

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



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. 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). 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. 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. Claudia Cristina Rojas Marulanda.....	71
Caracterización fisionómica, estructural y florística de algunas comunidades vegetales en la cuenca media del río Tunjuelo. Sandra Pilar Cortés Sánchez.....	85
Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. Camilo A. Correa Ayram.....	115
Eficacia de dos hongos entomopatógenos para el control de <i>Pseudococcus</i> spp. 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. 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 km², 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 hyscioides* (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 quinoa (*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

Caracterización fisionómica, estructural y florística de algunas comunidades vegetales en la cuenca media del río Tunjuelo

Por

SANDRA PILAR CORTÉS SÁNCHEZ.¹

Recibido: 21 de agosto de 2009 / Aceptado: 25 de noviembre de 2009

Resumen

A pesar de la fuerte transformación de la cuenca media del río Tunjuelo el 39,8 por ciento de este territorio aún presenta vegetación de tipo natural y seminatural perteneciente a 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 en cuanto a su composición florística y estructura, junto con otros aspectos ecológicos de los ecosistemas relacionados.

Palabras clave

Cuenca media del río Tunjuelo, comunidades vegetales subxerófitas, bosque andino, vegetación de páramo, Bogotá, D.C., diversidad y riqueza florística.

1. Bióloga. Candidata del Programa de Doctorado Universidad Nacional de Colombia. sanpico@yahoo.com
Equipo de investigación en Conservación *in situ* Línea de Ecología del Paisaje, comunidades y especies.
Subdirección Científica. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.



Physiognomyc, structural and floristic characterization of some vegetation types of the middle basin of the Tunjuelo river

Abstract

In spite of the strong transformation of the middle basin of the Tunjuelo river the 39,8 per cent of the area still sustains natural and seminatural vegetation that represents the andean and paramo life regions. Four physiognomyc vegetation types were characterized: subxerofitic grasslands, subxerofitic scrub, paramo vegetation and riparian forests, registering fifteen floristic communities that provide structural, floristic and ecological information about this related ecosystems.

Key words

Middle basin of the Tunjuelo river, subxerofitic vegetation types, andean forest, paramo vegetation, Bogota, D.C., diversity and floristic richness.

INTRODUCCIÓN

El fuerte proceso de urbanización que ha sufrido la ciudad de Bogotá por su carácter de capital del país ha favorecido que los ecosistemas autóctonos se afecten profundamente, lo cual se percibe en la disminución sustancial de su cobertura sobre el territorio y en los efectos directos del crecimiento de la población como el aumento de basuras, la polución y el aumento de áreas duras —carreteras, construcciones, etcétera—. Pese a lo anterior, la ciudad aún conserva espacios naturales con remanentes de vegetación natural, que se expresan en algunos sectores del área urbana y en buena parte del área rural de la capital que representa el 82 por ciento del territorio distrital.

Los estudios de tipos de vegetación al sur de Bogotá se han concentrado en los ecosistemas de páramo especialmente en los páramos de Sumapaz, Chisacá y Cruz Verde, con los aportes de Sánchez & Rangel (1990), Rangel (1991), Cleef (1991), Franco & Betancur (2000), Jardín Botánico de Bogotá – Universidad Distrital (2001; 2002) y recientemente van der Hammen (2008). En ambientes subxerófitos se encuentran las caracterizaciones de la Secretaría Distrital de Ambiente con los planes de manejo de las áreas protegidas del Distrito (SDA 2002, 2007), que hacen parte de la Estructura Ecológica Principal de Bogotá propuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial según el Decreto 190 de 2004.

En el marco del Proyecto 2006 sobre la conservación de la flora y de los ecosistemas andinos del Distrito Capital y la región inscrito en el plan de desarrollo Bogotá sin Indiferencia, un compromiso contra la pobreza y la exclusión, eje urbano regional y programa de sostenibilidad urbano regional, el cual tiene por objetivo realizar actividades de conservación *in situ*, definición de unidades de paisaje, unidades de cobertura vegetal y estudios en el nivel de comunidades vegetales y especies típicas en los ecosistemas del Distrito Capital se vio la necesidad de abordar de manera integrada el estudio de las comunidades vegetales presentes en zonas secas a semihúmedas de la cuenca media del río Tunjuelo y de esta manera contribuir con el conocimiento de su distribución, variación y estado actual.

METODOLOGÍA

Selección de sitios de muestreo

Sobre el mapa de cobertura vegetal del Distrito Capital realizado por el Jardín Botánico de Bogotá (Correa 2006) se identificaron las zonas que aún presentan coberturas naturales o seminaturales. Por medio del análisis digital de la cartografía se filtraron, reclasificaron y calcularon áreas con el fin de destacar solo aquellas coberturas con tipos de vegetación de interés para el muestreo. Fue así como se programaron las visitas de campo y los muestreos de vegetación.

Realización del muestreo de vegetación

Consistió en hacer parcelas de áreas entre 16 y 200 m² según el tipo fisionómico, en las que se evaluaron los parámetros estructurales altura, cobertura y diámetro (DAP). Los dos primeros fueron indispensables para este trabajo.

La caracterización florística se hizo mediante la identificación de especies directamente en campo y con colecciones de referencia que se procesaron y depositaron en el Herbario del Jardín Botánico de Bogotá.

Cada lugar de muestreo fue georreferenciado con GPS Etrex-Garmin; igualmente se tomó nota de aspectos ecológicos en general y de otros relacionados con el estado de conservación y coberturas cercanas.

Análisis de los datos

Los parámetros estructurales para cada parcela fueron analizados por estratos según Rangel y Lozano (1986); en cada muestreo se incluyeron la totalidad de las especies y se definieron cuáles eran las dominantes de acuerdo con su altura y cobertura.

Se hizo el análisis de riqueza para los diferentes taxa encontrados en cada muestreo y por tipo de vegetación y se aplicó el índice de diversidad de Shannon (según lo citan Kent & Coker 1992) que permite evaluar de manera comparativa riqueza y abundancia.

ÁREA DE ESTUDIO

Las regiones de vida andina y paramuna en la cuenca media del río Tunjuelo

En la cuenca media del río Tunjuelo el 80 por ciento del área se encuentra en la región de vida andina (entre 2.500 y 3.200 m de altitud), con representación de las franjas de bosque andino alto y de bosque andino bajo; el porcentaje restante corresponde a la región de vida de páramo sobre los 3.200 m de altitud con las franjas de subpáramo y páramo propiamente dicho (Cortés 2006).

En la región de vida andina se presentan las unidades fisiográficas de montaña y de planicie; en la primera se definen lomas y crestones, conformados por rocas clásticas arenosas y limoarcillosas de clima frío seco, afectados por erosión hídrica ligera, moderada y severa, con suelos de tipo alfisol, entisol e inceptisol (Gaviria *et al* 2004). En sectores de planicie se destaca el valle de inundación del río Tunjuelo donde los suelos son de tipo hidromórfico (Gaviria *et al* 2004) con presencia de arcillas —a veces arenas— sedimentadas durante las épocas de inundación y estaciones lluviosas, también con sedimentos limosos de origen coluvial (van der Hammen & Helmens 1989).

Climáticamente se observa una tendencia a presentar precipitaciones desde muy bajas (entre 500 y 700 mm) a medias (entre 800 y 900 mm) con un factor de humedad de semiseco a semihúmedo. En la planicie se presentan temperaturas un poco más elevadas que en la montaña (10-15 °C) y altos valores de evapotranspiración (van der Hammen 1997; Gutiérrez 2001; Cortés 2005).

