



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago  
de Cuba

Cuba

Reyes-Domínguez, Orlando J.; Ramón-Puebla, Adonis M.

**Principios para la rehabilitación y restauración de los bosques en la Sierra Maestra**

Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 3, 2021, Julio-Septiembre, pp. 49-68

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba

Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181370275004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Principios para la rehabilitación y restauración de los bosques en la Sierra Maestra

### Fundamental truths to rehabilitation and restoration Sierra Maestra's forests

#### Autores:

Orlando J. Reyes-Domínguez, [joel@bioeco.cu](mailto:joel@bioeco.cu). Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad. Teléfono 22626568. Santiago de Cuba, Cuba.

Adonis M. Ramón-Puebla, [adonis.maikel@gmail.com](mailto:adonis.maikel@gmail.com). Órgano de Montaña Sierra Maestra. Bayamo, Granma, Cuba.

#### RESUMEN

*Debido a la intensa alteración sufrida por los bosques de la Sierra Maestra, los que tienen diferentes estrategias ecológicas de desarrollo, es necesario intensificar la rehabilitación o la restauración de sus ecosistemas. Para ello se presentan las principales características de sus ecotopos, así como los principios y métodos para su recuperación.*

**Palabras clave:** bosques, rehabilitación, Sierra Maestra, Cuba Oriental.

#### ABSTRACT

*Due to strongly alteration present on Sierra Maestra's forest is required the intensification of the ecosystemic rehabilitation and restoration work. For that the main ecotope characteristics and the fundamental truths and methods for recuperation were comment.*

**Keywords:** forests, rehabilitation, Sierra Maestra, Eastern Cuba.

## INTRODUCCIÓN

La conservación de los bosques es un camino complejo, que no solamente se ocupa por la prevención de la pérdida de la diversidad biológica y de evitar su deterioro. Actualmente la conservación tiene como una de sus vertientes más urgentes la restauración de aquellos ecosistemas que en mayor o menor medida están ya alterados (Higgs y Hobbs, 2010).

En este contexto la Sierra Maestra, caracterizada por Mateo (2017) como un territorio de alta complejidad y fragilidad geocológica y uno de los principales núcleos de desarrollo de la flora y la fauna actual de Cuba, ha estado sometida a la fragmentación y transformación generada por la actividad humana, con un claro predominio del uso irracional de los recursos naturales, con prácticas agropecuarias inadecuadas y una excesiva explotación del patrimonio forestal. Ello ha conllevado a la existencia actual de grandes áreas deforestadas convertidas en zonas ganaderas o con presencia de diversos cultivos, algunas ya abandonadas y cubiertas de malezas.

Este deterioro tuvo como consecuencia (Fernández y Pérez de los Reyes, 2009; Mateo, 2017): declinación de la biodiversidad y de especies de valor maderero, proliferación de especies invasoras y oportunistas, ocurrencia de incendios forestales, erosión de los suelos, fragmentación y pérdida del hábitat, entre otras problemáticas. Esto requiere de intervenciones urgentes para mitigar estos procesos de deterioro de la sierra, lo que se acrecienta debido al aumento de presiones ambientales y el cambio climático.

En función de lo anterior, el objetivo de este trabajo fue exponer algunas indicaciones para la rehabilitación o la restauración de los bosques de la Sierra Maestra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

La Sierra Maestra se divide en dos partes: la Sierra Maestra Oriental (Sierra de la Gran Piedra) y la Sierra Maestra Occidental (Sierra del Turquino); la última es más extensa y donde se encuentran las mayores altitudes.

Los suelos en las zonas altas son fundamentalmente alíticos y de ácidos a muy ácidos; mientras en las bajas son principalmente pardos, además rendzinas,

fluvisoles, halomórficos, entre otros, en condiciones particulares. Las lluvias varían localmente entre alrededor de 800 y 2 000 mm.

### **Metodología**

Estas sugerencias se establecen de un conocimiento de más de 60 años sobre la Sierra Maestra; además, se efectuaron recorridos en más de 20 ocasiones a través de toda ella, con el objetivo de estudiar la vegetación, delimitar áreas protegidas, entre otros (Reyes, 2011-2012, 2016; Reyes y Acosta, 2004, 2005a, 2010, 2014, 2019; Reyes *et al.*, 2015).

## **RESULTADOS**

Debido a su situación geográfica y características propias, así como a una intensa antropización, la Sierra Maestra presenta actualmente una situación compleja, que debe ser tomada en cuenta para un manejo sostenible.

### **Principales características de los ecotopos y bosques de la Sierra Maestra**

Las características de los ecotopos y bosques son diversas, entre ellas:

- Posición geográfica en el trópico americano y dirección principal este-oeste del sistema montañoso.
- Relieve generalmente abrupto.
- Suelos muy erosionados, frecuentemente amputados; en las zonas altas se acentúa la oligotrofia y la meteorización; en las bajas, la profundidad efectiva es generalmente poca.
- Gran diversidad de particularidades ecológicas, determinadas por la basculación de estas montañas, la altitud, las condiciones edafoclimáticas y el relieve; lo que origina una zonación en pisos de vegetación con características potenciales específicas.
- Vertiente sur afectada por efecto de una pantalla eólica (efecto föhn) que condiciona en su parte baja una zona semiárida con particularidades edafoclimáticas, florísticas y de gestión forestal.
- Presencia de nieblas y/o nubes bajas (sombra húmeda, precipitación horizontal) en terrenos a más de 800 m snm, lo que provoca una baja evaporación e insolación relativa, favoreciendo el balance hídrico. En las

zonas bajas la relación precipitación/evaporación es notoriamente negativa.

