

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.

Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros de Bogotá D.C.

Por:

JOSÉ IGNACIO BARRERA CATAÑO, HECTOR FELIPE RÍOS ALZATE Y CLAUDIA ALEXANDRA PINZÓN OSORIO*

Resumen

Se realizó un proyecto que integra el manejo de áreas afectadas por incendios forestales y de áreas afectadas por la especie invasora *Ulex europaeus* L. (retamo espinoso) en los cerros circundantes al área urbana de Bogotá D.C. La metodología del proyecto propone el desarrollo de actividades técnicas y de investigación en conjunto con la implementación de un fuerte componente social. En el componente técnico se identificaron los principales tensionantes que afectan la regeneración natural de las áreas alteradas en los cerros de Suba, El Cable, El Águila y Monserrate, y se emplearon técnicas físicas y biológicas para neutralizarlos. En el componente de investigación se estudió el establecimiento de comunidades de retamo espinoso después del fuego, se analizó su papel como transformadoras del paisaje en ecosistemas boscosos de alta montaña; también se implementó un montaje experimental para evaluar dos técnicas de control del retamo espinoso. El componente social mostró ser una estrategia fundamental para asegurar el éxito del proyecto: se involucró un grupo de 95 personas del Programa "Habitante de la calle" de la Alcaldía Mayor de Bogotá mediante actividades de sensibilización y capacitación como personal de apoyo, se integró a la comunidad asentada en las áreas de influencia del proyecto.

Palabras clave:

Agentes tensionantes, disturbios, incendios forestales, *Ulex europaeus* L., sucesión vegetal, restauración ecológica, especies invasoras

* Investigadores Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

José Ignacio Barrera Cataño. Biólogo, M.Sc. en Ecología, Universidad Autónoma de Barcelona. E-mail: jbcas@uole.com

Hector Felipe Ríos Alzate. Biólogo, Universidad Nacional de Colombia. E-mail: philipgim@yahoo.com, felipe_rios1@starmedia.com

Claudia Alexandra Pinzón Osorio. Ingeniera Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: capolita@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C. son el mayor enclave natural próximo a la ciudad, en el cual se sustentan los principales procesos ecológicos de la misma (Molina *et al.*, 1997). Al ser éstos uno de los tres componentes de la estructura ecológica principal del Distrito Capital se convierte también en uno de los ambientes estratégicos para la conservación y preservación de los recursos naturales de la región. No obstante, el alto grado de transformación de sus ecosistemas a partir del siglo XIX como producto de las actividades de extracción de los recursos (entre los que se cuentan la tala, la caza, la extracción minera, etc.) hace necesaria la implementación de planes de recuperación y restauración de las áreas alteradas.

A partir del año 1997 la Comisión Distrital de Incendios Forestales detectó que se registra un incremento en la frecuencia de los incendios forestales en los cerros de Bogotá y determinó que sus causas pueden ser de origen natural, sociocultural o técnico (Comisión Distrital de Incendios Forestales, 2001), mientras que Ríos (2001) los clasificó como factores promotores de tipo atmosférico, biogénico o antrópico. En estas clasificaciones la abundancia de especies exóticas altamente inflamables tales como pinos, acacias, eucaliptos, retamo espinoso y helecho marranero, entre otras, presenta una gran relevancia, presentan atributos biológicos y fisiológicos que las convierten en especies susceptibles de promover incendios forestales.

Entre estas especies, el retamo espinoso guarda una estrecha relación con los ciclos del fuego en sus lugares de origen, esto es, la planta promueve los incendios y estos, a su vez, favorecen o incrementan el desarrollo posterior de la planta por lo que su presencia en los cerros constituye en sí misma un factor tensionante de alto riesgo.

Además de su estrecha relación con el fuego, el retamo espinoso es considerado como una de las cien especies invasoras más agresivas del mundo cuyo control ocasiona grandes pérdidas económicas (GISP, 2000). Su establecimiento se facilita en zonas disturbadas por el fuego, en tanto que su impacto se asocia con el desplazamiento y exclusión de especies nativas, la pérdida de atributos del ecosistema, la detención del proceso sucesional en etapas tempranas y la alteración del régimen de disturbios. Luego de su establecimiento el retamo persiste en el área gracias a su alta capacidad de regeneración a partir de estructuras vegetativas resistentes y a la producción de gran cantidad de semillas, que forman abundantes bancos que se expresan masivamente después del fuego, lo cual dificulta su erradicación, si esta no se intenta en etapas tempranas del proceso de invasión (Hoshovsky, 1989; Ríos, 2001).

La identificación de una mayor frecuencia de incendios forestales y de la rápida regeneración del retamo espinoso en estas y otras áreas de los cerros motivó al Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis a desarrollar una propuesta de restauración, que se articula en los Subprogramas de especies invasoras y de Incendios Forestales del Programa de Restauración de la Institución.

