

PÉREZ ARBELAEZIA

Diciembre de 2006

ISSN 0120-7717



Mutisia clematis L

Jardín Botánico de Bogotá
José Celestino Mutis
Centro de Investigación y Desarrollo Científico



ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ
1986 - 1972

Sacerdote - Investigador
Fundador del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

PÉREZ
ARBELAEZIA

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 seleccionada 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*.

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



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D. C.**

Alcalde Mayor de Bogotá D. C.
Luis Eduardo Garzón

Jardín Botánico de Bogotá
"José Celestino Mutis"

Directora
Martha Liliana Perdomo Ramírez

Secretaria General
Angélica Díaz Ortiz

Jefe Oficina Asesora Jurídica
Edna Patricia Rangel Barragán

Jefe Oficina Asesora de Control Interno
Nancy Sanabria Rojas

Asesor de Planeación
Vladimir Forero Serrano

Subdirectora Científica
Claudia Córdoba García

Subdirector Técnico Operativo
Rolando Higueta Rodríguez

Subdirectora Educativa y Cultural
Paola Liliana Rodríguez Suárez

PÉREZ ARBELAEZIA

Número 17 - Diciembre de 2006

Publicación Anual

PÉREZ - ARBELAEZIA

La revista *Pérez Arbelaezia* es la publicación científica anual del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Está dirigida a investigadores, estudiantes, científicos y a todas las personas interesadas en los temas que esta aborda.

Publica artículos científicos originales e inéditos que desarrollan temas de botánica, biología de especies y ecología de ecosistemas altoandinos; a la vez, abre el espacio para la presentación de ensayos, reflexiones, revisiones y conferencias que aportan al conocimiento de dichas disciplinas, así como de otras áreas misionales de la entidad tales como la arborización urbana, la agricultura urbana y la educación ambiental.

Comité Editorial

Martha Liliana Perdomo	Directora
Claudia Córdoba	Subdirectora Científica
Paola Rodríguez	Subdirectora Educativa y Cultural
Santiago Madriñán Restrepo	Profesor. Departamento de Ciencias Biológicas Universidad de los Andes
Hernán Mauricio Romero	Profesor. Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia
Andrés Etter Rothlisberger	Profesor - Investigador Departamento de Biología y Territorio Universidad Javeriana

Editores

Patricia Jaramillo Martínez
Germán I. Andrade Pérez

Comité Científico



Alberto Gómez Mejía	Presidente	Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia
Claudia Córdoba	Subdirectora Científica	Jardín Botánico
Francisco Sánchez	Asesor	Jardín Botánico
Gustavo Morales	Coordinador Colecciones	Jardín Botánico
Ricardo Pacheco	Investigador	Jardín Botánico
Rito Hernán Cardozo	Investigador	Jardín Botánico
Rolando Higueta	Subdirector	
	Técnico Operativo	Jardín Botánico
Sandra Cortés	Investigadora	Jardín Botánico

Grupo de Árbitros

Antonio Luis Mejía	Biólogo - Investigador	Labfarve
Carlos César Parrado	Director	Institución Ferial de Barbastro - IFB
Carlos Valderrama	Coordinador Diseño de Áreas y SIG	Wildlife Conservation Society - Programa Colombia
David Rivera	Biólogo - Investigador	Independiente
Edgar E. Cantillo H.	Ingeniero Forestal - Investigador - Docente	Universidad Distrital
Heliodoro Sánchez	Ingeniero Forestal - Investigador - Docente	Francisco José de Caldas
Jaime Aguirre	Director	Independiente
		Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
María Teresa Pulido	Profesora - Investigadora	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Méjico.
Marina A. Correa	Docente	Universidad Nacional de Colombia
Orlando Vargas	Profesor - Investigador	Universidad Nacional de Colombia
Santiago Díaz P.	Presidente	Academia de Historia

PÉREZ ARBELAEZIA

Publicación anual

© 2006 - 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 general

Paola Rodríguez Suárez - Subdirectora Educativa y Cultural

Coordinación editorial

Patricia Jaramillo M. - Comunicación Ambiental

- Corrección:

Germán Ignacio Andrade Pérez

Camila Gaitán Gaitán

Juan Carlos Gómez Amaya

- Diseño y diagramación: Bibiana Andrea Alturo M.

Impresión

Universidad Nacional de Colombia - Unibiblos

Ilustración carátula

Alfonso Robledo Anzola - Arquitecto.

Logo Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Mutisia clematis L.

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Av. Calle 63 No. 68-95 / Teléfono: 437 7060 / Fax: 630 5075

www.jbb.gov.co

CONTENIDO

Presentación.....	8
Dinámica de la germinación y desarrollo plantular en <i>Plantago australis</i> Lam. ssp. <i>oreades</i> (Decne) Rahn	
Héctor Orlando Lancheros.....	11
Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la producción de biomasa en <i>Plantago australis</i> Lam. ssp. <i>oreades</i> (Decne) Rahn	
Héctor Orlando Lancheros / Hernán Cardozo.....	23
Estudio etnobotánico del manejo, uso y comercialización de plantas arvenses comestibles en las plazas de mercado de Bogotá, D.C. Colombia	
Nathalia Molina.....	37
Extracción de taninos de frutos del mortiño, <i>Hesperomeles goudotiana</i> Decne Killip. Rosaceae, Para ser utilizado en la formulación de un jabón con propiedades astringentes	
María Eugenia Torres.....	53
Planes locales de arborización urbana: estructura y distribución del arbolado de la localidad de Chapinero	
Manuel José Amaya Arias.....	67
Producción de estructuras reproductivas de <i>Ulex europaeus</i> y <i>Teline monspessulana</i> en tres tipos de vegetación en el Cerro de Monserrate, Bogotá, D.C. – Colombia	
Héctor Felipe Ríos A.....	93
Contribución al estudio de la distribución vertical de epifitas vasculares en un relicto boscoso de Junín, Cundinamarca. Colombia.	
Carlos A. Rodríguez Beltrán.....	121
Hongos liquenizados como bioindicadores: macrozonas de isocontaminación atmosférica de Bogotá, D.C. (Cundinamarca, Colombia)	
Wilmer González Aldana.....	137
Hongos fitopatógenos de cuatro especies arbóreas en el contexto urbano	
Raúl Manuel Posada.....	155
Los ecosistemas de manglar en Colombia: situación actual y perspectivas	
Ricardo Álvarez León.....	169
Estudio corológico y fenológico de ocho especies del bosque andino con fines de restauración ecológica	
Yesid Lozano Ramírez / Leonardo Molina Portuguese / Jairo Silva Herrera / Claudia Alexandra Pinzón.....	187
Requerimientos de edición para la publicación de artículos en la revista.....	211

PRESENTACIÓN

Apreciado lector:

Me complace mucho tener el gusto de presentar el ejemplar número 17 de la revista científica del Jardín Botánico *Pérez Arbelaez*. Con este hemos logrado dar continuidad a la publicación y cumplir los requisitos para su indexación, posición que vincula las investigaciones aquí presentadas al saber de la comunidad científica internacional. Esperamos sea un logro a partir de este número, en el cual podremos apreciar cómo cada vez con mayor claridad se perfila la especialización de las investigaciones adelantadas en el Jardín por un selecto grupo de científicos, así como por parte de las entidades afines sobre los ecosistemas tropicales de alta montaña.

Por tal motivo encontrarán en este ejemplar los resultados de investigaciones que aportan al conocimiento de nuestros ecosistemas y sus componentes como: Dinámica de la germinación y desarrollo plantular en *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn; Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la producción de biomasa en *Plantago australis* Lam. ssp. *oreades* (Decne) Rahn; Estudio etnobotánico del manejo, uso y comercialización de plantas arvenses comestibles en las plazas de mercado de Bogotá, D.C., Colombia; Extracción de taninos de frutos del mortiño (*Hesperomeles goudotiana* Decne Killip. Rosaceae) para ser utilizados en la formulación de un jabón con propiedades astringentes.