- Bosques relativamente alterados, con una estructura multiestratificada y con una composición específica en correspondencia con la altitud y las condiciones edafoclimáticas.
- Ecosistemas ricos en especies, principalmente los terrestres.
- Bosques con una estrategia ecológica de desarrollo (presencia o ausencia de estera radical) que varía fundamentalmente con la humedad ambiental, la altitud y la oligotrofia del suelo.

En la Gran Piedra, Sierra Maestra Oriental, a 1 100 m snm las nieblas expuestas anteriormente están presentes 239 días al año; de ellos, 153 son con niebla densa y de octubre a mayo se observan 20 días o más al mes (Montenegro, 1990). A su vez, en las zonas bajas hay temperaturas elevadas, habitualmente las precipitaciones varían entre 700 y 1 000 mm y la evaporación fluctúa alrededor de 2 000 mm, lo que tiene una gran influencia en las características ecosistémicas.

Los bosques en la Sierra Maestra son usualmente multiestratificados. Presentan un estrato arbóreo de diferente altura (a veces con subestratos), otro arbustivo, que contiene los arbustos y arbolitos, y el herbáceo, donde se concentran las hierbas, monilófitos, arbustos y plántulas de árboles. En ocasiones en los bosques montanos se encuentra un estrato muscinal, compuesto por musgos, hepáticas y líquenes. La composición específica varía notablemente entre los terrenos altos y bajos de la sierra.

### **Estrategias ecológicas de los bosques de la Sierra Maestra**

Debido a su desarrollo histórico y su evolución, los bosques naturales de la Sierra Maestra tienen dos estrategias ecológicas fundamentales de desarrollo; ocasionalmente se puede encontrar una forma intermedia entre ambas, por ello se observan:

- Circulación de nutrientes con base en el suelo.
- Circulación de nutrientes mediante la estera radical.
- Mezcla de ambas.

### **Circulación de nutrientes con base en el suelo**

La circulación de nutrientes con base en el suelo se produce cuando el sistema radical absorbe los nutrientes y el agua directamente del suelo. Esta estrategia se presenta en suelos ricos y frescos y donde las elevadas temperaturas y evaporación no permiten la vida de las raicillas en la superficie del suelo.

### **Circulación de nutrientes mediante la estera radical**

Se considera estera radical al conjunto de raíces, raicillas, hojarasca, en diferente estado de descomposición y al humus, que se acumulan sobre el suelo. Esta estrategia de desarrollo, en que la nutrición de las plantas y la absorción del agua se producen en una estera radical, se presenta en los bosques montanos y pluvisilvas muy húmedas; incluso, sobre suelos muy oligotróficos con suficiente humedad. Cuando este subsistema está bien desarrollado el suelo sirve principalmente y a veces solamente de sostén. Ocasionalmente se encuentran situaciones intermedias, en la cual parte del subsistema absorbente se halla en el suelo y otra parte encima del mismo como un grupo de raicillas, o en una pequeña estera radical (Reyes, 2005).

### **Principales causas de la degradación de la Sierra Maestra**

Las causas de la degradación en la Sierra Maestra son diversas, entre ellas:

- Deforestación.
- Uso indebido de los suelos.
- Explotación forestal paulatina e irracional.
- Erosión, principalmente hídrica.
- Fuegos.
- Penetración de especies invasoras o nativas expansivas.
- Ciclones tropicales.

La deforestación y el indebido uso agropecuario de los suelos de la Sierra Maestra es la principal causa de su degradación. La mayoría de los bosques de dicha sierra fueron eliminados por la antropización, los restantes se encuentran en su mayoría degradados o fuertemente alterados. Los campesinos con su sistema de “limpia–tumba–pica–quema–habita”, con el que se destruía la totalidad del bosque, fueron un factor importante; igualmente funesta fue la explotación forestal irracional y paulatina, en la que se sacaban los mejores

individuos de las especies valiosas sin tener en cuenta los perjuicios a la estructura y la composición futura del bosque, el suelo, la estera radical, las plántulas y demás miembros del ecosistema. Además, se explotaba el bosque en función de los surtidos necesarios, sin mediar entre las intervenciones el tiempo necesario para su recuperación de acuerdo con su poder de resiliencia. Con la deforestación y el cultivo comenzaron a introducirse los arvenses, muchas de cuyas especies competían fuertemente con los cultivos; se introdujeron y dispersaron otras para sombra de cafetales y como pastos. Es decir, generalmente se produjeron cambios florísticos locales. Debido a la pérdida de cobertura vegetal por la antropización, la erosión, principalmente hídrica, ha sido extraordinaria. Los suelos están amputados, por lo que han perdido gran parte de sus propiedades productivas. Las enormes rocas redondeadas que se observan en algunos ríos y las acumulaciones líticas en sus partes bajas, principalmente en la vertiente sur, denota el efecto de esas potentes fuerzas modeladoras en la sierra.