Como parte del desarrollo de esta propuesta el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis se asoció con otras entidades de la Administración Distrital como el Dama (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente), Fopae (Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias), Dabs (Departamento Administrativo de Bienestar Social) e Idipron (Instituto Distrital para la Protección a la Niñez y la Juventud) para adelantar acciones conjuntas dirigidas a restaurar las áreas alteradas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C.

Con este proyecto se hacen aportes importantes en el conocimiento de la ecología del retamo espinoso en ecosistemas tropicales de alta montaña y se determina su relación con los incendios forestales. Por otra parte, se pretende ofrecer una respuesta de manejo con fines de restauración de áreas quemadas y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C.

ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se desarrolló a lo largo de los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C. Específicamente se trabajó en los Cerros de Suba, El Cable, El Águila y Monserrate, en la franja de bosque alto andino, por encima de la cota de los 2.650 metros de altitud (Figura 1).

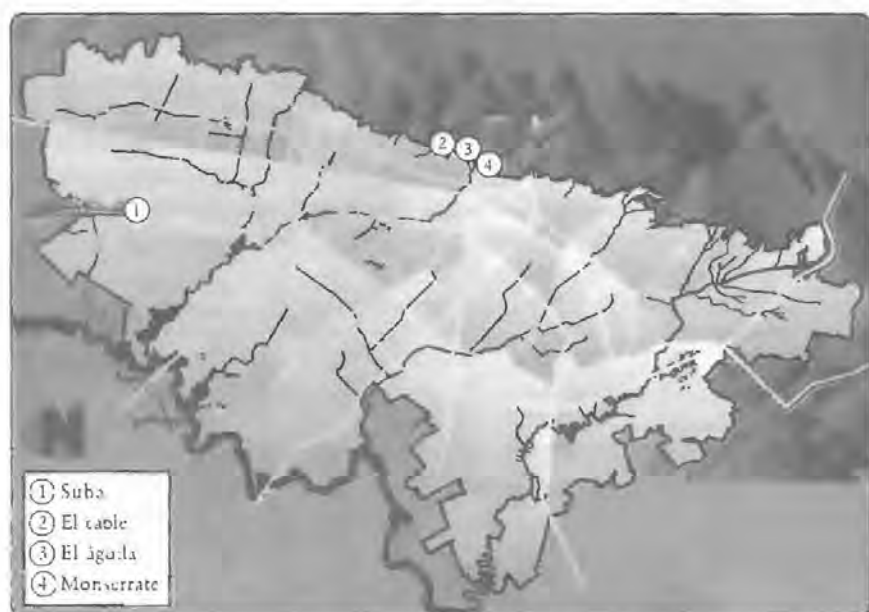


Figura 1. Ubicación del proyecto de restauración de áreas incendiadas y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C.
Mapa publicado antes del POT. Tomado del Atlas Ambiental de Bogotá DAMA 1998.

Desde el punto de vista geológico el área intervenida se encuentra en medio de las formaciones Guadalupe y Bogotá. En la parte alta afloran las areniscas cuarcíticas de la formación Guadalupe y en la parte baja las arcillas expansivas de la formación Bogotá. Los suelos son ácidos y heterogéneos en el contenido de materia orgánica debido a su uso. La vegetación es en su mayoría exótica, con predominio de plantaciones forestales de pinos, acacias y eucaliptos, matorrales de retamo espinoso; existen algunos relictos de bosque nativo con especies de salvios (*Cordia lanata* H.B.& K.), tunos (*Miconia squamulosa* Triana), cerezos (*Prunus serotina* Ehrh), chilcos (*Baccharis latifolia* Pers.) y encenillos (*Weinmannia tomentosa* Linn.f.).

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La historia de disturbio en el área del proyecto está ligada con la historia de transformación misma de los cerros de Bogotá (Figura 2). Esta se inicia aproximadamente en la primera mitad del siglo XIX con un incremento en la demanda de madera en la construcción de viviendas y de leña para ser usada como combustible doméstico. La tala masiva de las especies maderables nativas originó un paisaje de deforestación a principios del siglo XX y paralelamente ocasionó graves problemas de erosión en el suelo. A partir de la década de los 40s, estos problemas fueron remediados con la implementación de programas de reforestación mediante el establecimiento de plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento como pinos, acacias y eucaliptos, los cuales retornaron el verde característico a los cerros, pero transformaron de manera definitiva la estructura de las comunidades vegetales.