La región de vida de páramo en el costado occidental presenta una precipitación entre 700 y 800 mm, temperaturas entre 10 y 6 °C y factor de humedad ligeramente húmedo; en el costado oriental y suroriental los valores de precipitación sobrepasan los 1.100 mm, con temperaturas ente 9 y 6 °C y factor de humedad de húmedo a muy húmedo (van der Hammen 1999; Gutiérrez 2001; Cortés 2005, 2007a).

RESULTADOS

Estado actual de la cobertura vegetal en el área de estudio

Según el mapa de cobertura vegetal del Distrito Capital elaborado por el Jardín Botánico de Bogotá (Correa 2006) las coberturas para el sector medio de la cuenca del río Tunjuelo se clasifican en: de tipo artificial, que corresponden al 25,7 por ciento; de cultivos manejados, que corresponden al 34,5 por ciento; cuerpos de agua, con 0,2 por ciento; y de tipo natural y seminatural, que cubren el 39,8 por ciento, con cerca de 10 clases de interés para el muestreo que se distribuyen en: 192 ha de rastrojos en áreas quemadas, 315 ha de bosque denso, 859 ha de matorral denso, 50 ha de matorral subxerófito, 1.393 ha de pajonal subxerófito, 2 ha de chuscal, 809 ha de misceláneos de pajonal matorral, 213 ha de misceláneos de pastizales y matorrales subxerófitos, 1.224 ha de pajonal frailejonal y 951 ha de vegetación riparia en la ribera de ríos y quebradas (Mapa 1).

Tipos de vegetación caracterizados en la cuenca media del río Tunjuelo

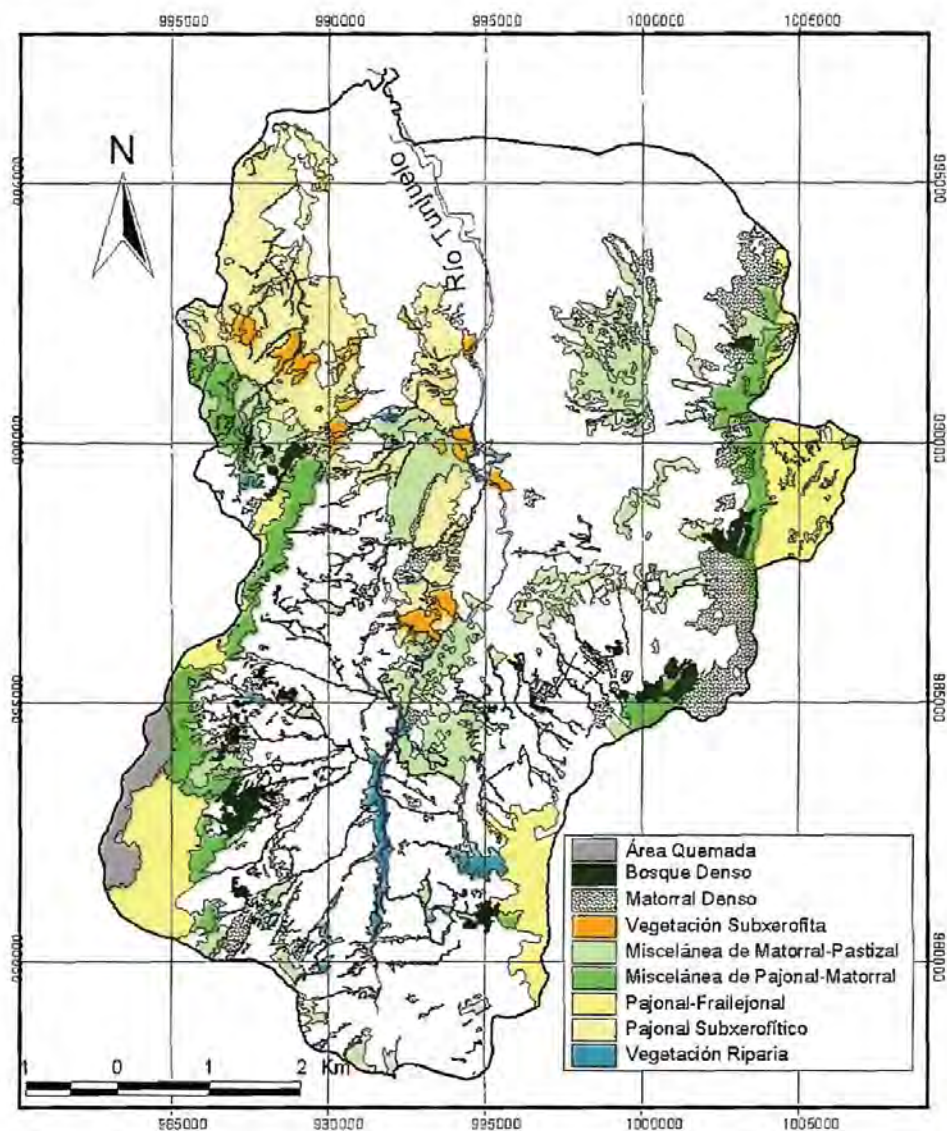
Durante el desarrollo de esta investigación se hicieron 38 muestreos de vegetación que permitieron realizar la caracterización fisionómica, estructural y florística de matorrales y pastizales subxerófitos, bosques ribereños y vegetación propia del páramo, los cuales se presentan a continuación.

Matorrales subxerófitos

- Matorral bajo de *Dodonaea viscosa* y *Chromolaena leivensis*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral de ralo a muy denso, con predominio de elementos con alturas inferiores a 3 m, por lo que se puede considerar un matorral de porte bajo a medio. Forma parches de tamaños variados.

Presenta entre dos y tres estratos: el dominante es el rasante con coberturas muy densas (80-100%) y con el mayor número de especies, entre ellas *Evolvulus bogotensis*, *Pleurothallis* sp., *Chromolaena leivensis* y *Cyphea serpyllifolia*, y variedad de gramíneas y musgos. El estrato herbáceo también es denso (67-80%), dominan en cobertura *Dodonaea viscosa* y *Chromolaena leivensis* seguidas por *Lantana boyacana* y *Epidendrum elongatum*; el estrato arbustivo, que puede o no estar presente, alcanza valores cercanos al 50 por ciento de cobertura con *Dodonaea viscosa* como especie dominante e individuos de hasta 2 m de altura (Fotos 1a y 1b).



Mapa 1. Tipos de vegetación natural y seminatural presentes en la cuenca media del río Tunjuelo. Se resaltan coberturas vegetales de interés. Fuente: modificado de Correa 2006 mapa de cobertura vegetal.



Foto 1a



Foto 1b

Matorral subxerófito de *Dodonaea viscosa* y *Chromolaena leivensis* en los alrededores del relleno sanitario de Doña Juana. Fotos: Sandra P. Cortés, 2006.

A pesar de su densa cobertura, la riqueza de especies es pobre, la familias mejor representadas son Poaceae (3 géneros, 3 especies) y Orchidaceae (2 géneros, 2 especies). Las demás familias están representadas por una especie; en total esta comunidad presentó 12 familias, 15 géneros y 15 especies.

Aspectos ecológicos: típico matorral subxerófito de la región cuyo porte varía de bajo a medio según el tipo de sustrato y el tiempo de desarrollo, lo cual redundante en su altura, densidad, mejoramiento de la cobertura del sustrato y riqueza de especies (Fotos 1a y 1b). Se observa que suelos removidos cerca a canteras y obras civiles son colonizados relativamente rápido por este tipo de vegetación. En sectores muy intervenidos la diversidad de especies baja drásticamente y se observa la presencia frecuente del invasor retamo espinoso, *Ulex europaeus*, que tiene la capacidad de colonizar rápidamente estos ambientes.