### **Principios para la restauración o rehabilitación de los bosques de la Sierra Maestra**

Debido al estado ambiental actual de la Sierra Maestra se consideran los siguientes principios (aspectos fundamentales) para su manejo y recuperación:

- En la Sierra Maestra debe tener prioridad la conservación del agua, el suelo y la biodiversidad sobre la producción de madera o agropecuaria.
- Tener en cuenta en la práctica forestal y tanto en la restauración como en la rehabilitación el manejo ecosistémico; o sea, las estrategias ecológicas de los bosques naturales de la Sierra Maestra y las condiciones de los ecotopos, sobre todo: la variación de la composición de especies con la altitud, la humedad, las nieblas y nubes bajas, la temperatura, la energía solar recibida, el sustrato, la topografía, la fenología, el tipo de reciclaje de nutrientes y las tensiones edafoclimáticas; es decir, las potencialidades del sitio y la vegetación meta, que debe ser en la mayor parte de la sierra un bosque de conservación o protección diverso.

- Debido a la antropización de la Sierra Maestra los suelos están muy erosionados, frecuentemente amputados; por lo que su conservación tiene la mayor importancia.
- Priorizar la protección de los relictos de vegetación natural conservada, favoreciendo que conformen elementos de corredores biológicos.
- En las áreas por encima de los 800 m snm debido a su extraordinario valor como protectoras de la biodiversidad, las aguas y los suelos solo debe permitirse la observación controlada de sus valores, la investigación científica y la educación ambiental. Únicamente deben realizarse intervenciones sanitarias (ej. manejo de especies invasoras) en casos necesarios y la repoblación de calveros extensos con especies típicas del correspondiente piso climático.
- Por encima de los 800 m snm y en las cuencas centrales desde alrededor de los 500 m snm se puede plantar pino de la maestra (*Pinus maestrensis*) como estadio de sucesión, con vistas a conformar en el futuro bosques mixtos, preferentemente provenientes de la sucesión natural. Solo en suelos derivados de granodioritas, muy pobres, muy graviliosos, o en deslaves se pueden crear bosques estables de dicho pino.
- Las áreas con pendientes de 20 o más grados, debido al peligro de erosión de sus suelos y su valor hidrológico, deben ser cuidadosamente manejadas como bosques de conservación (bosques de protección solo en áreas sociales), respetando la composición, funcionamiento y estructura de la vegetación potencial; además, debe mantenerse la espesura de su estrato arbóreo con más de un 80 %.
- Las actividades forestales en los bosques de producción deben tener como objetivo conformar bosques mixtos de especies productivas (enriquecidos con frutales), que conserven las condiciones naturales de la formación vegetal potencial del lugar, que favorezcan las funciones del bosque y que no se conviertan en invasoras o potencialmente invasoras; lo cual evitaría que causen cualquier dificultad social.
- Debe incrementarse la localización de grupos ecológicos funcionales, así como de especies: típicas de los sitios forestales (Reyes, 2016), endémicas, amenazadas, bandera, o con determinadas relaciones con

elementos de la fauna, con el objetivo de su conservación y utilización en la rehabilitación o restauración de los bosques de protección y de conservación.

- Al seleccionar las especies, tanto para la rehabilitación como para la restauración, también hay que tener en cuenta que sean atractivas en las zonas aledañas a los viales y en las socioturísticas, que cumplan su función (actual y futura) como sumidero de carbono y que contribuyan a mitigar la intensificación de la sequía y la elevación de la temperatura.
- La vertiente norte es más húmeda y de relativamente menor pendiente que la sur; además, con suelos más ricos; por lo que debieran agruparse en la misma las mayores actividades económicas, incluso la producción de madera. En la vertiente sur las actividades agropecuarias deben limitarse a las necesidades de la población existente.
- Concentrar las áreas agropecuarias en las zonas de poca pendiente, frescas, con suelos adecuados y con medidas de conservación de suelos. Intercalar las parcelas de cultivos con poca cobertura (ej. maíz) con ecosistemas que realicen una mayor protección al suelo. Deben minimizarse los cultivos que provocan remoción del suelo (ej. yuca, malanga) y priorizar la producción en forma de cultivos mixtos (conucos). Se debe favorecer la aplicación de los principios de la agroforestería y la forestería análoga (Hechavarría, 2015).
- En zonas con objetivos económicos, los bosques secundarios pobres en especies utilizables pueden ser enriquecidos con especies deseables correspondientes al piso climático respectivo. A su vez, tener en cuenta la potencialidad del sitio y apoyar en el bosque meta la restitución de las propiedades de la formación vegetal potencial.
- La tala selectiva debe convertirse en el método general de obtención de madera, excluyendo la tala rasa; solo en los lugares de menor pendiente pudieran utilizarse las fajas o los grupos.
- Seleccionar áreas naturales y prepararlas como productoras de semillas.
- En toda la sierra deben priorizarse como fuente de trabajo y en tareas educativas las actividades forestales, fundamentalmente las de restauración o rehabilitación.

