

PÉREZ ARBELAEZIA

Nº 20 - Diciembre de 2011

ISSN 0120-7717

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



Passiflora marikitensis Mutis

Archivo Real Jardín Botánico de Madrid, lámina 1542



ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ
1896 - 1972

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

PÉREZ
ARBELAEZ

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.



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.



GOBIERNO DE LA CIUDAD

CLARA LÓPEZ OBREGÓN
Alcaldesa Mayor de Bogotá D.C. (D)

Jardín Botánico de Bogotá «José Celestino Mutis»

Junta Directiva

JUAN ANTONIO NIETO ESCALANTE
Secretario Distrital de Ambiente

INOCENCIO BAHAMÓN CALDERÓN
Rector
Universidad Distrital
Francisco José de Caldas

NORA LEÓN RODRÍGUEZ
Directora
Instituto de Estudios Ambientales -IDEA-
Universidad Nacional de Colombia

ÁNGEL GUARNIZO VÁSQUEZ
Asesor

Comité Directivo

EDGAR MAURICIO GARZÓN GONZÁLEZ
Director

JULIA DEL AMPARO MORALES AMADOR
Secretaria General

CLAUDIA ALEXANDRA PINZÓN
Subdirectora Científica

TANIA ELENA RODRÍGUEZ ANGARITA
Subdirectora Educativa y Cultural

CLAUDIA MARCELA SERRANO
Subdirectora Técnica y Operativa

HUGO ALEJANDRO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
Jefe Oficina Asesora Jurídica

ALEXANDER SÁENZ SIERRA
Jefe Oficina Asesora de Planeación

JAIME ÁLVARO HERNÁNDEZ CORREA
Jefe Oficina de Control Interno

MOISÉS PALACIOS
Jefe Oficina de Arborización

JUAN MUELAS TRÓCHEZ
Coordinador Programa Agricultura Urbana

PÉREZ ARBELAEZIA

Número 20 - Diciembre de 2011

PÉREZ ARBELAEZIA © 2011 - ISSN 0120-7717

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 Jardín Botánico

La edición de las publicaciones del Jardín Botánico de Bogotá se realiza de manera participativa ascendente a través de Comités Operativos integrados por interlocutores válidos de cada subdirección y dependencia, la coordinación editorial, la firma editora externa y el nivel directivo de la entidad, que conforman el comité editorial.

Comité Editorial Honorario

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

Directora revista Pérez Arbelaezia

Claudia Alexandra Pinzón

Subdirectora Científica

Coordinación general editorial Jardín Botánico

José Celestino Mutis

Dubán Canal Gallego

Editores

Patricia Jaramillo M. - ComunicAcción

Dubán Canal Gallego

Corrección de rigor científico

Martha Yaneth Vallejo

Germán Ignacio Andrade Pérez

Corrección de estilo

Juan Carlos Gómez Amaya

Diseño y diagramación

Bibiana Andrea Alturo M.

Litta Buitrago Sandoval

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.

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

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



Grupo de Árbitros

Ángela Parrado Rosselli	Docente –Investigadora	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Jorge Jácome	Profesor Asistente	Departamento de Biología Pontificia Universidad Javeriana
Antoine M. Cleef	Profesor – Doctor	Universidad de Amsterdam Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics
Zoraida Calle D.	Coordinadora	Área de Restauración Ecológica CIPAV
Luis David Gómez	Profesor	Departamento de Microbiología Pontificia Universidad Javeriana
Eduardo Calderón Sáenz	Docente privado y Asesor ambiental	
Alma Isabel Ariza R.	Candidata Doctorado	Universidad Estadual de Maringá
Dubán Canal Gallego	Máster C. Naturales	Jardín Botánico José Celestino Mutis

CONTENIDO

Presentación.....	11
Estructura y diversidad florística de los bosques y matorrales conformados por la especie endémica <i>Condalia thomasi</i> Fdez-A en el enclave seco del valle del río Checua (Nemocón-Cundinamarca-Colombia)	
Sandra Pilar Cortés Sánchez.....	15
Áreas Protegidas para Bogotá. Una tipología enfocada en la gestión de la conservación.	
Germán I. Andrade, Carolina Barrero, Elizabeth Valenzuela, Juan Manuel Pinzón.....	37
Lista de las orquídeas de la vereda Mesagrande del municipio de Guayabetal, Cundinamarca - Colombia	
Juan Camilo Ordóñez Blanco.....	61
Potencial sociodinámico en procesos de restauración ecológica. Estudio de caso en la microcuenca de quebrada Limas, Bogotá Colombia	
Andrés Ramírez H.	77
Evaluación antimicrobiana in vitro de extractos etanólicos de <i>Rubus megalococcus</i> Focke (morita de páramo) y <i>Fucsbia boliviana</i> Carriere (bananito) frente a microorganismos patógenos	
María Eugenia Torres C.	95
Evaluación de fuentes semilleras de <i>Buddleja bullata</i> (BUDDLEJACEAE) como especie potencial para restauración ecológica	
Olga Adriana León Moya.....	107
Usos potenciales de dos especies de plantas andinas en la cuenca del río Tunjuelo, Bogotá, Colombia.	
Mónica Pineda Forero.....	126

Caracterización del uso de la flora en el área rural de la localidad de Chapinero-Bogotá D.C. Mauricio Gutiérrez.....	142
Regeneración natural bajo el dosel de <i>Aegiphila bogotensis</i> , <i>Persea mutisii</i> y <i>Prunus buxifolia</i> en los bosques Altoandinos de la Sabana de Bogotá, Colombia. Carolina Alcázar caicedo.....	157



PRESENTACIÓN

Apreciado lector:

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis en su calidad de Centro de Investigación Científica del Distrito Capital, continúa avanzando en la producción de conocimiento en torno a la flora de los ecosistemas altoandinos y hacia el fortalecimiento de una “Conciencia ambiental por un cambio cultural profundo, para el buen vivir de todas y todos” dado el enfoque social del quehacer de la institución.

A través del presente número de la revista Pérez Arbelaezia, órgano de divulgación científica de la entidad, me complace presentar los resultados de algunas de las investigaciones realizadas a partir de los diferentes procesos que se adelantan en torno a la conservación de la flora, la sostenibilidad ambiental y al aprovechamiento del patrimonio genético, en el marco del Plan de Desarrollo “Bogotá Positiva”.

En este sentido, en cumplimiento a las políticas institucionales del Jardín Botánico y del Distrito a favor del mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades sociales del sur de la ciudad mediante procesos de restauración ecológica, se realizó un estudio en el año 2006, como respuesta a la situación de emergencia producida por las inundaciones periódicas de la microcuenca de la quebrada Limas, con el fin de prevenir y mitigar los factores que incrementan estos riesgos ambientales.

El artículo: Potencial sociodinámico en procesos de restauración ecológica; estudio de caso en la microcuenca de quebrada Limas, Bogotá Colombia, realizado por el ecólogo Andrés Ramírez H. presenta los resultados de la investigación realizada en este territorio caracterizado por complejas dinámicas ambientales y sociales urbano rurales, por su población de bajos ingresos y múltiples usos productivos del paisaje. El artículo enfatiza el enfoque sociodinámico utilizado a través de una metodología experimental que determina el potencial social del territorio, el cual permitió zonificarlo junto al potencial biofísico.

En cuanto a la investigación en la flora de bosque andino y páramo, orientada a la conservación in situ de ecosistemas, comunidades y especies importantes de la flora del D.C. y la región, se presenta el artículo: Estructura y diversidad florística de los bosques y matorrales conformados por la especie endémica *Condalia thomasi* Fdez-A en el enclave seco del Valle del río Checua (Nemocón-Cundinamarca-Colombia), realizado por la bióloga Sandra Pilar Cortés Sánchez, como parte del proyecto de investigación «Estudio integral para la conservación de la especie endémica *C. thomasi*, enclave seco del valle del río Checua (municipio de Nemocón)».

De acuerdo con el estudio, esta vegetación subxerófila presenta entre tres y cuatro estratos, que pueden variar de acuerdo con la etapa sucesional. Cabe anotar que la flora presente define endemismos regionales y locales. A pesar de encontrarse en zonas atmosférica y edáficamente secas estos matorrales guardan buena humedad interior, especialmente en sus estratos bajos y de epífitas, lo cual es muy importante para la economía hídrica especialmente durante los largos períodos de sequía que se presentan en esta zona durante el año.

El artículo: Lista de las orquídeas de la vereda Mesagrande del municipio de Guayabetal, Cundinamarca – Colombia, del biólogo Juan Camilo Ordóñez Blanco, presenta la lista de las orquídeas de un bosque de la vereda Mesagrande de Guayabetal, Cundinamarca, región caracterizada por presentar clima templado-húmedo, con terreno quebrado, estructura estratificada, amplia cobertura y con predominancia de rubiáceas. Los muestreos se hicieron mediante recorridos aleatorios, teniendo en cuenta datos de georreferenciación, hábito, época de floración y evaluación de la distribución vertical.

En cuanto al aprovechamiento y uso sostenible de especies se presenta el artículo: Evaluación antimicrobiana *in vitro* de extractos etanólicos de *Rubus megalococcus* Focke (morita de páramo) y *Fuchsia boliviana* Carriere (bananito) frente a microorganismos patógenos, elaborado por la microbióloga María Eugenia Torres. Se evaluó la actividad antimicrobiana de 30 µg de extracto etanólico obtenidos a partir de las especies vegetales *Rubus megalococcus* y *Fuchsia boliviana* frente a los microorganismos patógenos *Streptococcus pyogenes*, *Candida albicans* y *Escherichia coli*, utilizando la técnica de susceptibilidad *in vitro* de Kirby & Bauer (1994), con el fin de establecer qué extracto presentaba mayor actividad frente a los microorganismos evaluados.

Sección adicional.

Finalmente, se incluye el reporte técnico elaborado por Germán I. Andrade, Carolina Barrero, Elizabeth Valenzuela, Juan Manuel Pinzón, en el que se presentan las bases de la propuesta de categorías de manejo para las áreas protegidas del orden distrital del Distrito Capital de Bogotá para la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial. Para mejorar la gestión y generar objetivos de conservación en la escala del paisaje se propone una tipología que integra las áreas protegidas en bloques, mosaicos y complejos de conservación, usando además estándares internacionales. La tipología de áreas protegidas propuesta se basa en criterios de atributos de la naturaleza, regímenes de manejo y usos, y actividades permitidas.

