

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

Profesor - Investigador

Andrés Etter Rothlisberger

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 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 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

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

Por

SANDRA PILAR CORTÉS SÁNCHEZ¹

Recibido: 21 de agosto de 2009 / Aceptado: 12 de marzo de 2010

Resumen

Se interpretaron los procesos de cambio que ocurrieron en la vegetación de la cuenca media del río Tunjuelo 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 en conservación se encuentra apenas un 24 por ciento, con ecosistemas que abarcan comunidades vegetales de bosque, páramo, vegetación riparia, matorrales y herbazales subxerófitos, los cuales son importantes para sostener la biodiversidad local y regional.

Palabras clave

Cuenca media del río Tunjuelo, vegetación potencial, uso del suelo, procesos de transformación, Bogotá, D.C.*

1. Bióloga. Candidata del Programa de Doctorado Universidad Nacional de Colombia. Equipo de investigación en conservación in situ. Subdirección Científica. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Correo electrónico: sanpicor@yahoo.com.

* Este artículo es parte de los desarrollos teóricos realizados por la autora del mismo, los cuales fueron obtenidos durante los años 2006 y 2007 que están encaminados a generar modelos estructurales para la representación de comunidades vegetales y su caracterización en el Distrito Capital (Proyecto 2006).

Potential vegetation for the middle basin of the tunjuelo river and change processes on land cover, another methodology approach for multitemporary analysis

Abstract

The transformation processes of the natural ecosystems of the middle basin of the Tunjuelo river were interpreted by modelling the ideal state of its vegetation—based on the structure of its original ecosystem— compared with its current situation. The results obtained show that 54 per cent of the natural ecosystem has been transformed and that just 24 per cent remains in its original state of conservation, including plant communities of forest, paramo, riparian vegetation, scrubs and subxerophytic grasses, which are important to sustain the local and regional biodiversity.

Key words

Middle basin of the Tunjuelo river, potential vegetation, land use transformation processes, Bogotá, D.C.*

INTRODUCCIÓN

Los paisajes se consideran elementos dinámicos que a gran escala son modificados por la actividad tectónica, volcánica y el clima; por este último con la acción de los agentes agua, temperatura, viento y fuego se pueden desencadenar avalanchas, deslizamientos, inundaciones, ampliación del cauce natural de los ríos, erosión y pérdida de suelos, entre muchos otros eventos que ocasionan profundos cambios en el paisaje y los ecosistemas que sobre ellos se desarrollan. Según Forman & Godron (1986) los cambios en el paisaje se interpretan como la alteración de la estructura y de la función del mosaico ecológico a través del tiempo.

Igualmente el hombre también se constituye en un importante transformador del paisaje para facilitar el vivir de la humanidad al producir alimentos, construir superficies duras y viviendas y explorar las entrañas de la tierra para obtener materiales y combustibles con los cuales se genera energía, bienes, servicios y grandes obras de infraestructura. Dichas actividades generan cambios que en períodos muy cortos se pueden observar a simple vista, pero a veces son lentos y su efecto solo puede medirse después de varios lustros.

* This article is part of the theoretical developments made by the author, which were obtained during 2006 and 2007 years, directed to generate structural models for the representation of plant communities and its characterization in the Capital District (Project 2006).

Una forma de medir estos cambios es la comparación de fotografías aéreas o de imágenes de satélite de diferentes épocas y de esta manera identificar y cuantificar aquellas coberturas que han aumentado, disminuido, aparecido o desaparecido. Estos son los llamados estudios multitemporales.

Estudios realizados por Etter *et al* (2000), Etter & Mendoza (2002) y Etter *et al* (2006) de tipo multitemporal a escala nacional y regional referentes al cambio en el uso del suelo han establecido como importantes factores de cambio la influencia del hombre y las políticas de uso del suelo. Escalas regionales y locales con relación al área de estudio y que interpretan procesos y tendencias han sido referenciadas por Cortés *et al* (2003, 2005a) para algunos páramos de Cundinamarca y por Cortés (2005) para la Sabana de Bogotá. Específicamente para la ciudad de Bogotá están los estudios del IGAC-DAMA (2003) sobre el cambio de coberturas en sectores urbanos del distrito y los que marcaron los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial, POT, de 2004, especialmente los relacionados con la Estructura Ecológica Principal, EEP, que incluyen todos los ecosistemas naturales y artificiales que deben funcionar como espacios de conservación, preservación y servicios ambientales fundamentales para la ciudad de Bogotá.

El análisis que aquí se presenta se basa en un nuevo enfoque multitemporal que pretende a partir de la recreación de un modelo de vegetación potencial y su comparación con un mapa actual de vegetación de la cuenca media del río Tunjuelo —obtenido a partir de imágenes de satélite— identificar los procesos de cambio que se están presentando en este sector de la zona rural de la ciudad de Bogotá.

METODOLOGÍA

El modelo de vegetación potencial se realizó mediante la unión y el análisis sistemático, orientado y selectivo de los diferentes aspectos físicos del territorio como las geoformas (Páramo 2005), los suelos y la fisiografía (Gaviria *et al* 2004) y factores climáticos como la precipitación multianual y el factor de humedad (Cortés 2005b), la temperatura y la evapotranspiración (Secretaría Distrital del Ambiente, SDA, 2007).