- Los viales deben establecerse de modo que sean duraderos. Hay que tener en cuenta, entre otros factores, la pendiente, litología, tipo de suelo y cantidad e intensidad de las precipitaciones.

### **Etapas de trabajo y estrategia para la restauración o rehabilitación de los bosques en la Sierra Maestra**

Para iniciar un proceso de restauración o de rehabilitación de un territorio hay cuestiones que no se deben obviar:

- Examinar la información existente sobre el área.
- Delimitar los patrones ecosistémicos.
- conocer las leyes de desarrollo de la vegetación y su zonación altitudinal.

Al comenzar un estudio se debe examinar la información del área lo más detalladamente posible, analizar los mapas topográficos, climáticos, geológicos, edáficos, florísticos, entre otros, y las descripciones del lugar, así como de las zonas cercanas que tengan interacción. La primera definición de las particularidades y detalles se realiza mediante la delimitación de los patrones obtenidos por imágenes satelitales y/o fotos aéreas. Con ello se realiza una discriminación de las diferencias de los estadios de la vegetación, lo que permite seleccionar los diferentes tipos, su extensión, entre otros. Si se puede conocer mediante la bibliografía las condiciones ecológicas y la evolución de la actividad antrópica, se puede con ayuda de las imágenes y los mapas enunciados conformar una tipología con bastante detalle.

Como parte del trabajo inicial es importante conocer de la zona a restaurar o rehabilitar:

- Geología, tipo de suelo, riqueza en nutrientes, pedregosidad, graviliosidad y profundidad de los suelos.
- Cantidad, intensidad y distribución de las lluvias y evaporación local.
- Temperatura y su variación.
- Altitud y sus efectos.
- Insolación, su variación exposicional y altitudinal.
- Presencia e intensidad de las nieblas y nubes bajas.
- Topografía, incluidos el micro y nano relieve.
- Efecto de la exposición sobre las condiciones ecológicas.

- Tipo de vegetación existente, composición florística y potencial de los sitios forestales en la zona.
- Estadios de sucesión que se originan en la zona, sus características, tiempo de los elementos de la serie.
- Posibilidades en la producción de diásporas, distancia a la que se pueda producir una dispersión eficiente, diversidad específica.
- Características de las especies existentes y de las que serán usadas en la rehabilitación o la restauración.

De la vegetación se analizarán la composición florística y estructura de los relictos existentes en los alrededores, así como las descripciones bibliográficas e históricas.

Con estos conocimientos y la tipología realizada se planifican las áreas a trabajar en tiempo y espacio, su reconocimiento y caracterización en el campo, los patrones a investigar, como sería el desplazamiento, la cantidad de tiempo a invertir en cada lugar, entre otros.

La planificación realizada se debe comprobar en el campo mediante:

- Localización y examen de cada tipo de bosque y estadio de degradación.
- Rectificación de la cartografía digital de los bosques y estadios de degradación encontrados.
- Reconocimiento de las causas, extensión e intensidad de la degradación.
- Examen de las amenazas, impactos y los procesos erosivos; sus causas y grados de intensidad.
- Reconocimiento de las especies extrañas, su grado de infestación y función actual en el ecosistema.
- Precisar en cada estadio de degradación el tipo y método de manejo recuperativo.

En ese estudio de campo hay que conformar una idea precisa de la vegetación del área, sus leyes de distribución, variaciones y causas de dicha variación; los estadios de degradación, las causas de dicha degradación y su intensidad; así como los procesos erosivos. Concretamente, se deben reconocer las situaciones específicas de cada sitio con vistas a definir los tratamientos necesarios.

Con los conocimientos adquiridos debe concretarse una Estrategia de Rehabilitación y Restauración, que comprenda toda la zona funcionalmente integrada [una cuenca hidrográfica (Renda *et al.*, 2012) y en ocasiones una subcuenca]. De acuerdo con dicha estrategia, a la capacidad técnica y económica se integrarán en tiempo y espacio las unidades básicas a trabajar, de las cuales se tendrá en cuenta: importancia local, fragilidad, número de amenazas (presiones y fuentes de presión), función regional de cada estadio a restaurar; intensidad, extensión, duración y reversibilidad o no de los impactos y la factibilidad de su control; las fortalezas, incluyendo la sensibilidad política, administrativa y comunitaria; la posibilidad de su restauración o rehabilitación y las medidas necesarias y posibles; la capacidad y la capacitación técnica para implementar las acciones; la vegetación meta y la planificación de las investigaciones y monitoreos necesarios para realizar o mejorar la estrategia elaborada. En general, deben priorizarse los tipos de vegetación y estadios de degradación con una función regional destacada, con la más alta diversidad e intensidad de las amenazas, tratando a su vez de preservar sus interacciones ecológicas a nivel paisajístico.

La Estrategia de Rehabilitación y Restauración tiene que conformarse como un sistema, reevaluado periódicamente y capaz de incorporar las experiencias y los resultados de las investigaciones y los monitoreos. Debe abarcar todos los aspectos de su problemática, la forma de solucionar o minimizar las amenazas, así como la interacción con el paisaje y sus consecuencias. Hay que integrar la relación unidades básicas de trabajo – amenazas e impactos – acciones y su implementación - consecuencias – vegetación meta.