Distribución: se distribuyen en las zonas más secas de la Sabana de Bogotá, con precipitaciones inferiores a 700 mm anuales, entre las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Rafael Uribe y San Cristóbal y los municipios de Soacha, Madrid y Mosquera entre 2.550 y 2.800 m de altitud.

• Matorral bajo de *Elleanthus* sp. - *Chromolaena leivensis*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral subxerófito bajo. Se identifican tres estratos donde el dominante es el arbustivo (70%), seguido por el rasante (62%) y el herbáceo (40%). La altura de este matorral no supera los 2 m y se destaca la presencia abundante de *Elleanthus* sp. que forma

extensos parches (Foto 2). En el estrato arbustivo las especies dominantes son en orden descendente *Elleanthus* sp., *Baccharis latifolia* y *Monnina cf. aestuans*; en el estrato herbáceo *Chromolaena leivensis*, *Lantana boyacana*, *Stevia lucida* y *Baccharis latifolia* y en el rasante *Desmodium molliculum*, *Pleurothallis* sp., *Andropogon* sp., *Bidens triplinervia* y *Jarava ichu*.

El estrato más rico en especies es el rasante y las familias con mayor riqueza son Asteraceae (6 géneros, 6 especies), Orchidaceae (3 géneros, 3 especies), Poaceae (2 géneros, 2 especies) y Rubiaceae (2 géneros, 2 especies). En este tipo de vegetación se tiene registro de 8 familias, 17 géneros y 17 especies.

Aspectos ecológicos: este tipo particular de vegetación se desarrolla en el interior de las cárcavas o zanjas más o menos hondas que se forman por erosión hídrica sobre suelos degradados. El ambiente húmedo en su interior, al igual que la acumulación de materia orgánica proveniente de sectores altos por acción de la lluvia y la pendiente, hace del interior de la cárcava una trampa de nutrientes y semillas que permiten el desarrollo de variedad de especies y favorece los procesos de sucesión que dan como resultado una mezcla, en algunos casos inusual, de especies (Foto 2).



Foto 2. Matorral subxerófito de *Elleanthus* sp. - *Chromolaena leivensis* en los alrededores del relleno sanitario de Doña Juana. Foto: Sandra P. Cortés, 2006.

Distribución: entre 2.500 y 2.800 m de altitud en sectores de la localidad de Usme, en los alrededores del relleno sanitario Doña Juana.

▪ Matorral bajo de *Dodonaea viscosa* y *Hesperomeles obtusifolia*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral subxerófito denso de porte predominantemente bajo que no supera los 3 m de altura y que forma parches de tamaños variados en contacto directo con pastizales y pajonales de zonas abiertas (Foto 3).



Foto 3. Matorral bajo de *Dodonaea viscosa* y *Hesperomeles obtusifolia* en el embalse de Cantarrana. Foto: Sandra P. Cortés. 2006.

Los estratos dominantes son el rasante y el herbáceo, cada uno muy denso con coberturas cercanas al ciento por ciento y predominio de musgos, gramíneas y especies como *Echeveria bicolor*, *Pleurothallis* sp. y *Chromolaena bullata*. El estrato herbáceo está conformado principalmente por arbustos bajos con predominio de *Hesperomeles obtusifolia* y *Chromolaena leivensis* en compañía de *Cordia cylindrostachya* y *Xylosma spiculifera*. En el estrato arbustivo dominan *Hesperomeles obtusifolia* y *Duranta mutisii*. En este tipo de vegetación se tiene registro de 15 familias, 21 géneros y 22 especies.

Aspectos ecológicos: esta formación vegetal actualmente se presenta de manera dominante en los sectores secos de la cuenca media del río Tunjuelo.



Es una comunidad transitoria producto de la regeneración de bosques bajos mejor conservados que debieron existir en la zona. Se identifica una importante dinámica en los sustratos ocasionado por el lavado continuo de los suelos en zonas de alta pendiente y depósito de arenas en las zonas planas.

Distribución: se extiende sobre el costado occidental del río Tunjuelo, en laderas muy expuestas a los vientos, a manera de parches de matorral denso sobre diferentes pendientes y geoformas como laderas y planos de terrazas entre 2.600 y 2.800 m de altitud.

- Matorral bajo de *Opuntia schumannii* y *Chromolaena leivensis*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral cardonal subxerófito bajo, de aspecto ralo en su distribución general sobre el territorio pero que puede formar parches densos con alturas no superiores a 3 m (Foto 4a y 4b).

Presenta tres estratos con dominio del herbáceo (49-50%) y del rasante (45-51%); el arbustivo es incipiente (1-8%). En el estrato herbáceo la dominancia es de *Chromolaena leivensis* seguida por *Dodonaea viscosa* y *Opuntia schumannii*; en el rasante la matriz es de gramíneas, musgos, orquídeas y representantes juveniles de los estratos superiores; en el arbustivo se presenta *Chromolaena leivensis* y *Lycianthes lycioides*.



Foto 4a



Foto 4b

Foto 4. Matorral subxerófito de *Opuntia schumannii* y *Chromolaena leivensis*, alrededores de Mochuelo Bajo en Ciudad Bolívar. Fotos: Sandra P. Cortés, 2006.

El estrato rasante es el de mayor riqueza florística siendo las familias Poaceae, Asteraceae y Orchidaceae las mejor representadas, junto con los briófitos. En el estrato herbáceo dominan Asteraceae, Sapindaceae y Cactaceae y en el arbustivo Asteraceae y Solanaceae. En esta comunidad se encontraron 13 familias, 20 géneros y 21 especies.

Aspectos ecológicos: matorrales nativos que se han extendido en las zonas secas del sur de la ciudad de Bogotá, con bajas precipitaciones y suelos escasos o residuales, con poco sustrato orgánico y en donde se evidencian procesos de erosión. Las especies presentes en esta comunidad son tolerantes a ambientes secos y suelos pobres.

Distribución: entre 2.600 y 2.800 m, alrededor de zonas de extracción minera de la localidad de Ciudad Bolívar.

• Matorral rosetoso subxerófito de *Furcraea cf cabuya*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral rosetal bajo denso, no supera los 2,5 m de altura, con la presencia de especies de hábito de crecimiento en roseta, típicamente *Furcraea cf cabuya* (Foto 5a y 5b). Se presentan tres estratos siendo el herbáceo el dominante (85-44%), seguido por el rasante (81-31%) y luego por el arbustivo (54-7,2%).

En el estrato rasante dominan especies de las familias Asteraceae y Poaceae; en el estrato herbáceo *Dodonaea viscosa* es la especie dominante, ocupa cerca del 40 por ciento de la cobertura total del mismo y su biomasa da el aspecto



Foto 5a



Foto 5b

Foto 5. Matorral rosetoso subxerófito de *Furcraea cf cabuya* alrededores del embalse seco de Cantarrana. Fotos: Sandra P Cortés, 2006.

denso del matorral. En este estrato están presentes las rosetas de *Furcraea cf cabuya* que tipifican esta comunidad vegetal; también están presentes *Miconia squamulosa* y especies del género *Hesperomeles*. En el estrato arbustivo la especie única dominante es *Dodonaea viscosa*. En este grupo se registran 27 familias, 50 géneros y 56 especies, siendo las familias dominantes Asteraceae (8 géneros, 12 especies), Orchidaceae (4 géneros, 5 especies) y Poaceae (4 géneros, 4 especies).

Aspectos ecológicos: este tipo de vegetación es natural de las áreas secas del Distrito Capital, así como de zonas similares de Boyacá y Cundinamarca, sobre suelos pobres y con fuerte influencia del viento; algunos relictos no alterados se presentan sobre afloramientos rocosos y zonas de alta pendiente, lo cual ha favorecido su protección.