La reconstrucción teórica de las comunidades vegetales originales se basó en información primaria y secundaria acerca de la vegetación de la cuenca media



del río Tunjuelo y áreas aledañas (ver referencias en la Tabla 3), siguiendo como primera referencia la propuesta de regiones y franjas de vida para el territorio nacional (Cuatrecasas 1934, 1958; Cleef 1981; Rangel 1991; van der Hammen 1998; Cortés *et al* 1999; y Rangel 2000). De manera complementaria se tuvieron en cuenta los drenajes naturales para poder espacializar la importante gama de vegetación riparia que puede presentarse sobre el territorio. El análisis espacial se hizo con la ayuda del *software* ARC/*view*3.2.

La vegetación potencial corresponde a un tiempo o estado cero (E0) en el cual la vegetación que se conoce hoy en día prevalece sobre todo el territorio de manera homogénea y en su mejor estado de conservación; este modelo se confrontó con el mapa de coberturas actuales sobre el territorio suministrado por la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá (Correa 2006). Dicho mapa es producto de la interpretación visual de una imagen SPOT 2005 y corresponde a lo que se identificó como tiempo o estado uno (E1).

RESULTADOS

En este estudio la base para la ubicación y definición de las diferentes formaciones vegetales del Distrito Capital y la región es el concepto de regiones y franjas de vida, acogiendo la propuesta de Cuatrecasas (1934, 1958) modificada por Rangel (1991) que a su vez se dividen en franjas de vida registradas por Cleef (1981), van der Hammen (1998), Cortés *et al* (1999) y Rangel (2000). De acuerdo con esto el 80 por ciento del área está sobre la región de vida andina y el porcentaje restante está en la paramuna; la franja de vida de bosque andino alto presenta un 53 por ciento del total de la cuenca, le sigue el bosque andino bajo y el subpáramo; el menor porcentaje es para la franja de páramo propiamente dicho (páramo medio) con un valor inferior al 3 por ciento (ver Tabla 1 y Figura 1).

Región de vida	Franja de vida	Área(ha)	%
Andina	Bosque andino bajo	5.093,58	26,92
	Bosque andino alto	10.166,28	53,74
Paramuna	Subpáramo	3.127,37	16,53
	Páramo propiamente dicho	530,71	2,81
	Total	18.917,94	100

Tabla 1. Regiones de vida en la cuenca media del río Tunjuelo

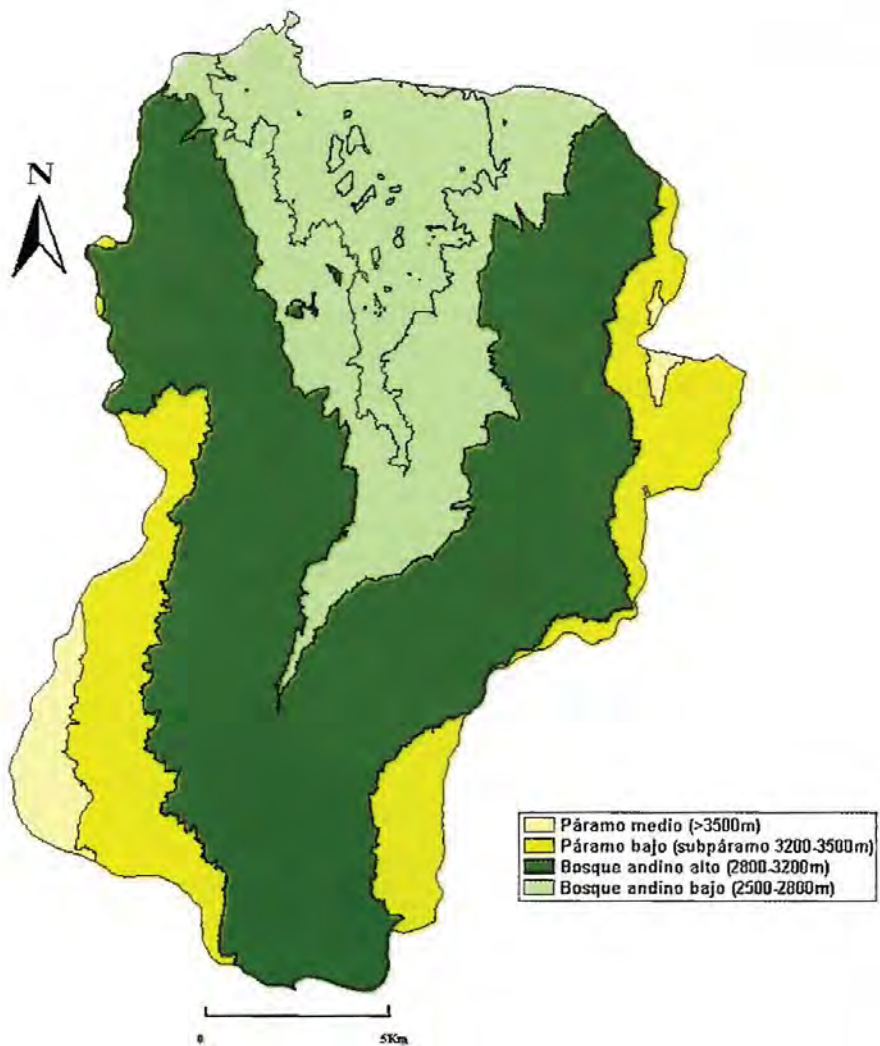


Figura 1. Modelo de regiones y franjas de vida para la cuenca media del río Tunjuelo.