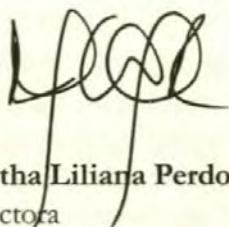
También encontrarán los artículos: Planes locales de arborización urbana: estructura y distribución del arbolado de la localidad de chapinero; Producción de estructuras reproductivas de *Ulex europaeus* y *Teline monspessulana* en tres tipos de vegetación en el Cerro de Monserrate, Bogotá D.C., Colombia; Contribución al estudio de la distribución vertical de epifitas vasculares en un relicto boscoso de Junín, Cundinamarca, Colombia; Hongos liquenizados como bioindicadores: macrozonas de isocontaminación atmosférica de Bogotá,

D.C., Cundinamarca, Colombia; Hongos fitopatógenos de especies arbóreas;
Los ecosistemas de manglar en Colombia: situación actual y perspectivas;
Estudio corológico y fenológico de ocho especies del bosque andino con fines
de restauración ecológica.

Sea esta la oportunidad para despedirme, pues a partir del próximo año estaré
prestando mis servicios al Distrito y a la comunidad a través de la dirección de la
recién creada Secretaría Ambiental, desde donde seguiré velando por el futuro
del Jardín, entidad en la cual, gracias a un equipo humano comprometido, pude
avanzar en la concreción de muchos de sus objetivos y proyectos.

Espero que el conocimiento aquí publicado sea de gran utilidad para la
conservación, conocimiento y adecuado manejo de nuestros ecosistemas.

Cordialmente,



Martha Liliara Perdomo Ramírez

Directora

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Producción de estructuras reproductivas de *Ulex europaeus* y *Teline monspessulana* en tres tipos de vegetación en el Cerro de Monserrate, Bogotá D.C. – Colombia

Por:

HÉCTOR FELIPE RÍOS ALZATE¹

Recibido: 12 de septiembre de 2006 / Aceptado: 24 de marzo de 2007

Resumen

En el piedemonte del Cerro de Monserrate en Bogotá D.C., a 2800 metros de altitud, se estudió la producción y el aporte de estructuras de reproducción — botones florales, flores, frutos y semillas— de dos especies vegetales invasoras: el retamo espinoso, *Ulex europaeus*, y el retamo liso, *Teline monspessulana*. La producción se evaluó a través del recuento directo de estructuras en la planta y de la cosecha de frutos maduros en individuos adultos para el análisis de la cantidad de semillas/fruto y semillas/individuo. El aporte de estructuras al suelo se evaluó mediante la instalación de trampas cuadradas —0.5 x 0.5 m— para la captura de la lluvia de frutos y semillas ocurrida durante un mes. Se analizó el efecto de tres tipos de coberturas vegetales locales: pastizal (pa), plantación de eucalipto (eu) y bosque secundario (bo) sobre la producción y el aporte de estructuras de la especie más difundida —*T. monspessulana*— y se comparó la producción y el aporte de estructuras de *T. monspessulana* y *U. europaeus* en coberturas de pastizal (pa). Los resultados muestran una mayor capacidad de penetración e infestación del retamo liso al interior de las coberturas locales y se identificó mayor agresividad del retamo espinoso en coberturas de pastizal, representada en su mayor producción y aporte de estructuras reproductivas. Se verificó la producción asincrónica de estructuras entre individuos, tanto de retamo espinoso como liso, y la reducción y homogenización de la producción de estructuras reproductivas bajo el dosel del bosque y la plantación.

Palabras claves

Retamo espinoso y liso, estructuras reproductivas, presión de propágulos, agresividad, invasividad, adaptación ecológica.

1. Biólogo. Coordinador de la Línea de Investigación en Ecología de la Restauración. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica. Bogotá D.C., Colombia. hrios@jbb.gov.co



Reproductive structures production for *Ulex europaeus* and *Teline monspessulana* in three vegetation types at monserrate mountain hill, Bogotá D.C. – Colombia

Abstract

In Monserrate mountain hill, at Bogotá D.C., 2800 m.a.s.l., production and release of reproductive structures —floral buds, flowers, fruits and seeds— was studied in two plant alien species: gorse, *Ulex europaeus*, and french broom, *Teline monspessulana*. Production was evaluated by direct counting of structures on the plant and ripe fruit harvest in order to analyze seeds/fruit and seeds/individual. Release of structures to soil was evaluated by installing square traps —0.5 x 0.5m— to capture the fruit and seed rain during a month. The effect of three local plant cover: grassland (pa), eucalypt planting (eu) and secondary forest (bo) upon production and release of reproductive structures is analyzed in the most spread species —*T. monspessulana*—. Gorse and french broom production and release of reproductive structures is compared on grassland cover. The results showed the major capacity of french broom to penetrate and infest inside local covers, but a major aggressive trait was identified to gorse, represented in its greater reproductive structures production and release. Asynchronic production was verified between individuals of gorse and French broom species, and also the reduction and homogenization of reproductive structures production below forest and planting canopy.

Keywords

Gorse, french broom, reproductive structures, propagule pressure, invasivity, ecological adaptation.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mecanismos adaptativos más importantes de ciertas especies vegetales exóticas como el retamo espinoso, *Ulex europaeus*, y el retamo liso, *Teline monspessulana*, para persistir en las áreas donde son introducidas consiste en consolidar un banco de semillas de larga duración y germinación masiva, a partir del cual se producen nuevas generaciones de individuos que compiten efectivamente en sitios degradados con las especies nativas, hasta que estas son excluidas. Así, se consolidan poblaciones que se establecen y perduran, ampliando su rango de distribución después de eventos de alteración.



Hasta el momento este mecanismo de adaptación ha sido poco evaluado en condiciones ecológicas de alta montaña tropical donde se registran infestaciones de considerable importancia —Ecuador, Perú y Colombia— por lo que se cuenta con poca información de base sobre la autoecología de estos matorrales, de tal modo que se puedan establecer comparaciones con su dinámica natural en los lugares de origen e inferir acerca de su comportamiento de adaptación en diferentes regiones geográficas y ecosistemas donde son introducidas.

Varios autores analizan diversos aspectos de los bancos de semillas de estas especies en diferentes partes del mundo donde se reportan como invasoras. Hoshovsky (1989a y 1989b) establece una durabilidad de los bancos en el suelo superior a 30 años y Cárdenas (2001a, 2001b) estudia el papel de la intensidad de luz sobre la germinación de las semillas del retamo espinoso, determinando que los bancos de esta especie son activos básicamente en los primeros centímetros del suelo.

Sher & Hyatt (1999) identifican los principales atributos reproductivos que les confieren a las plantas el carácter de especies invasoras y destacan como los más sobresalientes: el inicio temprano del ciclo reproductivo, la gran cantidad de semillas de fácil dispersión, la reproducción tanto por semillas como por rebrotes vegetativos, la dispersión a cortas y largas distancias, la capacidad de autofertilización y autocompatibilidad, los períodos largos de floración y fructificación, la posibilidad de hibridizarse con especies nativas y modificar la carga genética y la poca cantidad relativa de ADN en el núcleo celular. Algunos de estos atributos han sido destacados por Ríos (2005a) como parte de las estrategias adaptativas de estas dos especies en ecosistemas de bosque altoandino, en las regiones Cundiboyacense y del oriente Antioqueño en Colombia; entre ellas se cita el inicio temprano de los ciclos reproductivos y la larga duración de los mismos en la región de Monserrate. Es necesario profundizar el estudio de los atributos reproductivos para establecer su potencial de agresividad como especies invasoras.

Reproducción y dispersión de *Ulex europaeus*

La regeneración del retamo espinoso ocurre tanto de manera vegetativa a través de rebrotes de las raíces rastreras, como sexual mediante la producción de semillas (Hoshovsky 1989b). Esta última es la estrategia principal para su desplazamiento e infestación (Sineiro 1974).



Figura 1. Expresión masiva del banco de semillas de *Ulex europaeus* L. luego de un disturbio de eliminación de los individuos adultos en el Cerro de Monserrate. Foto: Orlando Vargas R. 1999.



Figura 2. Frutos de retamo espinoso en forma de legumbre dehiscence y semillas. Foto: Héctor Felipe Ríos A. 2005.