Edgar Mauricio Garzón González

Jardín Botánico José Celestino Mutis

Director

Regeneración natural bajo el dosel de *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia* en los bosques Altoandinos de la Sabana de Bogotá, Colombia.

Por

CAROLINA ALCÁZAR CAICEDO¹

Recibido: 23 de noviembre de 2010/Aceptado: 11 de mayo de 2011

Resumen

Se estudió la regeneración natural establecida bajo árboles de *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia*. Fueron registrados todos los individuos y todas las especies de plántulas (<30 cm) y juveniles ($>30\text{cm}<150$ cm) en parcelas de $2\times 2\text{m}$ cada 10 metros en un transecto desde el individuo adulto hasta 30 metros en el sentido de la pendiente. Se realizaron análisis de distribución de las especies en relación a la distancia de establecimiento, capacidad coespecífica de regeneración, de ordenamiento y especies indicadoras. *Aegiphila bogotensis* fue la especie más abundante bajo su propio dosel. *P. mutisii* presentó una regeneración con alto número de plántulas más no de juveniles, y la regeneración de especies diferentes al parental supera el 75% del total. La abundancia y riqueza de plántulas bajo *P. mutisii* fue mayor bajo su copa y decrece con la distancia. Los juveniles se concentran a 10 metros de la copa, y su riqueza es mayor bajo el dosel. *Prunus buxifolia* presentó un alto número de plántulas bajo la copa, y muy pocos juveniles. La mayor abundancia de plántulas ocurre a 10 metros del borde de la copa. La riqueza de plántulas y juveniles es alta bajo la copa y a 10 metros de ella. Los árboles seleccionados presentaron patrones de distribución espacial específicos y fueron centros de reclutamiento de especies arbóreas relevantes para la conservación de asociaciones de bosques altoandinos. Los resultados de esta investigación se vinculan directamente como elementos claves en la restauración, recuperación y mantenimiento de sus poblaciones.

1. Investigadora Distribución Geográfica de especies prioritarias para la conservación. Línea en Ecología del Paisaje, Comunidades, Poblaciones y Especies. Grupo de Conservación in-situ. Sub-dirección científica. Jardín Botánico de Bogotá. alcazarcaicedo@gmail.com

Palabras clave

Regeneración natural, plántulas, juveniles, distribución espacial, bosques altoandinos, *Persea mutisii*, *Prunus buxifolia*, *Aegiphila bogotensis*, conservación.

Natural regeneration under canopy of *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* and *Prunus buxifolia* in The Sabana de Bogotá Hihgland forests, Colombia.

Abstract

Aegiphila bogotensis, *Persea mutisii* and *Prunus buxifolia* natural regeneration were studied under their canopies. All seedlings (<30 cm) and sapling (>30 cm and < 150cm) were recorded under their canopy in plots of 2x2 m every 10 m in a transept from the base of the tree up to 30 m following the direction of slope. Analysis were carried out on species-distance establishment, cospecific regeneration capacity, NMS and indicator species. *Aegiphila bogotensis* was the most abundant specie under its own canopy. *P. mutisii* presented high seedling regeneration but not saplings, natural regeneration of other plant species was over 75%. Seedling abundance and richness of *P. mutisii* was higher under canopy and decreased with distance from it. Saplings abundance were concentrated 10 m from the canopy, but richness is higher under the canopy. *Prunus buxifolia* presented a high number of seedlings under the canopy related to the few saplings plants. The greater seedling abundance occurred 10 m from the canopy edge. Seedling and saplings richness was high under the canopy and 10 m away from it. Tree species presented specific spatial distribution patterns under and outside the canopy of parental plants, and became relevant recruitment tree species center for the conservation of highland Andean forests. Research results are directed associated to key elements in restoration, recovery and maintenance of tree populations.

Keywords

Natural regeneration, seedlings, saplings, spatial distribution, highland forest, *Persea mutisii*, *Prunus buxifolia*, *Aegiphila bogotensis*, conservation.

INTRODUCCIÓN

La degradación y la pérdida total del hábitat provocadas por las actividades humanas son las principales causas de la disminución de la diversidad biológica. Primark et al. (2001), afirman que la degradación del hábitat conlleva a la pérdida de especies, estructuras y funciones de los ecosistemas, hasta llegar a la transformación total, como es el caso del crecimiento urbano en ecosistemas naturales.

En este sentido, la supervivencia de poblaciones florísticas ante la fragmentación del hábitat tiende a ser mínima, especialmente por las barreras en procesos de dispersión y colonización, afectándose la densidad poblacional, que depende principalmente de la calidad del hábitat y de la capacidad de movilidad de la semilla y/o de sus dispersores (Laurance y Bierregaard, 1997).

Lo anterior, está directamente relacionado con la exogamia de la mayoría de árboles del Neotrópico (Aldrich y Hamrick, 1998; Nason, 2002), en hábitats no perturbados la dispersión exitosa del polen y semillas aumenta el flujo genético y disminuye los procesos endogámicos. Sin embargo, en las condiciones actuales de fragmentación, las poblaciones arbóreas se reducen y se subdividen al punto de desaparecer, en particular por limitaciones de dispersión y entrecruzamiento que se reflejan en altas tasas de endogamia, que originan baja producción de frutos, baja germinabilidad y progenies poco vigorosas. En esta medida, poblaciones pequeñas, aisladas y de área de distribución limitada terminan en amenaza de extinción.

Esta realidad enmarca uno de los principales retos de la conservación in-situ en paisajes fragmentados: la viabilidad en el tiempo de poblaciones de especies en áreas de distribución restringida. Por tal razón es prioritaria la investigación de las especies y su actual dinámica en el paisaje, sabiendo que la dispersión de semillas y posterior regeneración, establecimiento y persistencia de nuevos individuos son los procesos más importantes que afectan la dinámica de una población, tanto a nivel genético como espacial (Clark et al., 1998, Caswell, 2001).

Esta investigación se enfocó en el estudio de los patrones de distribución espacial de la regeneración natural (plántulas y juveniles) bajo tres poblaciones de especies arbóreas en estado de rareza o escasez en el bosque altoandino de

Bogotá D.C y la región de la sabana de Bogotá (Cortés, 2006; Cortés et al., 2007; DAMA, 2006); teniendo en cuenta que esta fase del crecimiento de la planta es clave en la recuperación y conservación de paisajes fragmentados y está ligada al mantenimiento de las poblaciones florísticas en el tiempo; además de tener un contexto espacial y una aproximación del estado actual de las poblaciones, como medida inicial para obtener herramientas de conservación in-situ (Munzbergová y Revén, 2005; Diez, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se extiende en la Sabana de Bogotá y el Distrito Capital. La sabana de Bogotá es una formación geomorfológica parte del gran altiplano cundiboyacense, localizada en la sección central de la cordillera Oriental de Colombia. Fisiográficamente, la sabana comprende la cuenca hidrográfica alta del río Bogotá y se puede dividir en zona de altiplano y zona montañosa (Montoya y Reyes, 2005).

La zona de altiplano, corresponde a una paleo-topografía de sedimentos lacustres y fluviales del plio-pleistoceno (Van der Hammen, 1966; Helmens, 1990), con una elevación promedio de 2.600 m. La zona montañosa, con aspectos de origen de la cordillera Oriental, incluye el Distrito Capital, los cerros orientales y una pequeña porción sur-occidental del páramo de Sumapaz (Ospina-Rodríguez, 2003), con alturas que ascienden a los 3.600 m. La Sabana de Bogotá, presenta precipitaciones que van desde 600 a 1.200 mm, con régimen bimodal (IGAC, 1992).

Los límites considerados en esta investigación corresponden al mapa Sabana de Bogotá, contorno geográfico brindado por la cartografía IGAC (Montoya y Reyes, 2005; CAR, 2001) y al Distrito Capital, tanto zona urbana como rural (Secretaría Distrital del Ambiente, Contrato de Consultoría No. 1-02-24100-605-2003. Empresa de Acueducto de Bogotá-ISAGO LTDA) (Figura 1).

