

# PÉREZ ARBELAEZIA

Nº 19 - Diciembre de 2008

ISSN 0120-7717



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



ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ  
1896 - 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.



Alcalde Mayor de Bogotá, D.C.  
Samuel Moreno Rojas

## Jardín Botánico de Bogotá «José Celestino Mutis».

### Junta Directiva

Juan Antonio Nieto Escalante  
**Secretario Distrital de Ambiente**

Carlos Ossa Escobar  
**Rector - Universidad Distrital**  
Francisco José de Caldas

Tomás León Sicard  
**Director - Instituto de Estudios Ambientales, IDEA. Universidad Nacional de Colombia**

Germán Galindo Hernández  
**Fundación Humedal La Conejera**

Ángel Guarnizo Vásquez  
**Coordinador Unidad de Turismo de Naturaleza – Instituto de Turismo de Bogotá**

Eugenia Ponce de León Chaux  
**Directora General - Instituto Alexander von Humboldt**

### Comité Directivo

Herman Martínez Gómez  
**Director Jardín Botánico**

Julio César Pulido Puerto  
**Secretario General (E)**

Eduardo Villegas Flórez  
**Subdirector Científico**

Frank Leonardo Hernández Ávila  
**Subdirector Educativo y Cultural**

Federico de Jesús Bula Gutiérrez  
**Subdirector Técnico y Operativo**

Hugo Alejandro Sánchez Hernández  
**Jefe Oficina Asesor Jurídico**

Julio César Pulido Puerto  
**Jefe Oficina de Planeación**

Francisco Bocanegra Polanía  
**Jefe Oficina de Arborización**

Amparo Morales Amador  
**Jefe Oficina de Control Interno**

# PÉREZ ARBELAEZIA

Número 19 - Diciembre de 2008

Publicación Anual

---

PÉREZ ARBELAEZIA © 2008 - 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.

En la planeación, compilación, coordinación y edición de esta revista participaron por parte del Comité Operativo Interno de la Subdirección Científica:

Johanna Katherine Bernal Sotelo  
Vilma Isabel Jaimes Sánchez  
Pamela Tatiana Zúñiga Upegui  
Eduardo Villegas Flórez

Investigadora  
Investigadora  
Investigadora  
Subdirector Científico

## 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

## Director revista Pérez Arbelaeza

Eduardo Villegas Flórez

## Subdirector Científico

## Coordinación general editorial Jardín Botánico de Bogotá

José Celestino Mutis

Litta Buitrago Sandoval

## Editora

Patricia Jaramillo M. - Comunicación Ambiental

## Coordinación editorial

Patricia Jaramillo M. - Comunicación Ambiental

### • 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.

Jovana Angélica Noguera V.

## Impresión

Imprenta Nacional de Colombia.

## Ilustración carátula

*Mutisia clematis* L. Lámina Expedición Botánica.

*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](http://www.jbb.gov.co)



## Grupo de Árbitros

|                             |                         |                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Camilo Cárdenas             | Docente – Investigador  | Universidad Nacional de Colombia                                                  |
| Carlos A. Devia C.          | Docente – Investigador  | Departamento de Ecología Pontificia Universidad Javeriana                         |
| César Ruíz                  | Investigador            | Conservación Internacional                                                        |
| Eduardo Behrentz            | Director                | Centro de estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional – Universidad de los Andes |
| Jeroen Pascal               | Consultor               | Internacional Royal Haskoning                                                     |
| Jorge Jácome                | Profesor Asistente      | Departamento de Biología Pontificia Universidad Javeriana                         |
| José Hipólito Isaza         | Docente                 | Departamento de Química Universidad del Valle                                     |
| José Ignacio Barrera        | Coordinador             | Escuela de Restauración Ecológica Pontificia Universidad Javeriana                |
| Luis David Gómez            | Coordinador             | Prácticas Estudiantiles Pontificia Universidad Javeriana                          |
| María Soledad Hernández     | Investigadora           | Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi                       |
| Nancy Isabel Castillo       | Docente - Investigadora | Laboratorio Agroambiente 2015                                                     |
| Luis Guillermo Baptiste     | Subdirector             | Instituto Alexander von Humboldt                                                  |
| Orlando Rangel              | Docente – Investigador  | Universidad Nacional de Colombia                                                  |
| Roxana Yockteng             | Profesora asociada      | Departamento Sistemático de Evolución Museo Nacional de Historia Natural          |
| Willian Fernando Castrillón | Docente                 | Universidad Distrital Francisco José de Caldas                                    |

## CONTENIDO

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Presentación.....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 10  |
| Reflexiones en torno a la Educación Ambiental en Bogotá a partir de la implementación de Escenarios Vivos de Aprendizaje, EVA, en siete quebradas del Distrito Capital.<br>Alexander Delgado/Luisa Galindo/Luz Marina Buitrago/Néstor Céspedes/Edna Margarita Vargas/Maritzá Suárez/Edwin Ussa ..... | 15  |
| Aspectos ambientales y paleoambientales de los enclaves secos y el caso particular del valle del Checua (Nemocón, Colombia).<br>Thomas van der Hammen.....                                                                                                                                           | 35  |
| Modelo de distribución potencial de <i>Condalia thomasi</i> (Rhamnaceae), especie endémica del valle del río Checua, Sabana de Bogotá, Colombia.<br>Catalina Giraldo P./Carolina Alcázar Caicedo.....                                                                                                | 49  |
| Ensayo experimental con microorganismos benéficos y su potencial uso en la implementación de los proyectos de restauración ecológica en el Distrito Capital.<br>Claudia Cristina Rojas Marulanda.....                                                                                                | 71  |
| Caracterización fisionómica, estructural y florística de algunas comunidades vegetales en la cuenca media del río Tunjuelo.<br>Sandra Pilar Cortés Sánchez.....                                                                                                                                      | 85  |
| Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo.<br>Camilo A. Correa Ayram.....                                                                                                                                                           | 115 |
| Eficacia de dos hongos entomopatógenos para el control de <i>Pseudococcus</i> spp.<br>Raúl H. Posada Almanza/Lermen Forigua Acosta .....                                                                                                                                                             | 141 |
| Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.<br>Diana C. Corzo Barragán.....                                                                                                                                         | 153 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y aceites esenciales de las especies vegetales <i>Valeriana pilosa</i> , <i>Hesperomeles ferruginea</i> , <i>Myrcianthes rhopaloides</i> y <i>Passiflora manicata</i> frente a microorganismos patógenos. |     |
| Andrea J. Lizcano Ramón/María E. Torres Cárcamo/Jenny L. Vergara González.....                                                                                                                                                                                                  | 163 |
| Vegetación potencial en la cuenca media del río Tunjuelo y procesos de cambio en la cobertura vegetal, otro enfoque metodológico para un análisis multitemporal.                                                                                                                |     |
| Sandra Pilar Cortés Sánchez.....                                                                                                                                                                                                                                                | 189 |
| Requerimientos de edición para la publicación de artículos en la revista.....                                                                                                                                                                                                   | 205 |

## PRESENTACIÓN

Apreciado lector:

Desde 1985 la revista *Pérez Arbelaez* ha sido el medio a través del cual el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis presenta los resultados de las investigaciones realizadas por el equipo de científicos dedicados al conocimiento de los ecosistemas altoandinos y sus componentes, así como las de investigadores y entidades afines con el fin de aportar en el cumplimiento de los objetivos estratégicos institucionales.

En esta oportunidad, en cumplimiento a los objetivos «Fortalecer los cambios de actitud de la población frente a la valoración, uso y conservación de la flora» y «Aumentar las áreas donde se apliquen estrategias de conservación de la flora de bosque Andino y páramo» se publica el artículo resultado del convenio interadministrativo entre la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB, sobre la aplicación de la metodología Escenarios Vivos de Aprendizaje, EVA, entendidos como *espacios dentro de un territorio compuesto por elementos geográficos, biológicos y sociales que interactúan con las dinámicas de producción económica*.

A través de los EVA se pretende realizar la identificación, caracterización, análisis, comprensión y transformación de las relaciones que se dan entre dichos elementos. Su aplicación tuvo lugar mediante plantaciones participativas y pedagógicas en algunos sectores urbanos y rurales de las quebradas Limas y sus afluentes, Zanjón de la Estrella, Trompetica, Chiguaza, Nutria, Morales, Bolonia y Santa Librada en la cuenca del río Tunjuelo.