Figura 3. Frutos de retamo liso en forma de legumbre dehiscence y semillas. Foto: Héctor Felipe Ríos A. 2005.



El patrón de producción de semillas del retamo espinoso varía sustancialmente de una región geográfica a otra donde se encuentre la especie. Pueden presentarse ciclos de producción monomodales —con un solo pico máximo durante el año— como en Inglaterra, o bimodales como en Nueva Zelanda, donde tiene lugar un pico máximo en verano —noviembre a enero— y un segundo de menor intensidad a principios de invierno —junio a agosto—.

En sus zonas de origen un individuo de retamo espinoso puede producir alrededor de 8000 semillas por año (Clements et. al. 1998), mientras que la caída anual de semillas en Palmerston North, Nueva Zelanda, fue estimada entre 500 y 600 semillas/m² (MacCarter & Gaynor 1980). En zonas tropicales no se ha evaluado el patrón de producción y aporte de estructuras de reproducción.

La dispersión primaria de las semillas ocurre por explosión de los frutos (Figura 2) en su fase de madurez; estas son lanzadas alrededor de 2 a 6 m de distancia desde la planta madre (Hoshovsky 1989b), lo que explica una distribución agregada o localizada de las poblaciones. Las semillas también pueden ser transportadas por hormigas, por el agua o en el suelo adherido a la maquinaria y a las botas de los trabajadores en zonas infestadas con fuerte intervención humana. Las aves también pueden jugar algún papel en este proceso, pues se encuentran parches de la especie al interior de bosques en los que dichas aves establecen perchas (Parsons 1958, en Hoshovsky 1989b).

Las semillas tienen una cubierta dura e impermeable al agua que impide la germinación inmediata y posibilita su permanencia y viabilidad en el suelo por cerca de 25 a 40 años (IPM Practitioners Assoc, s.f.) y regenerar vigorosamente después de incendios u otros disturbios (MacCarter & Gaynor 1980; Ríos 2001). La germinación está limitada por la liberación de algunos compuestos orgánicos a partir de individuos adultos de la misma especie, principalmente en las flores (Cárdenas 2004). Por este motivo, la tasa de germinación es menor y la tasa de mortalidad de plántulas mayor al interior de un matorral de retamo que en áreas abiertas.

Reproducción y dispersión de *Teline monspessulana*

Varios de los atributos de reproducción del retamo liso son equivalentes con los del retamo espinoso. Al igual que este el retamo liso se reproduce vegetativamente o por semillas y se reporta su propagación a partir de estacas y rebrotes vegetativos después de podas.



Al igual que las demás especies del grupo de los retamos —*Cytisus*, *Teline*, *Ulex*, etcétera— las semillas del retamo liso se dispersan a partir de la eyección desde sus vainas (Figura 3), las cuales se abren explosivamente esparciendo las semillas, obteniendo desplazamientos de entre 2 y 6 m a partir de la planta madre (Leblanc 2001).

Las semillas del retamo liso también tienen un abrigo impermeable que les permite permanecer viables en el suelo por períodos largos de tiempo, hasta que se presenten las condiciones adecuadas para la germinación (Hoshovsky 1989a).

A partir de la primera eyección las semillas del retamo liso pueden sobrevivir al transporte en las corrientes de agua, en cuyo tránsito ocurren los tratamientos de escarificación e imbibición necesarios para inducir su germinación. Por este medio las semillas son distribuidas en grandes distancias.

Otro medio de propagación de las semillas es a través de carreteras y caminos por donde son distribuidas en el barro adherido a los vehículos que transitan por las áreas infestadas. Al parecer, existe una incidencia no cuantificada de las aves en el desplazamiento de las semillas de todo el grupo de retamos al interior de las áreas de bosque (Mobley 1954).

El retamo liso puede invadir con éxito praderas, cultivos y pastizales. Crece mejor en suelos secos y arenosos, con exposición solar plena, y crece bien en una gran variedad de texturas de suelo y en un rango amplio de acidez (Leblanc 2001).

Para abordar el problema de falta de conocimientos sobre la adaptación de las especies del complejo de retamos en las áreas de introducción se esbozaron las siguientes preguntas, a las cuales se intenta dar respuesta con el desarrollo de la presente investigación:

¿Cuál de los retamos —liso o espinoso— produce y aporta mayor cantidad de estructuras de reproducción en el área de estudio? ¿En cuál de las coberturas vegetales locales invadidas en el Cerro de Monserrate es más agresiva la invasión del retamo espinoso y del retamo liso, en términos de producción y aporte de estructuras reproductivas? El objetivo de este estudio es analizar la respuesta de producción y aporte de estructuras de reproducción del retamo liso y del retamo espinoso en tres tipos de coberturas vegetales propias de la franja alta de los Andes tropicales, en las condiciones ecológicas del Cerro de Monserrate, en Bogotá D.C., Colombia. Se espera que el método empleado sirva de punto

de partida para el estudio de otros patrones —de mayor duración— sobre la producción de estructuras reproductivas, como es el estudio de la fenología cuantitativa de estas especies.

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo entre los meses de octubre y diciembre del 2005, en un sitio comprendido entre el Cerro de Monserrate y las Torres del Silencio. El sitio se encuentra ubicado en Bogotá D.C., localidad de Santa Fe, vereda de Monserrate —4° 36' N, 74° 04' W— en áreas de interés en términos de la distribución de la invasión de este complejo vegetal exótico en el Distrito Capital (Figura 4).



Figura 4. Ubicación del área de estudio. Se observa su posición central en la geografía nacional, sobre la Cordillera Oriental, en el límite urbano-rural oriente de la ciudad de Bogotá D.C., a 2800 metros de altitud.

Ríos (2001) describe las condiciones ambientales de la zona. Destaca la presencia de suelos originados a partir de areniscas del Grupo Guadalupe y arcillas de la Formación Bogotá, predominantemente ácidos —pH entre 4.5 y 5.5—, con texturas arcillosas a franco arcillosas, bajos contenidos de materia orgánica, altos niveles de aluminio y baja saturación de bases intercambiables.

La precipitación (Figura 5) alcanza los 1079 mm anuales y presenta un patrón de distribución bimodal con un pico de máxima lluvia en el primer semestre —de abril a mayo— y otro en el segundo semestre —de octubre a noviembre—. La humedad relativa oscila entre 78 y 83 por ciento y la temperatura promedio fluctúa entre 12 y 13°C.

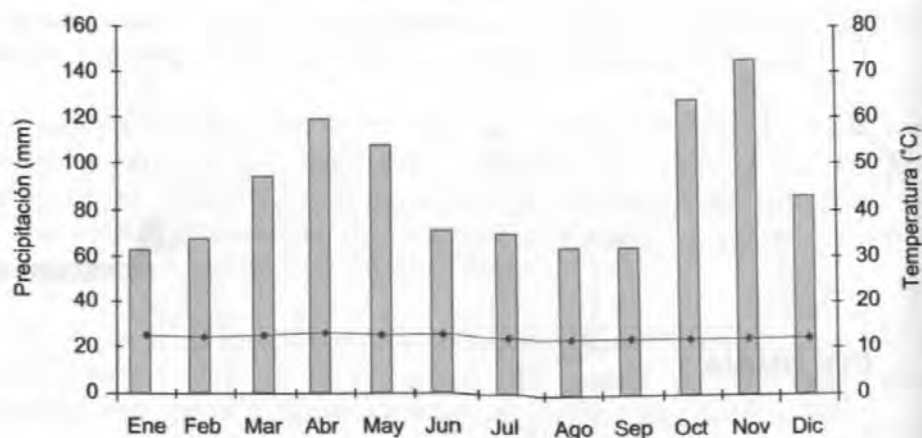


Figura 5. Diagrama ombrotérmico para la estación climatológica Venado de Oro —4°36' N, 74°04' W, 2725 m.s.n.m.—. Se presentan los promedios de precipitación total mensual y temperatura media mensual para el período entre 1966 y 1999.