Otros factores transformadores del paisaje, y que ponen en riesgo la estabilidad ecológica de los cerros de Bogotá, tienen que ver con la demanda y extracción de materiales para la cons-

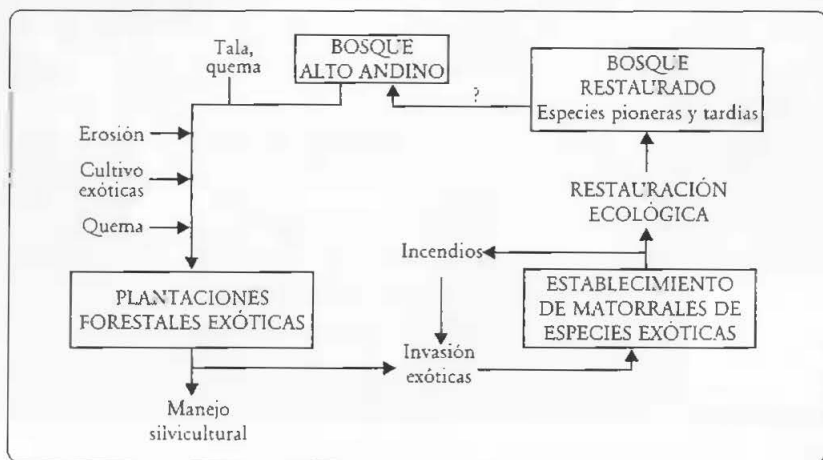


Figura 2. Historia de disturbio en los Cerros de Bogotá D.C.

erucción (arena, grava, agregados pétreos, etc.), el establecimiento de asentamientos subnormales para la vivienda humana (con todas sus actividades conexas como tala, pastoreo, etc.), el descuido de los transeúntes que promueven la ocurrencia de incendios forestales, y de manera más reciente y poco advertida, la invasión de especies exóticas como los retamos liso y espinoso, el helecho marranero, entre otros, con características de alta inflamabilidad.

MÉTODOS

Para abordar la restauración de las áreas afectadas por incendios forestales y/o invadidas por el retamo espinoso se planteó un desarrollo metodológico que consideró tres (3) componentes básicos: de investigación, técnico y social (Barrera, 1999; ver Figura 3).

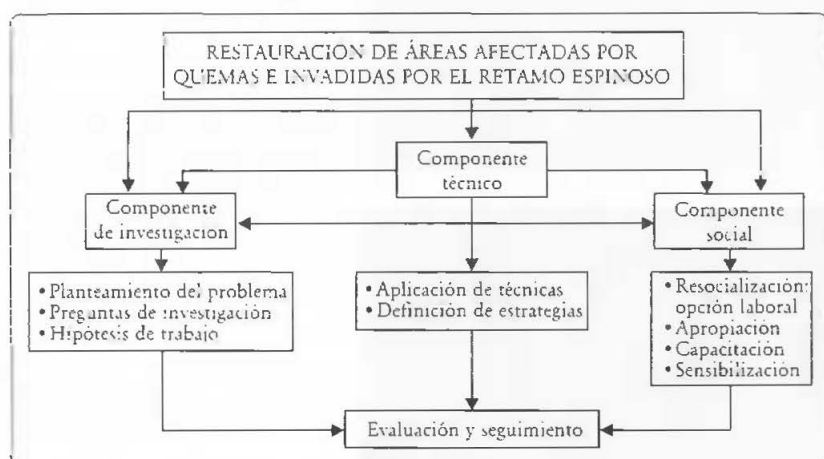


Figura 3. Modelo de trabajo empleado para la restauración de áreas incendiadas y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C.

Componente técnico

Se utilizaron técnicas físicas y biológicas con el propósito de eliminar los agentes tensionantes y favorecer los factores potenciadores de la restauración:

- Las técnicas físicas contemplan aclareos y podas al tercio basal en las zonas de alta densidad de pinos y acacias para permitir el ingreso de la luz y la regeneración de la vegetación (Foto 1). El material extraído sirvió para la construcción de barreras para el control de la erosión (trinchos y fajas) (Foto 2). Se eliminó el material quemado y se construyeron pilas para el compostaje de los residuos de retamo espinoso con el objeto de mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo en los sectores más erosionados.

- Las técnicas biológicas incluyen la eliminación de especies exóticas como el retamo espinoso y el helecho marranero para prevenir los disturbios asociados a estas especies, como los incendios forestales (Foto 3). Se realizó la plantación de especies nativas con el propósito de involucrar propágulos de especies propios de la zona y acelerar el proceso de regeneración natural.



Foto 1. Aclareo y poda al tercio basal de plantaciones forestales de pino y acacia.



Foto 2. Construcción de barreras para el control de erosión.



Foto 3. Eliminación de especies exóticas en las áreas destinadas para la restauración.