Modelo de vegetación potencial para la cuenca media del río Tunjuelo

Este modelo debe entenderse como una hipótesis de partida referida a las coberturas y comunidades vegetales que se esperaría encontrar en el territorio si no existiera intervención antrópica y bajo criterios altitudinales, topográficos, climáticos y edáficos dominantes en el territorio.

En la Tabla 2 se detallan en el nivel de formaciones los tipos generales de vegetación esperados y en la Figura 2 se presenta el modelo cartográfico de la vegetación potencial para la cuenca media del río Tunjuelo.

La cuenca media del río Tunjuelo por estar ubicada en el sector sur del Distrito Capital presenta al occidente y al suroccidente promedios anuales de precipitación inferiores a 600 mm, por lo que es catalogado como un enclave seco con predominancia de ecosistemas subxerófitos; en la Tabla 2 se identifica como bajo influencia de un régimen seco.

Al oriente y suroriente las precipitaciones desde el centro de la planicie hacia los cerros orientales van gradualmente aumentando desde 600 hasta 1.400 mm e incluso valores superiores de manera local; en la Tabla 2 se identifica como bajo influencia de un régimen húmedo.

Transformación de la cobertura vegetal

Procesos de cambio identificados en la cuenca media del río Tunjuelo.

La identificación de los procesos de cambio sobre el territorio sigue los criterios descritos en Cortés *et al* (2005); dichos procesos de cambio se definen a continuación y se presentan en la Figura 3 y en la Tabla 4.

Conservación: se identifica cuando la vegetación esperada según la vegetación potencial (E0) coincide con la que se presenta en la cobertura vegetal actual (E1).

Según lo anterior en el área de estudio persisten 4.584 ha (24,45 por ciento del área), de las cuales el 28 por ciento es de coberturas de bosque y matorral, el 20,5 por ciento de vegetación riparia, el 24,87 por ciento corresponde a matorrales subxerófitos y el 26,51 por ciento corresponde a vegetación propia de páramo.

Alteración: se identifica cuando la cobertura original de tipo natural presenta fragmentación y ya no es continua como en condiciones naturales; por ejemplo, bosques o matorrales cerrados que en el estado actual son de tipo abierto, ralos o se presentan como misceláneos.