Distribución: presente en laderas y cimas entre 2.600 y 3.000 m de altura en el relleno sanitario Doña Juana y terrenos aledaños de Usme y Ciudad Bolívar; también se aprecia en los municipios de Soacha y en sectores secos de Chía, Madrid, Mosquera y Bojacá.

Pastizales Herbazales subxerófitos

Este tipo de formaciones vegetales se desarrollan sobre cimas y laderas escarpadas y de pendientes de moderadas a fuertes, en algunos sectores fríos y secos de Bogotá y presentan una importante diversidad de especies; sus características comunitarias aún están por definir, por lo cual a continuación se presenta una descripción general de este tipo de pastizales.



Foto 7. Pajonales subxerófitos en la cuenca media del río Tunjuelo y en los alrededores del embalse de Cantarrana. Fotos: Sandra P. Cortés, 2007.

Fisionomía, estructura y composición florística: pastizales y herbazales. Se presentan estratos rasante y herbáceo. Florísticamente predominan en cobertura las gramíneas que llegan a conformar valores superiores al 80 por ciento, con especies como *Aegopogon tenchroides*, *Aristida laxa*, *Jarava ichu* y otras de los géneros *Andropogon*, *Agrostis*, *Calamagrostis* y *Bromus*, en compañía de especies de las familias Asteraceae, Sapindaceae y Lythraceae, que se presentan en menor porcentaje. En cuanto a riqueza se registraron como valores máximos por muestreo 12 familias, 20 géneros y 22 especies, siendo la familia Poaceae la dominante.

Aspectos ecológicos: estos pastos naturales y pajonales se extienden sobre escarpes y suelos poco profundos, especialmente en la parte norte y centro de la cuenca media del río Tunjuelo, con relación a áreas muy afectadas por el efecto secante de los vientos.

Distribución: en la cuenca media del río Tunjuelo se han observado en la localidad de Ciudad Bolívar, en inmediaciones del embalse seco de Cantarrana y en sectores aislados de Usme entre 2.800 y 3.000 m.

Bosques ribereños

• Bosque de *Escallonia paniculata*, *Abatia parviflora* y *Cordia cylindrostachya*

Fisionomía, estructura y composición florística: bosque denso en la ronda de quebradas; lo conforman cuatro estratos: el rasante, que presenta variedad de hierbas y musgos con coberturas cercanas al 40 por ciento; el herbáceo, que es el menos denso con valores de cobertura cercanos al 20 por ciento y representación de arbustos bajos como *Monochaetum myrtoideum*, *Salvia* sp., *Psychotria boqueronensis* y *Baccharis latifolia*, entre otros; el arbustivo, que es el de mayor cobertura (50-100%) con presencia abundante de *Chusquea scandens* junto con *Myrcianthes leucocoxyla*, *Miconia squamulosa*, *Barnadesia spinosa*, *Holodiscus argenteus* y *Abatia parviflora*; y el subarbóreo con coberturas cercanas al 20 por ciento, con *Escallonia paniculata*, *Cordia cylindrostachya* y *Xylosma spiculifera*.

Aspectos ecológicos: buena representación de helechos y musgos, especies típicas de zonas húmedas y ambientes sombríos. Existe una buena presencia de epífitas principalmente musgos, líquenes y representantes de Orchidaceae y Piperaceae; se destaca también la presencia de trepadoras.

Distribución: se presenta en la quebrada el Chuscal, localidad de Ciudad Bolívar y en quebradas cercanas entre 2.800 y 3.000 m.

• Bosque de *Weinmannia tomentosa* y *Vallea stipularis*

Fisionomía, estructura y composición florística: bosque relictual de orilla de río. Presenta cuatro estratos: el rasante, con 20 por ciento de cobertura y representación de juveniles de especies de los estratos superiores, junto con variedad de bromelias y helechos; el herbáceo, con 43 por ciento de cobertura y dominancia de *Miconia ligustrina*, *Myrcianthes leucoxylla*, *Macleania rpestris* y *Ageratina asclepiadea*; el arbustivo, con ciento por ciento de cobertura y las especies que más aportan a esta son *Ageratina asclepiadea*, *Vallea stipularis*, *Hesperomeles goudotiana*, *Miconia ligustrina* y *Chusquea scandens*; y el subarbóreo, con ciento por ciento de cobertura y que muestra el dominio de especies como *Ilex kunthiana*, *Cytherexylon sulcatum*, *Weinmannia tomentosa*, *Vallea stipularis*, *Cavendishia bracteata* y *Symplocos theiformis* (Foto 8).

Aspectos ecológicos: bosques casi desaparecidos de la ronda del río Tunjuelo, que se presentan a manera de parches y angostos corredores discontinuos, en algunos casos conectando cursos de afluentes menores.



Foto 8. Vegetación ribereña en alto grado de fragmentación sobre la ronda del río Tunjuelo, en Ciudad Bolívar, a 3.000 m de altitud. Foto: Sandra P. Cortés, 2007.

Distribución: ronda del río Tunjuelo y cursos menores, entre 2.900 y 3.000 m de altitud.

• Bosque de *Weinmannia tomentosa* y *Clethra fimbriata*

Fisionomía, estructura y composición florística: bosque ribereño. Se presentan cinco estratos: el arbóreo inferior, representado por *Weinmannia tomentosa* (21,2%); el subarbóreo, que es el que presenta mayor valor de cobertura (91,8%) con alta abundancia de *Clethra fimbriata*; el arbustivo, con 25,25 por ciento de cobertura, especialmente ocupada por *Piper prunifolium* y *Ageratina asclepiadea*; el herbáceo, que presenta 4,6 por ciento de cobertura; y el rasante, con valores cercanos al 30 por ciento, con abundancia de especies de Polypodiaceae y Cyperaceae junto con plántulas de Melastomataceae.

Aspectos ecológicos: se presentan formando un continuo desde la orilla de las quebradas en comunicación con parches de intervención variada en contacto con laderas de pendientes moderadas a muy pronunciadas, actualmente rodeados de terrenos en producción agrícola —papa, arveja—.

Distribución: ríos y quebradas tributarias del río Tunjuelo en las cabeceras y partes de ladera alta, entre 3.000 y 3.100 m de altitud.

• Bosque de *Oreopanax bogotense* y *Escallonia paniculata*

Fisionomía, estructura y composición florística: bosque maduro relictual. El estrato dominante es el subarbóreo en densidad y cobertura (37%); le sigue el arbustivo, con coberturas hasta del 30 por ciento y en el que se destaca la importante presencia de *Chusquea scandens* que, al ser incluida en este estrato, puede llegar hasta un 70 por ciento de cobertura; luego el arbóreo inferior, que está presente con elementos maduros de especies como *Oreopanax bogotense* y *Escallonia paniculata*. Eventualmente se presenta *Prunus buxifolia* aunque el número de individuos adultos es escaso; los estratos herbáceo y rasante están en valores inferiores al 7 por ciento.

Aspectos ecológicos: los relictos de estos bosques en sectores límite entre lo urbano y lo rural tuvieron como factores constantes la presencia de volúmenes considerables de basuras y escombros, sobre aguas y vegetación, de especies invasoras como *Ulex europaeus* y *Teline monspessulana* y su utilización como leña, zonas de tránsito y sombra para el ganado, lo cual redundó negativamente en el estado de estos fragmentos lineales de bosque.



Distribución: Bogotá, D.C., localidad de Usme y vereda Tiguaque, a 2.990 m de altitud.