Componente de investigación

El componente de investigación consta de tres etapas sucesivas:

- Evaluación de una comunidad de retamo espinoso regenerada después de un incendio forestal. Se estudiaron los atributos de composición de especies y estructura horizontal y vertical de un matorral de retamo para analizar el nivel de dominancia frente a las demás especies de la comunidad y determinar la dinámica de las comunidades en comparación con sus áreas de distribución natural (Barrera, 1999a; Rios, 1999).
- Generación de un disturbio experimental mediante eliminación total de la cobertura vegetal.
- Establecimiento de parcelas experimentales de restauración. Se diseñó un experimento para determinar la eficiencia de dos (2) estrategias de control del retamo espinoso: a) remoción manual periódica de plántulas, y b) plantación de dos especies pioneras (*Phytolacca bogotensis* H.B.& K. y *Baccharis bogotensis* Pers.) para disminuir su regeneración por competencia en cuanto a los recursos de espacio y luz (Tabla 1). Se determinó el papel del retamo espinoso sobre la dinámica de la vegetación durante las primeras fases posteriores a la eliminación de la cobertura vegetal en pie. Se establecieron 12 tratamientos resultantes de la combinación (3 x 4) de las dos estrategias descritas; cada tratamiento contó con cinco (5) réplicas, para un total de 60 parcelas experimentales. Con estas parcelas se dio respuesta a las siguientes preguntas:
 - ¿Cuál es el efecto de la eliminación periódica de retamo espinoso sobre la regeneración de la vegetación en las áreas invadidas?
 - ¿Cuál es el efecto de la plantación de especies nativas herbáceas y arbustivas sobre el desarrollo del retamo espinoso?

Tabla 1. Diseño experimental empleado en las parcelas experimentales del componente de investigación.

Extracción manual	Plantación de especies pioneras			
	Testigo	<i>Baccharis bogotensis</i>	<i>Phytolacca bogotensis</i>	<i>B. bogotensis</i> x <i>Ph. bogotensis</i>
Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 4	Tratamiento 7	Tratamiento 10
Trimestral	Tratamiento 2	Tratamiento 5	Tratamiento 8	Tratamiento 11
Semestral	Tratamiento 3	Tratamiento 6	Tratamiento 9	Tratamiento 12

El tratamiento 1 constituye el control del experimento. Se usaron 5 réplicas por tratamiento, para un total de 60 parcelas experimentales de 25 m², esto es, 1.500 m².

Componente social

El componente social fue establecido por un lado para apoyar la última fase del Programa del «Habitante de la calle» del Dabs, cuyo propósito es lograr la resocialización de personas con problemas de drogadicción y alcoholismo; y por otro lado, pretende conseguir el respaldo de la comunidad asentada en el área de influencia del proyecto. En este sentido se realizaron jornadas de capacitación acerca de los problemas ambientales de los cerros orientales y la importancia de la restauración de las áreas disturbadas, y jornadas de sensibilización y participación en plantaciones masivas de especies nativas (Foto 4).



Antes



Después

Foto 4. Operarios del Programa "Habitante de la calle", del Dabs e Idipron para el proyecto de restauración en los cerros orientales de Bogotá.

RESULTADOS

Componente técnico

- **Tensionantes que afectan la recuperación natural del bosque altoandino**
Además de los incendios forestales que ocurren en los cerros orientales durante las épocas secas se definieron los siguientes agentes tensionantes:
 - a. invasión de especies exóticas (retamo, acacias, kikuyo, etc.)
 - b. abundancia de plantaciones forestales (pino, acacia, eucalipto, urapán)
 - c. flujo permanente de visitantes hacia el santuario de Monserrate y áreas de interés ecológico.
 - d. acción de grandes mamíferos (pastoreo permanente de vacas, cabras, ovejas, caballos, burros) y hocicado de cerdos.
 - e. contaminación por basuras.

Dichos tensionantes, unidos a las fuertes pendientes predominantes en el terreno y a la pobreza del sustrato hacen que el proceso natural de recuperación sea muy lento y que el proceso de degradación sea irreversible (Barrera, 1999; Ríos, 1999).

- **Implementación de técnicas y estrategias de restauración**

La Tabla 2 presenta un resumen de las acciones desarrolladas en cada una de las áreas de intervención del proyecto durante los años 1999 y 2000.

Tabla 2. Resumen de actividades desarrolladas dentro del programa de restauración de áreas incendiadas y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C. durante los años 1999 y 2000.

Actividad	Chorro Padilla	Cerro Monserrate	Torres del Silencio	Cerro El Cable	Univer. Distrital	Parque El Indio	Total
1. Tamaño del área	1	25.5	12.5	2.5	1.2	35.0	77.7
2. Control de retamo espi.	X	X	X	X	X	X	X
3. Elim. material quemado		X	X	X			
4. Aclareos		Pino	Pino, acacia	Pino, acacia eucalipto		Acacia	
5. Constr. trinchos y fajas		148	121	20			315
6. Pilas de composta		15	7				22
7. Número de especies	4	30	15	0	10	7	30
8. Cantidad de individuos	120	11406	4326	0	2000	1009	18860
9. Cantidad de seguimiento	0	1	1	0	0	0	

Se intervinieron cuatro cerros (Suba, El Cable, El Águila y Monserrate, para un total de 77.7 hectáreas, en las cuales se plantaron 18.860 individuos pertenecientes a 35 especies de hierbas, arbustos y árboles nativos (Tabla 3). El tamaño de las plantas osciló entre 15 y 20 cm. para la herbácea *Ph. bogotensis*, entre 0.4 y 1.5 m para los arbustos, y entre 0.5 - 2.5 m para los árboles. La mortalidad de las especies en los primeros tres meses es inferior al 5% a pesar del frecuente pastoreo.