Región de vida	Franja de vida	Topografía	 Régimen seco	 Régimen húmedo	Formaciones vegetales	Área (ha)	%
ANDINA	Bosque andino bajo	Planicie inundable	X		Bosque de <i>Alnus acuminata</i> (van der Hammen 1998; Cortés & Rangel 2000).	5.093,57	26,93
			X		Riviera: <i>Phytolacca bogotensis</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Typha angustifolia</i> , <i>Rumex obtusifolia</i> y <i>Polypodium punctatum</i> , <i>Bidens laevis</i> (Cortés & Rangel 2000).		
			X		Ficoides: <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> , <i>Limnolobum laevigatum</i> , <i>Azolla filiculoides</i> y <i>Lemna cf. gibba</i> , <i>Eichornia crassipes</i> (Cortés & Rangel 2000).		
			X		Sumergida: <i>Nileia clavata</i> , <i>N. flexilis</i> y <i>Egeria canadensis</i> (Cortés & Rangel 2000).		
		Planicie no inundable	X		Bosque de <i>Ilex kunthiana</i> , <i>Vallea stipularis</i> y <i>Myrcianthes leucocoryta</i> (van der Hammen 1998; Forero 1965).*		
			X		Herbazales y pajonales con <i>Stipa</i> spp., <i>Agrostis</i> spp., <i>Aegopogon</i> spp., <i>Andropogon</i> spp.* y otros (Rivera et al 2004).		
			X		Matosales subxerófitos con <i>Dodonaea viscosa</i> * (Cardozo 1965; Wijnnga, V. M. et al 1989).		
			X		Matosales bajo de <i>Dodonaea viscosa</i> y <i>Chromolaena levisensis</i> (Cortés 2008b*).		
			X		Matosales rosales subxerófito con <i>Furcraea</i> * (Cardozo 1965; Wijnnga, V. M. et al 1989).		
			X		Matosales subxerófitos con <i>Lycianthes lycioides</i> * (Cardozo 1965; Wijnnga, V. M. et al 1989).		
			X		Bosques de <i>Xylocarpus spiculiferum</i> , <i>Duranta mutisii</i> y <i>Cordia cylindrostachya</i> * (Cardozo 1965; Wijnnga, V. M. et al 1989; van der Hammen 1998, Cortés et al 1999, Cortés & Rangel 2000).		
			X		Bosques de <i>Cedrela montana</i> y <i>Juglans neotropica</i> (Cortés 2008a).		
		Escorrentía	X		Bosque de <i>Cordia cylindrostachya</i> (+lanata)* (Cuatrecasas 1934).		
			X		Bosque de <i>Alnus acuminata</i> , <i>Viburnum triphyllum</i> y <i>Vallea stipularis</i> (van der Hammen 1998, Cortés & Rangel 2000, Cortés 2008a).		
		Laderas bajas	X		Bosque de <i>Orepanax floribundum</i> y <i>Cordia cylindrostachya</i> (+lanata) (Cuatrecasas 1934).		
			X		Bosque de <i>Daphnopsis caracasana</i> y <i>Xylocarpus spiculiferum</i> (Cortés et al 1999).		
	Bosque andino alto	Laderas altas y cimas		X	Bosques de <i>Weinmannia tomentosa</i> , <i>Goussieria punctatum</i> y <i>Ocotea sericea</i> ; bosques de <i>Prunus buxifolia</i> * (Cortés 2008a).	10.166,27	53,74
			X		Pajonales de tipo subxerófito de <i>Andropogon</i> y <i>Stipa</i> *.		
				X	Bosque de Lauráceas (Cortés & Rangel 2000).*		
				X	Bosques de <i>Weinmannia tomentosa</i> y <i>Drimys granadensis</i> (Cuatrecasas 1934, Vargas y Zúñiga 1980, Cortés & Rangel 2000).*		
				X	Variantes con otras especies de <i>Weinmannia tomentosa</i> y <i>Drimys granadensis</i> (Cuatrecasas 1934, Vargas y Zúñiga 1980, Cortés & Rangel 2000).*		
		Escorrentía	X		Bosque de <i>Alnus acuminata</i> , <i>Viburnum triphyllum</i> y <i>Vallea stipularis</i> (van der Hammen 1998, Cortés & Rangel 2000, Cortés 2008a).		
			X		Bosque de <i>Weinmannia tomentosa</i> , <i>Ageratina</i> y <i>Clethra</i> *.		
			X		Bosque de <i>Viburnum</i> spp., <i>Vallea stipularis</i> , <i>Escallonia paniculata</i> , <i>Holodiscus argenteus</i> .*		
			X	X	Bosquete de <i>Escallonia myrtilloides</i> (Bekker & Cleef 1984).		
			X	X	Bosque de <i>Viburnum triphyllum</i> y <i>Vallea stipularis</i> (Cortés & Rangel 2000).*		
PARAMUNA	Subpáramo	Laderas altas y cimas	X		Pajonal fríasional de <i>Calamagrostis effusa</i> y <i>Espeletopsis corymbosa</i> .*	3.127,00	16,53
				X	Fríasional pajonal de <i>Calamagrostis effusa</i> y <i>Espeletopsis corymbosa</i> .*		
		Escorrentía	X		Matosales de <i>Diplostaphium revolutum</i> .*		
				X	<i>Pentstemon nitida</i> , <i>Chusquea tessellata</i> * (Sánchez & Rangel 1990).		
	Páramo medio	Laderas altas y cimas	X		Pajonal fríasional de <i>Calamagrostis effusa</i> , <i>Espeletopsis grandiflora</i> y <i>Geranium santanderense</i> * (Lozano & Schmetter 1976, Cleef 1981).	530,70	2,81
				X	Matosales de <i>Aragoa abietina</i> y <i>Arcytophyllum nitidum</i> * (Vargas & Zúñiga 1980).		
		Escorrentía	X		<i>Pentstemon nitida</i> , <i>Chusquea tessellata</i> * (Sánchez & Rangel 1990).		
				X	Bosquete de <i>Escallonia myrtilloides</i> (Bekker & Cleef 1984).		
TOTAL						18.917,54	100

Tabla 2. Formaciones vegetales para la cuenca media del río Tunjuelo según el modelo de vegetación potencial.

Nota: * Comunidades verificadas en campo por este estudio.