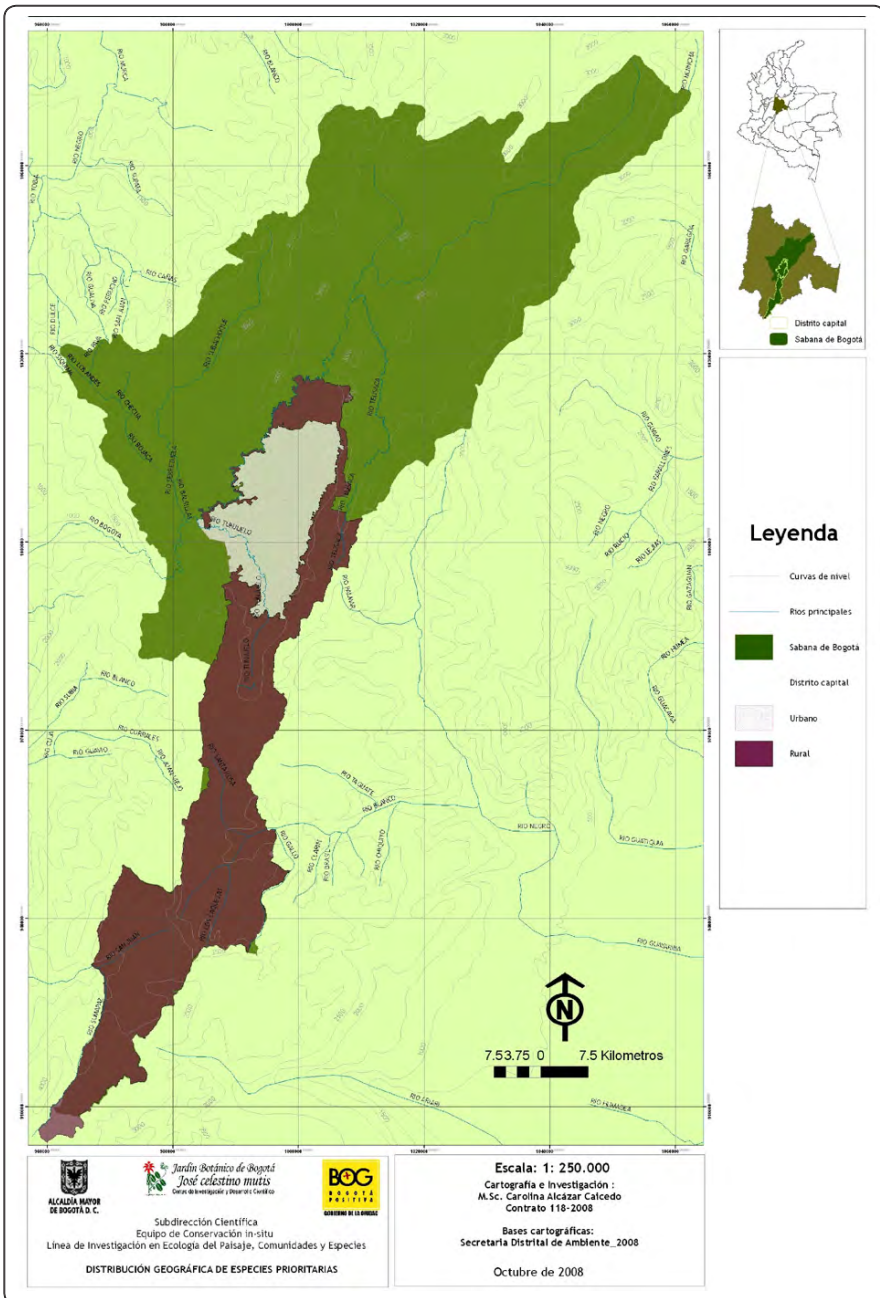


Figura 1. Área de estudio: La sabana de Bogotá y Bogotá Distrito Capital, Cundinamarca.

Especies seleccionadas

Aegiphila bogotensis (Spreng.) Moldenke

Aegiphila es uno de los géneros más complejos de la familia Verbenaceae (Woodson *et al.*, 1973). Con cerca de 175 especies, éste taxón es de origen tropical y subtropical, con un rango de distribución que se extiende desde Cuba y México, hasta el norte de Argentina, siendo el norte de los Andes de sur América el sitio de mayor diversidad.

Son plantas leñosas, arbustos o árboles, con ramificación tetragonal o subterete, muchas veces pubescente. Hojas simples, opuestas, pecioladas, enteras, rara vez dentadas. La inflorescencia en panícula, umbela, reducida a pocas o flores únicas, axilares generalmente. Flores actinomorfas, cáliz gamopétalo, campanulado o tubular, corola generalmente blanca o amarilla, en tubo cilíndrico, lóbulos imbricados. Estambres entre 4 o 5, generalmente exherptos, filiformes. Pistilo único, estigma bifido, ovario súpero. Frutos en drupa, la mayoría carnosos, globosos o subglobosos, semillas sin endospermo (Moldenke, 1934; Woodson *et al.*, 1973; Figura 2).



Figura 2. Detalles morfológicos de flor, fruto y hoja de *Aegiphila bogotensis*.

Fotografía: Alcázar-Caicedo C, Julio de 2008.
Municipio de Choachí; x 1013318 y 996506

Aegiphila bogotensis se distribuye entre los 2400 y 3400 metros de altitud en Colombia y Ecuador (Missouri Botanical Garden, 2008). Actualmente en Colombia existe muy poca información sobre la especie, Moldenke (1934) reporta que el tipo de la especie fue colectado por José Celestino Mutis en áreas cercanas de Bogotá a 2700 metros. Registros del Herbario Nacional Colombiano (2008) demuestran su presencia en Cundinamarca, como eje núcleo de su distribución con registros en el sector de la Hacienda La Laja (San Francisco) y en la vía Mosquera-La Mesa. Morales (*com. pers.* 2008) afirma que esta especie hace parte aún de asociaciones importantes en las zonas altoandinas de los Cerros Orientales (Cerro El Cable).

Persea mutisii Kunth

Lauraceae, familia a la que pertenece la especie, es el componente florístico más característico de los bosques andinos, aún en áreas fragmentadas (Gentry, 1990; 1995; Valencia, 1995). Las especies de esta familia se presentan en comunidades de bosques clímax y su éxito, dominio y/o acompañamiento de otras dominantes en bosques andinos se debe a su dispersión por aves frugívoras (Gentry, 1990).

Persea uno de los géneros más variables de Lauraceae, con cerca de 80 especies neotropicales, constituye especies leñosas, árboles y arbustos de hojas alternas, eventualmente agrupadas, venación pinada, inflorescencias en panícula-cimosa, ubicadas en las axilas de las hojas. Flores bisexuales, 6 tépalos, iguales o desiguales. Frutos en baya, globosos-elípticos, carnosos, con o sin tépalos persistentes en la base, sin cúpula (Van der Werff, 2002; figura 3).



Figura 3. Detalles morfológicos de flor, fruto y hoja de *Persea mutisii*.

Fotografía: Alcázar-Caicedo C, Agosto de 2008.

Bogotá D.C _El Delirio-La Upata-San Cristobal; x 1002085 y 995160

Persea mutisii se distribuye de Venezuela a Perú en la cordillera de los Andes, en alturas superiores a los 2300 metros (Missouri Botanical Garden, 2008). En Colombia se encuentra en la región andina, y en las zonas del departamento de Cundinamarca ha sido reportada su presencia en asociaciones claves para el mantenimiento de los ecosistemas altoandinos y de páramo.

En los Cerros Orientales, especies de los géneros de *Ocotea*, *Nectandra* y *Persea*, aún conforman bosques entre los 2600 y 3100 m de altitud, con individuos con alturas superiores a los 9 metros (Cortés y Rangel, 1999).

Prunus buxifolia Koehne

El género *Prunus* L. es considerado uno de los principales géneros tanto de la familia Rosaceae como de las Angiospermas, por sus más de 200 especies y por la gran importancia económica de varias de ellas como recursos ornamentales y fuente de frutos comestibles de alto valor comercial (Pérez-Zabala, 2007). *Prunus buxifolia*, no es la excepción, y ha sido considerada como una especie clímax en los ecosistemas altoandinos, potencial en eventos de regeneración por su dispersión ornitócora y la madera ha sido muy apreciada en ebanistería por su color y gran grado de pulimiento (Secretaría Distrital del Ambiente, 2007).

Prunus buxifolia se caracteriza por hojas coriáceas, rígidas, cortamente pecioladas, de tamaño pequeño (hasta $7 \times 3,8$ cm), base de obtusa a truncada o emarginada a nivel de las glándulas, haz levemente lustrosa, nervadura secundaria y terciaria poco visible y 2 glándulas basales marginales o submarginales. Las inflorescencias son medianas en longitud (4-7 cm), densifloras y las flores presentan pedicelos cortos menores de 2,5 mm (Pérez-Zabala 2007). Frutos en drupa (McVaugh, 1951; figura 4).



Figura 4. Detalles morfológicos de hoja y fruto de *Prunus buxifolia*.

Fotografía: Alcázar-Caicedo C, Agosto de 2008.

Bogotá D.C_ Cerro El cable; Herbario Nacional Colombiano x 1003247 y 1004048

Prunus buxifolia es comúnmente denominada cerezo silvestre y está restringida a la Cordillera Oriental, desde la Sabana de Bogotá hasta la Sierra Nevada del Cocuy, abarcando la mayor parte del altiplano cundiboyacense. El rango geográfico ahora conocido ubica como más probable sitio de colección los alrededores de Bogotá, principalmente bosques secundarios y en zonas abiertas como individuo solitario entre los 2500 y 3500 m (Pérez-Zabala, 2007).

Diseño de campo

Fueron ubicados en campo individuos arbóreos de las especies *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia*, con un DAP >10 cm. Bajo el dosel de los individuos de estas especies fueron registrados todos los individuos plántulas (<30 cm) y juveniles (>30cm<150 cm) en parcelas de 2x2m, ubicadas a lo largo de un transecto en el sentido de la pendiente y bajo diferentes distancias: bajo el dosel, 10m, 20m, 30m (distancia eficiente de evaluación en especies dispersadas por aves), principalmente en paisajes altoandinos, ya que en paisajes de zonas bajas las distancias pueden ser mayores (Otero-Arnaíz, 1999).

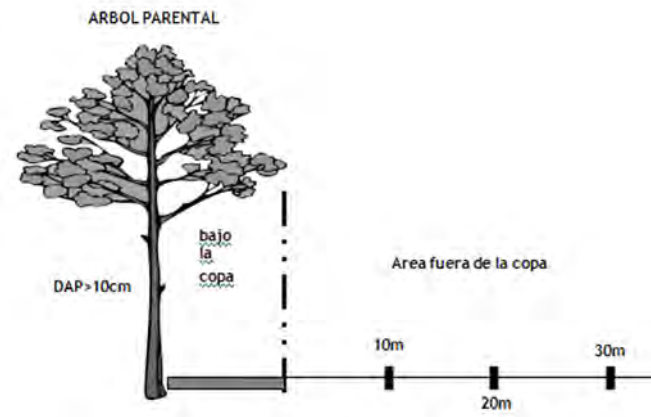


Figura 5. Diseño de muestreo en campo para plántulas y juveniles

Análisis de datos

La unidad de muestreo es el individuo arbóreo adulto y las variables respuestas corresponden a la abundancia y riqueza de plántulas y juveniles de todas las especies regeneradas bajo la unidad de muestreo. Los análisis realizados están basados en la unificación de información de todas las parcelas de 2x2 para cada especie de árbol adulto.

Se realizaron análisis de la estructura y composición de la comunidad de especies regeneradas, teniendo en cuenta la altura total, riqueza y abundancia.

Para reconocer diferencias significativas entre especies de árboles y distancias de establecimiento con respecto a las variables respuesta, se realizaron Análisis de Varianza con la prueba de LSD fisher y un valor de $\alpha \leq 0.05$ para la comparación de medias, todo bajo el programa Infostat (Di Renzo, 2010). La diversidad de especies se evaluó mediante los índices de diversidad de Shannon y Simpson (Infostat, 2010). Se realizaron gráficos para evidenciar la distribución actual de la regeneración de las especies en relación al individuo parental (abundancia/distancias), bajo los programas Excel y Sigmaplot (2007).