Hay que recordar que en la restauración y la rehabilitación de la Sierra Maestra el principal objetivo director de todo el proceso es la conservación de las aguas, el suelo y la biodiversidad (principio uno) y no la producción de madera u otro bien del bosque; que la dirección de los procesos correctivos es altitudinalmente de arriba hacia abajo y que las principales unidades para la organización del trabajo es la cuenca o la subcuenca en función de su tamaño y de su complejidad. Además, se debe tener en cuenta que en la Sierra Maestra hay diferentes bioclimas y pisos de vegetación; ello permite planificar en tiempo y espacio las épocas de preparación del suelo, aviveramiento, plantación (ej. en el período menos lluvioso plantar o sembrar en la parte alta y

al inicio de las lluvias trasladarse a la parte baja), tratamientos silvícolas, estudios y monitoreos, entre otros.

### **Métodos de rehabilitación y restauración**

Existen diversos métodos a utilizar para la rehabilitación o la restauración en dependencia de las condiciones de la vegetación y del ecotopo, los cuales se pueden individualizar o combinar en función de la realidad local. Hay que tener en cuenta que la diversidad e intensidad de la degradación y las condiciones ecológicas son prioritarias para elegir el método de rehabilitación o de restauración, entre ellos:

- Recuperación natural (regeneración)
- Enriquecimiento
- Sustitución de especies invasoras o nativas expansivas
- Tratamiento de edafotopos muy deteriorados (restauración)

Recuperación natural (regeneración). Es un método que se puede utilizar en sitios donde la composición florística es relativamente cercana a la natural, la cobertura del dosel es suficiente para la germinación y desarrollo de las especies restauradoras y que estas crezcan normalmente; además, generalmente hay una determinada cantidad de plántulas. O sea, la rehabilitación puede producirse naturalmente con un determinado cuidado y dirección. Es necesario conocer fenología, necesidades lumínicas y poder competitivo de las especies.

Enriquecimiento. En muchos lugares el bosque se ha empobrecido notablemente, aunque mantiene gran parte de su fitodiversidad. Por ello es preciso introducir algunas especies con vistas a acercarse lo más posible a la composición específica potencial del lugar. El enriquecimiento puede realizarse mediante el establecimiento de especies restauradoras en los lugares con suficiente cobertura del dosel, o con pioneras en los sitios con mayor iluminación. Dichas especies deben ser valiosas económicamente en sitios donde el objetivo del bosque es la producción de madera, o con especies importantes de las comunidades aledañas cuando el objetivo es de conservación o protección.

El enriquecimiento puede efectuarse en fajas de una o varias líneas (enriquecimiento en líneas). Estas líneas son frecuentemente irregulares, ya

que lo más importante es situar las posturas en los sitios más propicios: cercano a tocones, en lugares con acumulación de materia orgánica, frescos y con buen drenaje, con la iluminación adecuada, entre otros. Cuando hay pequeñas zonas degradadas dispersas, estas deben ser rehabilitadas y el enriquecimiento puede realizarse localmente en esos lugares por grupos de plantas (enriquecimiento en grupos). Consiste en ejecutar la introducción en grupos de composición diversa en esos lugares específicos, con vistas a completarlos.

Sustitución de especies invasoras. La sustitución de las especies invasoras o nativas expansivas es extraordinariamente compleja, ya que las situaciones son diversas y las características de dichas especies son también muy variadas. En ocasiones estas especies conforman bosques relativamente densos, por ejemplo: *Eugenia jambos*; bosques claros o matorrales con *Vachellia macracantha* o *Dyrostachys cinérea*; herbazales de *Piper aduncum* o helechales de *Dicranopteris pectinata* o *Pteridium aquilinum*. También hay que tener en cuenta que frecuentemente dichas especies están protegiendo el suelo de forma eficiente y su eliminación brusca lo deja a merced de la erosión. En ese caso la restauración tendría consecuencias inversas y desastrosas; por tanto, la sustitución debe ser paulatina y a relativamente largo plazo. En algunas condiciones, sobre todo en las pendientes inclinadas, pudieran utilizarse fajas progresivas, grupos u otra organización similar.

Restauración. La restauración es un proceso complejo, en el que hay que observar las indicaciones de estudio expuestas anteriormente. La metodología puede encontrarse en el documento preparado por Matos y Ballate (2006), teniendo en cuenta las indicaciones de Ribeiro *et al.* (2009).

