la sucesión y los disturbios)

La sucesión y el desarrollo de los ecosistemas

El estado actual de los ecosistemas es la resultante de una serie de eventos y procesos que alteran negativa o positivamente su proceso de desarrollo; algunos autores lo definen

como la interacción entre la sucesión y los disturbios (Luken, 1990; Glenn - Lewin *et al.*, 1992; Margalef, 1992; Beeby, 1995).

Son varias las interpretaciones que se han realizado sobre el desarrollo de los ecosistemas y más específicamente basados en los estudios de vegetación. Clements (1916) fue el primero en dar una explicación coherente sobre los cambios de la vegetación a través del tiempo, dicho proceso lo denominó sucesión y para ello propuso seis etapas:

- a. Nudación: Es la creación de un área desnuda o parcialmente desnuda por los disturbios que inician la sucesión.
- b. Migración: Es la llegada de organismos a un sitio abierto.
- c. Ecesis: Es el establecimiento de los organismos en un sitio.
- d. Competición: Es la interacción de los organismos en un área determinada.
- e. Reacción: Es la modificación que realizan los organismos de un lugar, con lo cual cambian las habilidades relativas de las especies para establecerse y sobrevivir.
- f. Estabilización: Es el desarrollo de un climax estable.

Clements (Ibid) visualizó su propuesta de la sucesión como un proceso enormemente ordenado y predecible, en el cual los cambios de la vegetación representan las historias de vida de una comunidad que asumió atributos tipo organismo, hasta llegar a una etapa de vegetación climax. El estado de vegetación climax sólo es controlado por el clima regional ya que la vegetación ha alcanzado un equilibrio con el clima presente.

Dos críticos importantes de la teoría clementsiana fueron: Henry A. Gleason (1926) y Arthur G. Tansley (1935). Mientras Gleason enfatizó en la importancia de los procesos estocásticos en la sucesión, Tansley argumentó que los factores locales generan tipos de climax que difieren del climax asociado al clima regional. Whittaker (1953) retomó las teorías de Gleason y Tansley y planteó que la vegetación climax es continuamente variable en un paisaje, también variable.

Basados en los trabajos realizados desde principios del siglo XX hasta la década de los 60 se planteó una serie de modelos teóricos que retoman las propuestas anteriores y, además, explican con mayor claridad los procesos ocurridos durante el desarrollo de la vegetación, entre ellos se destacan:

- a. **El Modelo de Connell & Slatyer (1977)** (Facilitación, Tolerancia e Inhibición). Este modelo retoma algunas de las etapas propuestas por Clements.
- b. **Modelo de Noble & Slatyer (Opus. Cit.)** (Atributos vitales). Permiten predecir el funcionamiento de las especies durante la sucesión.

c. **Modelo de jerarquías de Pickett *et al.* (1987).** El modelo plantea tres etapas para que ocurra la sucesión:

1. *Causas generales de la sucesión:*

- disponibilidad del sitio.
- disponibilidad de especies.
- funcionamiento de las especies.

2. *Procesos contribuyentes en la sucesión* para cada una de las causas generales:

- para la disponibilidad del sitio - ocurrencia de un disturbio.
- disponibilidad de especies - ocurrencia de dispersión, existencia de propágulos
- disponibilidad de recursos.
- para el mejoramiento de las especies debe conocerse su fisiología, sus historias de vida, sus tensionantes, sus competidores, tipos de alelopatía y herbivoría.

3. *Factores modificantes de la sucesión* (severidad, tamaño, tiempo desde el último disturbio, localización, historia del sitio, configuración del paisaje, uso de la tierra, agentes dispersores, suelo, topografía, requerimientos de germinación, tasas de asimilación, tasas de crecimiento, diferenciación genética, etc.).

d. **Modelo de tres componentes para manejar la sucesión** (Pickett *et al.*, 1987):

1. Diseño del disturbio → Disponibilidad del sitio.

2. Colonización controlada → Disponibilidad diferencial de las especies.

3. Funcionamiento controlado de las especies → Funcionamiento diferencial de las especies.

El modelo de tres componentes para manejar la sucesión de Pickett *et al.*, (Ibid.) aporta unos elementos claves para realizar una restauración ecológica de las áreas disturbadas que, en últimas, no es otra cosa que una sucesión asistida.