Bosques de laderas altas

- Bosque de *Weinmannia tomentosa* e *Ilex kunthiana*

Fisionomía, estructura y composición florística: bosque relictual conformado por cinco estratos: el rasante, con una cobertura cercana al 40 por ciento, en donde priman musgos, helechos y juveniles de los estratos superiores; el herbáceo, con una cobertura del 42 por ciento y con representantes de las familias Piperaceae, Melastomataceae, Solanaceae y Asteraceae; el arbustivo y el subarbóreo, con valores cercanos al 25 por ciento y que muestran, en el primer caso, dominio de especies del género *Solanum* y *Barnadesia spinosa* y en el segundo caso mayor abundancia de *Weinmannia tomentosa* e *Ilex kunthiana*; y el estrato dominante, el arbóreo inferior, con *W. tomentosa* que logra una cobertura del 66 por ciento y alcanza una altura máxima de 16 m.

Aspectos ecológicos: corresponde a un bosque maduro y relictual de los sectores rurales de la localidad de Ciudad Bolívar, los cuales están en contacto directo con cultivos de papa.

Distribución: conocidos como Encenillales de Pasquilla, en la localidad de Ciudad Bolívar, entre 3.100 y 3.200 m.

Vegetación de páramo

- Pajonal rosetal de *Puya nitida* y *Calamagrostis effusa*

Fisionomía, estructura y composición florística: pajonal rosetal (Foto 9). Presenta dos estratos: el herbáceo (55%), que es el dominante, y el rasante (45%). La parte del área cubierta en este levantamiento presenta afloramientos rocosos que empiezan a ser colonizados por algunas hierbas, las cuales fueron precedidas por líquenes y musgos. El estrato rasante está dominado por variedades de gramíneas, especialmente *Calamagrostis effusa*, y por juveniles de *Puya nitida*; el herbáceo muestra amplio dominio de los elementos maduros de *Puya nitida* acompañados por arbustos de *Gaiadendrum punctatum*, especies del género *Hypericum*, *Syphocampylus columnae* y *Miconia ligustrina* y se destaca la presencia esporádica de *Espeletiopsis corymbosa*.



Foto 9. Pajonal rosetal de *Puya nitida* y *Calamagrostis effusa*.
Foto: Sandra P. Cortés, 2006.

Aspectos ecológicos: laderas y cimas de transición semihúmedas a ligeramente húmedas y en estado de recuperación después de entresacas o de influencia del fuego. Sustratos rocosos y suelos superficiales, con una matriz de variedad de gramíneas y predominio de especies de crecimiento arrosetado.



Foto 10a



Foto 10b

Foto 10a y 10b. Pajonal frailejonal de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia grandiflora*. Fotos: Sandra P. Cortés, 2007.

Distribución: se identificó en cimas y laderas altas de montaña sobre 3.200 m en sectores de la localidad de Ciudad Bolívar, en el área de reserva forestal de Encenillales de Mochuelo.

- Pajonal frailejonal de *Calamagrostis effusa* y *Espeletia grandiflora*

Fisionomía, estructura y composición florística: pajonal frailejonal denso (Fotos 10 a y b). Se presentan entre dos y tres estratos: el rasante (58-100% de cobertura) suele estar conformado por una densa matriz de *Calamagrostis effusa* y de otras gramíneas y hierbas; el herbáceo (58-81%), en donde se encuentra *Espeletia grandiflora* que domina en cobertura, seguida por *Arcytophyllum nitidum*, *Diplostephium phyllicoides* y *Morella parvifolia*; en algunos casos se presenta un incipiente estrato arbustivo conformado por *Diplostephium phyllicoides*, *Arcytophyllum nitidum*, *Hypericum mexicanum* e *Hypericum strictum*.

Aspectos ecológicos: es una típica formación vegetal de subpáramo y páramo medio, en muy buen estado de conservación y caracterizada por ser zona de recarga hídrica.

Distribución: este tipo de vegetación se ubicó en el páramo de Pasquilla, que se extiende hasta el páramo de las Mercedes en la localidad de Ciudad Bolívar. Una particularidad de este sector es la transición de zonas secas del norte a zonas más húmedas del sur, por eso su tipificación como semihúmedo. Cubre laderas y cimas a 3.100 m de altitud.

- Pajonal frailejonal de especies de *Calamagrostis*, *Espeletia cf grandiflora* y *Chusquea tessellata*.

Fisionomía, estructura y composición florística: pajonal frailejonal de páramo en transición de clima semihúmedo a húmedo. Se presentan los estratos herbáceo y rasante siendo este último el dominante con coberturas del ciento por ciento, con varias especies del género *Calamagrostis* y presencia de cojines de musgos y pequeñas cyperaceas del género *Oreobolus*. En el estrato herbáceo se destaca la presencia de rosetas de *Espeletia cf grandiflora* y *Puya cf trianae* junto con otras especies como *Chusquea tessellata* y *Vaccinium floribundum*.

Aspectos ecológicos: se presentan en zonas pantanosas del páramo.

Distribución: se identificó en la vereda Pasquilla, páramo de la laguna del Alar sobre 3.560 m.

- Matorral de *Arcitophyllum nitidum* y *Diplostephium phyllicoides*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral rosetal de porte bajo y ralo donde predominan *Diplostephium phyllicoides* y *Arcitophyllum nitidum*, con presencia de *Espeletia cf grandiflora*.

Aspectos ecológicos: suelos superficiales y afloramientos rocosos con cobertura de musgos.

Distribución: se identificó en la vereda Pasquilla, páramo de la laguna del Alar sobre 3.560 m.

- Matorral de *Chusquea tessellata* y *Scrobicaria illicifolia*

Fisionomía, estructura y composición florística: matorral ralo. Presenta dos estratos el rasante y el herbáceo y aunque el primero es el dominante por la presencia de musgo que ocupa casi un 80 por ciento, el resto de su cobertura en cada uno está entre el 30 y el 80 por ciento. Las especies dominantes en altura, densidad y cobertura son *Chusquea tessellata* y *Scrobicaria illicifolia*, en compañía de algunos juveniles del género *Espeletia* y variedad de representantes de las familias Poaceae, Juncaceae y Cyperaceae.

Aspectos ecológicos: presente a manera de parches entre el pajonal frailejonal; su presencia se asocia con suelos más profundos y humedad edáfica alta.

Distribución: se identificó en la vereda Pasquilla, páramo de la laguna del Alar sobre 3.545 m.

Riqueza y diversidad florística

En los tipos de vegetación muestreados y teniendo en cuenta solo las plantas incluidas en las parcelas se encontró un total de 243 especies de 173 géneros y 76 familias. Las familias con mayor representación son Asteraceae con 46 especies y 28 géneros, Poaceae con 18 especies y 15 géneros, Melastomataceae con 12 especies y 5 géneros, Orchidaceae con 11 especies y 8 géneros y Rosaceae con 9 especies y 6 géneros.



Como se aprecia en la Tabla 1 los bosques ribereños presentan la mayor riqueza florística: las familias más representativas son Asteraceae con 23 especies y 15 géneros, Melastomataceae con 11 especies y 5 géneros, Piperaceae con 7 especies y 2 géneros y Polypodiaceae con 6 especies y 5 géneros.

Tipos de vegetación	Familias	Géneros	Especies	Índice de Shannon	Promedio de especies por muestreo
Vegetación de páramo	29	53	67	1,26 - 2	23
Bosques ribereños	58	109	148	2,44 - 3,1	29
Matorrales subxerófitos	30	61	73	0,77 - 2,39	23,5
Pastizales subxerófitos	21	47	55	0,83 - 2,2	16,5

Tabla 1. Riqueza y diversidad florística de varios tipos de vegetación caracterizados en la cuenca media del río Tunjuelo.