Entre otras actividades, y dependiendo de las características de la zona, se realizó el manejo silvicultural de tres plantaciones forestales de pino, tres de acacia y una de eucaliptos, sumado al establecimiento de 315 barreras para el control de la erosión (entre fajas y trinchos).

En las áreas con presencia de retamo espinoso se realizó el control manual en periodos de 3 a 5 meses. Las áreas con mayor número de intervenciones se encuentran en el cerro de Monserrate (4 y 4 intervenciones en las áreas 1 y 3), en tanto que las demás áreas tuvieron una sola intervención durante los dos primeros años. En algunas zonas se realizó la eliminación del helecho marranero *Pteridium aquilinum* Kuhn.

Tabla 3. Lista de especies plantadas dentro del programa de restauración de áreas incendiadas y/o invadidas por el retamo espinoso en los cerros que circundan el área urbana de Bogotá D.C. durante los años 1999 y 2000.

HIERBAS Y ARBUSTOS		ÁRBOLES	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Arboloco	<i>Smilanthus pyramidalis</i>	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>
Arrayán	<i>Myrcianthes leucoxyla</i>	Amarrabollo	<i>Meriania nobilis</i>
Carbonero rojo	<i>Calliandra carbonaria</i>	Cachitos	<i>Stiloceras laurifolium</i>
Chilco	<i>Baccharis bogotensis</i>	Cajeto	<i>Cytharexylum sublaevescens</i>
Corono	<i>Xylosma spiculiferum</i>	Cariseco	<i>Billia columbiana</i>
Dividivi	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Caucho sabanero	<i>Ficus soatensis</i>
Duraznillo	<i>Abatia parviflora</i>	Cedro	<i>Cedrela montana</i>
Espino	<i>Duranta mutisii</i>	Cedrillo	<i>Phyllanthus salviaefolius</i>
Guaba	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Cerezo	<i>Prunus serotina</i>
Hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i>	Chicala	<i>Tecoma stans</i>
Trompeto	<i>Bocconia frutescens</i>	Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>
		Cucharo	<i>Myrsine floribunda</i>
		Gaque	<i>Clusia multiflora</i>
		Mangle de tierra fría	<i>Escallonia pendula</i>
		Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i>
		Motilón	<i>Hyeronima macrocarpa</i>
		Nogal	<i>Juglans neotropica</i>
		Pino romerón	<i>Retrophyllum nupigiosii</i>
		Raque	<i>Vallea stipularis</i>
		Sangregao	<i>Croton bogotanus</i>
		Siete cueros	<i>Tibouchina lepidota</i>
		Tecuito	<i>Llagunoa mollis</i>
		Tíbar	<i>Escallonia paniculata</i>

La eliminación de estas dos especies exóticas ha favorecido la colonización, regeneración y el crecimiento de mayor número de especies, especialmente en las áreas 1 y 3 de Monserrate, que fueron las primeras en ser adecuadas y tuvieron el mayor número de intervenciones.

La Figura 4 muestra el tipo de seguimiento de crecimiento y desarrollo realizado a las especies plantadas. Se ilustra el caso de la especie *Baccharis bogotensis* (chilco), luego de tres meses de realizada la plantación. Se observa que la mayoría de los individuos oscilaron entre 50 - 70 cm de altura, 10 - 1.500 cm² de cobertura y 0.1 - 3.0 cm² de área basal. Los valores obtenidos para todas las especies sirven de referencia para su seguimiento futuro en cuanto a su respuesta de adaptación al medio bastante drástico y transformado.