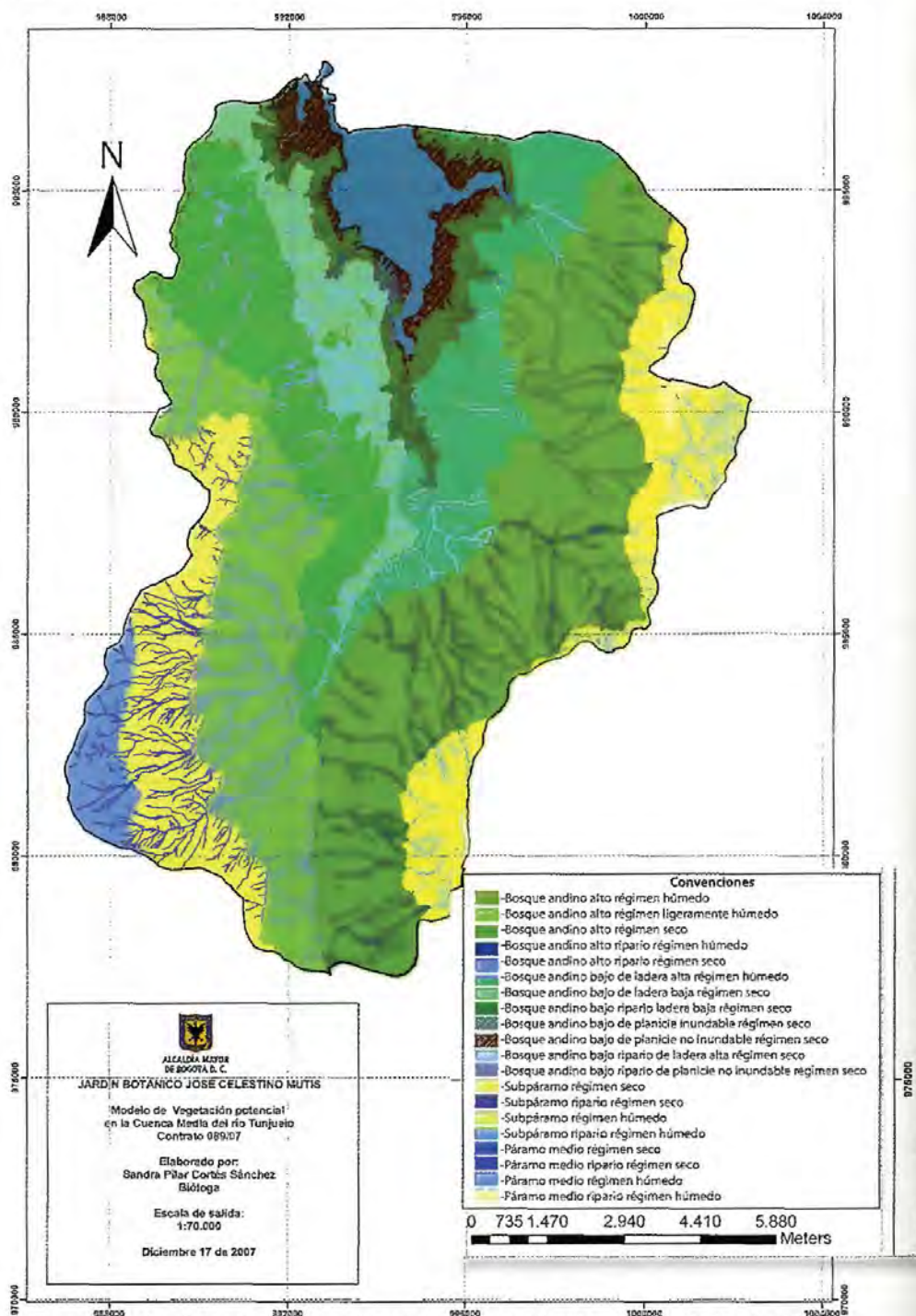


Figura 2. Modelo de vegetación potencial para la cuenca media del río Tunjuelo (Cortés 2007).

En el área de estudio este proceso se presenta en 2.769 ha (14,6%) y se presenta en combinación con la conservación en zonas que antes estaban cubiertas con bosque y que ahora son matorrales y bosque, representando el 18,36 por ciento del total del área con alteración.

También se presenta la alteración con la degradación en lo que antes eran bosques andinos, bosques riparios e incluso subpáramo y que actualmente son plantaciones forestales de exóticas que cubren un 18,33 por ciento.

La alteración con la desertificación también se presenta cuando se encuentran matorrales subxerófitos en lo que debieran ser bosques andinos de condición diferente a la subxerofitia; en el área de estudio representan el 1,3 por ciento.

Paramización: este es un caso particular de alteración en el cual zonas con matorrales y bosques de porte alto ceden su paso a vegetación arbustiva de páramo o a frailejonales y pajonales, lo cual suele suceder después de incendios o del abandono de cultivos y potreros sobre los 2.700 m (Hernández 1997, van der Hammen 1998, Rangel 2000, Cortés *et al* 2005).

En el área de estudio este proceso se está presentado en cerca de 186 ha (0,9 por ciento del territorio), en sectores que se esperaría que presentaran bosque andino; la paramización se identificó en varios sectores de Ciudad Bolívar y en el costado oriental de Usme.

Degradación: se califican en este proceso a aquellas coberturas sobre el territorio que han eliminado la capa vegetal y los suelos se encuentran al descubierto o con pequeñas porciones de matorrales o herbazales, como es el caso de la explotación minera de canteras (Cortés 2007). En el área de estudio se identifica este proceso en el 5,7 por ciento del territorio, principalmente por el efecto de la minería.

Desertificación: se define como la degradación de las tierras productivas en las zonas secas, que se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo y de los recursos biológicos (CCD 2000). Implica un estado especial de degradación, que se caracteriza por la presencia de matorrales de tipo xerófito por afectación profunda de los suelos y de su capacidad de autorrecuperación; la sucesión natural se inclina hacia plantas de tipo heliófilo, que indican menor calidad del ambiente (Cortés 2007) por alteración climática y edáfica. Este proceso está presente en los bordes del límite urbano y rural y está muy marcado en las veredas de Mochuelo alto, Mochuelo bajo y Quiba baja en el 0,1 por ciento del territorio; su identificación por el tipo de vegetación



es casi imperceptible dado el alto grado de pérdida de la cobertura vegetal original, pero el suelo muestra efectos de erosión severa como agrietamiento y formación de cárcavas.