De acuerdo con el mapa de coberturas del Distrito Capital realizado por el Jardín Botánico de Bogotá (Páramo 2003) y con otras caracterizaciones realizadas por varios autores (Cleff 1981, Cortés et al. 2004) la zona de estudio presenta un mosaico de comunidades vegetales, entre las que predominan las plantaciones forestales de pino —*Pinus patula*— y eucalipto —*Eucaliptus globulus*— y los pastizales abiertos de kikuyo —*Pennisetum claudestinum*—. Existen pocos relictos de vegetación nativa entre los que se destacan unidades de matorrales y bosques secundarios, con especies propias de ambientes altamente transformados y en donde se han perdido las especies típicas de los bosques maduros de la región



—Cedrela, Weinmannia, etcétera—. Algunas de las principales especies vegetales nativas que se encuentran en el área son: Salvia negra, *Cordia lanata*; Arrayán blanco, *Myrcianthes leucoxyla*; Raque, *Vallea stipularis*; Laurel hojipequeño *Myrica parvifolia*; Cordoncillo, *Piper bogotensis*; Duraznillo, *Abatia parviflora*; Espino garbanzo, *Duranta mutisii*; Mora silvestre, *Rubus spp.*

La invasión del retamo espinoso y del retamo liso tiene lugar en las unidades vegetales mencionadas —pastizales, bosques secundarios y plantaciones forestales— y se presenta en diferentes estados de desarrollo de la infestación como producto de un régimen de transformación histórico en la zona, constituido fundamentalmente por actividades de ganadería extensiva de ladera, cambio de la vocación de uso de conservación de la biodiversidad, proliferación de plantaciones forestales introducidas sin manejo silvicultural, tala para extracción de leña e incendios forestales (Idrobo 1997, Barrera et. al. 2002, Cortés et. al. 2004).

MÉTODOS

Para el estudio de la producción y aporte de estructuras reproductivas se empleó un diseño en bloques completos al azar, en donde cada bloque representa el conjunto de condiciones ambientales de cada tipo de cobertura invadida. Al interior de cada unidad fisonómica de vegetación la unidad de muestreo consistió en un individuo de retamo liso y uno de retamo espinoso, según el caso. Se tuvieron diez (10) réplicas —individuos—.

La metodología se dividió en varias fases. Empezó con la definición y selección de los matorrales objetivo mediante la identificación de poblaciones adultas —en proceso de reproducción— de retamo espinoso y de retamo liso en las principales unidades fisonómicas de vegetación presentes en el Cerro de Monserrate (Figura 6).

Estas unidades fisonómicas de vegetación describen un gradiente de alteración desde el más severo, con la pérdida total de los elementos arbóreos en el pastizal de *Pennisetum clandestinum*, pasando por un intermedio con la substitución de estos por árboles exóticos en la plantación forestal de *Eucalyptus globulus*, hasta el más leve con la pérdida de solo algunos elementos arbóreos en el bosque secundario.



Figura 6. Panorámica de las coberturas vegetales invadidas. Arriba izquierda: Teline en pastizal. Arriba derecha: Teline en eucaliptal. Abajo izquierda: Bosque secundario con Teline. Abajo derecha: Ulex en pastizal. Fotos. Héctor Felipe Ríos. 2005, César Martínez.



Figura 7. Metodología de evaluación de la producción y aporte de estructuras de reproducción de *U. europaeus* y *T. monspessulana* en el Cerro de Monserrate.

Con base en las unidades experimentales definidas en la fase anterior se procedió a su búsqueda en el territorio, de acuerdo con criterios de sitio —similitud de pendiente en los matorrales, de 12 a 25° de inclinación y sobre suelos poco desarrollados— y de parche de infestación —poblaciones densas y en estado reproductivo— tal como se ilustra en la metodología general (Figura 7).

En las plantaciones forestales de *Pinus patula* del área no se encontraron poblaciones de las especies invasoras que cumplieran con los requisitos de parche de infestación, por lo que no pudieron ser incluidas en este estudio. De igual manera, las poblaciones de retamo espinoso presentes al interior de los bosques secundarios estaban constituidas por individuos aislados, con desarrollo poco avanzado y sin estructuras de reproducción, motivo por el cual tampoco fueron tenidas en cuenta para el estudio.

En cada parche de la cobertura invasora al interior de las unidades fisonómicas de vegetación se seleccionaron 10 individuos al azar, los cuales constituyeron las unidades de observación o muestreo. En cada uno de ellos se estimó el estado de desarrollo mediante las siguientes variables:

- **Altura:** representa una estimación de la edad de la planta. Corresponde al tamaño de la misma, medido desde la superficie del suelo hasta la parte distal de la rama más alta.
- **Cobertura:** representa un estimativo de la capacidad de competencia de la planta por espacio frente a los demás individuos con los que coexiste. Se calcula a través de la medición de los diámetros polar y ecuatorial de la planta.

Muestreo de la producción de estructuras de reproducción

En cada uno de los 10 individuos seleccionados se hizo el recuento directo del número de estructuras reproductivas. Para esto se definieron las siguientes seis variables:

- **Botones:** estructuras en estado de primordio del botón hasta el momento anterior a la apertura de la flor. Se contabilizó la cantidad de estas estructuras.
- **Flor:** estructura completamente desarrollada, abierta para la acción de su polinizador. Se contabilizó la cantidad de estas estructuras.
- **Fruto verde:** desde el primordio del fruto hasta el tamaño definitivo.



- Fruto maduro: fruto completamente desarrollado, hasta antes de su dehiscencia.
- Semillas por fruto: cantidad de semillas presentes en cada legumbre, discriminadas en semillas de «buena» calidad y semillas de «mala» calidad.
- Semillas totales: cantidad total de semillas por cada individuo adulto.

Para la evaluación de las últimas dos variables los frutos maduros de cada individuo fueron cosechados y transportados al laboratorio para el recuento de sus semillas; se seleccionó una submuestra aleatoria de 30 frutos para el recuento de número de semillas por cada fruto.

Muestreo del aporte de estructuras de reproducción

En cada unidad experimental —cobertura vegetal o unidad fisonómica de vegetación— se instalaron en disposición aleatoria cinco trampas, de 0.5 x 0.5 m, con el objeto de capturar la lluvia de semillas que cae al suelo desde los individuos adultos ubicados alrededor.

Las trampas (Figura 8) realizan un muestreo continuo de la lluvia de semillas; se recogieron después de un mes de su instalación para determinar la cantidad de estructuras de reproducción —semillas y frutos— que potencialmente enriquecen el banco de semillas.

Las muestras recolectadas se rotularon y transportaron al laboratorio para el recuento de:

- Semillas por trampa: cantidad total de semillas que se recoge en la trampa durante el tiempo de funcionamiento en campo.
- Frutos por trampa: cantidad total de frutos que se recoge en la trampa durante el tiempo de funcionamiento en campo.

RESULTADOS

Producción de estructuras de reproducción

La Tabla 1 presenta los valores de las variables estudiadas en los individuos adultos de las coberturas invasoras. Se presenta el promedio, acompañado de la desviación estándar.

En la Figura 9 se presentan las gráficas de las variables analizadas. La característica común a todas las variables es el valor elevado de la desviación



Figura 8. Captura y evaluación del aporte de estructuras de reproducción mediante trampas para la lluvia de semillas. Foto: Juan Francisco García. 2006.