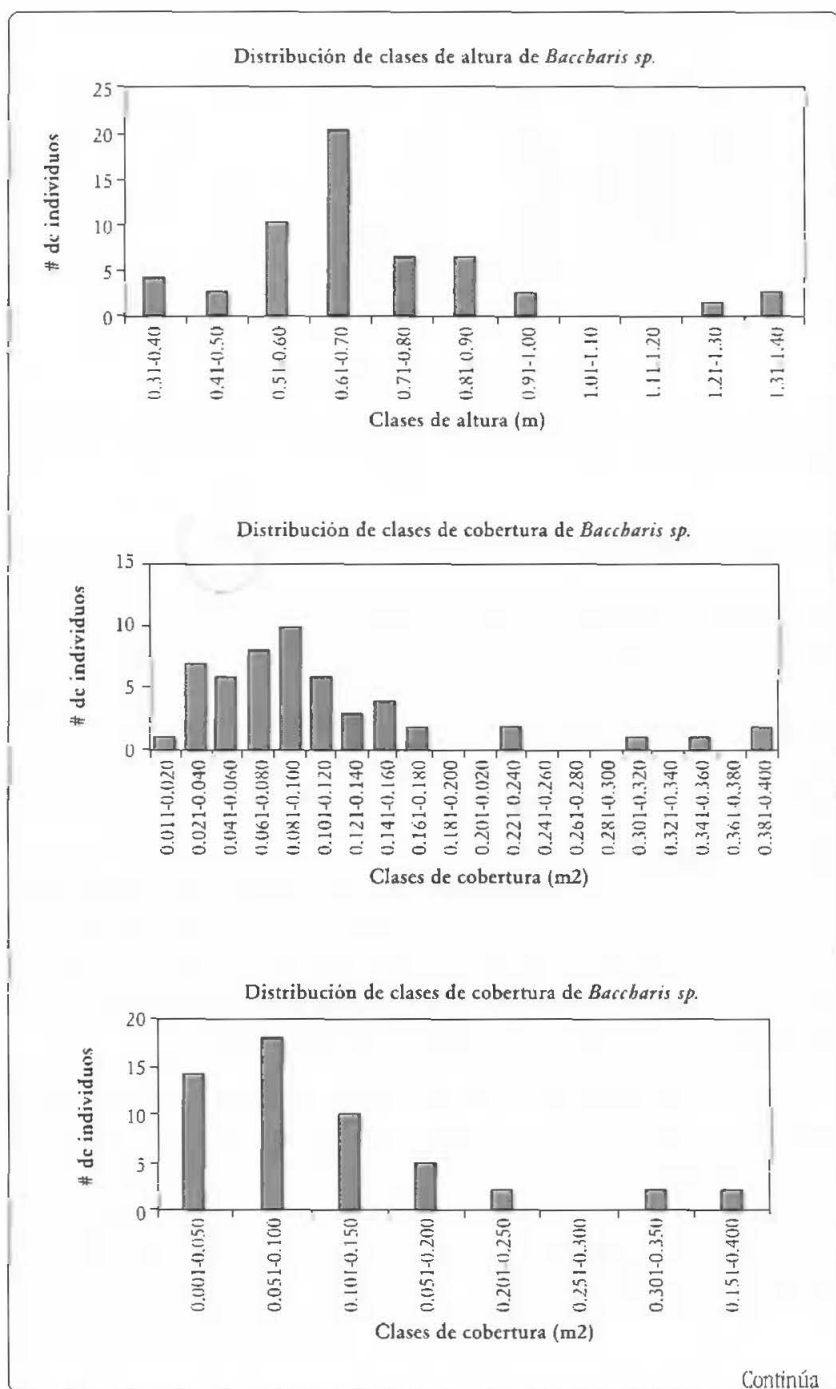


Figura 4. Seguimiento (crecimiento y desarrollo) a individuos plantados en el Cerro de Monserrate.

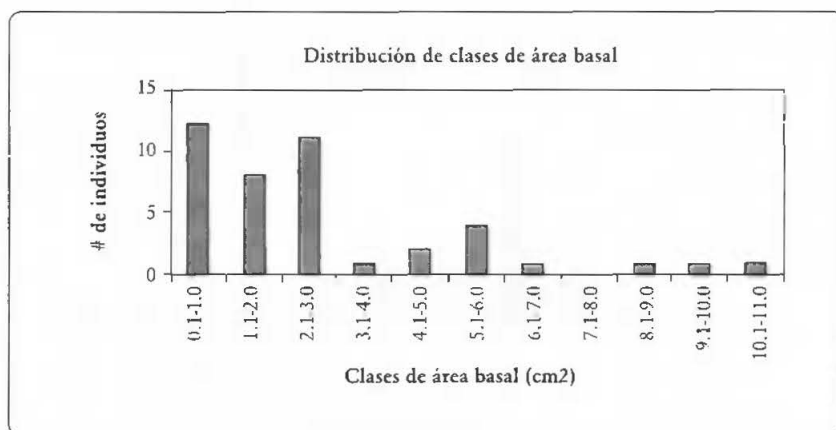


Figura 4. Continuación

Componente de investigación

- **Características del matorral de retamo espinoso**

El matorral mostró ser una unidad vegetal homogénea en la cual la especie *Ulex europaeus* L (retamo espinoso) presentó total dominancia sobre las demás especies. Se encontró un total de 43 especies al interior del matorral, en su mayoría poco representativas, principalmente de las familias poaceae y asteraceae. Se destacó el componente de especies herbáceas como *Phytolacca bogotensis* y *Muelenbeckia tamnifolia* Meissn.

- **Parcelas experimentales**

La riqueza de especies durante el primer año de regeneración posterior al disturbio mostró un incremento respecto al número total de especies encontradas en la comunidad de retamo espinoso (Figura 5). Este incremento muestra una tendencia asintótica hacia un valor de 99 especies; las familias más representativas son asteraceae y poaceae, con 16 y 14 especies respectivamente (Ríos, 2001).