La presencia de plántulas y juveniles co-específicas bajo o a corta distancia del dosel (< 10m de la copa) de una especie de árbol adulto (árbol parental) se determina como la capacidad de regeneración coespecífica (CRC) (Guevara y Laborde, 1993; Chapman y Chapman, 1995), un cálculo que permite conocer la capacidad de la especie de árbol en regenerar y establecer plántulas y juveniles de su misma especie bajo su propio dosel, con el fin de tener un punto comparativo entre especies y también sobre la abundancia de plántulas y juveniles capaces de establecerse bajo el dosel de su propio parental. La capacidad de regeneración permite conocer el comportamiento de la población de la especie, el papel de los árboles parentales en la dispersión de semillas propias o bien su utilidad en el paisaje para la dispersión de otros (Alcázar-Caicedo, 2007).

La capacidad de regeneración coespecífica fue obtenida mediante la siguiente formula (Chapman y Chapman, 1995):

$$CRS = \frac{N_{plántulas} + N_{juveniles}}{N_{total\ regenerado}} \times 100$$

$$CRS=100 - CRC$$

Donde:

CRC: Capacidad de regeneración coespecífica

CRs: Capacidad de regeneración de otras especies

N *plántulas*: abundancia de plántulas de la especie

N *juveniles*: abundancia de juveniles de la especie

N *total*: abundancia total de las especies regeneradas bajo dosel

Mediante el programa PC-Ord versión 4.5 (McCune y Grace, 2002) se realizó un Análisis de conglomerados (Método de Ward y Distancia de Bray-curtis) entre las especies-árboles adultos y las especies plántulas y juveniles bajo el dosel. El agrupamiento determinado fue respaldado mediante una prueba de ordenamiento indirecta con el método NMS -Nonmetric Multidimensional Scaling- para observar la distribución de las especies en el paisaje y la relación de las especies regeneradas bajo su respectivo dosel. Con el mismo programa se realizó el análisis de especies indicadoras, el cual afirma la tendencia de las agrupaciones mediante la caracterización específica de los grupos generados.

RESULTADOS

Se muestrearon 34 árboles de *A. bogotensis*. Las poblaciones encontradas en campo estuvieron en zonas de la sabana en los municipios de Bojacá, Mosquera, Tena y Choachí; son poblaciones pequeñas, entre 10 y 20 individuos, todos en un perímetro no superior a 1 Kilómetro, en zonas rurales privadas, con bosques naturales poco conservados, bordes de carretera la mayoría de las veces, cultivos y casas adjuntas. Al parecer la especie ha logrado adaptarse y mantenerse en este ambiente, con un micro hábitat húmedo, pendientes superiores al 50% y altos grados de perturbación.

Para *P. mutisii* se registraron un total de 36 individuos arbóreos adultos. La especie presenta una distribución amplia, dispersa y robusta concentrada en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., se entremezcla fuertemente con otras especies de relevancia en la conformación clímax de los bosques altoandinos que aún se conservan, en particular *Drymis granatensis*, *Weinmannia tomentosa*, *Myrsine guianensis*, *Clethra fagifolia* y *Prunus buxifolia*.

Para *Prunus buxifolia* solo se registraron 10 individuos arbóreos. La especie es escasa y su localización se restringe a los Cerros Orientales en la zona que circunda la quebrada Bolonia y en el sector Cerro El Cable-Quebrada La Vieja. Y aunque ninguno de los sitios corresponde a poblaciones, son las áreas actuales de mayor representatividad de individuos vivos con un DAP superior a 10 cm.

En la evaluación de la regeneración natural, fueron registrados un total de 45 especies de plantas leñosas distribuidas en un total de 717 individuos en regeneración, de los cuales el 63.73% fueron plántulas y el 36.26% juveniles.

Regeneración natural bajo el dosel de *Aegiphila bogotensis*

Para *A. bogotensis* no fueron registrados individuos plántulas, sólo individuos juveniles, correspondientes a 35 individuos y 3 especies. *Aegiphila bogotensis* fue la especie más abundante en los registros de regeneración natural bajo el dosel de los parentales de su misma especie (Figura 6).

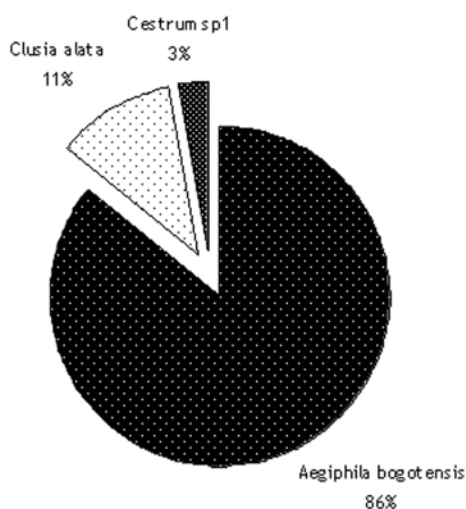


Figura 6. Composición florística de juveniles bajo el dosel de *Aegiphila bogotensis*.

La CRC para *Aegiphila bogotensis* estuvo dada por el valor de regeneración de juveniles. *A. bogotensis* parece ser totalmente dominante al respecto de otras especies que pretendan establecerse, ya que CRs (Capacidad de regeneración de otras especies) presenta un porcentaje realmente bajo con relación a la capacidad coespecífica de regeneración (Figura 7).

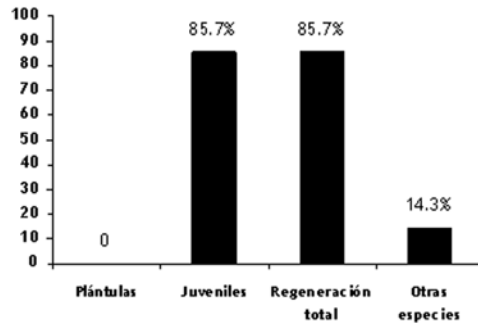


Figura 7. Regeneración natural coespecífica para *Aegiphila bogotensis*.

Bajo *A. bogotensis*, todos los juveniles establecidos se concentran muy cerca al parental, con el mayor número de individuos bajo la copa en relación a las otras distancias ($p \leq 0.05$) (Figura 8).

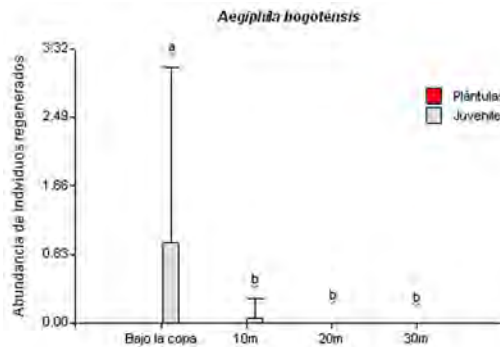


Figura 8. Distribución de la abundancia de individuos plántulas y juveniles bajo el dosel de *Aegiphila bogotensis*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de ($p \leq 0.05$).

La mayor riqueza de especies bajo *A. bogotensis* ocurre bajo su copa, y esta disminuye a medida que la distancia aumenta hacia fuera de ella ($p \leq 0.05$). No se presentaron diferencias significativas entre las distancias 10, 20 y 30 metros, individuos (Figura 9).

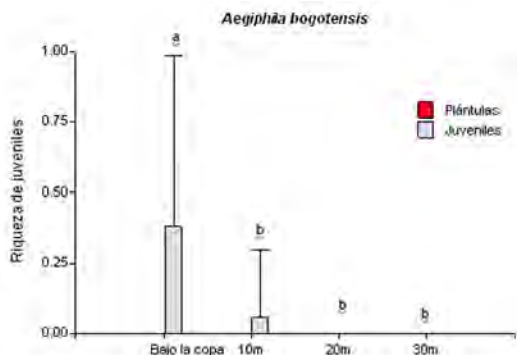


Figura 9. Riqueza de especies plántulas y juveniles bajo el dosel de *Aegiphila bogotensis*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de ($p < 0.05$).

Regeneración natural bajo el dosel de *Persea mutisii*

Bajo el dosel de *P. mutisii* se registraron 294 individuos regenerados, 50.34% fueron plántulas y el 49.65% juveniles. La composición florística de plántulas estuvo conformada por la especie del árbol parental (*P. mutisii*) y especies cuyos individuos adultos estaban cercanos a éste, en una circunferencia de aproximadamente 30 metros, de tal forma que la flora bajo el dosel tiene una gran influencia sobre la composición florística del sotobosque.

Persea mutisii, *Elaphoglossum* sp. 1, *Drymis granadensis* y *Macleania ruprestris* fueron las especies con mayor abundancia bajo el dosel de *P. mutisii* (Figura 10). Especies con menos de 4 individuos representan el 16% del total de los individuos y corresponden a especies arbóreas de importancia en asociaciones del bosque altoandino como *Prunus buxifolia* (3 individuos), *Vallea stipularis* (3 individuos), y *Clusia* cf. *multiflora* (2 individuos).

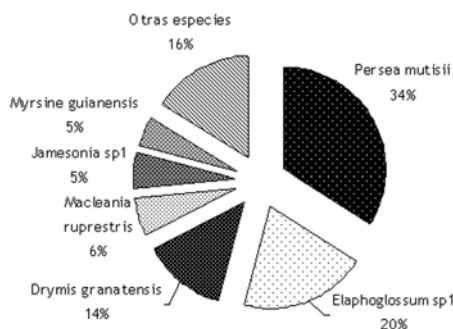


Figura 10. Composición florística de plántulas bajo el dosel de *Persea mutisii*.

La presencia de epífitas, entre especies de orquídeas, helechos (*Restrepia* sp. 1, *Elaphoglossum* sp. 1) y especies con hábito escandente como *Macleania rupestris*, conforman, de acuerdo a las observaciones de campo, una base del hábitat para la regeneración natural, en particular por su contribución a la formación de suelo y sombra para los individuos plántulas.

Persea mutisii, *Elleanthus aurantiacus*, *Weinmannia tomentosa*, *Chusquea* sp1 y *Miconia squamulosa*, fueron las especies con el mayor número de individuos juveniles bajo *P. mutisii*. Con un mismo porcentaje de representación (5%), se presentaron las especies *Clethra fagifolia*, *Elaphoglossum* sp. 1, *Macleania rupestris*, *Myrsine guianensis* y *Prunus buxifolia*. Otras especies con menos de 5 individuos, principalmente de las familias Melastomataceae, Clusiaceae y Bromeliaceae, representaron el 26% del total de individuos registrados (Figura 11).