En muchas ocasiones el suelo está muy deteriorado por la erosión, se han perdido los horizontes superiores del suelo y solo quedan partes del horizonte B y en ocasiones del C, generalmente hay cárcavas. En ese caso es necesaria una restauración paulatina, por etapas (teniendo en cuenta los grupos ecológicos de sucesión), ya que es preciso primero mejorar las condiciones del edafotopo y de la composición florística hasta llegar (a largo plazo) al bosque meta, que debe ser de una composición diversa, en concordancia con el tipo de bosque deseado (protección, producción). Importante en la definición de la composición florística de las etapas es la altitud y las condiciones

edafoclimáticas; por encima de los 500 a 700 m snm se puede utilizar inicialmente el pino de la maestra (*Pinus maestrensis*), hasta que el mejoramiento de las condiciones edáficas y la cobertura permitan la introducción de las restauradoras en concordancia con el piso cliserial y el sitio correspondiente (Reyes, 2016). En la parte baja es necesario utilizar latifolias pioneras en la primera etapa, hasta que el mejoramiento expuesto permita utilizar dichas restauradoras. Hay que tener en cuenta la posibilidad de localizar áreas con entrada de propágulos de los alrededores, lo que permitiría el desarrollo de un proceso de sucesión localizado, que habría que aprovechar al máximo, diferenciando por partes los tratamientos silvícolas futuros.

## DISCUSIÓN

La posición geográfica de la Sierra Maestra, alrededor de los 20 grados (característicamente tropical), les proporciona a estos terrenos una situación determinada respecto a la posición solar en las diferentes estaciones. Durante la mayor parte del año (excepto julio y agosto) la declinación del sol proporciona a la vertiente sur mayor energía calorífica, lo que determina que la norte sea más húmeda y fresca; esto influye naturalmente en la economía hídrica del ecótopo. Ello se acentúa por la basculación de dicha sierra producto de los movimientos orogénicos, que deforman las rocas de Sur a Norte con mayor intensidad (Rojas-Agramonte *et al.*, 2006). Esto determina que su vertiente sur tenga mayor inclinación general. Además, la mayor extensión de su territorio tiene una dirección más o menos latitudinal y una relativamente pequeña distribución longitudinal; ello indica que en toda su extensión la influencia de la actividad solar y de los vientos alisios del noreste sea aproximadamente similar.

El relieve donde se desarrollan los bosques de la Sierra Maestra es generalmente abrupto, con pendientes de 30 o más grados. Por ello la escorrentía es elevada, lo que provoca poca infiltración y una erosión acelerada cuando el suelo carece de una vegetación densa. Según Renda (2013) en los pastizales situados en pendientes de más de 20 grados el sobrepastoreo y la degradación del suelo provocan un aumento del escurrimiento 40 veces mayor que en aquellos localizados en lugares con menos de 10 grados. Importante es también el tipo de cultivo al que son sometidas estas laderas; en el cultivo de

yuca, el coeficiente de escurrimiento es 95 veces mayor que en un bosque latifolio, por lo cual en este último la erosión se reduce 417 veces respecto al primero; a su vez, en los cultivos agrícolas la erosión se multiplica por 85 comparados con un bosque de pinos (Renda, 2013).

Hay que tener en cuenta que, debido a las lluvias frecuentes en su mayor parte y temperaturas favorables para la meteorización, el perfil del suelo está frecuentemente muy meteorizado, a veces con varios metros de espesor. Por ello, la lixiviación es elevada y los suelos son altamente oligotróficos. En las partes altas estos suelos son principalmente alíticos / ferralíticos, de ácidos a muy ácidos, con una capacidad de intercambio catiónico (CIC, Valor de T) de cerca de 10 cmol (+).kg<sup>-1</sup> y un contenido de bases cambiables (CCB, Valor de S) de alrededor de 2 a 3 cmol (+).kg<sup>-1</sup> o menos (Renda, 1989; Renda *et al.*, 1981a,b). En las zonas bajas generalmente aumenta la riqueza en nutrientes, aunque disminuye la profundidad efectiva.

Con la altitud disminuye la temperatura, la evaporación y la insolación relativa; a su vez, aumenta la humedad relativa y la precipitación (Montenegro 1991a, b, c). Asimismo, hay grandes diferencias en los nutrientes del suelo. Ello tiene como consecuencia una gran diversidad florística y de vegetación, así como en su funcionamiento ecológico. Los bosques que se desarrollan a altitudes de 800 m snm o más son frecuentemente influenciados por nieblas y nubes bajas orográficas, precipitaciones horizontales o sombra húmeda (Montenegro, 1990), que provocan un régimen hidrológico favorable. Ello tiene una gran influencia sobre el proceso de transpiración y la economía del agua en las plantas. Por ello se coincide con el Instituto de Ecología y Sistemática (IES) y el Programa para el desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) (2016) en que todas estas áreas deben ser protegidas. Una proposición semejante para las zonas sobre 1 000 m snm fue realizada por Álvarez y Mercadet (2012, 2015) debido al peligro de su afectación por el cambio climático.

Los bosques de la Sierra Maestra pueden considerarse como relativamente ricos en especies, aunque en menor grado que los sudamericanos (Gentry, 1982). Tienen también en la parte alta de la sierra una estera radical considerable, donde se produce parte (ocasionalmente toda) de la recirculación de nutrientes del ecosistema (Herrera y Rodríguez, 1988; Reyes y Acosta, 2005a,b; Reyes y Fornaris, 2011). Esta estrategia tropical depende de una

diversidad de factores ecológicos (Reyes y Fornaris, 2011), aunque los principales son la oligotrofia del suelo y la humedad. Por el contrario, la estrategia de alimentación del bosque solo a través del suelo se observa fundamentalmente en los pinares, así como en bosques latifolios submontanos y costeros (Reyes y Acosta, 2003, 2004).