Transformación: se identifica cuando no quedan vestigios de la cobertura original y natural esperada y en su lugar aparecen otras coberturas de tipo antrópico totalmente contrastantes; por ejemplo, en un sector donde se esperaba encontrar un bosque natural o coberturas de páramo se presentan cultivos, pastos o coberturas de tipo urbano.

En el área de estudio estos procesos se expresan en cerca de 10.239 ha (54 por ciento del territorio), de las cuales el 63,04 por ciento de ese total implicó pérdida de bosque andino alto y matorrales, el 35,97 por ciento de bosque andino bajo y matorrales y el 1 por ciento de coberturas de páramo.

PROCESO	ÁREA (ha)	%
Alteración	1.715,3	9,1
Alteración / conservación	508,4	2,7
Alteración / degradación	507,6	2,7
Alteración / desertificación	38,3	0,2
Conservación de bosque	326,4	1,7
Conservación de páramo	2.152,3	11,4
Conservación ecosistemas subxerófitos	1.153,7	6,1
Conservación vegetación riparia	951,9	5,0
Cuerpo de agua	35,9	0,2
Degradación / desertización	453,7	2,4
Desertificación	15,6	0,1
Degradación	631,8	3,3
Paramización	186,3	1,0
Transformación	10.239,2	54,1
Total	18.916,4	100

Tabla 4. Procesos de transformación y cambio de la cobertura vegetal identificados en la cuenca media del río Tunjuelo.

DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos se identificó que el 54 por ciento de la cuenca media del río Tunjuelo muestra pérdida de los ecosistemas naturales esperados, principalmente de las formaciones vegetales de bosque andino y en menor proporción de páramo, los cuales fueron remplazados principalmente por