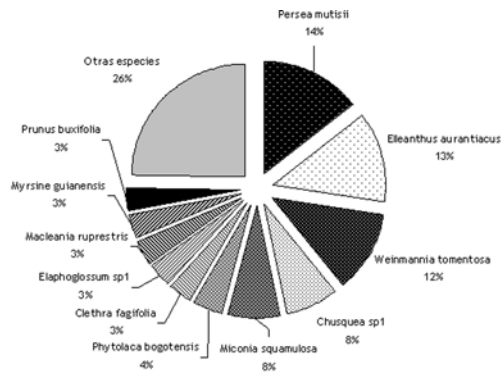


Figura 11. Composición florística de juveniles bajo el dosel de *Persea mutisii*.

Un número de doce de las 15 especies en el estado de plántula estuvieron también en el estrato juvenil (66.66% de similitud). *Vallea stipularis*, *Jamesonia* sp. 1 y *Restrepia* sp. 1, sólo estuvieron presentes como plántulas. *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia*, fueron especies que se presentaron en los dos estratos, aunque esta última con muy pocos individuos.

Para el caso de Juveniles, donde fueron registradas un total de 25 especies, 13 de ellas fueron exclusivas del estrato y no se presentaron como plántulas. *Elleanthus aurantiacus* (19 individuos), *Weinmannia tomentosa* (17) y *Chusquea* sp. 1 (11), fueron las más abundantes de las especies no compartidas con el estrato plántula.

La CRC de *Persea mutisii* corresponde a 24.15%, porcentaje dado en particular por el alto número de plántulas, mas no de juveniles. La CRs está representada por un porcentaje superior al 75%, de tal manera que el sotobosque bajo el dosel de *P. mutisii* esta grandemente influenciado por la presencia de otras especies, que pueden estar vinculadas en procesos de competencia, ya que la transición de estado plantular a juvenil, permite observar una conspicua disminución en número de individuos (Figura 12).

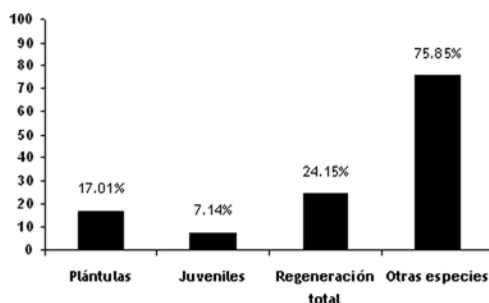


Figura 12. Regeneración natural coespecífica para *Persea mutisii*.

Para la distribución de plántulas bajo *Persea mutisii*, la abundancia decrece a medida que se incrementa la distancia de muestreo bajo la copa. La distancia bajo la copa y 10m presentaron diferencias significativas con respecto de 20 y 30 metros, distancias en la cuales la abundancia de individuos es muy baja o nula ($p \leq 0.05$) (Figura 13).

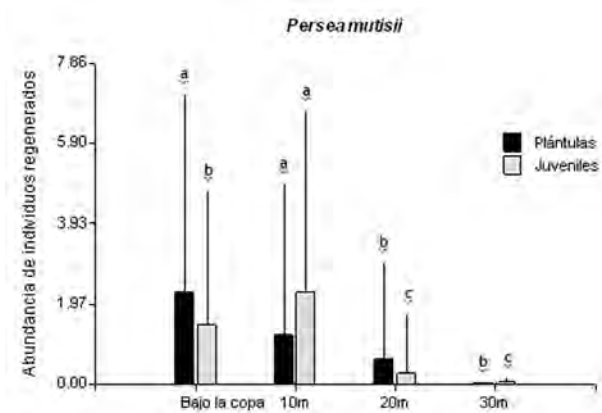


Figura 13. Distribución de la abundancia de individuos plántulas y juveniles bajo el dosel de *Persea mutisii*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de ($p \leq 0.05$).

En juveniles, la mayor concentración de individuos se da a 10 metros de la copa del árbol parental, seguida por los individuos bajo la copa. Las distancias 20 y 30 metros no presentan diferencias entre ellas, más si con las demás. Estos resultados permiten señalar que la abundancia de individuos disminuye a medida que se aleja de la copa del parental, y en el caso de juveniles, la mayor concentración de individuos a 10 metros del árbol podría vincularse a aspectos como herbivoría y luminosidad. (Figura 13).

La riqueza de especies de plántulas disminuye con la distancia, presentándose la mayor diversidad de especies bajo la copa ($p \leq 0.05$). En el caso de juveniles, la concentración de especies está dada de igual manera bajo la copa como a 10 metros de ella, mientras que estas si presentan diferencias significativas con relación a las distancias 20 y 30 metros, las cuales presentan una diversidad inferior a 3 especies ($p \leq 0.05$) (Figura 14).

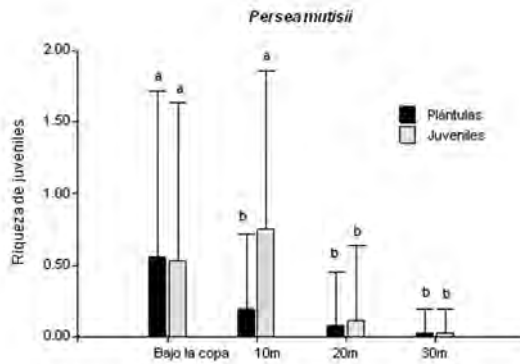


Figura 14. Distribución de la riqueza de especies de plántulas y juveniles bajo el dosel de *Persea mutisii*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de $p \leq 0.05$.

Regeneración natural bajo el dosel de *Prunus buxifolia*

Bajo el dosel de *Prunus buxifolia* se registraron un total de 388 individuos entre plántulas y juveniles, siendo las plántulas las que acumularon el mayor número de individuos (79.6%).

Prunus buxifolia (121 individuos), *Oreopanax bogotensis* (119) y *Elaphoglossum* sp. 1 (20) fueron las especies más abundantes en el estrato plántula bajo el dosel de *P. buxifolia*. A estas las siguen en importancia *P. mutisii*, *Drymis granatensis*

y *Geissanthus* cf. *andinus* (Figura 15). El conjunto de especies con menos de 5 individuos (otras especies) estuvo representado por un 3% del total de individuos, estas especies fueron en orden de abundancia: *Clusia* cf. *multiflora*, *Miconia* sp. 1, *Ageratina* sp. 1, *Eucalyptus* sp. 1, *Muehlenbeckia* sp. 1 y *Pasiflora mixta*. Al Igual que como ocurre en parentales de *Persea mutisii*, bajo el dosel de *Prunus buxifolia* se presentan plántulas de especies con individuos adultos cercanos, en este caso, *Prunus buxifolia*, estuvo muy asociado a *Oreopanax bogotensis* y de manera frecuente a *Persea mutisii*, según observaciones de campo, de tal manera que éstos constituyen un alto porcentaje de los individuos presentes.

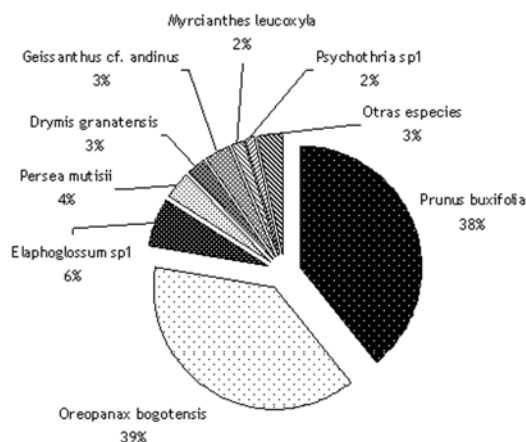


Figura 15. Composición florística de plántulas bajo el dosel de *Prunus buxifolia*.

En la fase de juveniles, al contrario de plántulas, existe un alto porcentaje de especies con una abundancia baja, inferior a 5 individuos (44% del total de individuos). *Prunus buxifolia*, *Myrcianthes leucoxyla*, *Vallea stipularis*, *Drymis granatensis* y *Persea mutisii* fueron en orden de importancia, las especies más abundantes (Figura 16).

En cuanto a similitud de especies entre los dos estratos (plántula-Juvenil), fueron registradas para plántulas un total de 14 especies, de las cuales 10 se comparten con el estrato juvenil (71% de similitud). Estas especies fueron: *Prunus buxifolia*, *Persea mutisii*, *Drymis granatensis*, *Geissanthus andinus*, *Myrcianthes leucoxyla*, *Clusia* cf. *multiflora*, *Miconia* sp. 1, *Ageratina* sp. 1, *Eucalyptus* sp. 1, *Muehlenbeckia* sp. 1 y *Pasiflora mixta*.

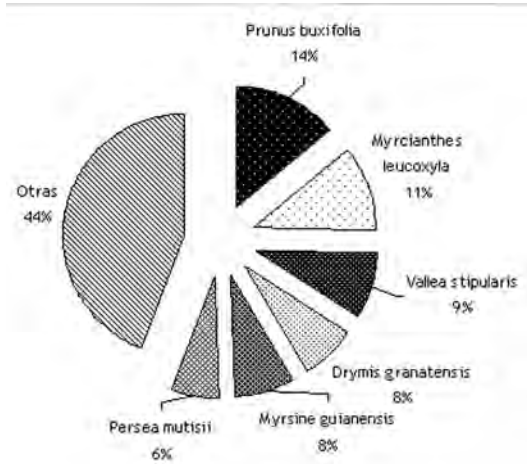


Figura 16. Composición florística de juveniles bajo el dosel de *Prunus buxifolia*.

Oreopanax bogotensis fue una especie destacada en el estrato plántula, mas no en el juvenil, de tal forma que esta especie arbórea presenta una alta densidad de regeneración que no consigue el establecimiento en etapas con alturas superiores a 30 cm.

Para juveniles fueron registradas un total de 23 especies, de las cuales 12 fueron exclusivas del estrato, mostrando así tan solo un 43.5% de similitud con el estrato plántulas.