En la actualidad, y a manera de resumen, se acepta la definición de **sucesión** como el proceso por el cual las especies se remplazan unas a otras a través del tiempo, en un área determinada (Clements, Op. cit.; Gleason, Op. cit., Egler, 1954; Drury & Nisbet, 1973; Pickett, 1976; Connell & Slatyer, Op. cit.; Noble & Slatyer, Op. cit.; Pickett *et al.*, Opus Cit.) (Figura 2).

La sucesión se considera como **primaria** cuando el proceso de desarrollo de la vegetación se inicia a partir de la roca madre (minas a cielo abierto), mientras que la sucesión se considera como **secundaria** cuando se da a partir de un substrato o suelo establecido.

Los disturbios como eventos que alteran el desarrollo de los ecosistemas.

En la restauración ecológica de las áreas disturbadas es fundamental el conocimiento del tipo de disturbio o disturbios que han generado la transformación o alteración de dicha

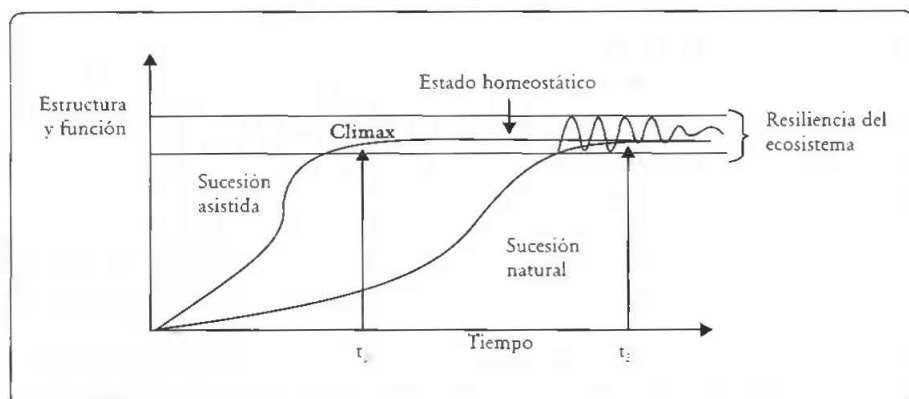


Figura 2. Modelo de la sucesión natural y asistida en el proceso de desarrollo de un ecosistema.

area. Entre los elementos fundamentales se hace necesario conocer la intensidad, magnitud, tiempo de ocurrencia y la duración, de igual manera es muy importante conocer el estado de desarrollo del ecosistema afectado (Figura 3) .

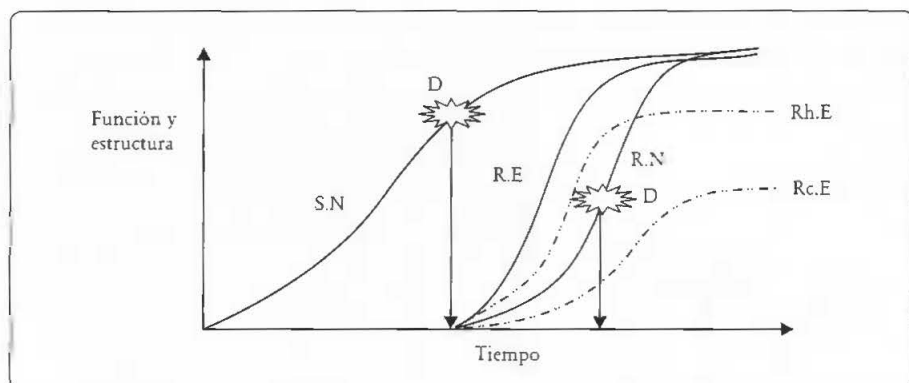


Figura 3. Modelo del proceso de desarrollo (sucesión) de un ecosistema. la ocurrencia de los disturbios y el restablecimiento o regeneración natural posterior.