En torno al objetivo «Aumentar las áreas donde se apliquen estrategias de conservación de la flora de bosque Andino y páramo» se presenta el artículo del doctor Thomas van der Hammen *Aspectos ambientales y palaeoambientales de los enclaves secos y el caso particular del valle del Checua, Nemocón, Colombia*, en el que hace una descripción detallada de la vegetación, el ambiente, los palaeodatos y los cambios climáticos y de vegetación de los enclaves xerofíticos y subxerofíticos para llegar al origen, especiación y adaptación del género *Condalia* en Nemocón, donde encontró, como él mismo dice «una especie arborecente nueva en la

Sabana de Bogotá, un género nuevo para Colombia y, hasta donde sabemos, endémica en la región de Checua».

En la misma área se llevó a cabo el estudio *Modelo de distribución potencial de Condalia thomasiiana (Rhamnaceae), especie endémica del valle del río Checua, Sabana de Bogotá, Colombia*, cuyas poblaciones están en peligro crítico de extinción especialmente por la fragmentación del único hábitat donde están presentes.

El objetivo de esta investigación fue explorar un modelo de distribución potencial para conocer patrones y relaciones existentes entre los datos de presencia conocida y las variables ambientales de sitio. Se encontró que la especie *Condalia thomasiiana* solo está distribuida en la zona media baja de valle del río Checua en los municipios de Nemocón y Suesca, en un área total de 78,6 km<sup>2</sup>, entre los 2.600 y los 2.880 m. Por este motivo se plantean alternativas de conservación de esta especie endémica y de su área de permanencia actual.

Sobre el objetivo «Aumentar la calidad ambiental de los ecosistemas estratégicos y del paisaje de la ciudad» se presenta el artículo *Ensayo experimental con microorganismos benéficos con miras a implementar en modelos de restauración ecológica en el Distrito Capital*, que muestra los resultados obtenidos en la multiplicación con plantas trampa y reporta la presencia de esporas nativas de las especies *Lycianthes hycioides* (gurrubo), *Dodonaea viscosa* (hayuelo) y *Persea mutisii* (aguacatillo) en tres estados de crecimiento.

El empleo de microorganismos para el mejoramiento de las calidades edáficas o para la biofertilización de plantas ha sido empleado en los últimos años como estrategia para mejorar los rendimientos o disminuir la cantidad de agroquímicos al suelo. Tras los resultados obtenidos se propone el empleo de microorganismos benéficos (micorrizas y rhizobium) para inocular las especies que el Jardín Botánico José Celestino Mutis emplea en modelos de restauración ecológica.

En cumplimiento al mismo objetivo se expone el trabajo *Caracterización fisionómica, estructural y florística de algunas comunidades vegetales en la cuenca media del río Tunjuelo*. A pesar de la fuerte transformación el 39,8 por ciento de este territorio aún presenta vegetación de tipo natural y seminatural correspondiente a las formaciones vegetales de las regiones de vida andina y paramuna. En este estudio

se presenta la caracterización de cuatro tipos fisionómicos de vegetación entre los que se cuentan pastizales subxerófitos, matorrales subxerófitos, vegetación de páramo y bosques ribereños, que corresponden a quince comunidades vegetales descritas con relación a su composición florística y estructura y se mencionan algunos aspectos ecológicos de los ecosistemas relacionados.

Así mismo se presenta el artículo *Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo*, en el cual se propone un modelo de conectividad estructural y funcional entre los fragmentos de vegetación natural que aún persisten. Los resultados demuestran que a nivel de paisaje el estado de conectividad estructural de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo está ampliamente influenciado por el dominio en general de la matriz antrópica.

De acuerdo con los resultados encontrados es evidente el bajo grado de conectividad estructural de las coberturas de bosque y matorral y, por el contrario, la vegetación riparia confirmó su propiedad de elemento conector del paisaje presentando un alto grado de conectividad espacial. Por medio de las rutas de mínimo costo se pudo confirmar la importancia de asegurar la conectividad por medio de la vegetación riparia y al mismo tiempo disminuir el grado de resistencia por parte de la matriz antrópica.

Adicionalmente se presenta el trabajo *Eficacia de dos hongos entomopatógenos para el control de Pseudococcus spp.* debido al complejo de insectos succionadores pertenecientes al género *Pseudococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae) que afecta entre otras especies vegetales al caucho sabanero, *Ficus soatensis* Dugand, especie ampliamente empleada en la arborización urbana de Bogotá. Su asociación con el insecto llevó a evaluar mecanismos de control eficiente, poco contaminantes y con tiempos de residencia bajos por las condiciones de ambiente urbano.

Se evaluó la mortalidad ejercida por los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en formulación de polvo soluble en cinco concentraciones, más un testigo, bajo un diseño completamente aleatorizado sobre el complejo *Pseudococcus* spp. en condiciones de laboratorio.

Los tratamientos evaluados no mostraron efecto sobre la plaga, posiblemente por la especificidad de virulencia de las cepas o la formulación del producto;

el trabajo sugiere la evaluación de otras cepas y nuevas formulaciones para encontrar aislamientos eficaces.

Con relación al objetivo «Aumentar el conocimiento, la oferta, el uso y el aprovechamiento de especies vegetales presentes en los ecosistemas Andinos del Distrito Capital y la región» se realizaron investigaciones como *Análisis y selección del método más apropiado para eliminar las saponinas en dos variedades de Chenopodium quinoa* y *Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y aceites esenciales de las especies vegetales Valeriana pilosa, Hesperomeles ferruginea, Myrcianthes rhopaloides y Passiflora manicata frente a microorganismos patógenos*.

En el primero se analizó y seleccionó el método más apropiado para eliminar las saponinas de dos variedades amargas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amarilla de maragani y sajama morada, según criterios de costo beneficio, con el fin de incentivar la propagación, el uso y el manejo de la especie en la región debido a sus características.

Este estudio permitirá a los productores primarios hacer la desaponificación con un método económico y favorable con el ambiente. Los métodos de desaponificación valorados fueron: por vía húmeda, combinado, químico, seco y termomecánico; el mejor resultado se obtuvo con el método combinado, porque se logró eliminar el 75 por ciento de las saponinas.

En el segundo, y mediante la técnica de difusión de disco en agar de Kirby-Bauer, se midió la susceptibilidad *in vitro* de los microorganismos patógenos seleccionados frente a sustancias de origen natural con potencial antimicrobiano. En este trabajo se concluyó que el extracto etanólico de *Passiflora manicata* fue el que presentó mayor acción frente a todos los microorganismos, permitiendo realizar el fraccionamiento con los diferentes solventes identificando a la fase acuosa como la responsable del principio activo con potencial antimicrobiano.

Este trabajo recomienda darle continuidad a futuras investigaciones en torno a la potencialidad antimicrobiana de las especies seleccionadas, para lo cual es necesario aislar y elucidar la molécula capaz de inhibir a los microorganismos tratados.

El artículo *Vegetación potencial en la cuenca media del río Tunjuelo y procesos de cambio en la cobertura vegetal, otro enfoque metodológico para un análisis multitemporal* presenta los

resultados obtenidos tras la interpretación de los procesos de cambio ocurridos en la vegetación a partir de la comparación entre el modelo de vegetación potencial, como escenario ecosistémico original, y el mapa de cobertura vegetal actual, con lo cual se logró establecer que el 54 por ciento de los ecosistemas naturales del área de estudio han sido transformados, mientras que apenas un 24 por ciento se encuentra con ecosistemas que abarcan comunidades vegetales de bosque, páramo, vegetación riparia, matorrales y herbazales subxerófitos en conservación, los cuales son importantes para sostener la biodiversidad local y regional.

Los resultados de estas investigaciones sin duda aportan al conocimiento sobre los ecosistemas altoandinos y son muy importantes para garantizar la sostenibilidad de los servicios ambientales de la ciudad. Esperamos que contribuyan al desarrollo sostenible de nuestra región y aporten beneficios a la comunidad en general.