Prunus buxifolia presenta un CRC superior al 30%, valor otorgado principalmente por el alto número de individuos plántulas de *P. buxifolia* regeneradas. Otras especies establecidas como plántulas y juveniles representan un CRs dos veces el valor del CRC, evento que puede vincularse con el bajo porcentaje de juveniles que alcanzan a progresar bajo el dosel, pero que al mismo tiempo, en el momento inicial de la germinación pueden otorgar un hábitat propicio, especialmente en cuanto a suelo y microclima (Figura 17).

La mayor abundancia de plántulas en *Prunus buxifolia* ocurre a 10 metros del borde de su copa ($p \leq 0.05$), con un promedio de 22.1 individuos, y a diferencia de las otras especies evaluadas en este estudio, bajo la copa se presenta un número bajo de individuos (7.6 en promedio) que no alcanza diferencias con relación a las distancias 20 y 30 metros. De esta forma, a partir de los 10 metros ocurre

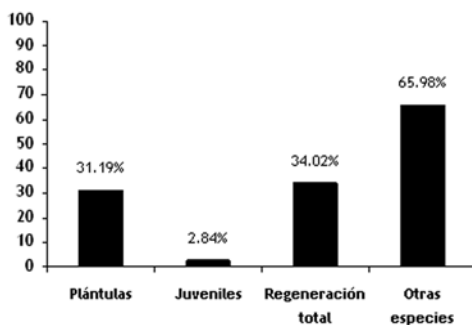


Figura 17. Regeneración natural coespecífica para *Prunus buxifolia*.

una disminución conspicua de individuos plántulas (Figura 18). Para juveniles bajo esta especie, no existieron diferencias significativas entre distancias ($p \leq 0.05$), siendo muy bajo el número de juveniles (< 4.4 individuos en promedio).

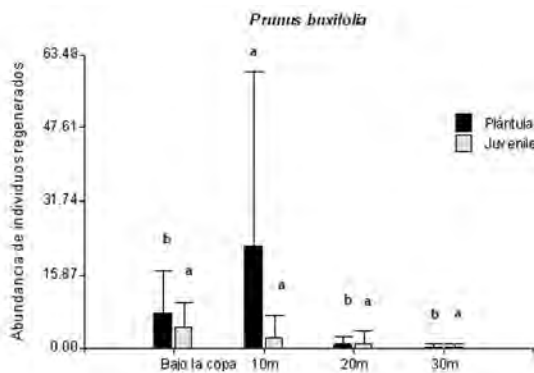


Figura 18. Distribución de la abundancia de individuos plántulas y juveniles bajo el dosel de *Prunus buxifolia*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de ($p \leq 0.05$).

La riqueza de especies de plántulas no varía entre las distancias bajo la copa, 10 metros y 20 metros, mientras que la distancia 30 metros conserva el menor número de especies ($p \leq 0.05$). Y para juveniles el mismo patrón de distribución (Figura 19).

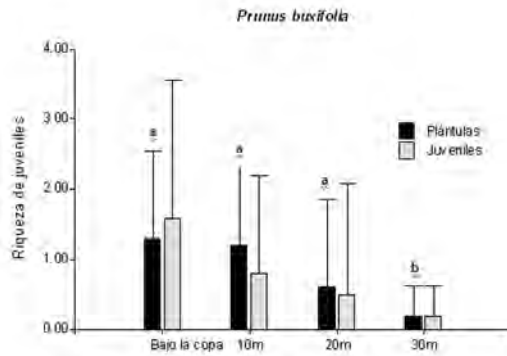


Figura 19. Distribución de la riqueza de especies de plántulas y juveniles bajo el dosel de *Prunus buxifolia*.

* las letras representan la igualdad de medias, significancia de ($p < 0.05$).

Distribución Parental-Regeneración: agrupamiento poblacional

De acuerdo con el análisis de conglomerados, se determinaron 3 grupos florísticos según la composición de la regeneración natural bajo el dosel de las especies de árboles parentales evaluadas (Figura 20). Este agrupamiento estuvo respaldado por el análisis NMS y el análisis de especies indicadoras (Figura 21, Tabla 1).

El grupo 1 estuvo constituido por todos los individuos parentales de *Aegiphila bogotensis*, y la especie regenerada indicadora de este grupo es la misma *A. bogotensis*, respaldando los análisis de capacidad de regeneración coespecífica.

Las especies de árboles parentales *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia* conformaron el grupo 2, cuya composición de especies bajo el dosel estuvo caracterizada por ellas mismas de acuerdo al análisis de especies indicadoras, y permite también sustentar que estas dos especies de árboles aun comparten su espacio como asociación, la cual inicia desde su etapa de plántulas y juveniles (Tabla 1). El grupo 3, estuvo constituido solamente por individuos de *Persea mutisii* y una composición específica de especies, para la cual la especie indicadora del grupo es *Ageratina* sp. 1. Este grupo de *P. mutisii* pertenece a un grupo de individuos ubicados en el sector el Delirio, que sin duda en el paisaje regional está aislado por la cuenca del río San Cristóbal, y por las altas pendientes y abismos del sitio. Además, sus especies bajo el dosel corresponden a especies de sucesiones secundarias tempranas, por su ubicación a borde de carreteras y claros.

El análisis de ordenación NMS reportó un estrés final de 13.55625 para una solución de 3 dimensiones, una inestabilidad final de 0.00001 y un número de iteraciones igual a 135, a partir de las cuales el estrés se estabilizó, indicando una solución óptima debido a que la inestabilidad de 10^{-4} es la recomendada por McCune y Grace (2002). De acuerdo al coeficiente de determinación r^2 para las correlaciones entre las distancias de ordenación y las distancias en el espacio original n-dimensional, realizado bajo la distancia de Sorensen (Bray-Curtis), se explica la variabilidad de los datos en los dos de los tres ejes determinados con un 68.2% de la varianza, considerándose satisfactorio el análisis por ser un valor de varianza mayor al 50% en estos ejes (McCune y Grace 2002).

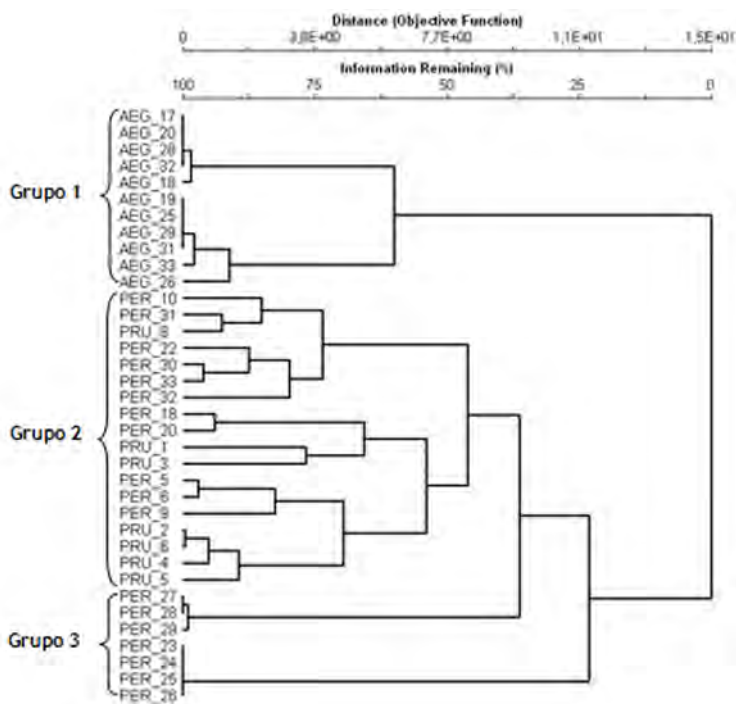


Figura 20. Dendrograma (Análisis de conglomerados) obtenido mediante el Método de Ward y Distancia de Bray-curtis para las especies de parentales y especies regeneradas bajo su dosel.

*AEG: *Aegiphila bogotensis*, PER: *Persea mutisii*, PRU: *Prunus buxifolia*, los números corresponden a el número del individuo

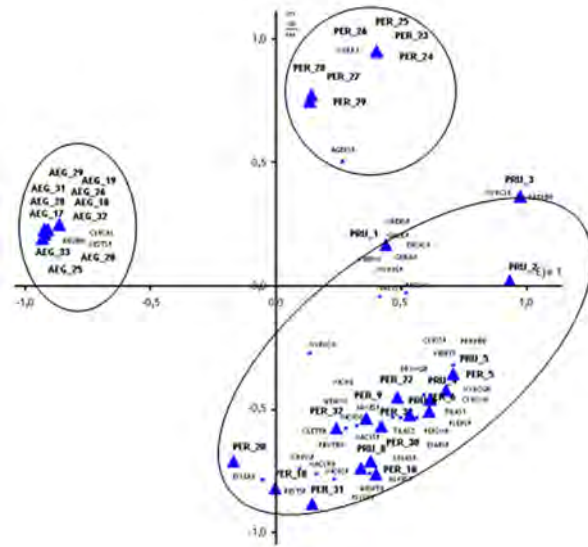


Figura 21. Diagrama de ordenación simple mediante el método NMS para la relación de Árboles parentales de las especies *Aegiphila bogotensis*, *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia* con las especies indicadoras más importantes las comunidades de especies regeneradas bajo su dosel. Los árboles parentales están representados por los triángulos con el código del individuo, las especies en el sotobosque son los asteriscos. Códigos para las especies: *Aegiphila bogotensis* (AEGIBO), *Ageratina sp1* (AGERSP), *Alnus sp1* (ALNUSP), *Cestrum sp1* (CESTSP), *Chusquea sp1* (CHUSSP), *Clethra fagifolia* (CLETFA), *Clusia alata* (CLUSAL), *Clusia cf. multiflora* (CLUSMU), *Clusia sp1* (CLUSSP), *Drymis granatensis* (DRYMGR), *Elaphoglossum sp1* (ELAPSP), *Elleanthus aurantiacus* (ELLEAU), *Eucalyptus sp1* (EUCASP), *Galium sp1* (GALISP), *Geissanthus cf. andinus* (GEISAN), *Jamesonia sp1* (JAMESP), *Macleania rupestris* (MACLRU), *Macleania sp1* (MACLSP), *Meriania sp1* (MERISP), *Miconia illustrata* (MICOIL), *Miconia sp1* (MICOSP), *Miconia squamulosa* (MICOSQ), *Monochaetum sp1* (MONOSP), *Muehlenbeckia sp1* (MUEHSP), *Myrcianthes leucoxyla* (MYRCLE), *Myrsine coriacea* (MYRCCO), *Myrsine guianensis* (MYRCGU), *Oreopanax bogotensis* (OREOBO), *Passiflora mixta* (PASSMI), *Persea mutisii* (PERSMU), *Phytolaca bogotensis* (PHYTBO), *Pleurothallis sp1* (PLEUSP), *Prunus buxifolia* (PRUNBU), *Psychotria sp1* (PSYCS), *Restrepia sp1* (RESTSP), *Solanum sp1* (SOLASP), *Tillandsia sp1* (TILAS1), *Tillandsia sp2* (TILAS2), *Vallea stipularis* (VALLST), *Viburnum tiroides* (VIBUTI), *Viburnum triphyllum* (VIBUMI), *Weinmannia microphylla* (WEINMI), *Weinmannia tomentosa* (WEINTO).