S.N: Sucesión Natural; **R.E:** Restauración Ecológica; **R.N:** Restauración Natural
Rh.E: Rehabilitación Ecológica; **Rc.E:** Recuperación Ecológica

Son varios los investigadores que desde diferentes ópticas han trabajado sobre teoría del disturbio. Grime (1979) definió el disturbio como el conjunto de mecanismos que limitan el incremento de biomasa de las plantas y pueden causar su destrucción parcial o total. La definición de disturbio como un evento que causa una desviación significativa del modelo normal en un sistema ecológico es planteada por Forman y Godrón (1986). Definiciones no muy diferentes de las anteriores son planteadas por van Andel y van der

Bergh (1987) quienes definen el disturbio como un cambio de las condiciones que interfiere con el funcionamiento normal de un sistema biológico dado. Pickett y White (1985) definen los disturbios como: **eventos discretos en el tiempo que afectan negativa, parcial o totalmente, la estructura y función de los ecosistemas**. Una definición más concertada entre los investigadores define el disturbio como un proceso que conduce a incrementar la disponibilidad de recursos a los cuales responden tanto los sobrevivientes del disturbio como los nuevos colonizadores (Marks, 1974; Mooney & Godrón, 1983; Sousa, 1984; Pickett & White, Opus Cit.; Tilman, 1985; Denslow, 1987; Runkle 1989).

Los disturbios se pueden clasificar de diferentes maneras: De acuerdo con la causa en: a) naturales, b) antrópicos; a la magnitud en: a) grandes, b) medianos y c) pequeños; a la intensidad en: a) graves, b) medianos y c) leves; de acuerdo con el tiempo de ocurrencia en: a) abruptos y b) graduales (Pickett & White, Op. Cit.; Glenn *et al.*, Op. cit.).

El estado actual de transformación en que se encuentran los ecosistemas debe reflejar, de una u otra manera, la historia de disturbio. Ello debe llevar a que cuando se analiza un área disturbada cualquiera, con el apoyo de la información secundaria, se pueda interpretar el gradiente de transformación que presenta y también realizar abstracciones de cómo ha sido el uso del suelo en dicho proceso (Figura 4).

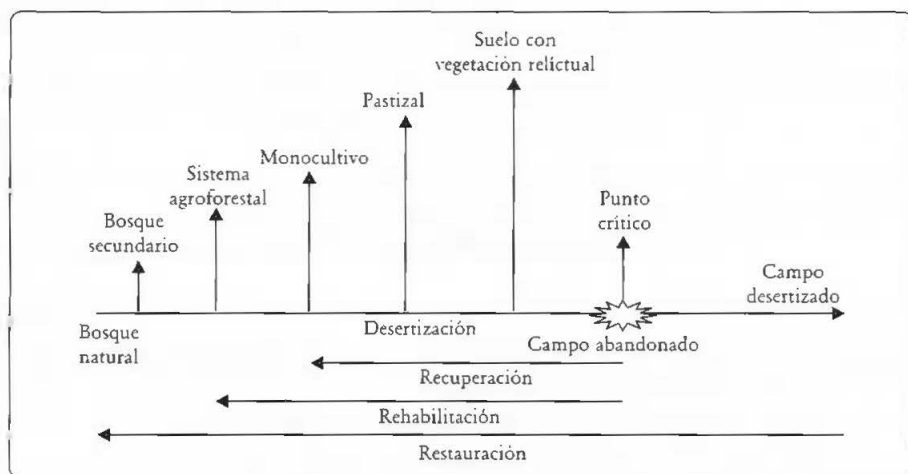


Figura 4. Modelo hipotético de un gradiente de transformación de un ecosistema natural.

El estado de degradación o alteración de un área determinada está muy asociado al uso que el hombre realiza de dicha área. Hoy por hoy, encontramos diferentes tipos de escenarios o tipos de áreas disturbadas como: las dedicadas a la industria extractiva (minas a cielo abierto), los humedales eutroficados por el aporte permanente de sedimentos y con-

aminantes, las áreas agotadas por sobre-uso agropecuario, por expansión urbana, por incendios forestales (Foto 1), las afectadas por plantaciones forestales y la invasión de especies exóticas (Fotos 2 y 3).