Siguen los matorrales subxerófitos cuyas familias más representativas son Asteraceae con 14 especies y 11 géneros, Poaceae con 8 especies y 8 géneros y Orchidaceae con 7 especies y 6 géneros, y luego los matorrales, pajonales y frailejonales del páramo cuyas familias más representativas son Poaceae con 10 especies y 8 géneros, Asteraceae con 9 especies y 8 géneros y Rosaceae con 4 especies y 3 géneros.

En último lugar se ubican los pastizales subxerófitos cuyas familias más representativas son Poaceae con 14 especies y 10 géneros, Asteraceae con 11 especies y 9 géneros y Rubiaceae con 3 especies y 3 géneros.

DISCUSIÓN

Al sur del Distrito Capital en la cuenca media del río Tunjuelo y según aspectos como el gradiente altitudinal, las condiciones climáticas, los factores abióticos y los bióticos, incluidas en estos últimos las comunidades vegetales, se pueden identificar dos condiciones: una seca, ubicada al occidente y suroccidente, caracterizada por la presencia de ecosistemas subxerófitos que se expresan en formaciones vegetales como matorrales, pajonales y pastizales herbazales, con precipitaciones desde muy bajas (promedios anuales de 600 mm) a medias (800-900 mm) con un factor de humedad de semiseco a semihúmedo; y otra mucho más húmeda, al oriente y suroriente, con ecosistemas como bosques y páramos de tendencia higrófito, donde las precipitaciones aumentan gradualmente desde

las zonas bajas cercanas al eje conformado por el río Tunjuelo, desde los 600 mm, hasta las zonas más pendientes y altas con valores de alrededor de 1.400 mm, con regímenes de ligeramente húmedo a muy húmedo.

La parte más plana y baja de la cuenca media del río Tunjuelo coincide con su valle de inundación, conformado por sustratos arcillosos lo cual, junto a un efecto secante de los vientos, provoca la condición de subxerofitia, que se expresa en la vegetación presente con adaptaciones particulares como la presencia de tallos y hojas suculentas —carnosas—, hojas de tamaño pequeño, presencia de resinas y exudados que disminuyen la pérdida de agua de los tejidos, presencia de espinas, crecimiento gregario de las especies y variedad de mecanismos de propagación natural de tipo asexual. Sin embargo, a pesar de que estos ambientes presentan condiciones que favorecen la subxerofitia, otros factores y ya de tipo antrópico han propiciado que estas zonas se extiendan un poco más y amplíen sus límites por acción de la pérdida de suelos y posterior erosión, lo cual se debe principalmente a la cercanía a zonas duras de la ciudad y a la extracción minera extendida en la zona la cual, según el POT de Bogotá, hace parte del parque minero de la ciudad, con explotaciones actuales con licencia y otras que se proyectan para los próximos años.

Este tipo de enclaves de condición subxerófito fueron registrados para la región de la Sabana de Bogotá por van der Hammen (1998), Cortés & Rangel (2000) y Cortés (2008b) en la franja baja de la región Andina (2.500-2.800 m) en laderas bajas y en sectores de base de montaña y de planicie ubicados especialmente en el norte de la región en los municipios de Tausa, Nemocón y Suesca y hacia el sur entre Bojacá, Mosquera, Madrid, Soacha y áreas aledañas del sur de Bogotá. Rivera *et al* (2004) también registra en el municipio de Ubaque y al norte del altiplano de Bogotá asociaciones de pastizales xerófilos (Rangel *et al* 2004).

Cortés (2007a) caracterizó también un matorral de tipo subxerófito de *Cordia cylindrostachya*, *Lycianthes lycioides*, *Duranta mutisii*, *Barnadesia spinosa* y *Dodonaea viscosa* como un tipo de formación vegetal en áreas afectadas por efecto de sombra de lluvias de Ciudad Bolívar en climas fríos de transición de semihúmedo a semiseco. Actualmente se presentan en los bordes de camino, en cercas vivas y en relictos de pequeños parches con este conjunto de especies o sus elementos individuales en las zonas bajas en el sector norte del área de reserva forestal de Encenillales de Mochuelo (Unión Temporal Escala Humana - INSAT 2007).



En las laderas aledañas a la planicie y en pequeñas serranías como las que integran el parque distrital de Entrenubes la condición seca aún está presente mostrando disminución a medida que se cambia la línea de isoyeta (línea límite del monto de precipitación) que indica precipitaciones más altas siempre hacia los bordes de la cuenca que coincide con las partes de mayor altitud de la misma.

Hacia el sector del parque Entrenubes (localidades de Usme, Rafael Uribe Uribe y San Cristóbal) también se presenta este tipo de matorral bajo, similar en estructura y composición, conformado principalmente por *Dodonaea viscosa*, *Cordia lanata* (sinónimo de *C. cylindrostachya*), *Miconia squamulosa*, *Baccharis latifolia*, *Lantana boyacana* y variedad de gramíneas entre otras especies (Giraldo & Suescún 2002); sin embargo, en su inventario no registran a *Ch. leivensis* que tipifica esta formación vegetal en los sectores analizados en este estudio en la localidad de Ciudad Bolívar.

El tipo de vegetación denominada en esta contribución matorral cardonal, especialmente para este último término en el sentido de Pittier (1939) en Huber & Riina 1997, se define como una asociación xerófila dominada por cactáceas más o menos suculentas y entre ellos citan variadas especies del género *Opuntia*. Este matorral en particular no se muestra tan maduro en la actualidad, lo que también estaría evidenciando su reciente asentamiento, pues en otros sectores de los alrededores de Bogotá como Mosquera, Madrid y Bojacá, en comunidades establecidas hace más tiempo, los individuos de *Opuntia* muestran portes arbustivos mayores a 2 m de altura. La vegetación de este tipo fue registrada por Cardozo (1965), Vink & Wijninga (1987) y Wijninga *et al* (1989) para sectores aledaños a la laguna de la Herrera en el municipio de Mosquera.

Los matorrales de *Dodonaea viscosa* y *Hesperomeles obtusifolia* al mostrar la presencia de especies como *Cordia cylindrostachya* y *Xylosma spiculifera* que son elementos propios de bosque Andino bajo, indica que en estados más avanzados este tipo de vegetación podría desarrollar un bosque típico de zonas bajas y secas, con dominio además de *Duranta mutisii*, siempre y cuando los suelos también mejoren en cuanto a materia orgánica. Actualmente el lavado de los suelos puede tener detenida esta sucesión a causa de la pérdida constante de nutrientes especialmente en las temporadas de lluvia, sumando a esto otros limitantes relacionados con la fuerte radiación solar, el paso constante de los vientos y la cercanía a los centros urbanos, que traen consigo cambios en el mesoclima, la calidad del aire y el aumento de partículas en suspensión.

En la franja del bosque Andino alto (2.800-3.200 m) sobre cimas y laderas escarpadas y de pendientes moderadas a fuertes se presenta otro interesante tipo de formación vegetal conformada fisionómicamente y florísticamente por elementos herbáceos con el predominio de gramíneas. Para la Sabana de Bogotá estas formaciones vegetales han sido registradas por Cortés *et al* (1999) en sectores escarpados del municipio de Chía; igualmente Rivera *et al* (2004) describieron varios tipos de pastizales para Ubaque y el norte del altiplano de la Sabana de Bogotá y Groenendijk & Cleef (2005) en los municipios de Nemocón y Suesca. Muchos de estos pastizales se asocian a estados sucesionales luego del uso agropecuario y otros a comunidades climáticas cuyo factor limitante son los sustratos rocosos, con poca capa de materia orgánica y alta aridez.