**Herman Martínez Gómez**

Jardín Botánico de Bogotá

José Celestino Mutis

Director

# Modelo de distribución potencial de *Condalia thomasi* (Rhamnaceae), especie endémica del valle del río Checua, Sabana de Bogotá, Colombia

Por

CATALINA GIRALDO P<sup>1</sup>

CAROLINA ALCÁZAR CAICEDO.<sup>1</sup>

Recibido: 29 de septiembre de 2009 / Aceptado: 25 de noviembre de 2009

## Resumen

Se realizó el modelo de distribución potencial de la especie endémica del valle del río Checua *Condalia thomasi* cuyas poblaciones están en peligro crítico de extinción, causado especialmente por la fragmentación del hábitat en la única área geográfica donde se encuentra. El objetivo de esta investigación fue explorar un modelo de distribución potencial para conocer patrones y relaciones existentes entre los datos de presencia conocida y las variables ambientales del sitio. Los registros actuales de la especie corresponden a 219 datos de individuos georreferenciados en campo durante salidas realizadas en los años 2006 y 2007 en los municipios de Nemocón y Suesca.

Para el modelo potencial se utilizó la distribución actual de la especie usando 14 variables ambientales: precipitación, evapotranspiración, evaporación, formación y edad geológica, litología, geomorfología, paisajes, subpaisajes, cuencas, suelos, vegetación (composición) y cobertura vegetal actual (estructura) y potencial en el pasado. El modelo fue calculado en el programa MAXENT y probado con un 25 por ciento de los datos correspondientes a puntos tomados al azar en las localidades donde se presenta la especie.

1. Distribución Geográfica de especies prioritarias para la conservación. Línea de ecología del paisaje, comunidades, poblaciones y especies, Subdirección Científica. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. [catagira@gmail.com](mailto:catagira@gmail.com); [alcazarcaicedo@gmail.com](mailto:alcazarcaicedo@gmail.com)

El modelo señaló que *Condalia thomasi*, potencialmente, solo está distribuida en la zona media baja del valle del río Checua en los municipios de Nemocón y Suesca, en un área total de 78,6 km<sup>2</sup>, entre los 2.600 m y 2.880 m. La mayor contribución porcentual al modelo estuvo dada por las variables cuenca hidrográfica, el tipo de paisaje definido como matorrales xerofíticos y los suelos, específicamente con una alta afinidad a inceptisoles y alfisoles. Se plantean alternativas de conservación de esta especie endémica y de su área de permanencia actual, basadas en el modelo de distribución potencial.

### Palabras clave

*Condalia thomasi*, distribución geográfica, endemismo, conservación, Nemocón, Suesca, Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Maxent.

### Abstract

A distribution potential modeling was developed for *Condalia thomasi*, a species endemic to the Checua valley river. These populations are in danger of extinction primarily as a consequence of habitat fragmentation in this unique geographic area where they are only found. The objective of this research was to explore a distribution potential modeling to recognize patterns and relationships between a datasets of the species presence and environmental variables of the geographic zone. The current registrations of the species correspond to 219 data of individuals identified and geo-referenced in field during 2006 and 2007 in Nemocón and Suesca municipalities.

The distribution potential modeling we created used a dataset of actual distribution of the species and 14 environmental variables: precipitation, evaporation, evapotranspiration, lithology, geological and age formation, geomorphology, landscapes, sublandscapes, basin, soils, vegetation (floristic composition), actual coverages of vegetation (structure), and potential vegetation in the past. The model was calculated based on MAXENT software, and it was tested with 25 per cent of the random data.

The model showed that *Condalia thomasi* potentially is only distributed in media low Checua valley river zone in Nemocón and Suesca municipalities. The total area of predominance is 78,6 km<sup>2</sup>, between 2.600 and 2.880 meters above sea level. The most important environmental variables contributing to the modeling were basin, landscape as xerophytes'brush, and soils, specifically



inceptisols and alfisols. Some conservation alternatives are suggested for this endemic species and their remaining area; it was based on the distribution potential modeling.

### Key words

*Condalia thomasi*, geographical distribution, endemism, conservation, Nemocón, Suesca, Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Maxent.

## INTRODUCCIÓN

La Sabana de Bogotá estuvo ocupada por bosques Andinos y páramos en los cerros y humedales y bosques secos interandinos en la planicie (van der Hammen 1992, Hooghiemstra 1984, 1995). Sin embargo en las últimas décadas los cambios rápidos de uso del suelo y fragmentación del hábitat, relacionados en especial con el crecimiento urbano, han originado la pérdida de ecosistemas y cambios climáticos, incidiendo en aspectos como fenología, distribución, fisiología y hasta la desaparición total de las especies de flora que los bosques actuales aún albergan (Thuiller *et al* 2005, Hansen *et al* 2006).

Esta situación es preocupante aún más para los taxones con distribución geográfica restringida, condición que hace que estas especies sean potencialmente susceptibles a la perturbación del hábitat, ya que con el tiempo las convierte en especies vulnerables a la extinción; y a las localidades donde permanecen, en áreas en peligro crítico y prioritarias para su conservación (Peterson y Watson 1998). Así, en Colombia, la región Andina y especialmente las áreas de bosque Andino y los valles interandinos de la Cordillera Oriental, entre Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes, son centros de endemismo y de especies amenazadas, especialmente en los enclaves secos de la Sabana de Bogotá y el cañón del Chicamocha (García y Galeano 2006).

Uno de los enclaves relevantes de la Sabana de Bogotá, en el altiplano cundiboyasense, es el valle del río Checua donde, además de conservar una de las pocas porciones de bosque seco del país (IAvH 1995, 1997; Mendoza 1999), también alberga especies únicas como *Condalia thomasi* o gurrumay. Así se le conoce localmente a este pequeño arbusto que fue recientemente conocido y descrito (Fernández-Alonso 1997, van der Hammen 1997) y del cual autores como van der Hammen (1997), Groenendijk (2005), Sarmiento (2006) y Cortés (2007) han identificado pequeños relictos aislados de bosques del valle del río Checua en donde habitan las poblaciones de *Condalia*.

*Condalia thomasi* es una especie endémica cuyas poblaciones actuales deben ser estudiadas con urgencia desde el punto de vista biológico y geográfico. Dentro de este último, el conocimiento de la distribución actual de los individuos de esta especie es el principal insumo para explorar un modelo de distribución potencial, el cual permite conocer las relaciones existentes entre los datos de presencia conocida y las variables ambientales que determinan los patrones de distribución, incluyendo zonas geográficas no muestreadas y en general el posible territorio de restauración e introducción *in situ* (Stockwell y Peterson 2002, Philips *et al* 2006).

De esta forma el objetivo principal de esta investigación fue reconocer el área de distribución potencial de *C. thomasi* y determinar los factores geográficos y ambientales que estarían contribuyendo a su presencia y vincular esta información a una estrategia de conservación *in situ* de la especie.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de este estudio se localiza en el departamento de Cundinamarca, al norte de la Sabana de Bogotá, entre los municipios de Nemocón y Suesca (Figura 1) y corresponde al orobioma azonal andino del altiplano cundiboyacense, en el valle del río Checua, parte alta de la cuenca del río Bogotá (Rodríguez *et al* 2004).

Esta zona ubicada entre 2.550 y 2.950 m es considerada uno de los tres núcleos de este ecosistema natural en el país, presenta clima semiseco, precipitación promedio anual de 628 mm y una temperatura media anual de 12,8 °C (van der Hammen 1997, Peñaloza 2001, Rodríguez *et al* 2004). De acuerdo con Claro-Rizo (1995) la evapotranspiración es de cerca de 1.050 mm y el déficit hídrico anual es de 300 mm. El material parental de los suelos corresponde a arcillas del terciario (Goenendijk *et al* 2005) y está cubierto por cenizas volcánicas donde ocurren procesos erosivos críticos, especialmente por actividades agrícolas y mineras (Rodríguez *et al* 2004, Restrepo 2005).

Peñaloza y Fernández (2002) realizaron la caracterización florística de la región del valle del río Checua y destacaron la alta diversidad de este enclave, especialmente por la variedad de hábitats que van desde bosques achaparrados de *Condalia thomasi* junto con *Xylosma spiculiferum* y *Duranta nitidifolia*, hasta

matorrales subxerofíticos con *Dodonaea viscosa*, *Dalea coerulea* y *Baccharis bogotensis*, y pastizales xerofíticos de efímeras y otros hábitats que evidencian la intervención antrópica como las plantaciones de *Acacia decurrens* y la vegetación arvense. Además de diferentes registros novedosos para la ciencia, como dos nuevas especies de los géneros *Zephyranthes* y *Peperomia*; dos nuevos registros de Poaceae para Colombia (*Eragrostis intermedia* y *E. polytrichia*); y especies endémicas en las que se incluye *Condalia thomasiana*.