Foto 1: Áreas alteradas por incendios forestales en los cerros orientales de Bogotá D.C.



Foto 2: Áreas afectadas por plantaciones forestales en los cerros orientales de Bogotá D.C.



Foto 3: Áreas afectadas por la invasión de especies exóticas (retamo espinoso) en los cerros orientales de Bogotá D.C.

Desde el punto de vista ecológico las áreas disturbadas son definidas como espacios que han perdido parcial o totalmente sus atributos en términos de su estructura y función (Pickett & White, Op. Cit.). Cuando las áreas disturbadas han perdido totalmente sus compartimientos y llegan, por tanto, al punto de no retorno (punto crítico), no pueden restablecerse por sí solas; en dicho punto, aspectos tales como el clima pueden convertirse en agentes condicionantes del área disturbada.

LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (entre las técnicas y las estrategias)

En los resultados del diagnóstico de restauración ecológica debe quedar claro cuáles son las técnicas y estrategias por seguir durante el proyecto de restauración. En este sentido, existen técnicas para cada uno de los compartimientos de los ecosistemas (suelos, fauna y vegetación). Las estrategias son la manera o forma como son aplicadas las técnicas para conseguir los mejores resultados en el proyecto de restauración.

Al nivel de suelos existen medidas preventivas y curativas, entre ellas se destacan: Adecuación geomorfológica, la construcción de fajas, trinchos, muros de contención, cunetas, canales colectores, aplicación de abonos orgánicos y la implementación de cobertura vegetal, etc. (Munshower, 1994).

Al nivel de vegetación existen técnicas, tales como: enriquecimiento florístico, siembra de especies con buena oferta de alimentos, siembra de especies pioneras, la siembra en cuadro, la siembra en tres bolillo, establecimiento de relictos, etc. Las especies deben sembrarse al inicio de la época de lluvias, en caso contrario se deben implementar sistemas de riego, para asegurar al máximo la sobrevivencia de las especies. El arreglo de las especies en el espacio dependerá de los objetivos de la restauración (Munshower, Op. cit.).

Para el caso de la fauna se deben conocer bien los requerimientos de hábitat de las especies, de alimento y clima, así como también el tipo de interacciones con las otras especies. La presencia de la fauna guarda una relación muy directa con el tipo de vegetación establecida en el sitio restaurado.

ETAPAS DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Son varios los aspectos por considerar cuando se lleva a cabo un proyecto de restauración; el éxito de dichos proyectos dependerá exclusivamente de la manera como sean abordados; en este sentido, son varias las propuestas existentes hoy en día, además de las etapas planteadas en esta revisión (Clewel & Rieger, 1997; Holmes & Richardson, 1999).

- Realización del diagnóstico. El diagnóstico se debe realizar en la medida de lo posible tanto en el área disturbada como en el área adyacente. En dicho diagnóstico también deben definirse los agentes tensionantes, los condicionantes y los factores potenciadores de la restauración. Otros aspectos claves del diagnóstico son: la definición del tamaño del área disturbada, su localización, el estado de degradación y el clima.
- Eliminación de tensionantes. La eliminación o neutralización de los agentes tensionantes posibilitan detener el proceso de degradación y facilitar el proceso de restablecimiento del área disturbada.
- Definición de técnicas y estrategias de restauración. La definición de las técnicas y estrategias por emplear en el proceso de restablecimiento dependerán del estado de disturbio de las áreas por restaurar.
- Definición y establecimiento de indicadores de estados de restauración (a nivel de poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes).
- Definición de las etapas posteriores de intervención. Este es uno de los aspectos fundamentales que debe ser considerado en los proyectos de restauración ecológica debido a que los costos finales pueden verse incrementados. Las etapas de intervención deben estar de acuerdo con el estado inicial de partida, con la influencia del área adyacente y los recursos mismos.
- Evaluación del proyecto de restauración. La evaluación de los proyectos debe estar de acuerdo con los objetivos planteados, inicialmente, los costos y las necesidades de la comunidad.