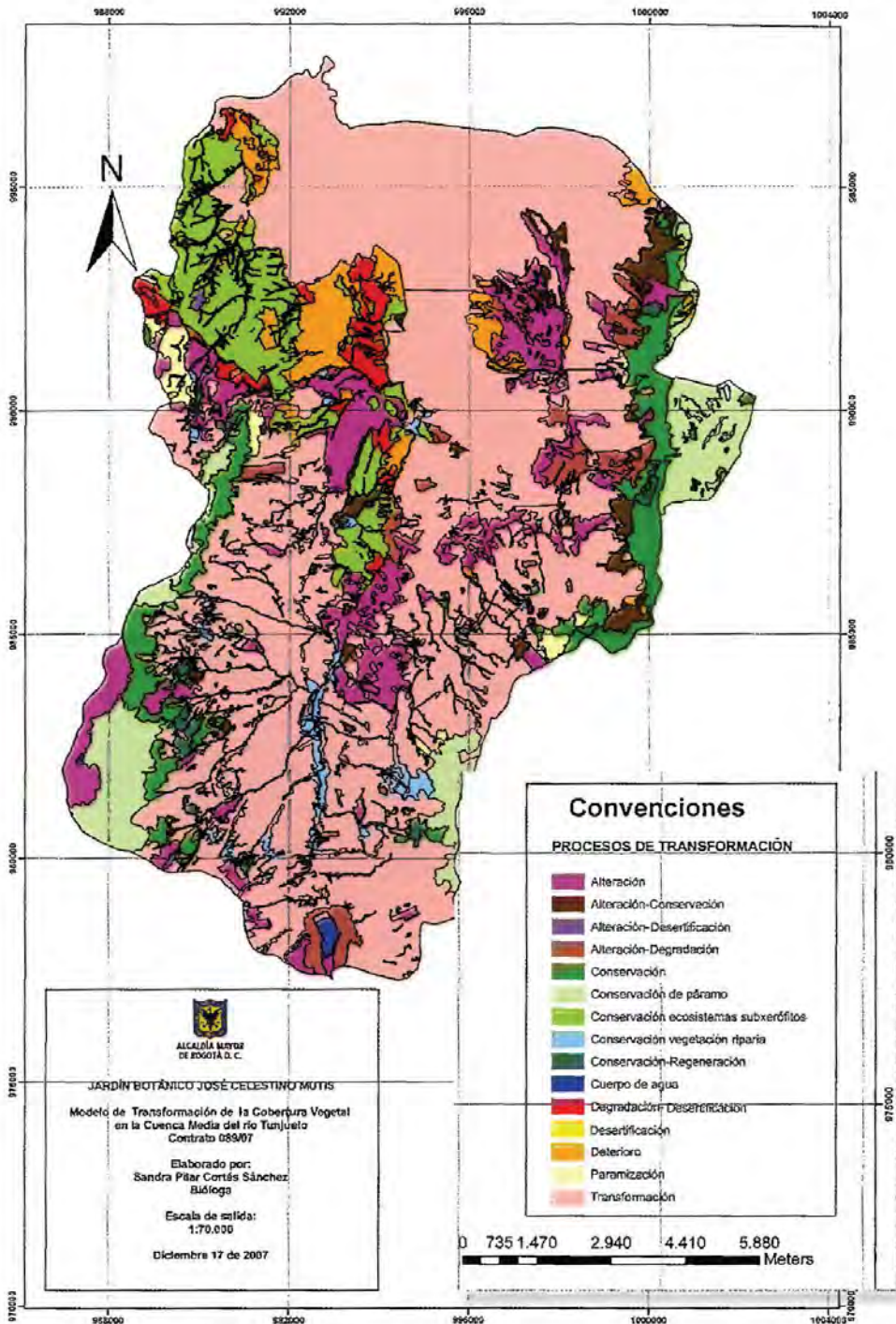


Figura 3. Modelo de procesos de transformación y cambio de la cobertura vegetal en cuenca media del río Tunjuelo.



procesos de transformación, especialmente hacia coberturas agropecuarias y superficies duras.

Se observa cómo apenas el 1,7 por ciento de los bosques naturales y matorrales, el 5 por ciento de las riparias y el 11 por ciento de las coberturas en páramo son las que están protegiendo las zonas de recarga y riberas de ríos y quebradas para sostener el agua superficial y de infiltración que sustenta los tributarios en las cabeceras altas del río Tunjuelo.

Los ecosistemas subxerófitos apenas son vestigios en la cuenca (6,1 por ciento) o producto de la recuperación secundaria en tierras abandonadas por la minería y la agricultura y preocupa el avance de los procesos de ampliación de las zonas con suelos degradados —desertificación—, lo cual se favorece por la erosión eólica, el lavado de los suelos, la alta radiación solar y el aumento local de temperatura por efectos de tipo micro y mesoclimáticos por la cercanía de zonas duras tipo pavimento, ladrillo, metal, plástico y otras que pueden estar extendiendo el límite normal del clima semiárido y sehihúmedo de la localidad de Ciudad Bolívar.

Los porcentajes de transformación, alteración, degradación y desertificación aquí presentados frente a las proyecciones del Plan de Desarrollo de Bogotá para el sur de la ciudad implican que estas cifras cambiarán con saldo negativo para las coberturas vegetales naturales por la expansión de desarrollos urbanos y viales, posible ampliación del relleno sanitario, explotación del parque minero y otras canteras en el sur de los Cerros Orientales de Bogotá, entre otros megaproyectos de la ciudad, que pueden variar sustancialmente estas estadísticas.

Visto este panorama es urgente velar por la realización de planes de manejo de las reservas naturales propuestas por el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá y empezar a formular y aplicar los planes de manejo ya formulados para la protección de suelos, aguas, coberturas vegetales y actividades compatibles para el sustento de la población rural.

Es preocupante ver como las coberturas de páramo y de bosque andino se han reducido en un 75 por ciento a causa de procesos de alteración, degradación, paramización y transformación, como se concluye de los porcentajes identificados en los resultados, lo que lleva a los relictos de vegetación natural a convertirse en islas que con el tiempo ya no son capaces de sustentar sus funciones ecológicas y van envejeciendo prematuramente frente a la acción de pesticidas, pisoteo del ganado, desvío de quebradas y toma de aguas

subterráneas; esto recobra importancia cuando se analiza desde el punto de vista de la disponibilidad de agua, porque al disminuir la cobertura vegetal disminuye la capacidad de infiltración de esta hacia ríos, quebradas y lagunas y su energía potencial arrastra los nutrientes del suelo de manera desafortunada, lo cual no es irrelevante en las comunidades rurales que se abastecen diaria y directamente de las fuentes de agua para consumo y producción.

Igualmente la Estructura Ecológica Principal de Bogotá y el desarrollo de la ciudad debe replantearse para que exista una verdadera conectividad entre los ecosistemas y se garantice su funcionamiento, con políticas coherentes entre los territorios urbanos y rurales y que a su vez se piensen a escala regional, tratando de cerrar la brecha de los ecosistemas fragmentados y en peligro de perderse con programas coherentes y sostenidos en el tiempo en recuperación de tierras, rondas de ríos y quebradas y restauración con principios ecológicos en ambientes que ya muestran alteración o que presentan degradación.

CONCLUSIONES

Actualmente los ecosistemas naturales de la cuenca media del río Tunjuelo han sido transformados en el 54 por ciento de su superficie total, especialmente por actividades agropecuarias, mineras y de infraestructura.

En conservación se encuentra el 24 por ciento de la cuenca media con representación de ecosistemas de bosques, páramo, vegetación riparia, matorrales y herbazales subxerófitos, conservando aún una amplia gama de formaciones vegetales que albergan la biodiversidad local y regional y que además se constituyen en relictos estratégicos y corredores naturales para la fauna propia de estos ecosistemas.

El 14 por ciento de la cuenca media del río Tunjuelo presenta algún tipo de alteración de sus coberturas naturales. Cerca del 7 por ciento presenta degradación en sus ecosistemas naturales con indicios de procesos de paramización y desertificación.