La mayor parte del suelo presenta una matriz arcillosa compuesta por arcillas expandibles que favorecen la escorrentía superficial debido a una escasa infiltración, la acidez es alta (pH entre 4.2 y 5.2), la relación C/N varía entre 8 y 12, lo que hace suponer una buena actividad biológica. El contenido de carbono orgánico es bastante variable, con valores que oscilan entre 1 y 7 %, lo que indica una alta heterogeneidad en la alteración del suelo.

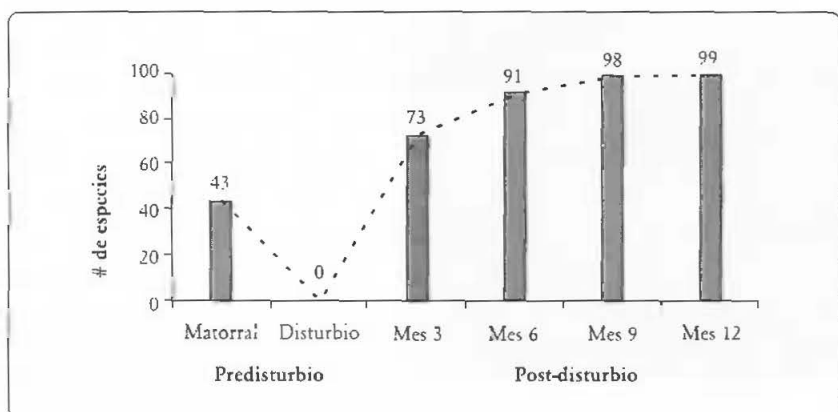


Figura 5. Comportamiento de la riqueza de especies en un área en proceso de restauración

Componente social

El componente social del programa estuvo centrado en la integración del proyecto con la comunidad de la vereda de Monserrate, los operarios del Programa de resocialización, contratados por el Dabs e Idipron para el proyecto, y la ciudadanía de Bogotá en general.

Se generaron 42 fuentes directas de empleo para 40 operarios y 2 operarios del Dabs, y para 20 operarios y 1 coordinador del Idipron.

Se realizaron dos jornadas de capacitación en el Jardín Botánico, ocho salidas de campo y dos en el sitio de trabajo en los cerros orientales, para un total de 12 capacitaciones en temas relacionados con ecología y restauración.

Se desarrollaron dos talleres de sensibilización en la escuela de la vereda de Monserrate: el primero, al inicio del proyecto, y el segundo, a los seis meses de iniciado el mismo. En estos se explicó la importancia de los cerros orientales y del proyecto de restauración. De igual manera se desarrollaron reuniones para acordar el control de tensionantes como el pastoreo con el fin de permitir la regeneración de la vegetación.

Con el apoyo de la ciudadanía de Bogotá D.C. y de los operarios del proyecto se realizaron dos plantaciones masivas en 1999 y tres en el 2000 en días especiales de conmemoración de las principales fechas ambientales durante el año (Foto 5). Las plantaciones masivas son una estrategia de apropiación de las comunidades vegetales y del proyecto mismo por parte de la población de la ciudad, y resulta una manera efectiva para reducir los costos de proyectos de gran envergadura.



Foto 5. Plantación masiva de especies nativas durante el proceso de restauración en el cerro de Monserrate.

DISCUSIÓN

La interacción de los tres componentes propuestos en el desarrollo metodológico del proyecto son fundamentales para el éxito de la restauración. El componente de investigación brinda las herramientas para evaluar la efectividad de las estrategias propuestas en el componente técnico, en tanto que este último permite someter a la experimentación las teorías arrojadas por el primero. Por su parte, el desarrollo del componente social aumenta la viabilidad de la propuesta, ya que permite asegurar la sostenibilidad del proyecto hacia el futuro y posibilita la disminución de los costos debido a la participación de las comunidades en las actividades de las diversas fases del proyecto. El desarrollo de los componentes de manera aislada no garantiza el éxito de la propuesta.

No es suficiente la identificación de agentes tensionantes y disturbios en el sistema alterado, sino que es necesario realizar una categorización de los mismos para priorizar las actividades que permitan neutralizarlos. Así la suposición inicial sobre los incendios como el principal disturbio en los cerros orientales, y por tanto responsables de su estado actual de alteración ha sido revalidada. Los incendios constituyen eventos que posibilitan el inicio de nuevos estados de alteración, como en el caso del incremento en las tasas de erosión, el desplazamiento y extinción de especies y la invasión de especies exóticas, como el retamo espinoso.

El establecimiento de especies invasoras, por su parte, constituye en sí mismo un factor de alto riesgo, ya que estas actúan de manera silenciosa y constante en la transformación del paisaje; sin embargo, su impacto solo es notorio demasiado tarde, cuando es inminente la ocurrencia de disturbios como el fuego.