Como cuestión importante hay que destacar que la erosión, además de producir la pérdida de la masa de suelo con más nutrientes, materia orgánica, biota edáfica, textura y estructura más evolucionada y el agua utilizable también origina un aumento de la rocosidad, pedregosidad y del escurrimiento de las aguas pluviales, lo que limita su vez la infiltración. Todo ello tiene como consecuencia una pérdida de productividad al restringir el área física utilizable (profundidad efectiva) para el enraizamiento, la toma de los nutrientes y el agua; lo que coincide con Suárez *et al.* (2014) de que los suelos de la sierra tienen actualmente un 50 % de su productividad potencial. Por ello hay que fortalecer en la práctica y en la enseñanza las medidas de su conservación.

Respecto a los métodos de rehabilitación o de restauración, se coincide con Álvarez (2000) en que se utilizan sistemas silvícolas diferentes de acuerdo con: tipo de bosque (incluye estadios de degradación), comunidades vegetales, características, productividad de los ecotopos y los propósitos económicos y ambientales. También hay que tener en cuenta que la selección de las especies debe ser muy cuidadosa, depende principalmente del tipo de selección (Gliessman, 2002), del ecotopo (piso cliserial, condiciones locales, suelo) y del objetivo del bosque meta (protección, producción), entre otros.

## CONCLUSIONES

Se exponen las principales características y estrategias ecológicas de los bosques de la Sierra Maestra, así como los principios para su rehabilitación o su restauración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, P.A. (2000). *Introducción a la Silvicultura de Bosques Tropicales*. Univ. Autónoma del Estado de Hidalgo: Inst. Ciencias Agropecuarias.

Álvarez, A.F. y Mercadet, A. (2012). *El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático*. La Habana: Instituto de Investigaciones Agroforestales, Ministerio de la Agricultura.

Álvarez, A.F. y Mercadet, A. (2015). El Programa Forestal Cubano de enfrentamiento al cambio climático. *Agricultura Orgánica*, 21(1), 11-15.  
[http://www.actaf.co.cu/revistas/revista\\_ao\\_95-2010/Rev%202015-1/06CAMBIOCLIMATICO.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202015-1/06CAMBIOCLIMATICO.pdf)

Fernández, A. y Pérez de los Reyes, R. (2009). *Geocuba. Evaluación del Medio Ambiente Cubano*. La Habana: Agencia de Medio Ambiente, PNUMA.

Gentry, A.H. (1982). Neotropical floristic diversity: phytogeographic connections between Central and South America. Pleistocene climatic fluctuations or an accident of the Andean orogeny. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 69(3), 557-593.  
<https://doi.org/10.2307/2399084>

Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba: CATIE.

Hechavarría, O. (2015). Ventajas de la forestería análoga para la restauración de áreas vulnerables. *Agricultura Orgánica*, 21(1), 2-3.

Herrera, R.A. y Rodríguez, ME. (1988). Clasificación funcional de los bosques tropicales. En R.A. Herrera, L. Menéndez, M.A. Rodríguez y E.E. García (Eds.). *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. (pp. 574-626). Montevideo: ROSTLAC.

Higgs, E.S. & Hobbs, R.J. (2010). Wild design: principles to guide interventions in protected areas. In D.N. Cole & L. Yung (eds.), *Beyond Naturalness: Rethinking Parks and Wilderness Stewardship in an Era of Rapid Change*. Washington DC: Island Press.

Programa para el desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) e IES (Instituto de Ecología y Sistemática). (2016). *CUBA metas nacionales para la diversidad biológica 2016-2020*.

[https://www.biofin.org/sites/default/files/content/knowledge\\_products/Programa%20Nacional%20sobre%20la%20Diversidad%20Biologica%202016-2020.pdf](https://www.biofin.org/sites/default/files/content/knowledge_products/Programa%20Nacional%20sobre%20la%20Diversidad%20Biologica%202016-2020.pdf)

Mateo, J. (2017). *Regiones y paisajes geográficos de Cuba. Primera Parte: Macro región oriental*. La Habana: Ministerio de Educación Superior.

Matos, J. y Ballate, D. (2006). *ABC de la restauración ecológica*. Las Villas: Editorial Feijóo, Universidad Central Martha Abreu.

Montenegro, U. (1990). *Informe con los datos climáticos de la Gran Piedra*. Dpto. Meteorología de Santiago de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba. Inédito.

Montenegro, U. (1991a). Temperatura media anual. En O. Bebelagua (Dir. General). *Atlas de Santiago de Cuba* (Mapa 26). Santiago de Cuba: Academia de Ciencias de

Cuba.

Montenegro, U. (1991b). Evaporación media anual. En O. Bebelagua (Dir. General). *Atlas de Santiago de Cuba* (Mapa 31). Santiago de Cuba: Academia de Ciencias de Cuba.

Montenegro, U. (1991c). Insolación media periodo lluvioso. En O. Bebelagua (Dir. General). *Atlas de Santiago de Cuba* (Mapa 25). Santiago de Cuba: Academia de Ciencias de Cuba.