Este tipo de enfoque multitemporal permite, en la medida en que se manejen mejores datos bióticos y abióticos, afinar los modelos de vegetación potencial y entender, identificar e interpretar las dinámicas de cambio y las tendencias futuras, aplicables a políticas gubernamentales que frenen los procesos de alteración y degradación, remedien o restauren el deterioro ambiental y controlen el avance de la transformación y pérdida de los ecosistemas en urbes tan importantes como la capital del país, para la protección de los ecosistemas de la zona rural.



Bibliografía

- Cardozo, H. 1965. *Estudios fitoecológicos de la región semiárida de la Herrera (Cundinamarca)*. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (inédito). Bogotá.
- CCD. 2000. *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, CCD. Desertificación y sequía en América Latina y el Caribe*. Secretaría CCD - Instituto Alexander von Humboldt.
- Cleef, A. M. 1981. *The vegetation of the paramos of the colombian Cordillera Oriental*. *Dissertationes Botanicae* 61: 322pp. 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.
- Cortés-S. S. P. 2005a. *Transformación de la Sabana de Bogotá*. Inédito.
- , 2005b. *Mapa de isoyetas de la cuenca alta del río Bogotá*. Inédito.
- , 2006. *Distrito Capital, entorno ecológico e importancia ecosistémica. Foro de Ecología Regional Aplicada a la Conservación del Distrito Capital*. Jardín Botánico de Bogotá - Subdirección científica. Bogotá.
- , 2006. *Identificación y caracterización de las comunidades vegetales presentes en las áreas rurales del D.C. y la región*. Informe final - Contrato 048-2006.
- , 2007. *Modelos estructurales que permitan la representación de comunidades vegetales de acuerdo con las diferentes características físicas y bióticas del distrito y caracterización de cuatro (4) comunidades vegetales*. Informe final. Inédito. Jardín Botánico de Bogotá. Bogotá.
- , 2008a. *La vegetación boscosa y arbustiva de la cuenca alta del río Bogotá*. En: T. van der Hammen (Ed.), *Estudios de Ecosistemas Tropandinos*, Vol. 7. La Cordillera Oriental Colombiana, transecto Sumapaz. Ecoandes; J. Cramer. Berlín-Stuttgart pp. 915-960.
- , 2008b. *Caracterización fisionómica, estructural y florística de algunas comunidades vegetales en la cuenca media del río Tunjuelo*. *Revista Pérez Arbelaez*. N° 19, pp 83-111.
- 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, N° 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 de 2000.

Cortés-S., S. P., J. O. Rangel & H. Serrano. 2003. *Transformación de la cobertura vegetal en la alta montaña de la Cordillera Oriental de Colombia*. Libro de resúmenes: II Congreso de Conservación y Biodiversidad de los Andes y la Cuenca Amazónica y IV Congreso Ecuatoriano de Botánica. Loja (Ecuador), agosto de 2003. Pág 188. En extenso en Revista electrónica Lyonia 6(2)2005.

Cuatrecasas, J. 1934. *Observaciones geobotánicas en Colombia*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Botánica 27. 143p. Madrid.

-----, 1958. *Aspectos de la vegetación natural de Colombia*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. 10 (40):221-268.

Forman, R. T. T. & M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. Nueva York. Wiley.

Etter, A. and W. van Wyngaarden. 2000. *Patterns of land-scape transformation in Colombia with emphasis in the Andean region*. Ambio 29 (7): 432-9.

Etter, A. & J. E. Mendoza. 2002. *Multitemporal analysis (1940-1996) of land cover changes in the southwestern Bogotá highplain (Colombia)*. Landscape and UrbanPlanning 59: 147-158.

Etter, A., C. MacAlpine, K. Wilson, S. Phinn & H. Possingham. 2006. *Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia*. Agriculture, Ecosystems and environment 114(2-3): 369-86.

Hernández-C. J. 1997. *Comentarios preliminares sobre la paramización en los Andes de Colombia*. Premio a la vida y obra de un científico. Publicaciones de la FEN: 42-47. Bogotá.

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.



- IGAC. 2003. *Transformación de la cobertura de Bogotá, tres décadas*. IGAC -DAMA.
- Lozano, G. & R. Schnetter. 1976. *Estudios ecológicos del páramo de Cruz Verde*. Colombia. Tomo II. Las comunidades vegetales. Caldasia. 11 (54): 53-68. Bogotá.
- Páramo-R., G. E. 2005. *Composición, heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del Distrito Capital, Colombia*. Rev. Pérez Arbelaeza, N° 14: 25-71. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2004. *Plan de Ordenamiento Territorial*. 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.
- 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 V*. Análisis fitosociológicos de la vegetación de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. Caldasia 16 (77): 155-192. Bogotá.
- Secretaría Distrital del Ambiente. 2007. *Atlas ambiental de Bogotá, D.C.* Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá.
- van der Hammen, T. 1998. *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá*. 2003. CAR. Pp 15-20.
- Vargas, O. & S. Zuluaga. 1980. *Contribución al estudio fitoecológico de la región de Monserrate*. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia (inédito). Bogotá.
- 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.