La estrategia de eliminación del retamo espinoso es efectiva en la medida que se realice repetidamente y de manera periódica, preferiblemente desde la raíz. La experiencia obtenida indica que son necesarias al menos cuatro intervenciones manuales de control para asegurar una disminución efectiva de las poblaciones de retamo y permitir que la suce-

sión adquiriera una nueva trayectoria. Si no se realiza una eliminación periódica puede reiniciarse la invasión y desviar nuevamente la sucesión.

Las áreas en las que se construyeron barreras físicas (trinchos o fajas) presentaron una mayor regeneración de la cobertura vegetal, ya que estas evitan el transporte de sedimentos hacia las partes bajas, permiten la retención de semillas y otros propágulos de especies, y contribuyen con la modificación de las propiedades microclimáticas debido a una disminución en la velocidad del agua, que permite una mayor infiltración hacia las partes profundas del perfil de suelo. La construcción de estas barreras debe realizarse de manera paralela con las eliminaciones de retamo, pues en este momento el substrato sufre una fuerte desestabilización al extraer los sistemas radicales de los individuos adultos.

El desarrollo del componente de investigación permitió conocer que una de las estrategias más efectivas de retamo espinoso, como especie invasora en los cerros orientales, es la expresión masiva del banco de semillas, el cual, después del disturbio por aclareo genera poblaciones de hasta 8.500 plántulas/m², las cuales ocupan el 97% del espacio disponible en el primer año de regeneración. Estas poblaciones son mucho más densas que las de sus zonas de origen, lo cual permite plantear que el disturbio promovido por la invasión en los cerros orientales puede tener consecuencias ecológicas y económicas de mayor repercusión que en sus zonas de origen o en otras áreas donde se reporta como especie invasora (Ríos, 2001).

El componente social fue parte fundamental del éxito del Programa, y está de acuerdo con Sineiro (1974) y Hoshovsky (1989) sobre el papel del componente humano en el control manual de especies invasoras. Otro aspecto importante que se debe resaltar en este programa es la fuente de trabajo que se generó para la población marginada y en proceso de resocialización, ya que al mantenerse ocupados disminuye la delincuencia dentro de la ciudad.

CONCLUSIONES

- Los incendios forestales en los cerros orientales son el disturbio precursor de la invasión de especies exóticas como el retamo espinoso; y esta, a su vez, incrementa la frecuencia de aquellos.
- El planteamiento del esquema general de la problemática de los cerros orientales permitió intervenir con mayor claridad las áreas afectadas por especies invasoras. Dicho planteamiento consideró al retamo espinoso como el principal agente tensionante.
- La implementación de las estrategias de restauración ha acelerado el proceso de restablecimiento de la vegetación en las áreas intervenidas.
- La participación de la comunidad de la vereda y de los operarios en el proyecto ha hecho posible su éxito. En este sentido es necesario asegurar su participación en las

actividades de control del retamo, al menos en los periodos críticos del ciclo de vida de la especie, con lo cual se puede garantizar la eliminación del banco de semillas y la regeneración de los rebrotes vegetativos, principales fuentes de propagación de la infestación.

- El seguimiento de las parcelas experimentales permitirá obtener más bases conceptuales para poder recomendar a la Administración distrital las actividades para restaurar un área que hay sido afectada por el fuego e invadida por el retamo espinoso.

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

- Barrera C., J. I. 1999. Restauración de áreas afectadas por quemas e invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros orientales de Bogotá D.C. Informe Técnico de julio de 1999. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Subdirección Científica.
- . 1999a. Restauración de áreas afectadas por quemas e invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros orientales de Bogotá D.C. Informe Técnico. Contrato /1999. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Subdirección Científica.
- Comisión Distrital de Incendios Forestales. 2001. Memorias de capacitación en prevención y mitigación de incendios forestales. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente Dama. 81 pp.
- Global Invasive Species Program (GISP). 2000. A new initiative on alien invasive species. www.cabi.org/bioscience/weed.htm
- Hoshovsky, M. 1989. Element Stewardship Abstract for *Ulex europaeus* (gorse). The Nature Conservancy. Virginia. USA.

- Molina P., L. F., Osorio, O. & E. Uribe. 1997. Cerros, humedales y áreas rurales. Santa Fe de Bogotá D.C. Dama. 190 pp.
- Ríos A. H.F. 1999. Restauración de áreas afectadas por quemas e invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros orientales de Bogotá D.C. Informe Final. Contrato 057-1999. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Subdirección Científica.
- Ríos A. H.F. 2001. Eliminación de la especie invasora *Ulex europaeus* L. (fabaceae) como estrategia experimental de restauración de la vegetación en el Cerro de Monserrate. Bogotá D.C. - Colombia. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Sincero G., F. 1974. Aspects of pasture establishment in shrubland, with emphasis on the eradication and control of gorse (*Ulex europaeus* L.). Dip. Agric. Aci. Massey University (N.Z.). V-262