Variable	<i>Teline monspessulana</i>			<i>Ulex europaeus</i>
	Pastizal (Tpa)	Eucaliptal (Teu)	Bosque(Tbo)	Pastizal (Upa)
Altura (m)	2.18 +/- 0.25	2.30 +/- 0.20	NA	2.30 +/- 0.22
Cobertura (m ²)	1.12 +/- 0.26	1.90 +/- 0.74	NA	1.15 +/- 1.80
Botones	1281.8 +/- 1070.4	1111.4 +/- 1026.2	NA	1041.0 +/- 1073.8
Flores	429.3 +/- 347.6	450.6 +/- 554.0	NA	92.8 +/- 113.1
Frutos verdes	551.6 +/- 809.1	385.6 +/- 480.7	NA	212.7 +/- 327.7
Frutos maduros	375.1 +/- 335.6	73.4 +/- 40.0	NA	431.5 +/- 341.9
Semillas/fruto	3.2 +/- 0.9	2.5 +/- 0.5	NA	3.1 +/- 1.0
Semillas/ind.	1041.3 +/- 1020.5	165.6 +/- 95.9	NA	1255.0 +/- 1461.8

Tabla 1. Producción de estructuras de reproducción en el retamo espinoso y en el retamo liso en tres coberturas en el Cerro de Monserrate.*

* Se presentan los valores promedio de cada variable +/- la desviación estándar. NA = No Aplica para este estudio por no encontrarse matorrales en estado reproductivo.

estándar, lo que representa una gran heterogeneidad en la producción de dichas estructuras en los individuos, al interior de cada unidad fisonómica de vegetación. Se puede apreciar que en las tres unidades de vegetación los mayores valores de producción corresponden a la variable «botones», en tanto que los menores corresponden a flores, frutos verdes y frutos maduros; esto indica que las plantas se encuentran en un momento de baja producción y que se preparan para una producción mayor de flores y frutos en los meses venideros —posiblemente en el próximo «veranillo» de diciembre a marzo—, situación comparable con el patrón de producción bimodal descrito para Nueva Zelanda.



La composición de la producción de estructuras reproductivas difiere significativamente, $\alpha = 0.05$ tanto en las dos especies invasoras bajo una misma cobertura vegetal como para una especie en las unidades de vegetación.

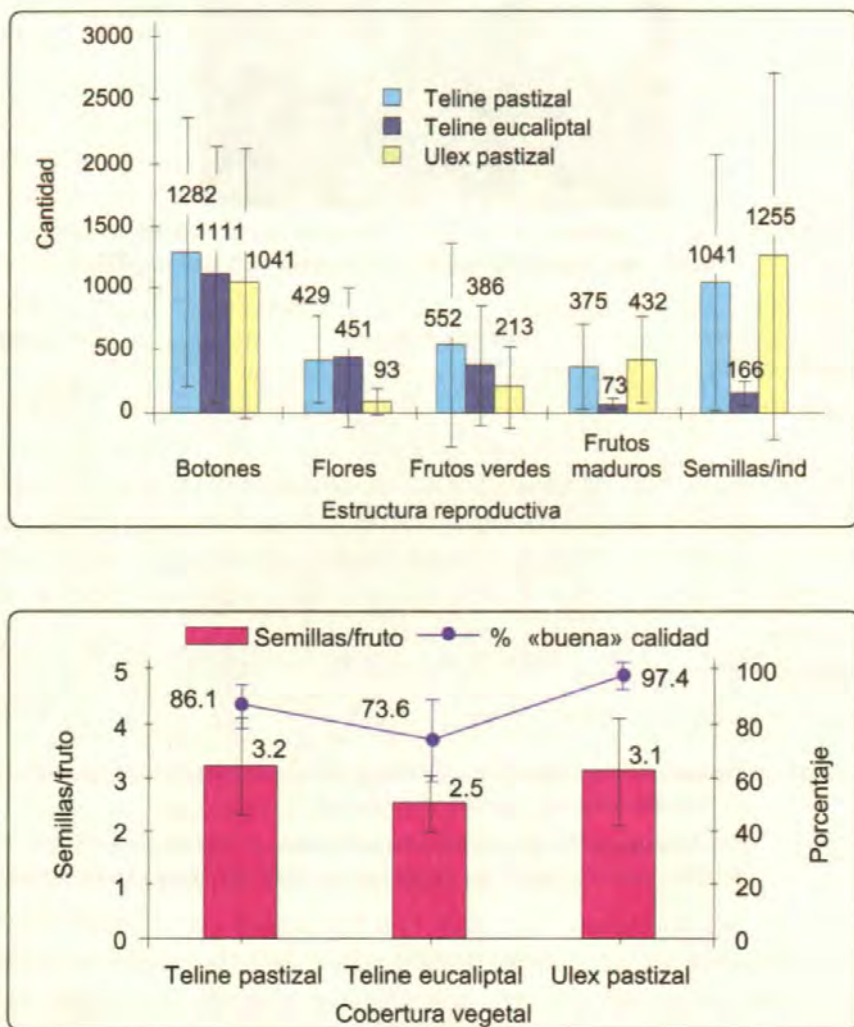


Figura 9. Producción de estructuras reproductivas de retamo espinoso y de retamo liso en el Cerro de Monserrate. Arriba: Cantidad de cada estructura de reproducción. Abajo: Cantidad de semillas/fruto y porcentaje de semillas de «buena» calidad en cada tipo de cobertura vegetal invadida. Las barras representan los valores promedio y las líneas representan la desviación estándar de los datos.

Así, por ejemplo, al interior de la plantación de eucalipto tiene lugar una producción intensa de botones florales y una escasa producción de flores y frutos, lo que redundará en una mínima producción de semillas durante esta época del año —fin del período de lluvia—. Esto se encuentra en estrecha relación con la gran cantidad de flores desprendidas del matorral al interior de la plantación de eucalipto por acción de la lluvia.

Por el contrario, en los pastizales de kikuyo invadidos por retamo espinoso y por retamo liso tiene lugar una producción mayor de semillas, hecho que se relaciona con una mayor cantidad de estas estructuras en cada legumbre, lo que sugiere una mayor capacidad reproductiva de ambas especies en áreas abiertas donde se encuentran a plena exposición solar.

Aporte de estructuras de reproducción (lluvia de semillas y frutos)

La Tabla 2 presenta los valores promedio de las variables estudiadas: cantidad de frutos por unidad de área, cantidad de semillas por unidad de área, y proporción de semillas en buen estado por cada legumbre.

La lluvia de semillas autóctona —aquella que tiene lugar en el mismo sitio— constituye la vía principal de aporte de estas estructuras al suelo, donde se acumulan formando y enriqueciendo un banco bastante abundante que, según un estudio realizado por Cárdenas (2001a) puede llegar a constar de más de 15000 semillas/m² en el caso de matorrales de retamo espinoso que crecen sobre pastizales de kikuyo (Figura 10). Este banco de semillas almacenado constituye el mecanismo principal de persistencia de estas especies en las áreas infestadas, a partir del cual surgen nuevas generaciones de individuos que garantizan la ocupación del área, inclusive después de ser sometidos a disturbios (Ríos 2001).

Al igual que en el caso de la producción de estructuras reproductivas, la lluvia de semillas y frutos se caracteriza por la heterogeneidad del comportamiento en las diferentes zonas al interior de los matorrales de las dos especies de retamos, lo cual se evidencia en los altos valores de desviación estándar en todas las variables.

En la Figura 10 puede observarse que, en el pastizal, para cada fruto de retamo espinoso tanto el aporte de semillas por unidad de área como la proporción

Variable	Teline			Ulex
	Eucalipto	Bosque	Pastizal	Pastizal
Cant. frutos/m ²	72.8 +/- 65.9	84.8 +/- 123.0	689.6 +/- 770.2	441.0 +/- 276.4
Cant. semillas/m ²	164 +/- 155.2	78.4 +/- 99.1	848.0 +/- 928.3	1436.0 +/- 748.7
% semillas buenas	79.2 +/- 12.6	51.1 +/- 24.4	64.4 +/- 25.1	99.5 +/- 0.5

Tabla 2. Aporte de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso en tres coberturas vegetales en el Cerro de Monserrate.*

* Se presentan los datos promedio, más la desviación estándar de la muestra.

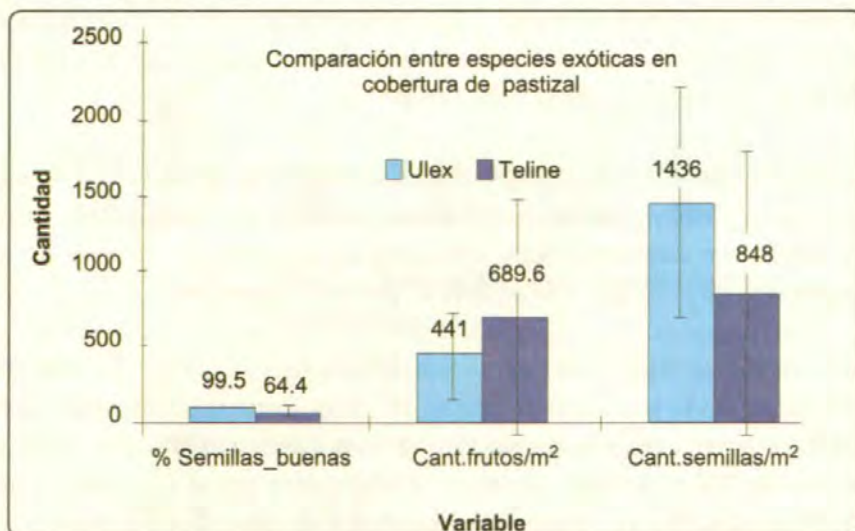


Figura 10. Comparación del aporte de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso en cobertura vegetal de pastizal.