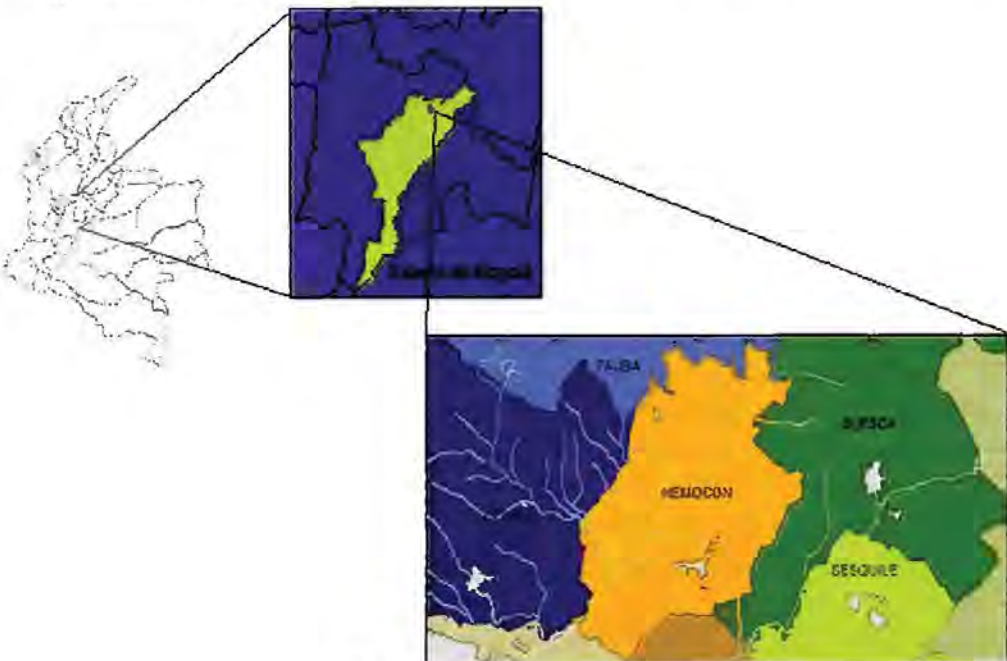


Figura 1. Localización del área de estudio.

### Descripción general de *Condalia thomasiana* (Rhamnaceae)

*C. thomasiana* descubierta por van der Hammen (1997) y descrita por Fernández-Alonso (1997) es un arbusto o arbolito de hasta 8 m de altura con espinas en los tallos y el tronco, hojas pequeñas, redondas y brillantes. Flores verdes, pequeñas y agrupadas en las axilas de las hojas, cinco sépalos triangulares. Los frutos son drupas de color morado negro, dispersados por aves y usados como alimento por los habitantes de la zona (Figura 2).

La familia Rhamnaceae está distribuida en todo el globo y se encuentra mejor representada en zonas tropicales (Mabberley 1997). Muchas especies tienen distribución restringida y en muchos casos representan endemismos o especies

que solo se encuentran distribuidas en zonas áridas del planeta como ocurre en Méjico y Perú (2006 León, 2004 Tapia 2004). En el caso del género *Condalia* algunas especies están confinadas a puntos geográficos de pocos km<sup>2</sup> y están solo relacionadas con desiertos y arbustales xerófitos de Sudamérica y de Norte América en climas áridos del trópico y el subtrópico. Es solo nativa de los biomas arbustivos del Nuevo Mundo (Cabrera 1965).

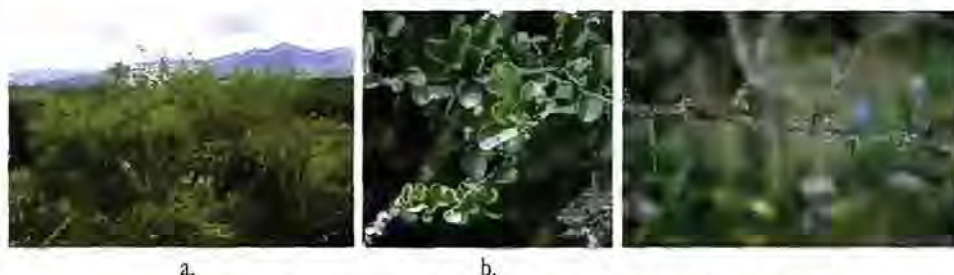


Figura 2. *Condalia thomasiensis*. a. Hábito; b. Detalle de la morfología, hojas y espinas (Fotografía: Giraldo, C. 2007).

*Condalia thomasiensis* resulta ser un caso muy interesante en la Sabana de Bogotá ya que representa un arbusto de distribución restringida al valle del río Checua y en Peligro Crítico (CR): riesgo alto de extinción en el estado silvestre en un futuro inmediato, así como todo el ecosistema seco del valle del Checua en los municipios de Nemocón y Suesca (Cundinamarca). *C. thomasiensis* crece en el bosque de «*Condalia*», llamado así por van der Hammen (1997) para referirse a la formación *Xylosma* – *Condaliatum*, formación única del valle y que en Colombia solo tiene una semejanza con la formación de bosque *Xylosma Duranta-Valle* descrita por Cleef y Hooghiemstra en 1984. El bosque de *Condalia* es un bosque seco con alta diversidad y presencia de sus especies dominantes en el sotobosque, además de abundancia de hierbas, musgos y líquenes, tanto terrestres como epífitas.

Cortés (2007) y Sarmiento (2006) realizaron estudios detallados de la estructura y composición de los matorrales xerófitos de *Condalia* y destacaron la presencia de 8 subpoblaciones satélites, dominadas por un estrato arbustivo de *C. thomasiensis* que aporta el 60 por ciento a la cobertura (Cortés 2007), lo cual confirma el predominio fisonómico de *C. thomasiensis* en estos matorrales aislados y la asociación con especies dominantes como *Myrcianthes leucoxyla*, *Duranta mutisi*, *Xylosma spiculifera* y *Myrsine guianensis* las cuales están representadas en todos los estratos del matorral.

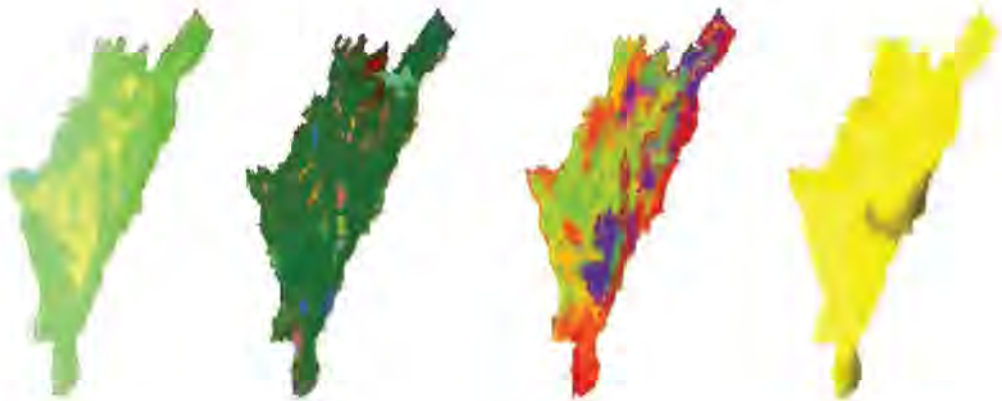
## Distribución geográfica actual

Los registros actuales de la especie corresponden a 219 datos de individuos georreferenciados en campo durante salidas realizadas por el equipo de conservación *in situ* de la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá durante los años 2006 y 2007 a los municipios de Nemocón y Suesca.

Con esta información y mediante ArcGIS 9.3 fue realizado el mapa de distribución actual para *C. thomasi*, con datos topográficos y geográficos base —cuerpos de agua, ríos, curvas de nivel, centros poblados y municipios— de la Sabana de Bogotá (CAR 2001, INPRO-CAR 2002).