Debido a la alta variación en áreas contiguas de los pastizales del sur de Bogotá se requiere profundizar más en los aspectos ecológicos y florísticos asociados para dilucidar los patrones de asociación de especies. Sin embargo se destaca la importancia de estas áreas naturales de tipo abierto que favorecen la movilidad de pequeños mamíferos y que además sirven de zonas de anidación para algunas aves, siendo por esto excelentes zonas de cacería para rapaces y carnívoros. La vegetación boscosa subxerófita de cimas altas ya es muy escasa. Los pequeños relictos presentes son una mezcla entre los propiamente subxerófitos y las coberturas de tipo antrópico como pastos y cultivos, incluso plantaciones de especies exóticas. En estos bosques la condición climática se clasifica como fría y seca, con factores de humedad de semisecos a semihúmedos.

En los bosques de montaña la condición seca de estos sectores y en especial de la vegetación se identifica por la ausencia de especies típicas del bosque Andino húmedo como *Drimys granadensis* (condición ya identificada por Cortés *et al* 1999 y por Cortés 2003, 2008b) y por la abundancia de especies como *Cordia cylindrostachya*, *Barnadesia spinosa* y eventualmente especies del género *Opuntia* más típicas de condiciones de bajas precipitaciones (Cardozo 1965; Vink & Wijninga 1987; Wijninga *et al* 1989).

En zonas de humedad ambiental baja y precipitaciones inferiores a 800 mm (monto anual) sobre los 2.700 m la especie dominante es *Weinmannia tomentosa* en asocio con especies de las familias Melastomataceae, género *Miconia* (*M. squamulosa* y *M. ligustrina*) y Myrsinaceae, género *Myrsine* (Cortés 2007a).



En el límite de la condición climática fría y seca hacia un clima frío semihúmedo se presentan bosques de *Cordia cylindrostachya* y *Oreopanax floribundum* (Cortés 2007a) desde los 2.600 m hasta los 3.100 m. Sus vestigios han quedado confinados a las rondas de quebradas y a orillas de caminos o potreros a manera de arbustos y árboles individuales, conformando matorrales de alturas medias.

Para el caso de los bosques ribereños muestreados se destaca la presencia de especies de baja frecuencia en el territorio urbano semiurbano del Distrito Capital y que ya son escasas en el rural como *Escallonia paniculata*, *Prunus buxifolia* y *Oreopanax bogotensis*, cuyos individuos encontrados presentan bastante madurez y son elementos que debieron estar anteriormente en poblaciones importantes pero que actualmente están muy fragmentadas, constituyéndose los cordones de vegetación riparia en el único conector y sustrato posible para procesos de dispersión efectiva de propágulos, pues la matriz que los rodea son pastizales, cultivos de continua rotación y áreas duras de asentamientos urbanos consolidados (Cortés 2008).

Las formaciones de pajonal rosetal de *Puya nitida* y *Calamagrostis effusa* se han observado en regiones de vida paramuna con un régimen seco a semihúmedo en la franja de vida del subpáramo (3.200-3.400 m) en laderas altas y cimas, como en la zona subparamuna semiseca del municipio de Chía, cerro Manjuy (Cortés *et al* 1999).

Los matorrales de las zonas más altas muestran dominio de *Arcitophyllum nitidum*, *Diplostegium phyllicoides* y especies del género *Hypericum* junto con variedad de ericáceas. En algunos casos están asociados a regeneración luego de quemas (Cortés 2007a), información que se relaciona con los registros de Cleef (1981) para el páramo de Cruz Verde, con los de Rangel & Ariza (2000) para los Cerros Orientales, que registran la asociación entre especies del género *Calamagrostis* con *Espeletia grandiflora* y con los de Lozano & Schnetter (1976) para Cruz Verde. También se relaciona con la información de asociación del género *Calamagrostis* con *Espeletiopsis corymbosa* registrada para el páramo de Laguna Verde por Bekker & Cleef 1985 y para Cruz Verde y Monserrate por Rangel & Sturm 1995, Vargas & Zulaga 1981 y Cleef 1981.

En tanto que el aquí denominado pajonal frailejonal de especies de *Calamagrostis*, *Espeletia cf grandiflora* y *Chusquea tessellata* es registrado por Rangel (2000) para el

páramo de Sumapaz sobre 3.700 m y Chingaza sobre 2.800 m. Debido al mayor predominio de *Ch. tessellata* lo denomina fisionómicamente chuscal.

CONCLUSIONES

Las formaciones vegetales identificadas con relación a los aspectos altitudinales y climáticos permitieron definir patrones que marcan la variedad ecosistémica presente en la cuenca media del río Tunjuelo y su estudio en campo permitió ampliar los conocimientos sobre aspectos de riqueza y diversidad florística de este sector de la ciudad de Bogotá donde se encontraron un total de 243 especies de 173 géneros y 76 familias.

Se caracterizaron cuatro tipos fisionómicos de vegetación actual entre los que se cuentan pastizales y matorrales subxerófitos correspondientes a cinco tipos florísticos, vegetación de páramo con cinco formaciones vegetales y bosques ribereños y de laderas altas de cinco comunidades vegetales.

Los bosques ribereños se caracterizaron como la formación vegetal que más aporta a la riqueza de la cuenca media del río Tunjuelo, seguidos por los matorrales subxerófitos y la vegetación de páramo. Este tipo de ecosistemas es fundamental para mantener la conectividad de la estructura ecológica principal de Bogotá y de la región y hay que darle prioridad a su conservación, al monitoreo de su diversidad y al aumento de su superficie con procedimientos de restauración ecológica activa y pasiva, en donde se fomenten proyectos que eviten la extinción local de especies ya identificadas como escasas.

Las variaciones comunitarias en la vegetación hacen evidentes las alteraciones climáticas de tipo local en sectores del Distrito Capital, de ahí la importancia de la documentación de estas evidencias y su monitoreo continuo para los planes del mismo en la búsqueda de soluciones frente al cambio climático de la ciudad y la región.

La información aquí presentada contribuyó con la actualización del mapa de vegetación del Distrito Capital y permitió complementar la información sobre los tipos de formaciones vegetales presentes en las zonas rurales de Bogotá y se espera que sirvan como elemento para la toma de decisiones en cuanto a conservación y restauración de los ecosistemas de la ciudad, de tal manera



que se protejan ecosistemas vulnerables y se retarden procesos de alteración, degradación y extinción.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran la variedad de tipos fisionómicos presentes en los ambientes subxerófitos del sur de la ciudad, definiendo importantes valores de riqueza florística que ameritarían la consideración de que estos ecosistemas secos sean incluidos o estén representados dentro del sistema de áreas protegidas en el Distrito Capital y de la región de tal manera que integren la red de la estructura ecológica principal y se tenga representación de estos remanentes ecosistémicos especiales tan presionados especialmente por el desarrollo de la ciudad.

Agradecimientos

A los profesionales de la subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá que participaron en el trabajo de campo como Vilma Jaimes, Catalina Giraldo, Guillermo Santos, Bibiana Pérez, Francisco García, Gustavo Morales, Jairo García, Néstor Céspedes y Luis Lara. A los amigos de la comunidad de las localidades de Usme y Ciudad Bolívar que facilitaron y guiaron el acceso a los sectores visitados.

A la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, a la Administración del relleno sanitario Doña Juana y a ANAFALCO por facilitar el acceso a sus predios. A los revisores de este artículo por sus contribuciones para mejorar el contenido.

Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2004. *Plan de Ordenamiento Territorial*. Decreto 190 de 2004. Secretaría General.
- Bekker, R. P. & A. M. Cleef. 1985. *La vegetación del páramo de la Laguna Verde* (municipio de Tausa, Cundinamarca). *Análisis Geográficos*. 14: 193 p.
- Cardozo, R. 1965. *Estudio fitoecológico de la región semiárida de La Herrera* (Cundinamarca). Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (ínédito). Bogotá.
- Cleef, A. M. 1991. *The vegetation of the paramos of the colombian Cordillera Oriental*. *Dissertationes Botanicae* 61: 322 pp. J. Cramer, Vaduz, Berlín.

- Correa-A, C. 2006. *Mapa de cobertura vegetal del Distrito Capital, interpretación visual imagen SPOT 2005*, escala 1:15.000. Contrato 167. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá.
- Corporación Suna-Hisca - Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA. 2002. *Asesoría técnica agroambiental para la apropiación y consolidación del Parque Ecológico Distrital Entrenubes a partir de la formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo*. Tomo III Componente biofísico - Sección vegetación. Convenio No. 053 del 2002. DAMA. 2002.
- Cortés-S., S. P. *En prep. Sintaxonomía, riqueza y diversidad florística de la Sabana de Bogotá*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia.
- , 2003. *Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chía* (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25 (1):119-137.
- , 2005. *Mapa de isoyetas de la cuenca alta del río Bogotá*. Inédito.
- , 2006. *Identificación y caracterización de las comunidades vegetales presentes en las áreas rurales del D.C. y la región*. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. 120 pp. Informe final. Inédito. Bogotá.
- , 2007a. *Componente biótico – Vegetación*. Capítulo V. En: Unión Temporal Escala Humana – INSAT. Contrato No. 432-2005 DAMA. Formulación participativa del plan de manejo ambiental del área forestal distrital Encenillales de Mochuelo.
- , 2007b. *Modelos estructurales para la representación de comunidades vegetales según diferentes características físicas y bióticas del Distrito y caracterización de cuatro comunidades vegetales*. Contrato No. 089. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá.
- , 2008a. *Actualización del mapa de cobertura vegetal a través de la caracterización en campo de comunidades vegetales en áreas priorizadas por el Jardín Botánico de Bogotá como áreas de conservación y restauración ecológica*. Contrato No. 070. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá.
- , 2008b. *La vegetación boscosa y arbustiva de la cuenca alta del río Bogotá*. En: T. van der Hammen (Ed.), *La Cordillera Oriental colombiana*. Transecto Sumapaz. Ecoandes. J. Cramer. Estudios de Ecosistemas Tropicandinos, Vol. 7. 915-960 pp. Berlín-Stuttgart.



- Cortés-S., S. P., T. van der Hammen & J. O. Rangel. 1999. *Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía-Cundinamarca-Colombia*. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. No. 89. Vol. 23 pp. 529-554, diciembre de 1999.
- Cortés-S., S. P. & J. O. Rangel. 2000. *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. Mayo del 2000.
- Franco, P. & J. Betancur. 2000. *Ambiente biótico*. Guía ambiental para la localidad de Sumapaz. Alcaldía Mayor de Bogotá - Universidad Nacional de Colombia.
- Gaviria, S., P. Faivre & T. van der Hammen. 2004. *Origen y evolución de los suelos*. Mapa de Genética de suelos de la Sabana de Bogotá. Publicaciones geológicas especiales de Ingeominas. Vol. 27. 154. INGEOMINAS. Bogotá.
- Giraldo, C. & M. Suescún. 2002. *Caracterización de la vegetación del parque ecológico Entrenubes*. Bogotá, D.C. Corporación Suna-Hisca. Convenio No. 053 de 2002. DAMA.
- Groenendijk J. & A. Cleef. 2005. *Vegetation patterns in a semiarid dwarf forest zone: prospects for succession of abandoned pastures and scrubs*. Pp.11-21. In: Towards recovery of native dry forest in the Colombian Andes. PhD. Tesis. University of Amsterdam, Holanda.
- Gutiérrez, H. 2001. *Mapa de precipitación de la Sabana de Bogotá*. En: EAAB-CI. 2003. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Pp.122.
- Kent, M. & P. Coker. 1992. *Vegetation description and análisis*. A practical approach. Belhaven Press. 96-97. London.
- Huber, O. & R. Riina. 1997. *Glosario fitoecológico de las Américas*. Vol.1. Caracas, Venezuela. p 118.
- Jardín Botánico de Bogotá - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2001. *Caracterización fisonómica, estructural y florística de las unidades de vegetación presentes en las áreas rurales del Distrito Capital*. Específicamente páramo de Sumapaz. Convenio interadministrativo 026-2001. Informe final.

- Jardín Botánico de Bogotá - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2002. *Caracterización fisionómica, estructural y florística de las unidades de vegetación presentes en las áreas rurales del Distrito Capital*. Fase II específicamente páramo de Sumapaz. Convenio interadministrativo 042-2002. Informe final.
- Lozano-C., G. & R. Schnetter. 1976. *Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde*. Colombia II. Las comunidades vegetales. Caldasia. 11 (54): 53-68. Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. 1991. *Vegetación y ambiente en tres gradientes montañosos de Colombia*. Tesis PH-D, Universidad de Ámsterdam, 349, pp. Ámsterdam.
- , 2000. (ed.) *Colombia diversidad biótica III*. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia. 692. Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. & G. Lozano. 1986. *Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el volcán del Puracé*. Caldasia 14 (68-70): 53-547. Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. & H. Sturm. 1995. *Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artropofauna asociada en regiones paramunas de la Cordillera Oriental*. En: L.E. Mora-O. & Sturm (eds). Estudios ecológicos del páramo y del bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia. Colección Jorge Alvarez Lleras. N° 6: 47-70. Tomo I. Acad. Colomb. Ci. Exact.
- Rivera-O., D., J. O. Rangel-Ch. & I. Soriano. 2004. *Pastizales xerófilos del municipio de Ubaque y norte del altiplano de Bogotá*. En: Rangel-Ch., J. Aguirre, M. G. Andrade-C. & D. Giraldo-Cañas (eds), Memorias Octavo Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Botánica, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Sánchez-M., R. & J. O. Rangel-Ch. 1990. *Estudios ecológicos en la Cordillera Oriental colombiana*. Análisis fitosociológicos de la vegetación de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. Caldasia 16 (77): 155-192. Bogotá.
- Unión Temporal Escala Humana – INSAT. 2007. *Formulación participativa del plan de manejo ambiental del área forestal distrital Encenillales de Mochuelo*. Informe técnico. DAMA.
- van der Hammen, T. 1998. *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá*. CAR. Pp 15-20.



- , 1999. Mapa de isoyetas de la cuenca alta del río Bogotá. 2003. CAR.
- , 2008. *La Cordillera Oriental colombiana*. Transecto Sumapaz. Ecoandes. J. Cramer. Estudios de Ecosistemas Tropandinos, Vol. 7. 1009 pp. Berlín-Stuttgart.
- van der Hammen T. & K. F. Helmens. 1989. *Mapa del neogeno-cuaternario de la Sabana de Bogotá*. Cuenca alta del río Bogotá. Hoja 1. IGAC, INGEOMINAS, Laboratorio Hugo de Vries, U. Ámsterdam, WOTRO. Bogotá.
- Vargas O. & S. Zulaga. 1981. *Contribución al estudio fitoecológico de la región de Monserrate*. Trabajo de Grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Vink, R. & V. Wijninga. 1987. *The vegetation of the semiarid region of Herrera, Cundinamarca, Colombia*. Internal report. Hugo de Vries Lab. University of Amsterdam.
- Wijninga, V. M., J. O. Rangel & A. Cleef. 1989. *Botanical ecology and conservation of the Laguna de la Herrera* (Sabana de Bogotá, Colombia). *Caldasia* 16 (76):23-40.