Figura 11. Hallazgo de semillas pregerminadas de retamo liso como constituyentes de la lluvia de semillas en matorrales al interior de la plantación forestal de Eucalipto. Foto: Héctor Felipe Ríos A. 2005.

de semillas en buen estado son mayores que en el retamo liso. Entre tanto, el aporte de frutos sigue el comportamiento inverso al anterior. Esto último representa una mayor vulnerabilidad del retamo liso a sufrir pérdidas y abortos de frutos en época de lluvias.

El retamo liso además de aportar menor cantidad de semillas por unidad de área al banco de semillas, pierde cerca del 36 por ciento de ellas debido principalmente a que no se desarrollan —semillas vanas— o al ataque de las mismas por hongos.

Como mecanismo alterno observado en el retamo liso en época de lluvias, una proporción baja de semillas —menos del 1 por ciento— llegan al suelo pregerminadas, lo cual puede incrementar su probabilidad de supervivencia (Figura 11).

La comparación del aporte de estructuras reproductivas en coberturas contrastantes solamente fue posible para el retamo liso, puesto que el retamo espinoso solamente presentó poblaciones en estado reproductivo en pastizales.

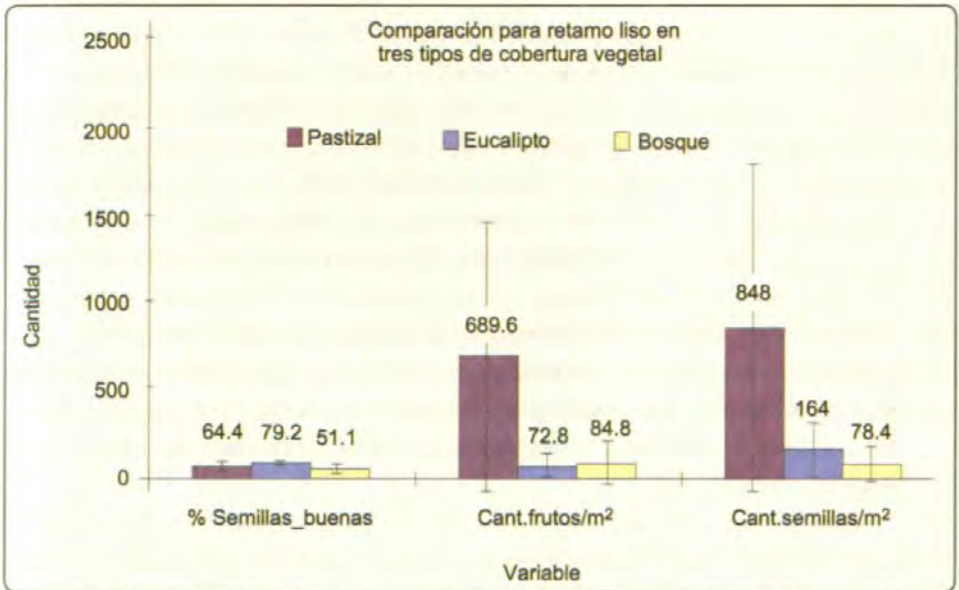


Figura 12. Comparación del aporte de estructuras de reproducción de retamo liso en coberturas vegetales contrastantes de pastizal, plantación forestal de eucalipto y bosque secundario en el Cerro de Monserrate.



Se puede observar en la Figura 12 que el aporte de estructuras de reproducción es significativamente menor al interior del bosque secundario y de la plantación forestal de eucalipto que en el pastizal — $\alpha = 0.05$ —. También es notoria una mayor homogeneidad en el comportamiento de las diferentes zonas del matorral, reflejada en la disminución de la desviación estándar, posiblemente a causa de una atenuación de la variación de las condiciones ambientales al interior de las coberturas forestales. Por su parte, la proporción de semillas en buen estado no muestra una variación significativa dentro o fuera de las coberturas forestales —pérdidas calculadas entre el 20 y el 50 por ciento de las semillas aportadas al banco—.

DISCUSIÓN

El hecho de no encontrar la totalidad de las unidades experimentales para establecer un diseño experimental en bloques al azar que fuese balanceado entre las dos especies exóticas estudiadas —misma cantidad de bloques = unidades fisonómicas de vegetación invadidas— es una muestra de la mayor capacidad de adaptación del retamo liso bajo las diferentes tipologías de coberturas vegetales locales.

De acuerdo con los planteamientos de Lüttge (1997) acerca del comportamiento fisiológico de las plantas de plena exposición solar y aquellas de sombra en el sotobosque, la respuesta observada en términos de producción de estructuras reproductivas de *U. europaeus* significa que esta se comporta como una especie heliófita estricta que no tolera el menor sombrío, cuyo costo es la pérdida total de su producción de estructuras reproductivas. *T. monspessulana*, en cambio, se comporta como una planta heliófita capaz de tolerar las condiciones de menor luminosidad presentes al interior de las plantaciones forestales y bosques secundarios. Esta adaptación del retamo liso tiene un costo energético para la planta en la situación de sombra, que se refleja en una menor producción de estructuras, hecho que puede estar asociado con varias condiciones como una menor tasa fotosintética y respiratoria, una disminución de las tasas de asimilación, etcétera.

Esta consideración hace factible esperar que la invasión del retamo liso se haga con mayor facilidad que la del retamo espinoso al interior de las coberturas forestales y boscosas de los Cerros Orientales, puesto que el espinoso encuentra barreras ambientales que el liso es capaz de atravesar.



Los resultados obtenidos en la cobertura de pastizal de kikuyo permiten prever que ambas especies encuentran en estas unidades de vegetación el espacio propicio para la producción máxima de estructuras reproductivas, lo que les permite superar las barreras principales a la recolonización vegetal que son la disponibilidad de semillas y la capacidad de reclutamiento (Matlack 1994; Bossuyt et al. 1999; Verheyen & Hermy 2001). Esto hace suponer que estas especies persisten por bastante tiempo sobre los pastizales de kikuyo, sirviendo a su vez como focos de dispersión hacia nuevas áreas.

Las plantaciones forestales de pino constituyen una barrera ambiental a la expansión de las dos especies. En la totalidad de las áreas recorridas se encontraron pocos individuos y aislados, de ambas especies, intentando colonizar el sotobosque de pinares. Esta observación permite suponer un efecto inhibidor del pino, posiblemente por una interferencia en la colonización del suelo debido al aporte abundante de acículas al piso (Hidrobo 1997), lo que impide la llegada de las semillas al suelo o del sistema radical de los retamos hasta los nutrientes del suelo, por debajo del colchón de acículas.

Las unidades de bosque en el área de estudio presentan infestaciones incipientes de retamo espinoso. Esta condición no les permitió cumplir con las especificaciones requeridas en el diseño del experimento, por lo que no fueron tenidas en cuenta como parte del mismo. En este caso, y conforme lo reporta la literatura acerca de los requerimientos de estas especies predominantemente heliófitas (Hoshovsky 1989a, 1989b), las plantas de retamo espinoso adquirieron una arquitectura «raquílica» y no presentaron estructuras de reproducción. Por lo tanto no fueron clasificadas como activas reproductivamente.

Este último caso permite discriminar el comportamiento invasor de *Teline* y *Ulex*, puesto que el retamo liso consigue colonizar con éxito el interior del bosque. Existe, por tanto, otra razón para suponer que la invasión del retamo liso tiene mayor probabilidad de expansión en el territorio.