## Modelo de distribución potencial

Para construir el modelo de distribución de la especie se utilizaron 14 variables ambientales que representan las características de precipitación, evapotranspiración, evaporación, formación y edad geológica, litología, geomorfología, paisajes, subpaisajes, cuencas (CAR 2001, JICA 2002, INPRO 2002), vegetación (composición), cobertura vegetal actual (estructura) y potencial en el pasado (Cortés 2005) y suelos (Gaviria 2004) (Figura 3).



Vegetación potencial  
(Cortés 2005)

Vegetación actual  
(Cortés 2005)

Suelos  
(Gaviria 2004)

Precipitación  
IGAC



Figura 3. Mapas de algunas variables ambientales utilizadas para el modelo de distribución potencial.

La latitud y longitud de los puntos georreferenciados de la especie fueron utilizados en formato CSV, la información geográfica restante —variables ambientales y fisicobióticas— fue transformada de formato vector a formato raster y posteriormente a formato ASCII a una resolución de 30 m, a escala de interpretación de 1:100.000 y sistemas de coordenadas geográficas WGS-84. Todo lo anterior fue realizado en el programa Arc GIS-Arc INFO versión 9.3.

Para la modelación se utilizó MAXENT versión 3.2.19 (versión 2008), el cual permite estimar la probabilidad de distribución potencial de una especie basándose en el principio de máxima entropía, mediante el análisis de la información disponible para determinar una única probabilidad de distribución de una especie. El modelo predice la distribución espacial de especies usando condiciones ambientales de los sitios donde la especie está presente (Phillips *et al* 2001, 2006). El modelo fue probado con un 25 por ciento de los datos, que corresponden a puntos tomados al azar en las localidades de presencia de la especie.

## RESULTADOS

### Distribución actual de *Condalia thomasiensis*

De acuerdo con el conjunto de registros *C. thomasiensis* se distribuye solamente en los municipios de Nemocón y Suesca (Cundinamarca), siendo Nemocón el municipio que presenta la mayor concentración de individuos, respaldando las investigaciones realizadas por Sarmiento (2006) y Cortés (2007) (Figura 4).

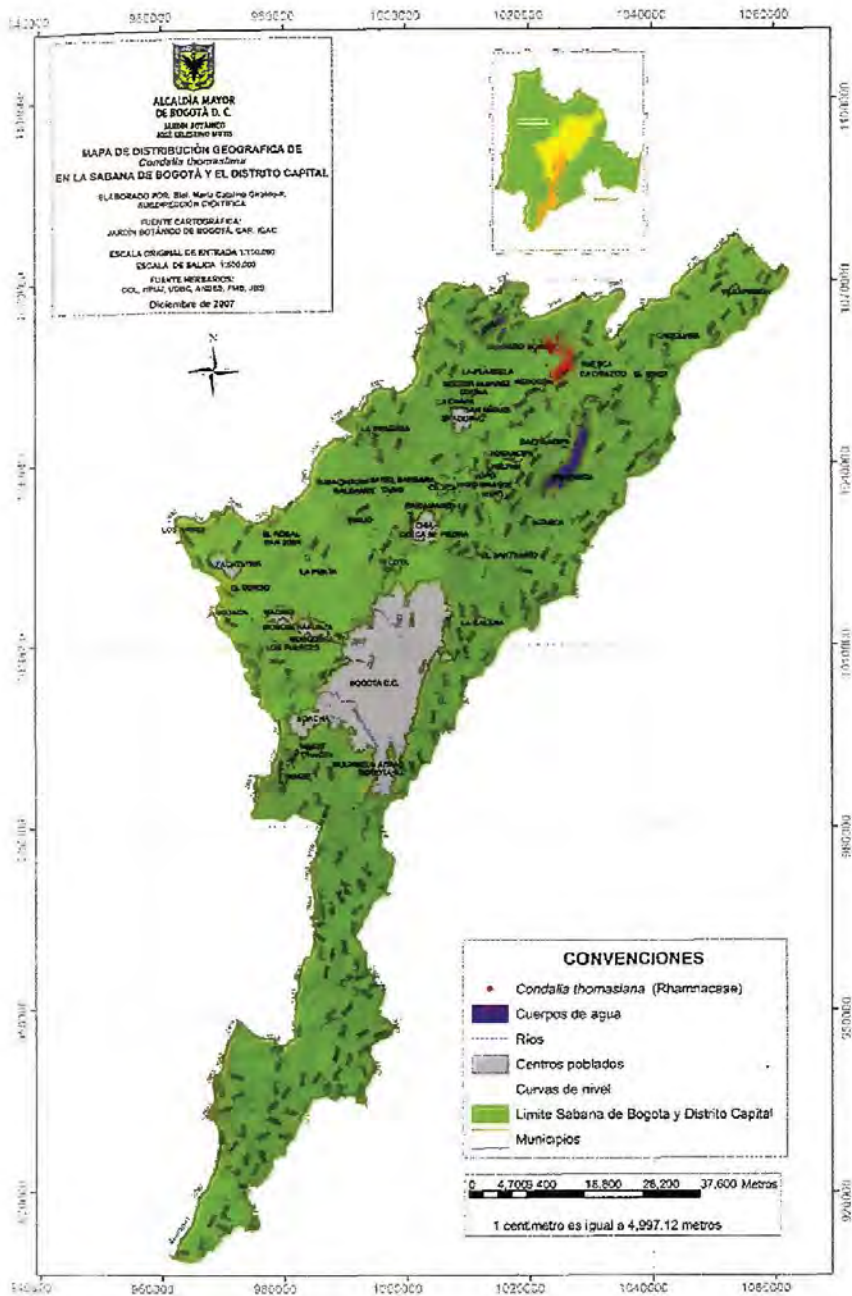


Figura 4. Mapa de distribución actual de *Condalia thomasiensis*.



### Modelo de distribución potencial

El modelo de *C. thomasi* fue un modelo altamente predictivo y acertado de acuerdo con los valores altos de AUC, área bajo la curva, —0,92— en las pruebas MAXENT de entrenamiento.

El modelo generado muestra a través de una escala de colores, que va del rojo al verde, la fuerza de predicción, indicando el rojo la mayor probabilidad de presencia de la especie ( $p: 0,73$ ) en donde existen condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de *C. thomasi*. Los colores naranja son probabilidades intermedias y el verde indica las condiciones muy poco favorables o donde seguramente no se encuentra la especie (Figuras 5 y 6).

El modelo predictivo señaló que *Condalia thomasi*, potencialmente solo está distribuida en la zona media baja de valle del río Checua en los municipios de Nemocón y Suesca en un área total de 78,6 km<sup>2</sup>, en alturas desde los 2.600 m e inferiores a los 2.880 m, resultados que respaldan las consideraciones de peligro crítico de la especie y su distribución restringida.

Del área total, 69,5 por ciento pertenece al municipio de Nemocón y es un área potencial de distribución que incluye toda la microcuenca del río Checua, desde la quebrada Pedregal, todo el valle medio del río Checua incluyendo todo el recorrido de la quebrada La Despensa, hacia el noroccidente del municipio en límites con el municipio de Tausa, donde se presentan gran cantidad de quebradas, entre las que sobresalen las quebradas Pajarito, Honda, Tras del Alto y Carrizal, entre otras.

Al sur se encuentra un área pequeña y aislada de posible presencia potencial de *C. thomasi*, correspondiente a 2,9 km<sup>2</sup> que se extienden principalmente sobre las quebradas El Abuelo y Aguas Claras, en cercanías a la cabecera municipal de Nemocón.

En el municipio de Suesca ocurre el área restante de la distribución geográfica potencial de *Condalia thomasi* con un 30,4 por ciento, un total de 23,9 km<sup>2</sup>.