Grupo	Especie Indicadora	Valor indicador	P
1	<i>Aegiphila bogotensis</i>	100	0.0010
2	<i>Persea mutisii</i>	66.7	0.0010
2	<i>Prunus buxifolia</i>	44.4	0.0210
3	<i>Ageratina sp1</i>	33.3	0.0260

Tabla 1. Especies indicadoras de plántulas y juveniles regenerados para los grupos de especies de árboles adultos ($p \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Las especies arbóreas estudiadas presentan patrones de distribución espacial específicos, y sus plántulas y juveniles no se distribuyen aleatoriamente en el espacio, por el contrario muestran un grado de agrupamiento, vinculado posiblemente a aspectos funcionales y de supervivencia en los paisajes fragmentados. Los árboles de *A. bogotensis*, *P. mutisii* y *Prunus buxifolia* son centros de reclutamiento de una alta diversidad de especies locales, en particular de árboles relevantes para la conservación de asociaciones de bosques altoandinos, aunque no se destaquen por una alta capacidad de regeneración coespecífica.

También, las especies de árboles estudiadas muestran patrones de distribución árbol-distancia, la cual es específica para cada especie, evento que puede vincularse directamente como estrategias que faciliten procesos de restauración y recuperación de cada población en las etapas tempranas de crecimiento.

De acuerdo con los resultados de los análisis NMS, especies indicadoras y de agrupamiento, las plántulas y juveniles bajo el dosel de las especies *Aegiphila bogotensis*, *Pesea mutisii* y *P. buxifolia* reflejan no sólo particularidad de regeneración por parentales, sino también de sitios de distribución y estados de conservación. Varios autores han afirmado que las especies arbóreas tropicales no se distribuyen aleatoriamente en el espacio, y exhiben un grado de agrupamiento vinculado a aspectos funcionales (tipos de dispersión especialmente) y estado de conservación de sitio (Alvarez-Buylla y Martínez-Ramos, 1992; Forget *et al.* 1999; Hubbell *et al.*, 1999; Itoh *et al.*, 1997; Kitajima y Augspurger, 1989; Nicotra *et al.*, 1999).

Aegiphila bogotensis es una especie con poblaciones pequeñas aisladas una de la otra, pero similares en cuanto a la composición florística bajo el dosel de sus árboles, la cual corresponde principalmente a individuos de su misma especie. De esta forma, las condiciones de la especie son tener árboles con alta capacidad coespecífica pero con ausencia de plántulas y una distribución de la regeneración restringida a la parte baja del dosel en relación a las otras distancias evaluadas. Por lo tanto, *A. bogotensis* es una especie cuya población está en altos grados de amenaza, ya que estos patrones espaciales y de regeneración reflejan relaciones ecosistémicas específicas (posiblemente relaciones planta-animal específicas), no muy perdurables en el tiempo, por reducción de vigor y variabilidad genética como consecuencias del aislamiento, la perturbación y la falta de competencia

con otras plantas (Nason y Hamrick, 1997; Nason, 2002).

Las acciones de recuperación de *A. bogotensis* podrían estar dirigidas a la conservación de los parentales y juveniles *in-situ*, mediante delimitación de corredores a escala local, a manera de cercas vivas protectoras, de estratos múltiples, localizadas en las áreas circundantes a las poblaciones detectadas, que potencialicen el crecimiento y establecimiento del estadio juvenil de esta especie, y al mismo tiempo proporcionen un espacio de sucesión para otras especies, lográndose un hábitat de mayor protección en relación al que se aprecia actualmente, donde las altas pendientes y zonas abiertas con cultivos y carreteras no permiten una adecuada dispersión de la especie en el paisaje (Forman, 1995).

La capacidad reproductiva activa es el principal potencial para la conservación de esta especie. Chapman y Chapman (1995) afirman que las especies que presentan un número reducido de plántulas y juveniles en las mismas locaciones son especies capaces de reclutar individuos en la población sin la presencia de dispersores, debido a que hay semillas que tienen la capacidad de germinar y sobrevivir bajo el dosel, como el caso de *A. bogotensis*.

Persea mutisii y *Prunus buxifolia* son dos especies cuyos árboles se convierten en centros de reclutamiento de la diversidad arbórea circundante, en especial árboles del dosel conformadores de asociaciones clímax en estos bosques altoandinos. Además, según los resultados de los análisis NMS, especies indicadoras y agrupamiento, son especies cuya distribución espacial esta mutuamente relacionada por los individuos que son capaces de albergar bajo su dosel, incluyendo a ellas mismas; de tal manera que son dos árboles que comparten un estado de asociación desde su etapa de plántulas, a pesar de que ambas especies presentan patrones espaciales de regeneración y estados de conservación distintos.

Arboles del paisaje fragmentado actual son capaces de convertirse en centros potenciales de procesos de regeneración, especialmente de especies arbóreas del bosque primario remanente o de los relictos de bosque secundario de los agropaisajes adjuntos (Guevara *et al.*, 1986, 1992, 1993; Nepstad *et al.*, 1996; Otero-Arnaíz *et al.*, 1999; Dunn, 2000). *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia* son árboles capaces de albergar una gran cantidad de especies, de las cuales es posible destacar dos grupos: el grupo de especies arbóreas del bosque altoandino y

el grupo de especies de hábito escandente-arbustivo. Este último hábito crea un estrato juvenil ($>30\text{cm}<150\text{ cm}$) fuerte, el cual posiblemente al principio compite con las plántulas tanto de la especie parental como de otras de árboles vecinos, pero luego proporciona el hábitat ideal para el mantenimiento de quienes lograron sobrevivir a la primera etapa de plántula. En este sentido, la recuperación del bosque y al mismo tiempo de las especies en cuestión, debe relacionarse con el crecimiento, desarrollo y manejo de especies pioneras y de crecimiento secundario como *Macleania rupprestris*, *Chusquea* sp y especies de Orchidaceae con hábito escandente-arbustivo, en una proporción no superior al 40%, según datos de este estudio.

Persea mutisii y *Prunus buxifolia* presentan una capacidad de regeneración coespecífica alta, alrededor de 30% y 35% respectivamente, donde el porcentaje restante pertenece a las especies acompañantes. Y aunque estos valores son altos en relación a lo que ha sido reportado por otros autores (Augspurger, 1984; Howe et al. 1985; Chapman y Chapman, 1995), la permanencia de estas especies no solo depende del éxito reproductivo bajo el parental, sino de la distribución espacial de los individuos adultos, ya que la alta regeneración bajo el parental y poca en su lejanía, está asociada a altas correlaciones de hermandad genética (Howe y Smallwood, 1982), lo cual permite reconocer poblaciones con ruptura en las rutas de polinizadores y dispersores frugívoros, que las convierte en unidades genética y demográficamente aisladas. De esta forma, una mayor endogamia y una pérdida de heterocigosis, genera a corto plazo una baja aptitud genética de individuos nuevos, progenies poco vigorosas y al final una baja habilidad de estos árboles para responder a las nuevas presiones selectivas ambientales (Nason y Hamrick 1997; Nason, 2002).

Para *P. mutisii* existe un patrón donde la abundancia y riqueza de plántulas decrece de la copa hacia fuera, mientras que los juveniles sobreviven y se establecen solamente a los 10 metros de la copa. En este sentido, es posible reconocer que existe inicialmente un patrón denso-dependiente de las plántulas (Connell, 1971), pero en la etapa juvenil, se presenta más la hipótesis de escape y colonización (Augspurger, 1984), ya que los juveniles que logran establecerse escapan a la depredación, patógenos y herbivoría que bajo el dosel incrementaría. Fuera de la copa los factores satisfactorios para el establecimiento son mayores para individuos juveniles: disminuyen los efectos de herbivoría, competencia con otras especies y se presenta un aumento de radiación solar.

Prunus buxifolia, presenta un patrón diferente con respecto a *P. mutisii*, y está relacionado con ausencia de plántulas bajo el dosel comparado con el gran número de plántulas a los 10 metros del árbol; además de una etapa de juveniles débil. En este sentido, varios estudios señalan que el desarrollo de plántulas bajo el dosel de los árboles parentales puede ser muy bajo o nulo y la supervivencia de los individuos juveniles es más evidente al distanciarse más o menos 5 m del árbol (Schupp, 1988). Sin embargo, *Prunus buxifolia* presenta un bajo potencial de establecimiento de juveniles tanto bajo los parentales como fuera de sus copas, de tal manera que la especie parece ser incapaz de reclutar individuos juveniles dentro de la población.

Es relevante destacar que en las áreas de distribución de *Persea mutisii* y *Prunus buxifolia*, fueron encontrados algunos individuos juveniles a distancias grandes (superiores al kilómetro) de los parentales (caso El Cable hacia la Vieja). Este evento es importante en especial para *P. buxifolia*, cuyos parentales son escasos, de tal forma que las estrategias deben dirigirse a sus dispersores y a conservar las poblaciones de *Persea mutisii* como especie asociada desde estadios iniciales.

Finalmente, es posible considerar que la especie con menos peligro de desaparición del paisaje es *P. mutisii*, sus características de regeneración permiten planear acciones de conservación, como la protección *in-situ* de los principales sitios de su distribución y potencializarlos como fuentes semilleras, y la conservación *ex-situ* de plántulas y semillas que éstas fuentes sean capaces de brindar, de acuerdo a cálculos posteriores que garanticen la estabilidad de la fuente semillera.