El punto de partida del proyecto de restauración es fundamental y marca el camino para las siguientes etapas de intervención. No hay que olvidar que la naturaleza siempre mantiene su propia tendencia. Para la ejecución del proyecto de restauración se debe definir qué se quiere, cuánto cuesta y hasta dónde se quiere llegar con dicho proyecto (marco de referencia).

Las técnicas y estrategias específicas de restauración para algunos de los compartimientos o el total del ecosistema dependerá de los resultados que arroje el diagnóstico.

Lo que debe quedar claro en este documento es que la restauración ecológica no es una reforestación, una revegetalización o una arborización. En la restauración siempre se debe tener como referencia el ecosistema predisturbio para evitar generar más disturbios.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los doctores: Pilar Andrés, Josep Maria Alcañiz y Montse Vilá de la Universidad Autónoma de Barcelona y miembros del Centro de Investigaciones Ecológicas y Aplicaciones Forestales CREAM - España, por su colaboración en el planteamiento del proyecto; al profesor Orlando Vargas de la Universidad Nacional de Colombia por su apoyo en la tesis de pregrado del biólogo Felipe Ríos; al biólogo David Rivera subdirector científico anterior y al agrólogo Alfonso López subdirector científico actual del Jardín Botánico por su apoyo; al biólogo Cesar Escallón del Jardín Botánico por su detallada revisión; por último damos las gracias a todos los compañeros de la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

Bibliografía

- Beeby, A., 1995. Applying ecology. Chapman & Hall. First edition, London, Great Britain.
- Begon, M., Harper, J. L. & J. L. Townsend. 1996. Ecología. Tercera edición. Ediciones Omega. Barcelona - España.
- Bell, S. S., Fonseca, M. S. & L. B. Motten. 1997. Linking restoration and landscape ecology. Restoration ecology: Vol. 5 (4). Pp. 318 - 323.
- Bradshaw, A. D. 1993. Restoration ecology as a Science. Restoration ecology. Vol. 1 (2). Pp. 71 - 73
- Brown S. & A. E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. Restoration ecology. Vol. 2 (2). Pp. 97 - 111
- Bush, M. B. 1997. Ecology of a Changing Planet. Prentice Hall, New Jersey - USA.
- Cairns Jr. J. 1993. Is Restoration Ecology Practical?. Restoration Ecology.
- Clements, F. E. 1916. Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute of Washington Publication
- Clewell, A. F. 1993. Ecology, Restoration Ecology, and Ecological Restoration. Restoration Ecology
- Clewell, A. & J. P. Rieger. 1997. What practitioners Need from restoration ecologist. Restoration Ecology. Vol. 5 (4). Pp. 350 - 354.
- Connell, J. H. & Slatyer, R. O. 1977. Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization. American Naturalist. Vol. 111. Pp. 1119 - 1144.
- Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. Ann. Rev. Ecol. System. Vol. 18. Pp. 431 - 451
- Drury, W. H. & I.C.T. Nisbet. 1973. Succession. Journal of the Arnold Arboretum. Vol. 54. Pp. 331 - 368.