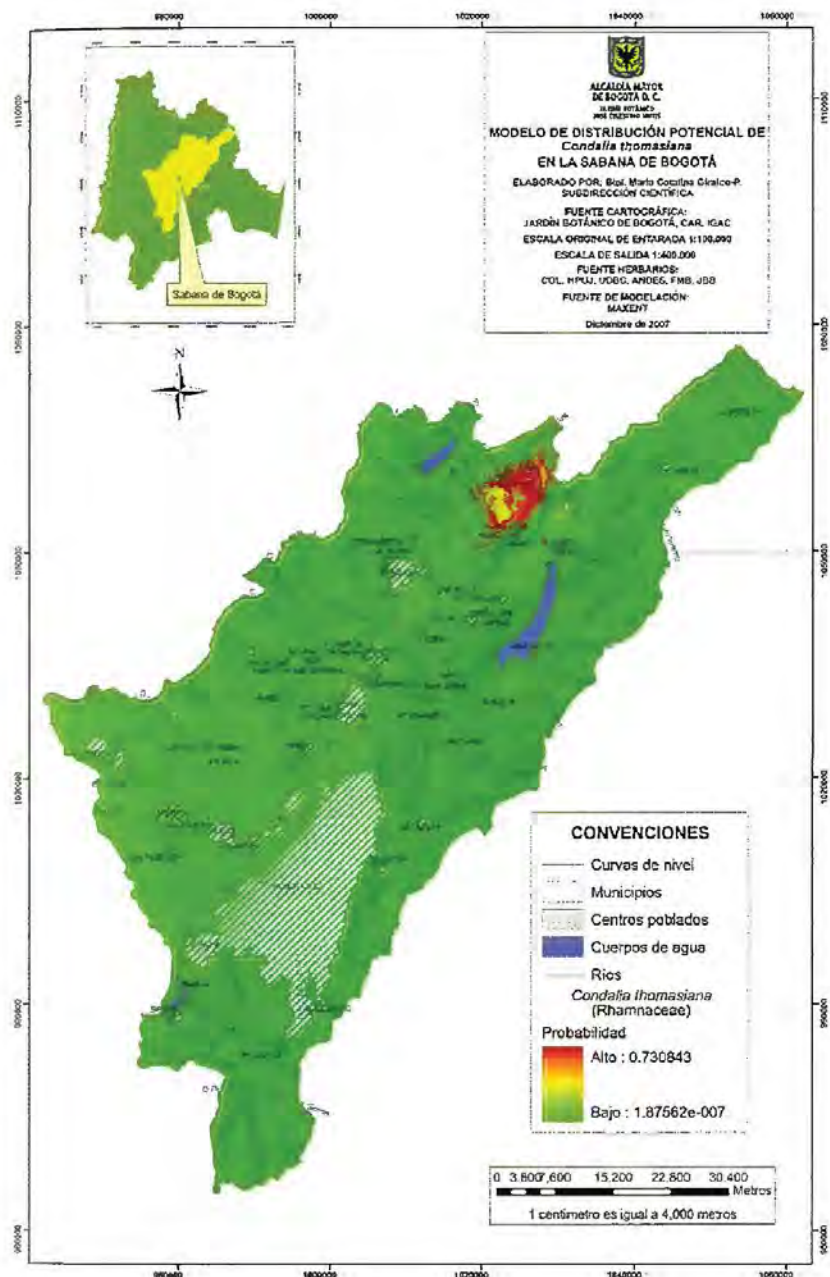


Figura 5. Mapa de distribución geográfica potencial de *Condalia thomasiensis* en la Sabana de Bogotá.

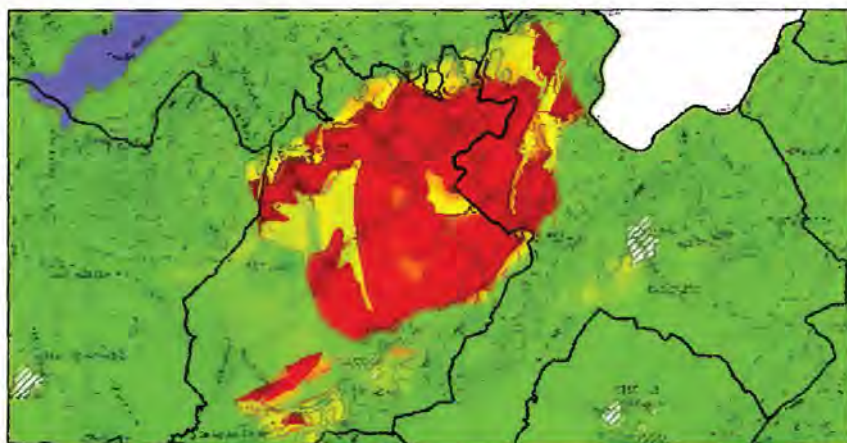


Figura 6. Detalle del modelo potencial de distribución geográfica de *Condalia thomasiana* en la Sabana de Bogotá.

La mayor contribución porcentual al modelo de distribución de *C. thomasiana* estuvo dada por las variables cuenca hidrográfica (44,8%) y el tipo de paisaje definido como matorrales xerofíticos Andinos y altoandinos (42,6%). Los suelos contribuyeron también a la distribución de la especie, específicamente una alta afinidad a inceptisoles y alfisoles (3,5%). En menor porcentaje contribuyen factores climáticos como evaporación, evapotranspiración y precipitación. El resto de las variables utilizadas se encuentran por debajo del 1 por ciento de contribución, de tal forma que no son relevantes para la ocurrencia de la especie (Gráfico 1).

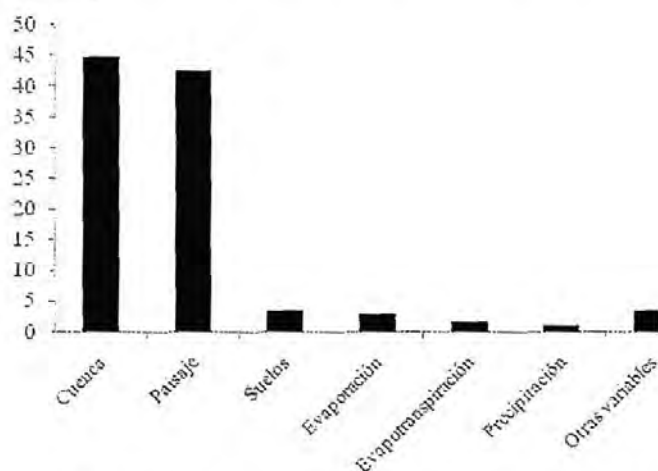


Gráfico 1. Variables ambientales de mayor contribución al modelo potencial de distribución de *Condalia thomasiana*.

## DISCUSIÓN

La condición de rareza o endemismo parece derivarse principalmente de aspectos biogeográficos e involucra al menos tres dimensiones ecológicas y demográficas: área de distribución restringida, requerimientos de hábitat y tamaños poblacionales (Rabinowitz *et al* 1986, Primack *et al* 2001).

*Condalia thomasi* es una especie endémica que además de las condiciones de origen vincula, según los resultados de este estudio y otras investigaciones que han aportado al conocimiento de la ecología de la especie (Cortés 2007, Jaimes 2006, Pérez 2006, Sarmiento 2006, Groenendijk *et al* 2005), las tres dimensiones características que permiten definirla como especie endémica y al mismo tiempo contextualizarla en peligro crítico (Primack *et al* 2001).

Desde el punto de vista biogeográfico *C. thomasi* está vinculada al proceso orogénico de la Sabana de Bogotá, hace más de 65 millones de años, cuando la cuenca del río Bogotá fue sometida a compresión como efecto de la tectónica de placas al iniciarse el levantamiento de la Cordillera Oriental (van der Hammen 1998), originando dos grandes tipos de geoformas la planicie y las montañas. En la planicie surge el orobioma azonal andino del altiplano cundiboyacense, en el valle del río Checua, una de las particularidades geomorfológicas, geográficas y ecosistémicas del país dentro de la Sabana (IAvH 1997, Rodríguez *et al* 2004).

La distribución de *Condalia thomasi*, de acuerdo con los resultados de este estudio, no corresponde a todo el valle del río Checua sino a un área restringida inferior a los 80 km<sup>2</sup>, en la zona media baja de la cuenca del río Checua en los municipios de Nemocón y Suesca. Resultado que coincide con lo señalado en estudios de campo, donde se encuentran actualmente las subpoblaciones de *C. thomasi* (Sarmiento 2006, Cortés 2007).

Es importante notar que las limitaciones geográficas del área están vinculadas básicamente a la cuenca como unidad geomorfológica principal, donde el sistema de drenaje secundario de los afluentes del río Checua hacia el noroccidente de la Sabana conforman según el modelo geográfico un sistema prioritario potencial para la conservación de la especie, fundamentalmente porque el sistema de drenaje actúa como enlace de hábitats en el paisaje y corredores que conectan no solo estructuras sino procesos funcionales, desconocidos hasta el momento

para *C. thomasi*, como el rasgo de dispersión de sus semillas por aves permite reconocer en este factor de cuenca un potencial para las estrategias de conservación *in situ*.