Producción de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso

La prueba de homogeneidad de varianzas realizado con el programa SPSS, versión 8.0, para las variables altura de plantas, cobertura promedio de individuos, cantidad de botones florales por individuo, cantidad de flores por



individuo, cantidad de frutos verdes por individuo, cantidad de frutos maduros por individuo, cantidad de semillas por individuo y cantidad de semillas por fruto no arrojó diferencias significativas entre los valores de las varianzas de cada grupo de datos. Esto indica que todas las poblaciones estudiadas son igualmente variables al interior del matorral en términos de una producción bastante heterogénea. Así mismo, el análisis de varianza, ANOVA, (Tabla 3) no arrojó diferencias significativas entre los valores de producción de estructuras reproductivas.

		Suma cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F	Sig.
Altura (m)	Entre grupos	0.092	1	0.092	1.855	0.215
	Dentro de grupos	1.006	18	0.056		
	Total	1.098	19			
Cobertura (m ²)	Entre grupos	0.027	1	0.027	0.002	0.968
	Dentro de grupos	29.754	18	1.653		
	Total	29.757	19			
Cant. botones	Entre grupos	289923.20	1	289923.20	0.252	0.622
	Dentro de grupos	20689656	18	1149425.3		
	Total	20979579	19			
Cant. flores	Entre grupos	566161.25	1	566161.25	8.475	0.009
	Dentro de grupos	1202459.7	18	66803.317		
	Total	1768621.0	19			
Cant. frutos verdes	Entre grupos	574266.05	1	574266.05	1.507	0.235
	Dentro de grupos	6957596.5	18	380977.58		
	Total	7431862.6	19			
Cant. frutos maduros	Entre grupos	15848.45	1	15848.45	0.138	0.714
	Dentro de grupos	2064492.1	18	114694.0		
	Total	2080340.6	19			
Cant. semillas	Entre grupos	228338.45	1	228338.45	0.144	0.709
	Dentro de grupos	28604952	18	1189164.0		
	Total	28833291	19			
Semillas / fruto	Entre grupos	0.022	1	0.022	0.003	0.960
	Dentro de grupos	14.163	18	0.885		
	Total	14.165	19			

Tabla 3. Análisis de varianza, ANOVA, para la producción de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso en tres coberturas vegetales en el Cerro de Monserrate.



En la Tabla 4 se pueden ver diferencias significativas en la cobertura promedio de los individuos al interior de la plantación y fuera de ella, $P = 0.006$, la cantidad de frutos maduros, $P = 0.011$, y la cantidad total de semillas por individuo, $P = 0.015$. No obstante, dichas diferencias se explican más por la diferencia significativa entre sus varianzas.

		Suma cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F	Sig.
Altura (m)	Entre grupos	0,060	1	0,060	1,184	0,291
	Dentro de grupos	0,920	18	0,051		
	Total	0,980	19			
Cobertura (m ²)	Entre grupos	3,048	1	3,048	9,799	0,006
	Dentro de grupos	5,598	18	0,311		
	Total	8,645	19			
Cant. botones	Entre grupos	145180,8	1	145180,8	0,132	0,721
	Dentro de grupos	19788528	18	1099362,7		
	Total	19933709	19			
Cant. flores	Entre grupos	2268,45	1	2268,45	0,011	0,919
	Dentro de grupos	3849688,5	18	213869,14		
	Total	3851913,0	19			
Cant. frutos verdes	Entre grupos	137780,0	1	137780,0	0,311	0,584
	Dentro de grupos	7970548,8	18	442808,2		
	Total	8108328,8	19			
Cant. frutos maduros	Entre grupos	455436,2	1	455416,2	7,982	0,011
	Dentro de grupos	1027018,0	18	57056,5		
	Total	1482434,2	19			
Cant. semillas	Entre grupos	3834252,4	1	3834252,4	7,299	0,015
	Dentro de grupos	9455846,5	18	525313,6		
	Total	13289899	19			
Semillas / fruto	Entre grupos	1,677	1	1,677	3,200	0,094
	Dentro de grupos	7,859	18	0,524		
	Total	9,535	19			

Tabla 4. Análisis de varianza para la producción de estructuras de reproducción de retamo liso en coberturas contrastantes en el Cerro de Monserrate.

Aporte de estructuras de reproducción

La prueba de homogeneidad de varianzas para el aporte de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso en las coberturas vegetales mostró que las varianzas de las variables cantidad de frutos por m² y cantidad



de semillas por m^2 son significativamente diferentes, por lo que los promedios no pueden ser comparados directamente. Sin embargo, a pesar de esta falta de homogeneidad de las varianzas, no se encuentran diferencias significativas en los valores promedio de las variables. Aunque los promedios de las variables son muy diferentes, estas diferencias se opacan por efecto de los valores elevados de la varianza, lo que nuevamente se relaciona con la presencia de individuos con gran cantidad de estructuras e individuos que apenas inician la producción de las mismas, constituyendo un signo de la asincronía reproductiva de estas especies.

Los valores de las variables para los individuos analizados en cada tipo de cobertura se presentan más dispersos en la cobertura de pastizal en comparación con las coberturas de plantación forestal de eucalipto y de bosque secundario. Así, la diferencia observada en los promedios de las variables se debe más al efecto aislado de algunos individuos con valores muy superiores en el pastizal, que a un comportamiento generalizado de todos los individuos del pastizal.

		Suma cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F	Sig.
Cant. Frutos/ m^2	Entre grupos	1243948.8	2	621974.4	3.046	0.085
	Dentro de grupos	2450700.8	12	204225.1		
	Total	3694649.6	14			
Cant. Semillas/ m^2	Entre grupos	1779112.5	2	889556.3	2.879	0.089
	Dentro de grupos	3585931.2	12	298577.6		
	Total	5362043.7	14			
Cant. Semill/trampa	Entre grupos	111194.5	2	55597.2	2.979	0.089
	Dentro de grupos	223933.2	12	18661.1		
	Total	334127.7	14			
Cant. Semillas/malas	Entre grupos	34784.1	1	17392.1	1.591	0.0244
	Dentro de grupos	131177.6	12	10931.5		
	Total	165961.7	14			
Cant. Semillas/buenas	Entre grupos	22708.1	2	11354.1	2.221	0.151
	Dentro de grupos	61347.2	12	5112.3		
	Total	84055.3	14			

Tabla 5. Análisis de varianza para las variables de aporte de estructuras de reproducción de retamo espinoso y de retamo liso en coberturas vegetales contrastantes en el Cerro de Monserrate.



Estos datos (Tabla 5 y Figura 12) sugieren que no existe un sincronismo reproductivo en los individuos de retamo espinoso y de retamo liso en las coberturas de pastizal, lo que constituye otro atributo de historia de vida de la especie que contribuye a la presencia permanente de estructuras reproductivas en varias épocas del año. Esto incrementa, a su vez, la probabilidad de permanencia de la especie en el sitio invadido, en especial en las coberturas abiertas.

CONCLUSIONES

Varias ideas se desprenden al evaluar la composición de la producción de estructuras reproductivas en las unidades vegetales estudiadas:

- Las plantaciones forestales de pino constituyen una barrera ambiental que limita la colonización y el establecimiento de matorrales de retamo espinoso y liso. Las plantaciones de eucalipto solo constituyen una barrera ambiental en el caso del retamo espinoso, puesto que el liso puede formar poblaciones densas y plenamente activas en términos de reproducción sexual en su interior.
- En el área de estudio los bosques secundarios con especies nativas como *Cordia lanata*, *Piper bogotensis*, *Miconia squamulosa*, *Myrcianthes leucoxyla*, *Verbesina elegans*, etcétera, constituyen elementos que, aunque no impiden la penetración del retamo espinoso, limitan su habilidad competitiva, llevando a la producción de individuos menos ramificados y con escasa producción de estructuras de reproducción, a tal punto que no cumplieron los requisitos para ser tenidos en cuenta para el análisis en este estudio. El retamo liso, en cambio, es capaz de producir estructuras de reproducción e infestar los bancos de semillas.
- Las dos ideas anteriores llevan a proponer que el retamo liso es más agresivo que el retamo espinoso, en términos de su habilidad competitiva para colonizar y propagarse sexualmente, en mayor diversidad de tipos fisionómicos de vegetación.
- A manera de comparación entre las dos especies invasoras estudiadas, en las unidades de vegetación de pastizal se encontró una producción mayor de estructuras de «preparación» para la reproducción —botones florales, flores y frutos verdes— de retamo liso que de espinoso. La cantidad de estructuras maduras —frutos y semillas— tiene un comportamiento inverso, de tal modo que es mayor para el espinoso que para el liso. Esto



lleva a pensar en un desfase en los picos de máxima producción de estas estructuras.