Renda, A. (1989). *Particularidades edafológica-forestales de la región central de la Sierra Maestra* (Tesis de doctorado Ciencias Agrícolas). Universidad Agraria de La Habana. La Habana. Inédito.

Renda, A. (2013). *La Vegetación Forestal, los Sistemas Agroforestales y el Manejo de Cuencas Hidrográficas en Cuba*. La Habana: Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

Renda, A., Calzadilla, E., Bouza, J.A., Arias, J. y Valle, M. (1981a). *Estudio edafológico, fisiográfico y agrisilvicultural de la Sierra Maestra, Municipio Guisa, Granma*. Ministerio de la Agricultura, Centro de Investigación Forestal. Inédito.

Renda, A., Calzadilla, E., Bouza, J.A., Arias, J. y Valle, M. (1981b). *Estudio edafológico-forestal y fisiográfico de la Sierra Maestra, Municipio Bartolomé Masó*. Ministerio de la Agricultura, Centro de Investigación Forestal. Inédito.

Renda, A., Rodríguez, Y., Plasencia, T. y Herrero, J. (2012). *Manual para la Protección de los Recursos Hídricos de Cuba*. La Habana: Ministerio de la Agricultura. Dirección Nacional Forestal.

Reyes, O.J. (2005). Estudio sinecológico de las pluvisilvas submontanas sobre rocas del complejo metamórfico. *Foresta Veracruzana*, 7(2), 15-22. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49770203.pdf>

Reyes, O.J. (2011-2012). Clasificación de la vegetación de la Región Oriental de Cuba. *Rev. Jardín Botánico Nacional*, 32-33, 59-71. <http://www.rjbn.uh.cu/index.php/RJBN/article/download/132/126>

Reyes, O.J. (2016). Forest typology of broadleaf forests from Sierra Maestra, Eastern Cuba. *Lazaroa*, 37, 43-103. <http://dx.doi.org/10.5209/LAZAROA.51054>

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2003). Fitocenosis presentes en las áreas costeras del Sur de la Sierra Maestra. I. Comunidades con influencia marina. *Foresta Veracruzana*, 5(2), 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49750201.pdf>

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2004). Fitocenosis presentes en las áreas costeras del sur de la Sierra Maestra. II. Órdenes Varronio-Phyllostyletalia y Rhytidophyllo-Plumerietalia. *Foresta Veracruzana*, 6(1), 37-43.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49760108>

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2005a). Vegetación. Cuba: Parque Nacional La Bayamesa. En D. Maceira, A. Fong, W.S. Alverson y T. Wachter (Eds.). *Rapid Biological Inventories: 13*. (p. 43–50). Chicago: The Field Museum.

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2005b). Successional Stages in Mountain Rainforest of La Bayamesa National Park, Cuba. En D. Maceira, A. Fong, W.S. Alverson y T. Wachter (Eds.). *Rapid Biological Inventories, Report/Informe Nr. 13* (p. 150-161). Appendice/Apéndice I. Chicago: The Field Museum.

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2010). Nuevas fitocenosis del Carso de Baire, Cuba Oriental. *Rodriguesia*, 61(3), 519-530. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201061312>

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2014). Semi-deciduous forests syntaxa from Sierra Maestra, Eastern Cuba. *Lazaroa*, 35, 37-53.

<https://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/download/45187/44531>

Reyes, O.J. y Acosta Cantillo, F. (2019). Bosque nublado, sus fitocenosis y vulnerabilidades ante el cambio climático. *Revista Forestal Baracoa*, 38(1), 65-74.

Reyes, O.J. y Fornaris, E. (2011). Características funcionales de los principales bosques de Cuba oriental. *Polibotánica*, 32, 89-105.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000200005)

Reyes, O.J., Pelicié, O., Vinent, C., Labrada, L.M., Semanat, S. y Fornaris, E. (2015). Estudio fisonómico y funcional de las Pluvisilvas Montanas de la Gran Piedra. En *Pluvisilvas cubanas: tesoro de biodiversidad* (pp. 31-42). La Habana: Fundación A. Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre.

Ribeiro Rodríguez, R., Santin Brancalion, P.H. & Isernhagen, I. (eds.). (2009). *Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. São Paulo: LERF / ESALO. Instituto BioAtlântica.

<https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2015/03/referencial-teorico.pdf>

Rojas-Agramonte, Y., Neubauer, F., Bojar, A.V., Hejl, E., Handler, R. y García-Delgado, D.E. (2006). Geology, age and tectonic evolution of the Sierra Maestra Mountains, southeastern Cuba. *Geologica Acta*, 4(1-2), 123-150.

<https://www.raco.cat/index.php/GeologicaActa/article/view/82394>

Suárez, C., Martínez, Y., Corría, Martínez, N.L., Ramón, A.M. y Hernández, A. (2014). *Situación Ambiental de la Región Especial de Desarrollo Sostenible (REDS) Sierra Maestra* (Informe Órgano de Montaña Sierra Maestra). (Inédito).

Recibido: 10 de junio de 2021

Aprobado: 5 de septiembre de 2021