Además de la variable cuenca el modelo de distribución potencial también identificó que los otros dos principales requerimientos ambientales de *C. thomasi* son la presencia de matorrales xerofíticos y suelos de tipo inceptisol alfisol, respaldando así los resultados de otras investigaciones que habían planteado la correlación directa de la presencia de *Condalia* con la existencia de matorrales y las condiciones edáficas e hídricas que estos brindan para su crecimiento.

Los matorrales de *Condalia* presentan una alta diversidad de especies que se vinculan con otros sitios de la Sabana de Bogotá (Peñaloza 2001), pero que dan lugar a su presencia especialmente por asociaciones florísticas específicas y condiciones microambientales particulares, como la presencia de un estrato bajo muy fortalecido con musgos y epífitas que permite conservar temporalmente recursos hídricos y materia orgánica en el suelo, protegiendo las especies de los cambios climáticos fuertes, especialmente en época de sequía (van der Hammen 1998, Peñaloza 2001, Cortés 2007).

*Condalia thomasi* es una especie de estadio sucesional tardío y está asociada a especies del mismo estadio como *Croton bogotanus*, *Duranta mutisii* y *Myrcianthes leucoxyla* y no a especies pioneras (Groenendijk *et al* 2005). Según Cortés (2003, 2007) la especie *Myrcianthes leucoxyla* es relevante en cuanto a los valores altos del índice de valor de importancia, IVI, y del índice de predominio fisionómico, IPF, después de *Condalia thomasi* en sus matorrales se presenta también como dominante en otras formaciones vegetales a nivel regional y es considerada una especie útil para la restauración de focos de erosión, nacimientos de agua y construcción de corredores (Secretaría de Ambiente 2009).

Groenendijk *et al* (2005) coinciden en afirmar la importancia del crecimiento de *Condalia thomasi* en matorrales, ya que sitios sin vegetación no serán nunca poblados naturalmente por esta especie debido a los altos requerimientos de nutrientes en el suelo, además de factores como su crecimiento lento debido a la fuerte testa que recubre el embrión (Pérez 2006) y la baja densidad de plántulas que son capaces de establecerse (Jaimes 2006). De esta manera sitios dentro

del área de distribución potencial pero carentes de matorrales deben ser sitios repoblados inicialmente con especies como *Baccharis macrantha* y *Dalea viscosa*, especies pioneras que posteriormente originan un matorral más alto donde pueden establecerse condiciones especiales para que especies de sucesión tardía como *C. thomasi* consigan establecerse (Groenendijk *et al* 2005).

La mayoría de los suelos del área se han desarrollado a partir de la rápida evolución de la ceniza volcánica en un ambiente seco. De acuerdo con Gaviria (1998) y la CAR (1998) puede presentarse asociación entre suelos álficos e incepsoles típicos que se originan del sustrato de las formaciones cretácico paleógeno neógeno de tipo arcilloso. Corresponden a suelos poco evolucionados con epipedones úmbricos, con colores oscuros, alto contenido de materia orgánica y baja saturación de bases (FAO-UNESCO 1975, Rubio y Arévalo 2000). Sin embargo, este tipo de suelo superficial ha sufrido un deterioro originado en los cambios de uso del suelo, la ganadería y expansión de la minería de extracción de arcillas, desarrollando erosión en cárcavas de varios metros de profundidad, exponiendo materiales sensibles a la erosión y alterando los procesos de recuperación de la cuenca, especialmente a nivel de los recursos florísticos e hídricos (Gaviria *et al* 2004).

De esta forma el deterioro de los suelos ricos en materia orgánica y otros nutrientes, la desaparición de la cobertura de matorral y otras coberturas conforman la base de la desaparición de *Condalia* en su única área distribución. De acuerdo con Groenendijk (2005) y Groenendijk *et al* (2005) *Condalia thomasi* está relacionada positivamente a la presencia de suelos básicos y con altos contenidos de materia orgánica, mientras que existen relaciones negativas del crecimiento de la especie con la presencia de acciones de pastoreo en el valle.

En particular y apoyando lo identificado en el modelo, *Condalia thomasi* depende de los matorrales por las afinidades florísticas y por el sustrato que albergan, el cual presenta alta capacidad de intercambio catiónico, altos valores de K y Mg y otros nutrientes (Groenendijk y Cleef 2005), facilitados por la buena conservación de suelo bajo la cobertura, que además, como lo confirma Cortés (2007) bajo el matorral de *Condalia* existe una gruesa capa de hojarasca y musgo que termina por cubrir las exigencias de humedad y materia orgánica de la especie.



Aunque no hay un estudio puntual sobre el tamaño de la población actual de *Condalia thomasi* es evidente que es un tamaño pequeño y restringido a los pocos individuos conservados al interior de los matorrales de la misma especie. Los estudios de campo realizados por Sarmiento (2006) y Cortés (2007) evidencian el aislamiento actual de 7 subpoblaciones hasta el momento identificadas, cuya estructura muestra la mayor cantidad de individuos en las primeras clases de DAP y cobertura y que son los que sustentarán esta comunidad durante los próximos años y de su éxito reproductivo dependerá la permanencia de esta especie.

La unión de la información brindada por el modelo de distribución potencial y los aspectos ecológicos anteriormente estudiados para la especie indican que la estrategia de conservación *in situ* de *Condalia* debe ir dirigida especialmente a la recuperación de la cuenca media del río Checua, como unidad geomorfológica principal, especialmente con un plan centrado en la restauración, conectividad y conservación de matorrales de *Condalia*.

El potencial de las fuentes hídricas en la conservación es relevante porque las zonas ribereñas son eslabones que permiten enlazar remanentes de hábitat y sus características de corredores *per se* y riqueza hídrica permiten el establecimiento de iniciativas de restauración. Bennett (1999) ha sugerido que los planes de conservación que tengan vinculado el potencial de los ríos, quebradas y su vegetación asociada, y que además permitan a largo plazo su estabilidad, hace posible que estos hábitats recuperados funcionen como áreas fuente o poblaciones fuente, desde las cuales los individuos se dispersan a áreas circundantes.

Así, teniendo en cuenta que muchas de las subpoblaciones de *Condalia* están cercanas al río Checua y otras a las quebradas afluentes, la posible estrategia de conservación debe incluir en su diseño la conexión a través de corredores ribereños mediante la restauración de áreas potenciales —áreas con mayor probabilidad de presencia según el modelo de predicción—, especialmente mediante el establecimiento de especies pioneras asociadas a la formación de matorrales con especies que corresponden a etapas de sucesión tardía, como *Condalia thomasi* y, por supuesto, la protección estricta de los matorrales de la especie aun presentes en el paisaje, que para un modelo de conectividad se pueden apreciar como nodos en la red de corredores ribereños.

Esta idea de conectividad permitirá un fortalecimiento de las poblaciones y los procesos que las pueden mantener espacial y temporalmente, ya que actualmente el aislamiento y el tamaño pequeño en un contexto de fragmentación y pérdida constante del hábitat original causan la ruptura de los procesos de polinización y dispersión, convirtiendo las poblaciones en unidades genéticas aisladas, propensas a la endogamia, originando con el tiempo individuos arbóreos cada vez más débiles para responder a las presiones del medio, lo que sin duda los lleva a la extinción (Nason 2002).

Finalmente es importante resaltar que un modelo de distribución potencial es un modelo predictivo que permite visualizar las posibilidades de encontrar la especie a nivel espacial, en juego con toda una variedad de factores ambientales. El modelo es una herramienta que no debe desligarse de aspectos autoecológicos de la especie; por el contrario, el modelo dará origen a ideas y planes de conservación solo si esta fusión ocurre.

### Agradecimientos

Agradecemos a la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá y, en su nombre, a la Subdirectora Científica Claudia Córdoba (2007) por su apoyo en la realización de esta investigación. A la línea de ecología del paisaje, comunidades, poblaciones y especies coordinada por Vilma Jaimes Sánchez y a su equipo multidisciplinario quienes han liderado conjuntamente durante los últimos años el proceso de investigación integral de la especie *Condalia thomasi*.