- Egler, F. E. 1954. Vegetation science concepts. I. Inicial floristic composition - a factor in old - field vegetation development. *Vegetatio*. Vol. 4. Pp. 412 - 417.
- Ehrenfeld, J. G. & L. A. Toth. 1997. Restoration ecology and the ecosystem perspective. *Restoration ecology*. Vol. 5 (4). Pp. 307 - 317.
- Ehrenfeld, J. G. 2000. defining the limits of restoration: The need for realistic goals. *Restoration ecology*. Vol. 8 (1). Pp. 2 - 9.
- Forman, R. T. T. & M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley, New York.
- Gleason, H. A. 1926. The Individualistic concept of the plant association. *Torrey Botanical Club Bulletin*. Vol. 53. Pp. 7 - 26.
- Glenn - Lewin, D. C., Peet, R. K. & T. T. Veblen. 1992. *Plant Succession: Theory and Prediction*. First edition, Chapman and Hall, Cambridge, Great Britain.
- Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, New York.
- Holmes, P. M. & D. M. Richardson. 1999. Protocols for restoration based on recruitment dynamics, community structure, and ecosystem function: Perspective from South African Fynbos. *Restoration Ecology*. Vol. 7 (3). Pp. 215 - 230.
- Huxel, G. R. & A. Hastings. 1999. Habitat loss, fragmentation, and restoration. *Restoration ecology*. Vol. 7 (3). Pp. 309 - 315.
- Luken, J. O. 1990. *Directing Ecological Succession*. First edition, Chapman and Hall, Cambridge, Great Britain.
- Margalef, R. 1992. *Planeta Azul, Planeta Verde*. Primera edición, Prensa Científica S. A., Barcelona, España.
- Margalef, R. 1995. *Ecología*. Octava reimpresión. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Marks, P. L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. *Ecology Monographs*. Vol. 44. Pp. 73 - 89.
- Montalvo, A. M., Williams, S. L., Rice, K. J., Buchmann, S. L., Cory, C., Handel, S. N., Nabhan, G. P., Primack, R. & R. H. Robichaux. 1997. Restoration biology: A Population Biology Perspective. *Restoration Ecology*. Vol. 5 (4). Pp. 277 - 290.
- Mooney, H. A. & M. Godron. 1983. *Disturbance and ecosystems*, Springer - Verlag, Berlin.
- Munshower, F. F. 1994. *Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation*. Lewis Publishers, Florida - USA.
- Noble, I. R. & R. O. Slatyer. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio*, Vol. 43. Pp. 5 - 21.
- Odum E. P. 1971. *Fundamentals of ecology*, 3rd edition. Saunders, Philadelphia.

- Palmer, M. A., Ambrose, R. F. & N. L. Poff. 1997. Ecological Theory and Community Restoration Ecology. Restoration Ecology. Vol. 5 (4). Pp. 291 - 300.
- Parker, V. T. 1997. The Scale of Successional Models and Restoration Objectives. Restoration Ecology. Vol. 5 (4). Pp. 301 - 306.
- Pickett, S. T. A. 1976. Succession: an evolutionary interpretation. American Naturalist. Vol. 110. Pp. 107 - 119.
- Pickett, S. T. A. & P. S. White. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press Inc. Pp. 1 - 472.
- Pickett, S. T., Collins, S. L. & J. J. Armesto 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. The Botanical Review. Vol. 53. Pp. 335 - 371.
- Runkle, J. R. 1989. Synchrony of regeneration, gaps and latitudinal differences in tree species diversity. Ecology. Vol. 70. Pp. 546 - 547.
- Salamanca, B. & G. Camargo. 2000. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica: Guía para la restauración de los ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá. Departamento Administrativo de Medio Ambiente - Dama y Fundación Estación Biológica Bachaqueros - Febb. Santa Fe de Bogotá - Colombia.
- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. Ann. Rev. Ecol. System. Vol. 15. Pp. 353 - 391.
- Stiling, P. D. 1996. Ecology: Theories and applications. Second editions. Prentice Hall, New Jersey - USA.
- Tansley, A. G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology. Vol. 16. Pp. 284 - 307.
- Tilman, D. 1985. The resource ratio Hypothesis of succession. Amer. Nat. Vol. 125. Pp. 827 - 852
- van Andel, J. & van den Bergh, J. P. 1987. Disturbance of grasslands. Outline of the theme, in *Disturbance in Grasslands, Causes, Effects and Processes* (eds J. van Andel, J. P. Bakker and R. W. Snaydon), Geobotany 10, Junk, Dordrecht. Pp. 3 - 13.
- Whittaker, R. H. 1953. A consideration of climax theory: The climax as a population and pattern. Ecological Monographs. Vol. 23. Pp. 41 - 78.
- Woodwell, G. M. 1994. Ecology: The Restoration. Restoration Ecology. Vol. 2 (1). Pp. 1 - 3.