La conservación de *Prunus buxifolia* dependería grandemente de la conservación *in-situ* de *Persea mutisii*, sin embargo, las estrategias para el mantenimiento de esta especie en grave peligro deben mezclar aspectos de restauración y reproducción *ex-situ*, apreciando que el gran problema de la especie esta en el establecimiento de sus juveniles, más no en la producción de plántulas, las cuales pueden ser retiradas a tiempo y reintroducidas en sitios adecuados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado gracias a la colaboración y presencia de un grupo especial de profesionales tanto del Jardín Botánico de Bogotá como de otras instituciones. Agradezco en especial a Vilma Jaimes por su coordinación

y apoyo en el proceso de innovación en los estudios de distribución y estado de poblaciones prioritarias en el área de influencia del Jardín Botánico de Bogotá. Al profesor Gustavo Morales, por su dedicación y conocimiento de la flora regional, y apoyo incondicional para el trabajo de campo de esta investigación. A Sandra Cortés, Carlos Flórez y Carolina Becerra por su compañía y apoyo en campo. Agradezco al Ingeniero Forestal Germán Téllez de la Universidad Distrital, por su colaboración en el trabajo de herbario y campo, con respecto a *Aegiphila bogotensis* en la zona de Sumapaz.

Bibliografía

- Alcázar-Caicedo, C.** 2007. *Patrones de regeneración natural establecida de especies leñosas y su relación con aspectos estructurales, funcionales y de manejo en un agropaisaje Mesoamericano*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba - Costa Rica. 190p.
- Aldrich, P. R. & J. L. Hamrick.** 1998. *Reproductive dominace of pasture trees in fragmented tropical forest mosaïc*. Science 281(3):103-105
- Alvarez-Buylla, E. R., & M. Martínez-Ramos.** 1990. *Seed bank versus seed rain in the regeneration of a tropical pioneer tree*. Oecologia 84: 314-325.
- Augspurger, C. K.** 1984. *Seedling survival of tropical tree species: Interaction of dispresal distance, Light gaps and pathogens*. Ecology 65: 1705-1712
- Corporación Autónoma Regional (CAR).** 2001. *Atlas ambiental de la CAR. Ed. Bogotá*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Mapas de Precipitación, Evaporación y Evapotraspiracion en SIG.
- Caswell, H.** 2001. *Matrix population models—construction, analysis, and interpretation*. Sunderland, MA, USA: Sinauer.

- Chapman, C. A. & L. J. Chapman.** 1995. *Survival without dispersers: seedling recruitment under parents*. Research notes. Conservation Biology 9(3):675-678
- Clark, J. S., Macklin, E. & L. Wood.** 1998. *Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Apalachian forests*. Ecological Monographs 68: 213–235.
- Connell, J. H.** 1971. *On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest*. Págs. 298-312. en: P.J. Den Boer & G. R. Gradwell (eds.). Dynamics of Populations. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Cortés-S. & J. O. Rangel-Ch.** 1999. *Relictos de vegetación en la Sabana de Bogotá. Memorias Primer Congreso Colombiano de Botánica*, (versión en CD-Rom). Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Diagnóstico ambiental y Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca Alta del Río Bogotá.
- _____. 2006. *Identificación y caracterización de las comunidades vegetales presentes en las áreas rurales del D.C. y la región*. Informe final. Contrato 048-2006.
- _____; **Jaimes V; Sarmiento J.** 2007. *Los ecosistemas secos del municipio de Nemocón en el valle del río Checua, y algunas especies de interés para la región*. Cartilla. Jardín Botánico de Bogotá y Alcaldía Municipal de Nemocón. Bogotá D.C. 16p.
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA.** *Protocolo distrital de restauración ecológica*. 2006. Bogotá D.C. Documento pdf. Disponible en Internet: <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/>
- Diez, J. M.** 2007. *Hierarchical patterns of symbiotic orchid germination linked to adult proximity and environmental gradients*. Journal of Ecology 95: 159–170.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & C. W. Robledo. Infostat versión 2010. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Dunn, R. 2000. *Isolated trees as foci of diversity in active and fallow fields*. Biological Conservation 95: 317-321

Forget, P. M., Mercier, F. & F. Collinet. 1999. *Spatial patterns of two rodent-dispersed rain forest trees Carapa procera (Meliaceae) and Vouacapoua americana (Caesalpiniaceae) at Paraou, French Guiana*. Journal of Tropical Ecology 15: 301-313.

Gentry, A. H. 1990. *Tropical forest*. En: *Keast A.(ed.), Biogeography and Ecology of forest bird communities*. Chapter 4. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands. p. 35-43

_____. 1995. *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical Montane forest*. En: Churchill S, H. Balslev, E Forero & J. Luteyn (eds.), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical garden, New York. p. 103-126

Guevara, S., Purata, S. E. & E. Van de Maarel. 1986. *The role of remnant trees in tropical secondary succession*. Vegetatio 66: 77-84

Guevara, S. & J. Laborde. 1993. *Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability*. Plant Ecology (Historical Archive) 107-108(1): 319-338.

Guevara, S., Meave, J; Moreno-Casasola, P. & J. Laborde. 1992. *Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in Neotropical pastures*. J. Veg. Sci. 3: 655-664

- Guevara, S. & J. Laborde.** 1993. *Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability.* Plant Ecology (Historical Archive) 107-108(1): 319-338.
- Helmens, K.** 1990. *Neogene-Quaternary Geology of the High Plain of Bogotá, Eastern Cordillera, Colombia.* Dissertations Botanicae 163: 202
- Holl, K. & E. Lulow.** 1997. *Effects of species, habitat and distances from edge on post-dispersal seed predation in a tropical rain forest.* Biotrópica 29(4): 459-468
- Howe, H. F. & J. Smalwood.** 1982. *Ecology of seed dispersal. Annual review of ecology and systematics* 13: 201-228
- Howe, H. F., Schupp, E. W. & I. C. Westley.** 1985. *Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (Virola surinamensis).* Ecology 66: 781-791
- Hubbell, S.; O'Brien, S. T., Harms, K. E., Condit, R., Wechsler, B., Wright, S. J. & S. Loo de Lao.** 1999. *Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest.* Science 283: 554-557.
- IGAC.** 1992. *Cundinamarca, Características Geográficas.* 189p. Santafé de Bogotá
- Itoh A; Yamakura, T; Ohkubo, T; Kanzaki M.; Palmiotto P; Tan, S. & H. S. Lee.** 1997. *Spatially aggregated fruiting in an emergent Bornean tree.* Journal of Tropical Ecology 19: 531-538.
- Kitajima, K. & C. K. Augspurger.** 1989. *Seed and seedling ecology of a monocarpic tropical tree, Tachigalia versicolor.* Ecology 70: 1102-1114.
- Laurance, W. F. & R. O. Bierregaard.** 1997. *Tropical forest remnants: ecology,*

management and conservation of fragmented communities. The University of Chicago press. Chicago, USA.

McCune, B. & J. B. Grace. 2002. *Analysys of ecological communities*. Software Desing, Oregon, USA. 300p.

McVaugh, R. 1951. *A revision of the North American black cherries (Prunus serotina Ehrh., and relatives)*. Brittonia 7: 279–315.

Missouri Botanical Garden. 2008. disponible en Internet: www.tropicos.org

Moldenke, H. M. 1934. *Aegiphila ternifolia-Aegiphila macrantha*. Brittonia, 1(5/6): 280-320

Montoya-Arenas, D. M. & G. Reyes-Torres. 2005. *Geología de la Sabana de Bogotá*. IGAC. Subdirección de geología básica. 104p.

Münzbergová Z. & T. Herben. 2005. *Seed, dispersal, microsite, habitat and recruitment limitation: identification of terms and concepts in studies of limitations*. Oecologia 145: 1–8.

Nason, J. D. & J. L. Hamrick. 1997. *Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: two case studes of neotropical canopy trees*. Journal of Heredity 88: 264-276

_____. 2002. *La estructura genética de las poblaciones de árboles*. In Guariguata, M.R; Kattan, G.H. (eds). *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional. Costa Rica. P 299- 327.

Nepstad, D. C; Uhl, C., Perreira, C. A. & J. M. Cardoso da Silva. 1996.

A comparative study of tree establishment in abandoned pasture in mature forest of eastern Amazonia. Oikos 76: 25-36.

Nicotra A. B.; Chazdon, R. L. & S. V. B. Iriarte. 1999. *Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests.* Ecology 80: 1908-1926.

Ospina-Rodríguez, M. 2003. *El páramo de Sumapaz, un ecosistema estratégico para Bogotá.* Revista electrónica de la Sociedad geográfica de Colombia, academia de ciencias geográficas.17p. www.sogelcol.edu.co

Otero-Arnaiz, A., Castillo, S., Weave, J. & G. Ibarra-Manríquez. 1999. *Isolated Pasture Trees and the Vegetation under their Canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico.* Biotropica 31(2): 243–254.

Pérez-Zabala, J. A. 2007. *Estudios sobre el género Prunus (Rosaceae) en el Neotrópico: novedades taxonómicas y nomenclaturales para Colombia.* Anales del Jardín Botánico de Madrid 64(2): 177-190

Primarck, R.; Roíz, R.; Massardo, F. & Feisinger. 2001. *Destrucción y degradación de hábitat.* In Primarck et al. (eds) Fundamentos de conservación biológica, perspectivas latinoamericanas. FCE, Mexico.

Secretaria Distrital del Ambiente. 2007. Fichas técnicas de especies. Disponible en Internet: <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/>

Schupp, E. W. 1988. *Seed and early seedling predation in the forest understory and in treefall gaps.* Oikos 51: 71-78

Valencia, R. 1995. *Composition and structure of an andean forest fragment in eastern Ecuador.* En: Churchill S, H. Balslev, E Forero & J. Luteyn (eds.),



Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest. The New York Botanical Garden, New York. 239-249

Van der Hammen, T. 1966. *The Pliocene and Quaternary of the Sabana de Bogotá*. (The Tilata and Sabana Formations), *Geologie en Mijnbouw*, 45:102-109

Van der Werff, H. 2002. *Synopsis of Persea (Lauraceae) in Central America*. *Novon*, 12(4): 575-586

Woodson, R. E., Schery, R. W. & H. N. Moldenke. 1973. *Flora of Panama*. Part IX. Family 168. Verbenaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 60(1): 41-148