En especial agradecemos a Sandra Cortés por suministrarnos los *shapes* de los mapas de vegetación potencial, actual y suelos, a Jorge Sarmiento y Bibiana Pérez por todo el apoyo en campo durante la investigación. Al equipo de Sistemas de Información Geográfica de la Subdirección Científica, Henry Rey y Camilo Correa, por toda su colaboración durante el desarrollo de este proyecto. Al Subdirector de Planeación de la CAR, doctor Luis Gabriel Peñaranda Díaz y Javier Moncada del Sistema de Información Geográfica, por el apoyo y facilitación de la cartografía ambiental de la Sabana de Bogotá.



## Bibliografía

- Bennett, A. F. 1999. *Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN, Cambridge.
- CAR. 1998. *Aptitud de uso de los suelos en el área CAR*. Capítulo de suelos. Anexo 6. Bogotá, 20 pp.
- , 2001. Atlas ambiental de la CAR. Ed. Bogotá Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Mapas de precipitación, evaporación y evapotranspiración en SIG.
- Cabrera, A. L. 1965. *Flora de la provincia de Buenos Aires*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad de Wisconsin, Madison-Buenos Aires, Argentina.
- Cortés-S. S. P. 2003. *Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia)*. *Caldasia* 25 (1):119-137.
- , 2007. *Jardín Botánico de Bogotá, informe final contrato 089*. Capítulo 3, enclave seco del río Checua. Inédito.
- FAO-UNESCO. 1975. *Carte mondiale de sols*. Paris, 1:1-62 pp.
- Fernández-Alonso, J. L. 1997. *Nueva especie de Condalia Cav. (Rhamnaceae) y notas sobre los géneros de la familia en la flora de Colombia*. *Caldasia* 19(1-2): 101-108.
- García, N. & G. Galeano (eds.). 2006. *Libro Rojo de plantas de Colombia*. Volumen 3: las bromelias, las labiadas y las pasifloras. Serie Libros Rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Gaviria, S. 1998. *Mapa de genética de suelos en la Sabana de Bogotá*. 1:100.000 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Gaviria, S., O. Hernández & O. Vargas. 2004. *Relación entre procesos de erosión y geoquímica de sedimentos y suelos de Checua, cuenca alta del río Bogotá*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 28 (109):497-508.
- Groenendijk, J. P. 2005. *Towards recovery of native dry forest in the colombian Andes a plantation experiment for ecological restoration*. PhD. Thesis. Universiteit van Amsterdam / IBED. The Netherlands.



- , J. F. Duivenvoorden; N. Rietman; A. M. Cleef. 2005. *Successional position of dry Andean dwarf forest species as a basis for restoration trials*. Plant Ecology 181(2): 243-253.
- , A. M. Cleef. 2005. *Vegetation patterns in a semi-arid dwarf forest zone: prospects for succession of abandoned pastures and scrubs*. In: J. P. Groenendijk: Towards recovery of native forest in the colombian Andes. A plantation experiment for ecological restoration. P. 11-29. Ph.D. Thesis, University of Amsterdam (accepted by Phytocoenologia).
- Hansen, J.; Sato M.; Ruedy R.; Ken Lo K.; Medina-Elizadell. 2006. *Global temperature change*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103,39: 14288-14293
- Hooghiemstra, H. 1984. *Vegetational climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years*. The Quaternary of Colombia 10: 1-368.
- , 1995. *Los últimos tres millones de años de la Sabana de Bogotá: Registro continuo de los cambios de vegetación y clima*. Análisis Geográficos. 24:33-50.
- IAvH. 1995. *Exploración ecológica a los fragmentos de bosque seco en el valle del río Magdalena (norte del Tolima)*. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental, GEMA, Villa de Leyva. Págs. 1-56. Manuscrito inédito.
- , 1997. *Formaciones xerofíticas y subxerofíticas*. Tomo I, págs. 96-105. En: M. Chávez & N. Arango (eds.). Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad. Ministerio del Medio Ambiente. Naciones Unidas. Bogotá.
- INPRO. 2002. *Estudio para la actualización del inventario de los recursos naturales renovables en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR*. Documento interno CAR. Clima, paisaje y subpaisaje mapas en SIG.
- Jaimes-S., V. 2006. *Caracterización del componente vegetal de banco de semillas y plantular de la especie Condalia thomasiiana Fdez-A. en sus áreas de distribución natural*. Informe técnico. Convenio 523/06 Alcaldía de Nemocón y Jardín Botánico de Bogotá. Inédito. Bogotá.
- JICA. 2002. *Aguas subterráneas*. Informe CAR. Mapas de geología en SIG. Secretaría de Ambiente. 2009. <http://www.secretariadeambiente.gov.co>



- León, B. 2006. *El libro rojo de las plantas endémicas del Perú*. Rev. Perú. Biol. Número especial 13(2): 582s (Diciembre 2006). © Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>.
- Mabberley, D. J. 1997. *The plant-book*. (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 0 521 41421 0
- Mendoza, H. 1999. *Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia*. *Caldasia* 21(1): 70-94
- Nason, J. D. 2002. *La estructura genética de las poblaciones de árboles*. En: Guatiguata M. R. y Kattan G. H. Eds. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR. p. 300-327
- Peñaloza, G. 2001. *Flórula del enclave árido del Checua (Snesca Nemocón, Cundinamarca)*. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (inédito). Bogotá.
- Peñaloza-J., G. y J. L. Fernández-A. 2002. *Flora de los enclaves áridos altoandinos. El Checua estudio de caso*. Pp 582 En: Rangel-Ch., J. O., J. Aguirre-C. y M. G. Andrade-C. (eds). *Libro de resúmenes VIII Congreso latinoamericano y II Congreso colombiano de botánica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pérez-S., B. 2006. *Propagación sexual y cultivo de la especie amenazada Condalia thomasiensis Fdez-A*. Informe técnico. Convenio 523/06 Alcaldía de Nemocón y Jardín Botánico de Bogotá. Inédito. Bogotá.
- Peterson, A; D. Watson. (-----). *Problems with areal definitions of endemism: the effects of spatial scaling*. *Diversity and Distributions* 4: 189-194
- Phillips, S. J.; A. Robert P.; R. E. Schapire. 2006. *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. *Ecological Modelling*, Vol. 190/3-4 pp 231-259.
- Primack, R.; F. Massardo; R. Rozzi; R. Dirzo. 2001. *Vulnerabilidad de extinción*. In Primack, R. et al. *Fundamentos de conservación biológica, perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 161-181
- Rabinowitz, D; S. Cairnes; T. Dillon. 1986. *Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the british isles*. In Soule M. E. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Massachusetts. Pp. 182-204.



- Restrepo, J. D. (-----). *Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental*. Fondo Editorial EAFIT. Medellín, Colombia.
- Rodríguez, N.; D. Armenteras; M. Morales; M. Romero. 2004. *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. CO. 154 p.
- Rubio-R., P. & J. Arévalo A. 2000. *Génesis y taxonomía de los suelos*. En: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. IGAC. 419-450 pp. Bogotá.
- Sarmiento-T., J. 2006. *Establecimiento del área de ocupación geográfica y extensión de presencia de Condalia thomasiensis Fdez-A. mediante la determinación de sus límites geográficos*. Informe técnico. Convenio 523/06 Alcaldía de Nemocón y Jardín Botánico de Bogotá. Inédito. Bogotá.
- Stockwell, D. R. B.; Peterson A. T. 2002. *Effects of sample size on accuracy of species distribution models*. Ecological modelling 148 (1): 1-13.
- Tapia-Pastrana, F.; R. Fernández-Nava; S. Gómez-Acevedo & P. Mercado-Ruaro. 2004. *Estudio cromosómico en tres especies de Karwinskia (Rhamnaceae) endémicas de México*. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75(1): 1-10. 2004.
- Thuiller, W; S. Lavorel; M. B. Araújo; M. Sykes; C. Prenticett. 2005. *Climate change threats to plant diversity in Europe*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 23: 8.245-8.250.
- van der Hammen. 1992. *Historia, ecología y vegetación*. Fondo FEN Colombia, Fondo de Promoción de la Cultura del Banco Popular y Corporación Colombiana para la Amazonía, «Araracuara» (COA). Santafé de Bogotá, Colombia.
- , 1997. *El bosque de Condalia*. Caldasia 19 (1-2): 355-359
- , 1998. *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis de la problemática y soluciones recomendadas*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. 142 p.