- Se comprobó el efecto regulador por parte del dosel sobre la producción de estructuras de reproducción. Para el retamo liso se encontró que al interior de la plantación forestal de eucalipto la cantidad de todos los tipos de estructuras de reproducción fue mucho menor que en la unidad de pastizal, donde los individuos se encuentran en exposición solar directa. Se destaca la diferencia significativa en la cantidad de semillas totales, lo cual es un efecto conjugado entre la menor producción de frutos —en un 30 por ciento en los frutos verdes y en un 80 por ciento en los frutos maduros— y la menor cantidad de semillas en los frutos.
- Los matorrales de retamo espinoso y liso en el área de estudio no se encontraban en el estado de máxima producción de estructuras que permitieran su reproducción sexual en el mes de noviembre del año 2005. La gráfica de abundancia de estructuras de reproducción permitió concluir que la abundancia de botones encontrada evolucionaría en los siguientes meses hacia un pico de máxima producción floral, quizás coincidente con el inicio de la temporada de verano de fin de año y comienzos del año 2006.
- Una estrategia de adaptación del retamo espinoso y liso es la heterogeneidad en el comportamiento reproductivo de los individuos al interior de un parche de infestación. Se encontró que estos no son sincrónicos en la producción de estructuras reproductivas, con lo cual aseguran la producción de estructuras de reproducción en todos los momentos del ciclo climático.

Agradecimientos

El autor agradece al Jardín Botánico José Celestino Mutis, JBJCM, por la financiación de este estudio, el cual forma parte de la sublínea de investigación en restauración ecológica, componente de especies vegetales invasoras, la cual busca generar el conocimiento básico necesario para su aplicación en acciones de control y restauración de áreas infestadas. A los profesores Orlando Vargas del Departamento de Biología de la Universidad Nacional y Hernán Cardozo del JBJCM por su asistencia en todas las fases del proyecto. Al ingeniero Juan Francisco García por sus ideas en la etapa de planeación y su acompañamiento en la instalación del experimento. Al biólogo Héctor Lancheros por su apoyo en el procesamiento y análisis estadístico de los datos.



Bibliografía

- Barrera C., J. I., H. F. Ríos A. & C. A. Pinzón O. 2002. *Planteamiento de una propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (Ulex europaeus L.) en los Cerros Orientales de Bogotá D.C.* Pérez Arbelaezia 13: 55–71.
- Bossuyt, B., Hermy, M. & Deckers, J. 1999. *Migration of herbaceous plant species across ancient-recent forest ecotones in central Belgium.* Journal of Ecology, 87, 628–638.
- Cleff, A. 1981. *The vegetation of the paramo of the Colombian Cordillera Oriental.* The Quaternary of Colombia 9.
- Cárdenas, C de los A. 2001a. *Estudio del banco de semillas de una comunidad vegetal dominada por Ulex europaeus L. en los Cerros Orientales de Bogotá.* En: Cárdenas, C. Informe final del Contrato 131 – 2000. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica. Bogotá D.C. 42 pp.
- Cárdenas, C de los A. 2001b. *Pruebas de germinabilidad para semillas de Ulex europaeus L.* En: Cárdenas, C. Informe final del Contrato 131 – 2000. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica. Bogotá D.C. 42 pp.
- Cárdenas, C de los A. 2004. *Invasiones por Ulex europaeus: Germinación y estrategias de control en fases tempranas.* Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Barcelona. España. 90 pp.
- Clements, D. R., D. J. Peterson & R. Prasad. 1998. *The Biology of Canadian Weeds.* 112. *Ulex europaeus* L. Can. J. Pl. Sci. 78.
- Cortés S., S. P.; J. O. Rangel Ch. & H. Serrano V. 2004. *Transformation of the vegetal cover in the high mountain of the Cordillera Oriental, Colombia.* En: Lyonia: A journal of Ecology and Application. Vol 6(2): 154 – 160.
- Hoshovsky, M. 1989a. *Element Stewardship Abstract (ESA) for Cytisus scoparius and Genista monspessulana: Scotch Broom, French Broom.* The Nature Conservancy.
- Hoshovsky, M. 1989b. *Element Stewardship Abstract (ESA) for Ulex europaeus: Gorse.* The Nature Conservancy. URL: <http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/ulxeuro.html>.



- Idrobo, J.** 1997. *Eucalyptus y coníferas*. En: Revista Pérez Arbelaezia 4 (1–2): 119 – 120.
- IPM Practitioners Assoc. s.f.** *Noxious Weed Integrated Vegetation Management Guide*. IVM Technical Bulletin. Gorse. 16 pp. URL: <http://www.efn.org/~ipmpa/Noxgorse.html>.
- Leblanc, J. W.** 2001. *Getting a handle on broom*. Scotch, French, Spanish and Portuguese Brooms. University of California, Agricultural and Natural Resources. Publication 8049. 9 pp. URL: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8049.pdf>.
- Lüttge, U.** 1997. *Tropical Forests*. In: Physiological Ecology of Tropical Plants. Chapter 3. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York. Germany. Pages 37 – 138.
- MacCarter L. E. & D. L. Gaynor.** 1980. *Gorse: A Subject of Control in New Zealand*. N. Z. Journal of Experimental Agriculture 8: 321 – 330
- Matlack, G.R.** (1994) *Plant species migration in a mixed-history forest landscape in eastern North America*. Ecology, 75, 1491–1502.
- Mobley, L.** 1954. *Scotch broom, a menace to forest, range and agricultural land*. Proc. 6th. Ann. Calif. Weed Conf. 29 – 32 pp.
- Páramo R., G. E.** 2003. *Composición, heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del Distrito Capital de Bogotá, Cundinamarca*. En: Revista Pérez Arbelaezia 14: 25 – 71. Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá D.C.
- 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. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Departamento de Biología.
- Ríos A., H. F.** 2005a. *Guía Técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital: Complejo invasor retamo espinoso (Ulex europaeus L.) – retamo liso (Teline monspessulana (L.) C. Koch.)*. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica. Primera Edición. Bogotá D.C., 151 pp.

- Ríos A., H. F.** 2001. *Eliminación de la especie invasora Ulex europaeus L., como estrategia experimental de restauración de la vegetación en el Cerro de Monserrate*. Bogotá D.C. Trabajo de Grado. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá D.C., Colombia.
- Ríos A., H. F.** 2005b. *Valoración del potencial reproductivo de dos especies vegetales invasoras de interés en Bogotá D.C., Colombia: Ulex europaeus L. y Teline monspessulana (L.) C. Koch*. En: Ríos A., H. F. Informe final del contrato 365 – 2005. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica. Bogotá D.C., 31 pp.
- Sher, A. A. & L. A. Hyatt.** 1999. *The disturbed resource – flux invasion matrix. A new framework for patterns of plant invasion*. Greater New England Symposium on the Ecology of Invasive Species. 27 February 1999. New England USA. 10 pp.
- Sineiro, F.** 1974. *Eradication and control of Gorse (Ulex europaeus L.)* Disp. Agric. Sci. Massey University. New Zealand. 115 pp.
- Verheyen, K. & Hermy, M.** 2001. *The relative importance of dispersal limitation of vascular plants in secondary forest succession in Muizen Forest, Belgium*. Journal of Ecology, 89, 829–840.
- Verheyen, K.; O. Honnay; G. Motzkin; M. Hermy & D. R. Foster.** 2003. *Response of forest plant species to land-use change: a life-history trait-based approach*. Journal of Ecology 91: 563–577.